

VARIABILIDADE DO REGIME DE FLUXO DO RIO PARDO, BACIA DO MÉDIO PARANAPANEMA

Alex Paulo de Araujo¹; Paulo Cesar Rocha² & Guilherme Bonfati Bota³

RESUMO. Neste trabalho foram analisados os dados de vazões de três estações fluviométricas da bacia do rio Pardo localizado na margem direita do médio curso do rio Paranapanema. A partir dos dados de vazões disponíveis, foram realizadas técnicas estatísticas de correlação e regressão linear dos dados para o preenchimento de falhas, extensão da series de dados e verificação de sua consistência; com isso foi possível estimar e analisar a magnitude inter anual (média anual) do regime de fluxo por um período de dados de aproximadamente 70 anos (1931 a 1999). Os resultados demonstram haver quatro claros períodos hidrológicos no rio Pardo, demonstrado pelas alterações em seu regime fluviométrico. Identificam-se também nos dados que, após anos 60, os picos maiores do regime de fluxo podem estar relacionados às alterações no regime de chuvas no âmbito regional e ao uso e ocupação do solo.

ABSTRACT. In this paper were analyzed the discharge data from three gauge stations in the Pardo River basin, located at right margin of medium Paranapanema River basin. From discharge data of gauge stations, were did the treatment with statistic correlation, linear regression and Person Coefficient technique to complete the faulting data and to extend de data series of both gauges and to analyze the inter-year magnitude for a period of seventy years (1931-1999). The results showed four hydrologic periods in the Pardo River, determined from its flow regimen changes. Was also identified that since 1960, the highs flow periods can be relationed to the regional pluvial regimen and soil use and occupation in the basin.

Palavras chave: regime de fluxo; rio Pardo; rio Paranapanema.

Key words: hydrological regimen; Pardo River; Paranapanema River.

1) Geógrafo e mestrando em Geografia pela FCT/UNESP campus Presidente Prudente, Rua Roberto Simonsen, 305 Presidente Prudente/SP - debate_geo@yahoo.com.br

2) Professor FCT/UNESP/Dep. Geografia – pcrocha@fct.unesp.br

3) Graduando em Engenharia Ambiental pela FCT/UNESP campus de Presidente Prudente – guibbt@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Os estudos da dinâmica de rios na atualidade ganham importância, sobre tudo pelas diversas relações e apropriações que a sociedade estabelece com este recurso, os corpos d'águas servem de base estruturante para todas as atividades da vida, logo a formas de apropriações e usos que a sociedade faz dos rios tem reflexos de forma integrada para todos. Os conhecimentos das dinâmicas fluviais têm importância na orientação para as formas de apropriação e nos desdobramentos que algumas intervenções nos canais fluviais e em suas bacias possam ocasionar na dinâmica dos rios com reflexos para a sociedade.

A diversificação dos usos múltiplos com o desenvolvimento econômico e social produziu inúmeras pressões sobre o ciclo hidrológico e sobre as reservas de águas superficiais e subterrâneas, ocasionando uma multiplicidade de impactos, de diversas magnitudes, que exigem diferentes tipos de avaliações qualitativas, bem como quantitativas atreladas a um monitoramento em longo prazo Tundisi (2005).

Assim, as crescentes demandas por águas para diversos fins da sociedade constituem um desafio para o planejamento de recursos hídricos, seja no aspecto sua disponibilidade, seja pela qualidade da água para satisfazer as necessidades humanas. Diante disto, o entendimento das ações sobre este recurso, em especial sobre os rios passam a ter relevância para o diagnóstico dos desequilíbrios ambientais existentes nos corpos hídricos.

Para o desenvolvimento de um processo de racionalização do uso das águas, conservação e preservação ecológica é fundamental a compreensão do regime hidrológico do rio. Poff (1997) propõe que para avaliação do regime hidrológico natural dos rios, devem-se considerar cinco componentes: a magnitude, duração, frequência, periodicidade e taxa de mudança do fluxo.

O fluxo do rio pode ser compreendido como um sistema que compõe seu ritmo hidrológico, este sistema pode ser analisado pela variabilidade de vazões⁴ mínimas e máximas e pelos níveis de água. Estas variáveis hidrológicas que se descreve ao longo do tempo para Tucci (2002) possuem um comportamento estocástico, sendo assim, importante a análise de informações que compõe o sistema hídrico.

Para Tucci (2002) a variabilidade hidrológica é decorrência da combinação de vários fatores como: condições climáticas de precipitação, evapotranspiração, radiação solar, entre outros; relevo, geologia, geomorfologia e solos, cobertura vegetal e uso do solo; e ações antrópicas sobre o sistema fluvial. Por outro lado, a avaliação do regime hidrológico dos rios com enfoque no entendimento das intensidades das alterações no regime de fluxo é um assunto que vem sendo estudado recentemente. Nos trabalhos de Richter et al. (1997); Poff et al. (1997); Rocha (2002); Rocha;

⁴ A vazão de um rio ou descarga refere-se à quantidade de água que passa através de determinada seção transversal, por unidade de tempo (CHRISTOFOLETTI 1981, p.54).

Comunello & Souza Filho (2003), os autores trazem conteúdos que possibilitam a aplicação de novas técnicas para a identificação do regime hidrológico adequado para os canais fluviais, baseados na análise estatística da séries de dados hidrológicos.

Este trabalho apresenta alguns resultados da análise dos dados hidrológicos do rio Pardo, a partir do levantamento e análise da variabilidade inter anual do fluxo (média anual) deste rio, apontando as alterações existentes neste regime.

ÁREA DE ESTUDOS

O rio Pardo está localizado na margem direita do curso médio do rio Paranapanema e integra a Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI 17) do estado de São Paulo, esta bacia drena uma área de aproximadamente 4668,26 km² (Figura 1).

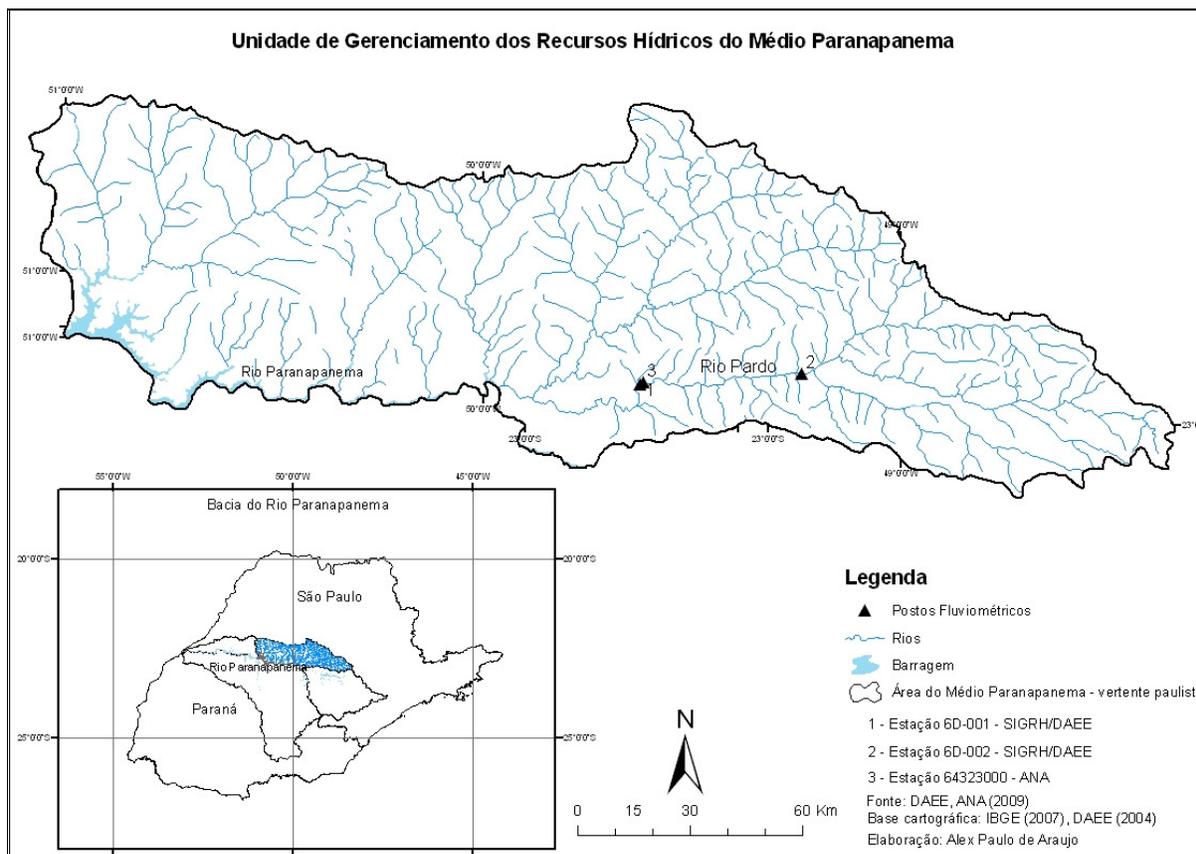


Figura 1: Localização do rio Pardo na margem direita do médio curso do rio Paranapanema.

O substrato geológico do médio curso do rio Paranapanema abrange como principais embasamentos das Unidades Geológicas as formações e unidades da Bacia Sedimentar do Paraná (Grupo Bauru, São Bento e depósitos cenozóicos). De acordo com o Mapa Geológico do IPT (1981) encontram-se rochas sedimentares e ígneas das formações Adamantina, Marília, Teresina, XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

Pirambóia, Serra Geral. Geomorfológicamente o médio curso do rio Paranapanema localiza-se no Planalto Ocidental Paulista com predomínio de colinas amplas e morros aplainados. Os climas regionais do médio curso do rio Paranapanema predominam climas tropicais alternadamente secos e úmidos Monteiro (1973).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O fluxo natural de um rio varia conforme a escala de tempo avaliada, na ordem de horas, dias, estações do ano, anos e adiante. No entanto, muitos anos de observação em uma estação fluviométrica geralmente são necessários para se descrever às características do padrão de fluxo de um rio, em termos de quantidade, periodicidade e variabilidade. Em bacias hidrográficas que carecem de dados hidrológicos de longa série, as análises podem ser estendidas estatisticamente a partir de outra estação localizada na mesma área geográfica (POFF et al., 1997; ROCHA, 2002).

Para o estudo da dinâmica hídrica do rio Pardo foram levantadas as estações com dados fluviométricos diários existentes na bacia, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH/).

Com os dados fluviométricos diários (descargas) das estações fluviométricas com série histórica longa, realizou-se uma análise de avaliação dos dados, para o preenchimento de possíveis falhas, estimativas e verificação de sua consistência.

Para o preenchimento de falhas e extensão dos dados hidrológicos foram escolhidas estações próximas na mesma bacia hidrográfica, tendo características semelhantes ao meio físico, como uma mesma região climática e topográfica. Adotou-se também, como critério estatístico para execução deste preenchimento, a existência de um coeficiente de correlação mínimo entre os dados, sendo observado seu correlacionamento próximo de 1 (Coeficiente de Pearson) foi também utilizado como critério mínimo na regressão linear simples a existência de um coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,7 conforme proposição de Tucci (2002) Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Equação de regressão utilizada para preenchimento da falhas

Estação com dados (código)	Estação com falhas	Equação	R^2
6D-001	6D-002	$y = 0.8134x - 0.9324$	0.9764

Tabela 2: Equações de regressão utilizadas para extensão da série de dados.

Estação com dados (código)	Estação com série de dados ampliada	Equação	R ²	Período dados estimados
64323000	6D-001	$y = 0.8999x + 2.9666$	0.9534	1931-1954
64323000	6D-002	$y = 0.7106x + 2.4993$	0.8975	1931-1954
6D-002	64323000	$y = 1.2507x + 1.8543$	0.8808	1980-1999
6D-002	64323000	$y = 1.3015x + 1.4711$	0.7352	1980-1999 (máximas)
6D-002	64323000	$y = 1.1799x + 12.994$	0.8086	1980-1999 (mínimas)
6D-002	6D-001	$y = 1.9333x + 2.0094$	0.9585	1980-1999

Com base nos dados de vazões completos e tratados estatisticamente foram organizados gráficos demonstrando a variabilidade anual das vazões do rio Pardo, assim como a identificação das possíveis alterações no regime de fluxo do rio Pardo, baseados nos dados de média e desvio padrão da série.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade do regime fluxo de vazões

O regime de um rio se define como as variações de sua descarga ao longo do ano Thicart (1960), no entanto, para se estabelecer um padrão e apontar possíveis alterações deste regime é necessário o acompanhamento de um período de vários anos, em virtude de diversos componentes que compõe a dinâmica da fluvial. A avaliação dos dados fluviométricos vem sendo um dos métodos para o entendimento dos fluxos dos rios conforme proposta de Poff (1997).

Para avaliação do regime de fluxo anual do rio Pardo, os dados de três postos fluviométricos existentes na sua bacia foram organizados em gráficos apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. A análise dos dados de vazões anuais dos gráficos de forma complementar possibilita um melhor entendimento da variabilidade dos débitos do rio Pardo é possível inferir alguns padrões preliminares.

Primeiramente, verifica-se visualmente nas Figuras 2, 3, e 4 das três estações, que há um correlacionamento entre os dados de vazões existentes, sendo que está correspondência é verificada também nos dados estimados estatisticamente. A observação da variabilidade do regime anual do rio Pardo ao longo da série histórica é possível identificar claramente uma alteração (aumento) dos débitos após a década de 60.

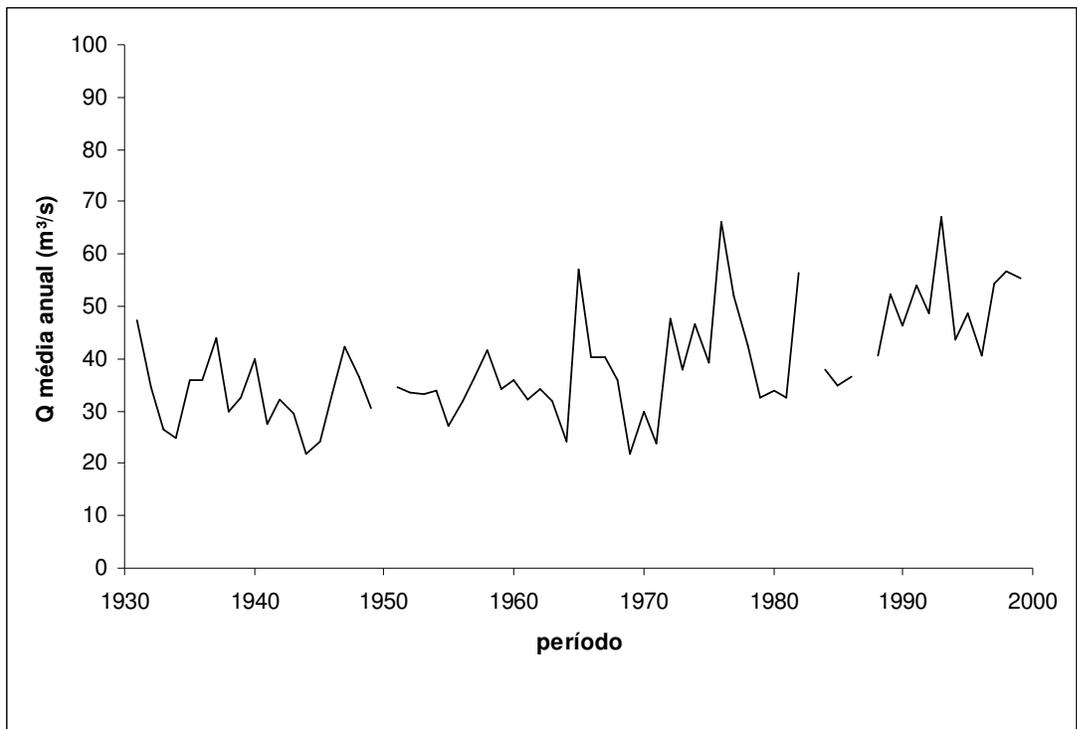


Figura 2: Vazões anuais do rio Pardo, posto fluviométrico 6D-002 (DAEE)

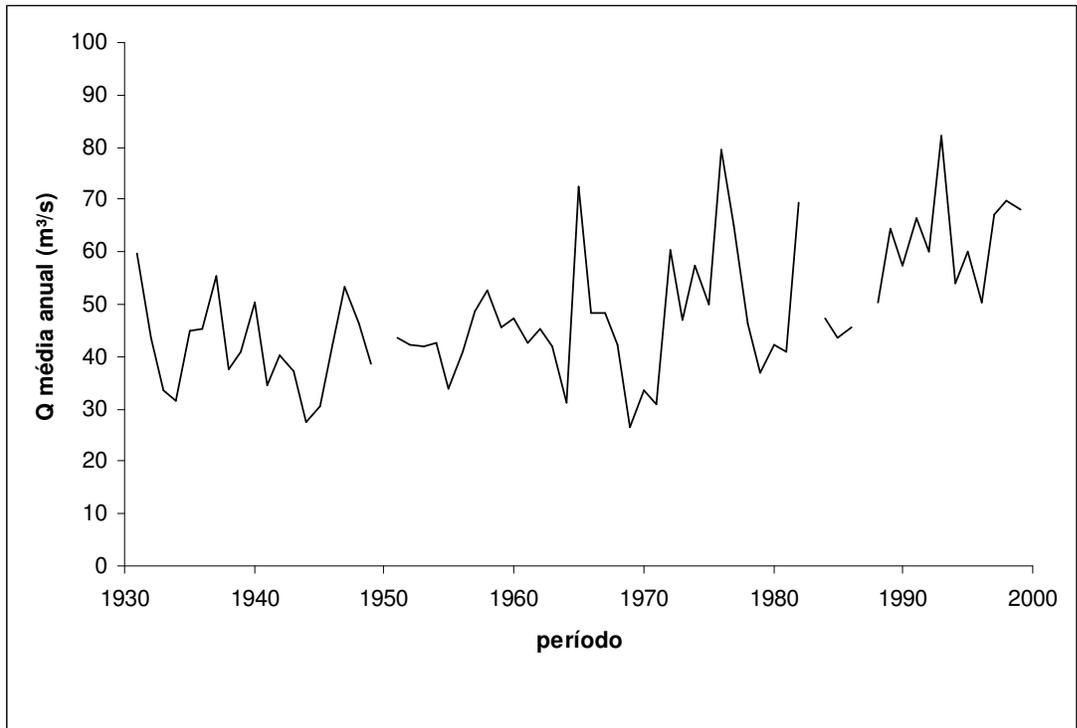


Figura 3: Vazões anuais do rio Pardo, posto fluviométrico 6D-001 (DAEE)

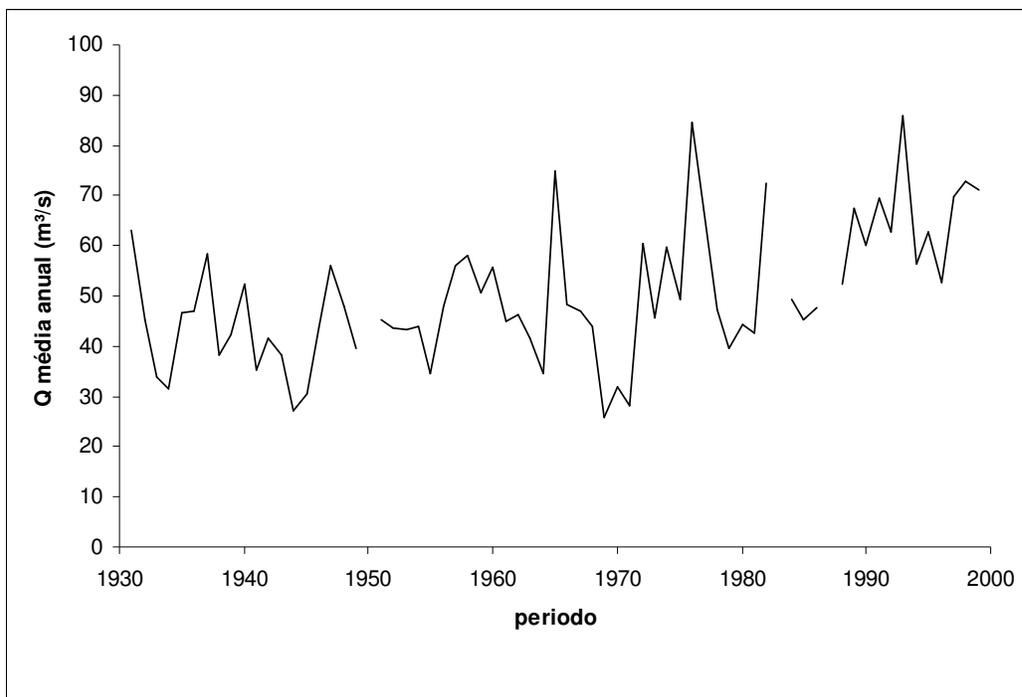


Figura 4: Vazões anuais do rio Pardo, posto fluviométrico 64323000 (ANA)

Associado ao aumento das vazões após 1960 nota-se também que entre 1960 e 1980 os picos do regime anual do rio Pardo foram intensos, demonstrado pela seqüência de anos com vazões médias anuais altas e anos com vazões médias anuais baixas.

As análises dos débitos do rio Pardo demonstram uma tendência de aumento do regime de fluxo deste rio, que pode estar associado ao aumento da precipitação na bacia, conforme apontado no trabalho de Sant'anna Neto (2000) que verificou uma tendência de aumento das chuvas no Estado de São Paulo.

Períodos hidrológicos do regime de fluxo do rio Pardo

A estação 6423000 (Santa Cruz do Rio Pardo - ANA) apresenta uma das séries mais completa em relação às outras duas estações fluviométricas existentes na bacia do rio Pardo. A série inicia-se em 1931 e se estende até 1980, sendo o período seguinte, realizamos uma e estimativa para completar a série como mencionado anteriormente. A partir dos dados de vazão média anual, máximas e mínimas, realizou-se uma análise das características do regime de fluxo do rio Pardo, no intuito de estabelecer alguns períodos hidrológicos deste rio.

Na Figura 5, os dados de vazões apresentados mostram variações na variabilidade inter-anual, conformando pelo menos 3 períodos hidrológicos do rio para os valores de níveis máximos. Os dados de desvio padrão da série (tabela 2) corroboram a apresentação gráfica da figura.

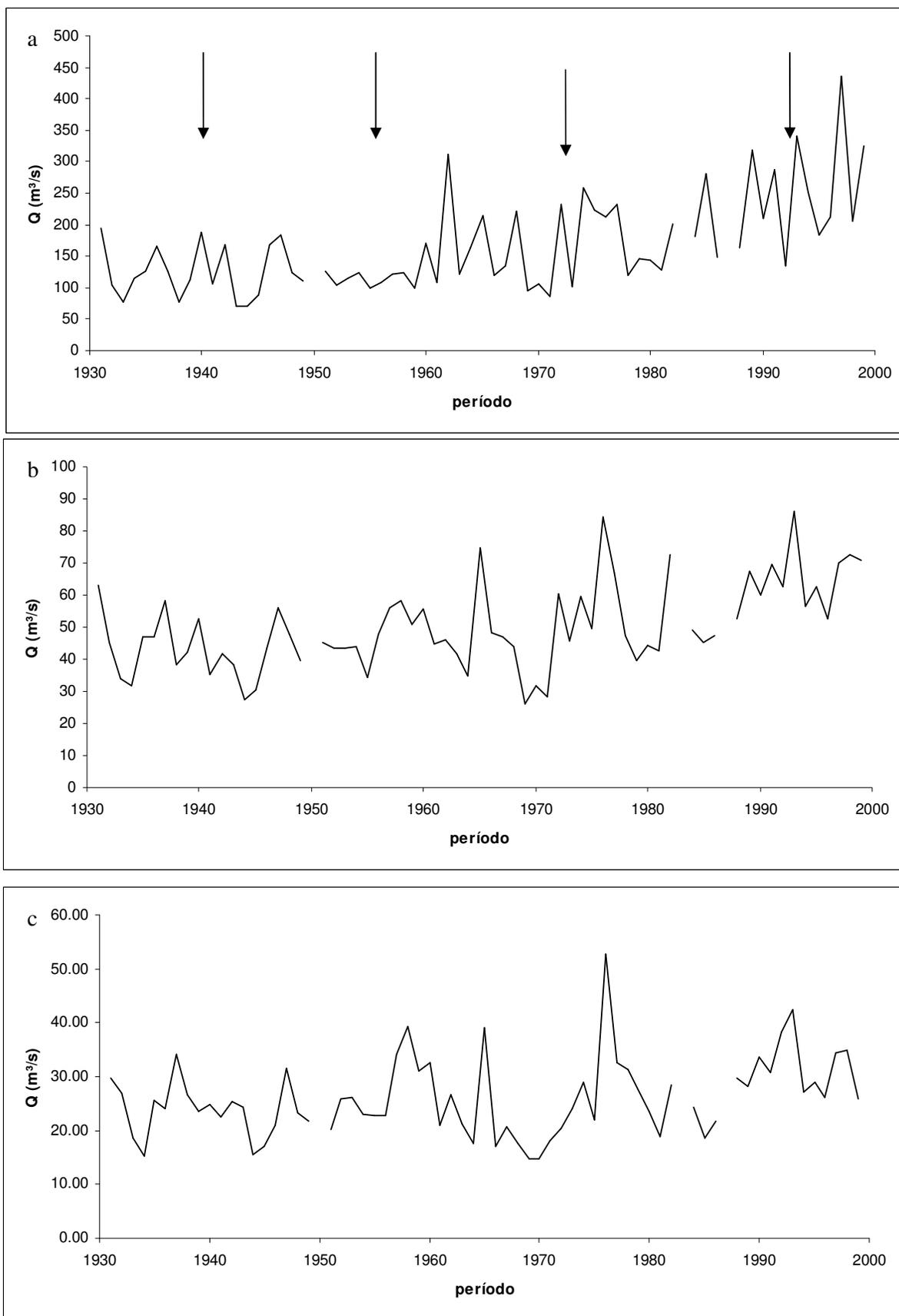


Figura 5 Vazões máximas (a), médias (b) e mínimas (C) anuais do rio Pardo. Estação 6423000 (ANA).

Na Tabela 3 apresenta-se uma divisão dos valores em seis períodos de dados de 10 anos, percebe-se que as maiores diferenças, com o desvio padrão, podem ser destacadas na variável de vazões máximas, apontando um período de picos das cotas altas (perturbação) no início e sobre tudo período no final dos dados. Verifica-se também que para vazões máximas existem uma alta dispersão dos dados, para os dados associados a médias, esta variável não é sensível em apontar alterações significativas no regime hidrológico.

Tabela 3 Índice de desvio padrão, coeficiente de variação e médias entre as vazões médias, máximas e mínimas por períodos.

Período	1931-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1999
Desv. Padrão Máxima	41.7	43.1	7.3	69.3	62.6	65.4	92.9
Desv. Padrão Média	10.1	8.8	20.7	13.1	15.8	10.9	9.9
Desv. Padrão Mínima	5.3	4.7	6.2	7.3	9.9	5.4	5.8
Coef. Var. máx	32.3	35.7	6.1	43.4	35.6	32.0	35.1
Coef. Var. med	22.0	22.0	43.2	29.9	30.1	19.9	14.7
Coef. Var. mín	21.3	20.9	22.3	34.5	35.1	21.2	18.0
Média máximas	129.0	120.7	119.4	159.6	175.5	204.1	264.5
Média medias	45.9	40.0	47.9	43.9	52.6	54.6	67.0
Média Mínimas	24.9	22.5	27.8	21.1	28.1	25.5	32.1

Pode-se identificar nos gráficos de vazões máxima e mínimas (figura 5) e seu relacionamento com dados de desvio padrão e o coeficiente de variação, que a variabilidade de regime de fluxo do rio é representada com maior intensidade. Os seis períodos divididos nesta Tabela 3 pode ser agrupado em 4 períodos hidrológicos que possibilita uma percepção visual nos gráficos confirmando a variabilidade do regime hidrológico do rio Pardo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise apresentadas neste estudo procuram contribuir para o entendimento do regime hidrológico do rio Pardo da bacia do médio curso do rio Paranapanema, como um primeiro apontamentos conclui-se que, a partir da década de 1960 observa-se uma tendência do aumento dos débitos em relação ao período anterior. No entanto variabilidade presente no regime de rio aponta para diversos períodos hidrológicos ao longo do tempo, conforme apontado neste estudo.

Estudos de Rocha (2002); Rocha; Comunello; Souza Filho (2003) apontam alterações hidrológicas do rio Paraná, tendo destacado que os barramentos existentes na sua bacia, os principais reguladores do regime de fluxo deste rio. As magnitudes e duração do regime de fluxo, segundo estes autores, podem representar tanto os efeitos de regulação imposta pelos reservatórios, ou seja, elevação dos débitos mínimos e diminuição dos máximos, quanto aos efeitos da elevação dos débitos médios do rio ao longo do período regulado. Este aumento, por sua vez, pode estar relacionado com aumento da precipitação na bacia, e/ou alterações nas etapas do ciclo hidrológico

desencadeadas pela ocupação e utilização dos recursos naturais na bacia, por exemplo, desmatamento e urbanização, os quais podem estar contribuindo para os valores de streamflow (descargas).

A análise e o entendimento da variabilidade do rio regime de fluxo do rio Pardo, procura dar suporte as ações de planejamento, assim como estudos em andamento na bacia do rio Paranapanema, que subsidiará uma avaliação de uma integridade ecológica do regime deste rio.

Este trabalho aponta também para a importância de uma rede de estações fluviométricas de monitoramento da dinâmica dos rios, que constitui uma das informações fundamentais para análise deste ambiente, sobre tudo pelas variáveis que envolvem o regime hidrológico dos rios.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em: <http://www.ana.gov.br/> acesso em: 10 de maio. de 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE.) Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/cgi-bin/principal.exe/index> Acesso em: 10 Maio. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000**. São Paulo: IPT, v-1, p. 46-8; 69, 1981.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de Atlas São Paulo, IGEOUSP, 1973.

POFF, H.L., ALLAN, D., BAIN, M.B., KARR, J.R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B.D., SPARKS, R.E., & STROMBERG, J.C., 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, Washington DC, v. 47, n. 11. P. 769-784.

RICHTER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., WIGINGTON, R. & BRAUN, D.P., 1997. How Much Water Does a River Need. **Freshwater Biology**, New York, 37. 231-249 p.

_____. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ROCHA, P. C., COMUNELLO, Éder, SOUZA FILHO, Edvard Elias de. Considerações sobre a variabilidade hidrológica do alto rio Paraná. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, ed esp, p.2022-2031, 2003.

ROCHA, P. C., ROCHA, Renata R. de Araújo. A variabilidade hidrológica dos rios Aguapeí e Peixe, bacia do alto Paraná – Brasil. In: FÓRUM AMBIENTAL PAULISTA, 3, 2007, Tupã. **Periódico eletrônico/CDROM**.Tupã: Associação amigos da natureza da Alta Paulista, 2007. p. 2064-2087.

SANT'ANNA NETO, J. L.. As chuvas no Estado de São Paulo: A variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: Sant'anna Neto, J. L.; Zavatini, J. A. (orgs). **VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS**. Eduem: Maringá, 2000.

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 11 Set. 2008

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). Disponível em: <http://www.suderhsa.pr.gov.br/> acesso em: 10 de janeiro de 2009.

TRICART, J. **Método de estudos hidrológicos**. Salvador: Universidade da Bahia, 1960.

TUCCI, Calos E. M. **Regionalização de vazões**. Rio Grande do Sul: Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Paulo: Rima, 2. Ed., 2005.

VILLELA, Swami Marcondes e Mattos, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.