

RETIRADAS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DO ARROZ NA BACIA DO RIO VACACAÍ: REFLEXOS NO REGISTRO DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS

Rosa A. L. D.¹, E. M. C. D. Paiva¹.

(1) Departamento de Hidráulica, Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS.
eng.analucia@yahoo.com.br

RESUMO: As ações de retirada dos recursos hídricos e construção de açudes interferem no meio ambiente e podem distorcer as séries de vazões registradas, que são utilizadas em estudos e pesquisas em geral. O objetivo deste trabalho foi analisar a problemática do uso dos recursos hídricos para a irrigação do arroz, demonstrando o efeito que essas retiradas causam nas séries de vazões observadas nos postos fluviométricos. Para tanto, foi realizado uma avaliação estatística utilizando modelo linear generalizado (M.L.G.) estabelecendo uma relação entre vazão e precipitação. A região de estudo foi a Bacia do Rio Vacacaí, localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de aproximadamente 11616 Km². Atualmente 8,06 % da área da bacia está coberta por lavouras de arroz, o que acaba gerando sérios conflitos de uso de água, pois essa cultura é uma das grandes usuárias dos recursos hídricos. Quando utilizado M.L.G. foram testadas 5 combinações de distribuições e função de ligação, a fim de verificar qual apresentava melhores resultados. Através do estudo ficou claro que nos meses de Novembro a Março as vazões registradas em 3 dos 5 postos fluviométricos analisados são subestimadas para 3 das 5 combinações realizadas, o que pode ser explicado pela ocorrência de irrigação nesse período.

Palavras Chave: Bacia do Rio Vacacaí, Modelo linear generalizado.

RICE IRRIGATION IN THE VACACAÍ RIVER BASIN: THE EFFECT IN FLOW RATES RECORDED SERIES IN FLUVIOMETRIC POSTS

ABSTRACT: The action of removal water resources and construction of dams can interfere in the environment and can change the record of flows, which are used to studies and researches. The aim of this paper was examining the issue of the use of water resources for rice irrigation, showing the effect of these withdrawn in the record flows on the fluviometric stations. Statistical evaluation was conducted using generalized linear model (G.L.M) by establishing a relationship between flow and precipitation. The region of study was the Vacacaí River Basin, located in the central region of the state of Rio Grande do Sul, covering an area of approximately 11616 km². Actually 8,06% of basin area is covered by plantations of rice, which has generated serious conflicts about the water use, because this cultivation is one of the greatest user of water resources. When the G.L.M was used, were tested 5 combinations of distributions and link functions, to evaluate the best results. Through this study, became clear that the flow recorded in 3 of 5 fluviometric station between November and March were underestimated by 3 of 5 combinations that were made, which can be explained by the occurrence of irrigation in the period.

Keywords: Vacacaí River Basin, Generalized linear model.

INTRODUÇÃO

Para o processo de gestão e tomada de decisões em relação aos recursos hídricos são importantes o conhecimento das vazões demandadas pelos usuários e as disponibilidades de água nos rios. Entretanto, Benetti (2007) afirma que para o estabelecimento de uma relação entre as demandas e disponibilidades de água dos rios, em bacias alteradas pelas ações humanas, é necessário o conhecimento das vazões naturais. Entende-se por vazão natural a vazão da própria natureza, ou seja, a vazão que ocorre em uma seção de um rio no qual não existem ações antrópicas que alterem o seu regime. É a vazão que ocorreria caso não houvesse à montante dos rios a operação de reservatórios, evaporação pelos lagos artificiais, nem mesmo retiradas de água para abastecimento e irrigação (Guilhon *y col.*, 2007). O conhecimento das vazões naturais se faz necessário pelo fato de que as vazões registradas nos postos fluviométricos refletem as

influências das ações modificadoras, sejam os açudes e barragens construídos ou as retiradas das águas. Nesse sentido, diversas pesquisas realizadas, no Brasil, como Benetti (2007), Paiva y col. (1999), Paiva y col. (2006), Rodrigues y col. (2006) vêm sendo desenvolvidas a fim de determinar as vazões naturais com o intuito de quantificar disponibilidades e demandas. Além disso, também estão sendo realizados trabalhos de reconstituição das vazões naturais para determinação dos regimes à jusante de reservatórios como Collischon y col. (2007), Guilhon y col. (2007). Este trabalho tem por objetivo demonstrar os efeitos das retiradas de água causados nas séries de vazões observadas nos postos fluviométricos, utilizando uma análise estatística estabelecendo uma relação entre vazão e precipitação. Para isso foi empregado modelo linear generalizado combinando diferentes distribuições e funções de ligação.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a Bacia do Rio Vacacaí, localizada no estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29° 45'e 30° 45' Sul e longitudes 54° 30' e 53° 15' Oeste, abrangendo uma área total de aproximadamente 11616 km², nas regiões Agroecológicas da Campanha e Depressão Central. Segundo, Rio Grande do Sul (1998), a região onde está localizada a bacia é caracterizada por um clima temperado chuvoso, onde as chuvas são distribuídas regularmente ao longo de todo o ano, sendo clima Cfa da classificação de Köepen, em que a temperatura média anual está entre 18° C e 20° C e a precipitação média anual varia de 1300 mm e 1800 mm. Os dados com os usos dos solos da bacia estão dispostos na Tabela 1, esses foram obtidos através do processamento de imagens do satélite Landsat-TM5 datadas de Março de 2008 por meio da utilização do sistema de informações geográficas Spring.

Tabela 1. Área e porcentagem das classes de uso do solo da bacia.

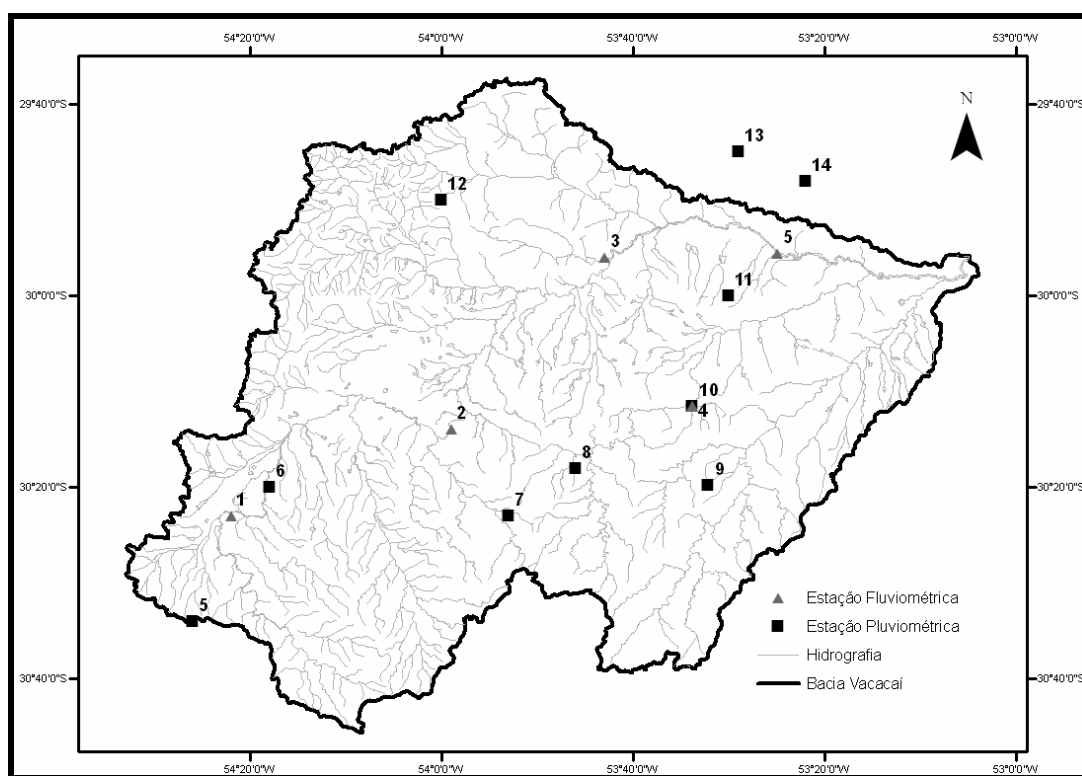
CLASSE	ÁREA Km ²	%
Água	151,74	1,31%
Cultivos em Desenvolvimento	828,8	7,13%
Arroz Desenvolvido	936,43	8,06%
Vegetação	2.597,32	22,36%
Campo	6.410,48	55,18%
Área Urbana	60,12	0,52%
Solo Exposto	205,57	1,77%
Solo de Cultivos	426,26	3,67%
Total	11.616,73	

METODOLOGIA

Foram utilizadas séries históricas de chuva e vazão das estações, adquiridas no site da Agência Nacional das Águas (ANA), as séries empregadas são de vazão média mensal e o total mensal de precipitação. A fim de se aplicar o modelo estatístico foi necessário primeiramente determinar dentre as estações fluviométricas e pluviométricas, pertencentes à Bacia do Rio Vacacaí, quais apresentavam maior proximidade espacial e posteriormente verificar o período coincidente entre os dados. Como nas análises realizadas considerou-se mais de uma estação de precipitação relacionada a uma estação de vazão foi utilizada a média aritmética dos totais mensais das estações de chuva. A Tabela 2 apresenta um resumo identificando as estações e período considerado e a Figura 1 mostra a localização das mesmas.

Tabela 2. Estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas.

Estação Fluviométrica			Estação Pluviométrica		Período de coincidência
N°	Código DNAEE	Área Km ²	N°	Código DNAEE	
1	85460000	771	5	3054006	1960 a 1971
			6	3054010	
2	85480000	2968	7	3053008	1971a 1979
			8	3053009	
3	85580000	5343	12	2954002	1967 a 1978
			11	3053005	
4	85623000	721	10	3053020	1986 a 2005
			9	3053022	
5	85600000	6790	13	2953012	1957 a 1977
			14	2953015	
			11	3053005	

**Figura 1. Localização das estações na Bacia do Vacacai**

Para realização das regressões e estabelecimento de uma relação entre vazão e precipitação foi empregado modelo linear generalizado, pois segundo Paiva *y col.* (1999) um modelo do tipo regressão linear simples não é adequado, devido "(i) a variabilidade na vazão é muito maior quando a chuva é maior; (ii) a vazão sempre tem que ser positiva". Assim, foram plotados os dados de vazão mensal contra os dados de precipitação mensal, e observou-se que havia pouca relação entre vazão e precipitação, assim como relatou Paiva *y col.* (1999). Por esse motivo os dados foram divididos em dois grupos: um contendo os dados do período sem irrigação, ou seja, Abril-Outubro, e outro contendo os dados do período Novembro-Março, época da irrigação da lavoura de arroz. Visualmente percebe-se uma maior evidência de uma relação entre vazão mensal e precipitação mensal quando são plotadas vazões e precipitações dos meses sem irrigação. O próximo passo foi analisar os dois grupos separadamente, a fim de tentar ajustar um modelo estatístico que relacionasse precipitação e vazão. Assim foram realizadas regressões

utilizando modelo linear generalizado e testada qual combinação de distribuição e função de ligação que apresentaria melhor ajuste. Foram avaliadas as distribuições normal, gama e poisson e a função de ligação do tipo logarítmica e identidade. As combinações realizadas entre distribuição e função de ligação respectivamente foram: (i) normal, logarítmica; (ii) normal, identidade que representa uma regressão linear simples; (iii) gama, identidade; (iv) poisson, logarítmica, e (v) poisson, identidade. Ao ajustar esses modelos para cada um dos grupos separadamente foram encontrados os valores dos coeficientes β_0 , β_1 para os meses com e sem irrigação. Em seguida, os valores dos coeficientes encontrados para o período Abril-Outubro foram substituídos no modelo que estimou os valores de vazão dos meses com irrigação, a fim de verificar se as vazões estimadas superam as vazões observadas. Conforme Paiva y col. (1999), se isso acontecer uma das possíveis causas que explicam essa ocorrência é que uma parcela dos recursos hídricos está sendo retirada, no caso específico utilizada para a irrigação, e as vazões observadas são subestimativas da vazão verdadeira. Um teste Qui-quadrado (X^2) com 0,1% de probabilidade foi aplicado para verificar se esse fato acontece ao acaso ou se realmente existe um fator que está ocasionando sua ocorrência.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do estudo do uso do solo foi possível verificar que o posto fluviométrico 4 não está localizado em uma região com muita incidência de lavouras, diferentemente dos postos 1, 2, 3 e 5 que se encontram em regiões onde a cultura é bastante desenvolvida. Entretanto, é necessário ressaltar que esse estudo foi efetuado a partir das imagens datadas de 2008, assim a distribuição das lavouras representa o cenário atual não coincidindo com o período dos dados hidrológicos. A Tabela 3 apresenta o valor aproximado da porcentagem de área coberta pela cultura do arroz nas bacias pertencentes aos postos fluviométricos, obtida através do processamento das imagens de satélite Landsat TM 5 2008.

Tabela 3. Porcentagem de área com arroz.

N°	Código DNAEE	Área com arroz Km ²	% de área com arroz
1	85460000	47,4	6,41
2	85480000	235,56	7,26
3	85580000	493,58	8,23
4	85623000	12,41	1,54
5	85600000	594,52	8,88

As Figuras 2 a 5 apresentam os gráficos das estações fluviométricas 5 (código DNAEE 85600000) e 4 (código DNAEE 85623000), para os períodos com e sem a cultura do arroz, obtidos a partir dos coeficientes β_0 e β_1 . Considerou-se essas duas estações pelo fato das bacias a que elas pertencem serem as que apresentam a maior e a menor porcentagem de área com arroz, respectivamente.

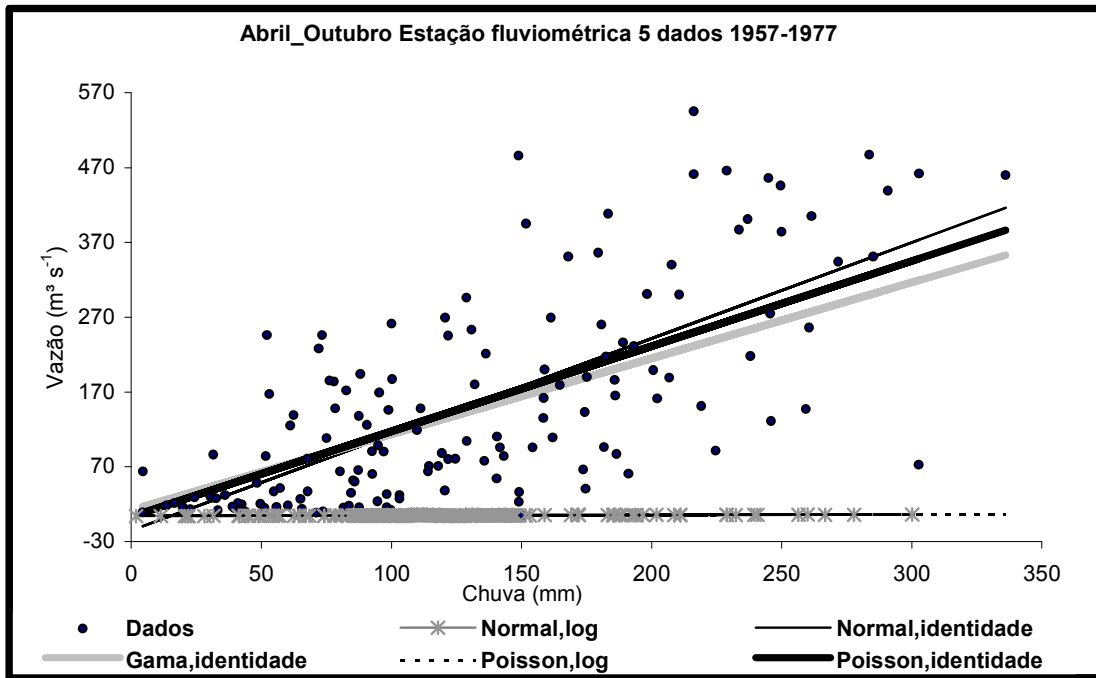


Figura 2. Relação entre a vazão e a precipitação – período de abril a outubro, estação 5.

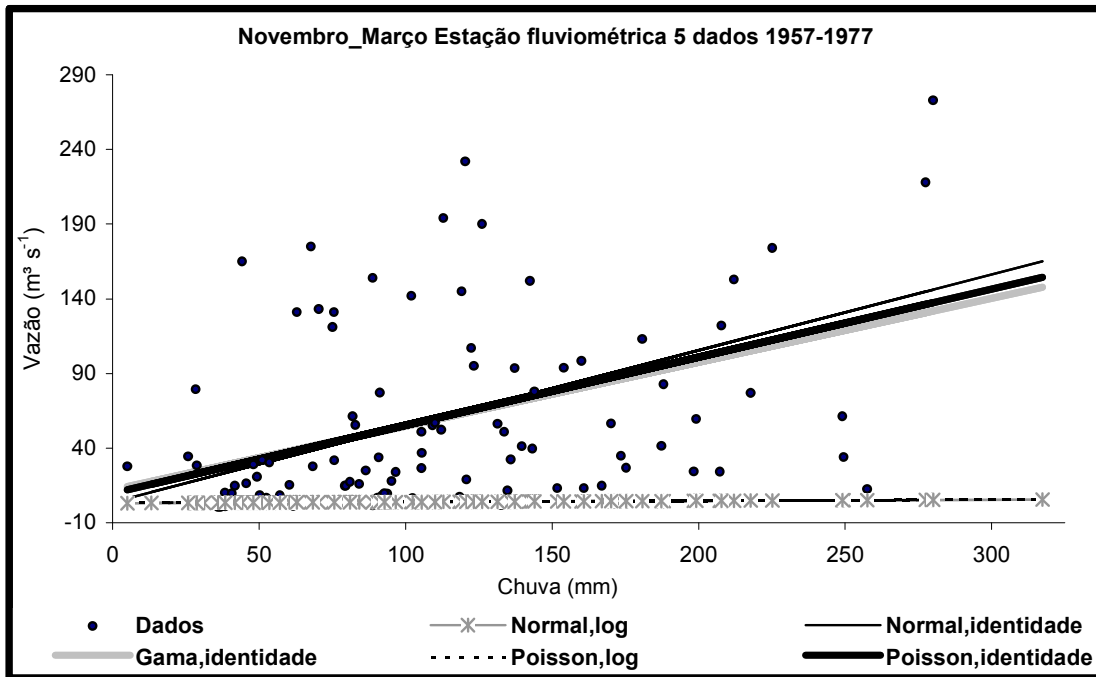


Figura 3. Relação entre a vazão e a precipitação – período de novembro a março, estação 5.

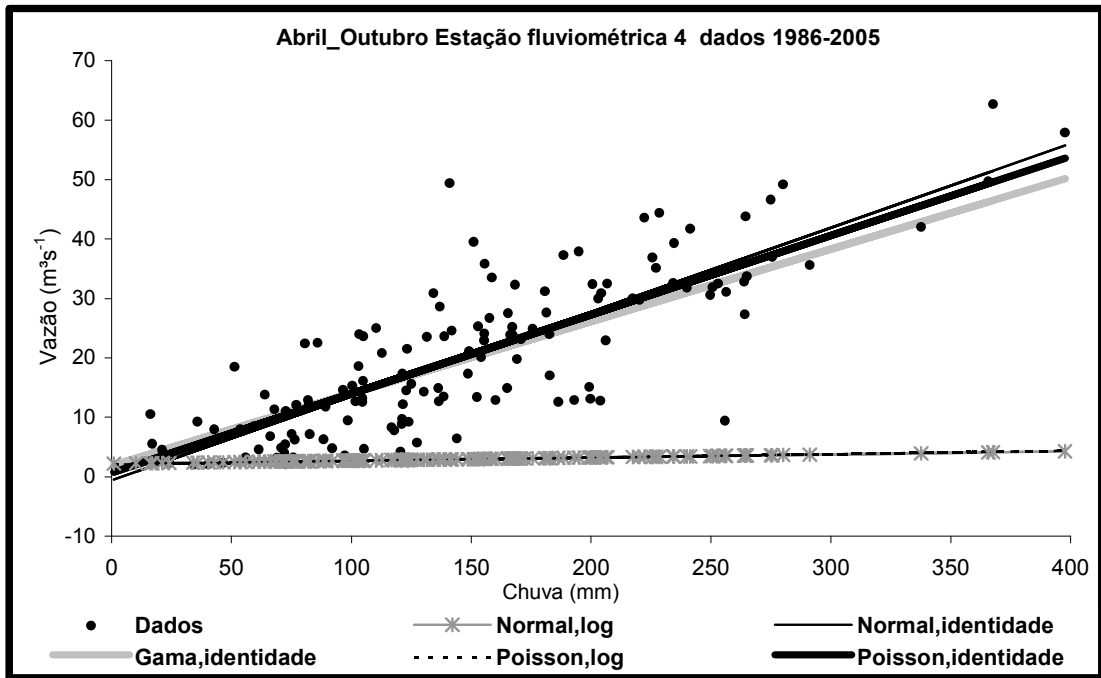


Figura 4. Relação entre a vazão e a precipitação – período de abril a outubro, estação 4.

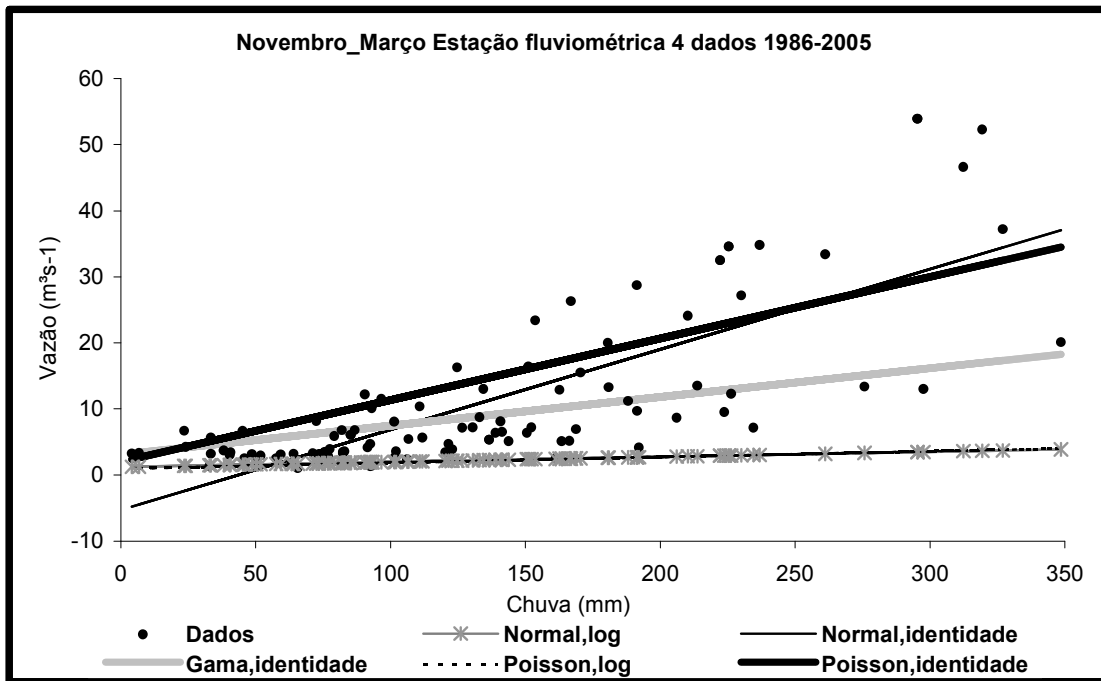


Figura 5. Relação entre a vazão e a precipitação – período de novembro a março, estação 4.

Através dos gráficos fica claro que no período em que não há abstração de água para irrigação do arroz, ou seja, de Abril a Outubro, há um maior ajuste entre vazão e precipitação para as duas estações. Além disso, a estação que se encontra na área com menor quantidade de lavouras apresenta uma maior evidência dessa relação. As combinações de distribuição e função de ligação do tipo Normal, logarítmica e Poisson, logarítmica foram as que apresentaram os piores resultados para os dois períodos considerados. Fato que também foi percebido para as outras estações, uma explicação pode ser que a função de ligação logarítmica não é apropriada para essa configuração dos dados. Foi possível perceber também, que quando utilizado uma regressão linear simples (Normal, identidade) a vazão calculada assumiu valores negativos, para algumas

estações, conforme comentado por Paiva y col. (1999). Assim pode-se dizer que as combinações gama, identidade e Poisson, identidade foram as que assumiram melhores resultados. Para verificar se a abstração de água nas lavouras reflete na série de vazões observadas nos postos fluviométricos foi empregado o teste Qui-quadrado. Para isso foi necessário utilizar um intervalo de valores real, que no caso, é o número de vezes em que a vazão calculada para os meses de Novembro a Março obtida através dos coeficientes encontrados na regressão dos meses Abril-Outubro superou a vazão observada nos postos fluviométricos. Também se faz necessário o uso de valores esperados, para que essas vazões sejam superadas. No estudo foi considerado a mesma probabilidade de ocorrência de vazões maiores e menores, ou seja, o valor esperado foi considerado a metade do número total de meses observados. A probabilidade admitida, para se comparar os valores calculados, foi de 0,1% , assim, todos os valores encontrados com o teste Qui-quadrado, para as regressões, que apresentaram probabilidade menor que 0,1% podem ser considerados que não ocorreram por acaso. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos através do emprego desse teste.

Tabela 4. Valores do teste Qui-quadrado.

Teste Qui-quadrado para probabilidade de 0,1%										
Nº	Código DNAEE	Nº	Código DNAEE	Distribuição, função ligação	Nº meses da série	Nº meses c/ vazão maior	Nº meses c/ vazão maior se p= 50%	X ²	pcal	
1	85460000	5	3054006	Normal,logarítmica	57	48	28,5	0,0175	0,894626	
				Normal,identidade				47	24,018	9,55E-07
				Gama,identidade				29	26,684	2,40E-07
		6	3054010	Poisson,logarítmica		29		0,0175	0,894626	
				Poisson,identidade		52		38,754	4,81E-10	
2	85480000	7	3053008	Normal,logarítmica	45	40	22,5	24,2	8,68E-07	
				Normal,identidade				39	24,2	8,68E-07
				Gama,identidade				6	27,222	1,81E-07
		8	3053009	Poisson,logarítmica		6		24,2	8,68E-07	
				Poisson,identidade		40		27,222	1,81E-07	
3	85580000	12	2954002	Normal,logarítmica	76	50	38	53,895	2,12E-13	
				Normal,identidade				49	6,368	0,01162
				Gama,identidade				50	7,579	0,00591
		11	3053005	Poisson,logarítmica		6		53,895	2,12E-13	
				Poisson,identidade		50		7,579	0,00591	
4	85623000	10	3053020	Normal,logarítmica	135	85	67,5	104,9	1,29E-24	
				Normal,identidade				81	5,4	0,02014
				Gama,identidade				85	9,074	0,00259
		9	3053022	Poisson,logarítmica		7		108,45	2,14E-25	
				Poisson,identidade		83		7,119	0,00763	
5	85600000	13	2953012	Normal,logarítmica	104	88	52	58,5	2,03E-14	
				Normal,identidade				86	44,462	2,59E-11
				Gama,identidade				13	49,846	1,66E-12
		14	2953015	Poisson,logarítmica		13		58,5	2,03E-14	
				Poisson,identidade		88		49,846	1,66E-12	
				11		3053005				

A Tabela 4 mostra que a probabilidade calculada pelo teste Qui-quadrado é maior que 0,1%, nas estações 3 e 4. Este resultado sugere que os valores subestimados das vazões observadas nos postos fluviométricos ocorrem por acaso, ou seja, não sofrem a influência das retiradas de água. Para a estação 4 isso pode ser explicado pelo fato de haver poucas lavouras de arroz na área da bacia que contribui para essa estação, conforme apresentado na Tabela 4. Entretanto para a estação 3, como o período dos dados hidrológicos não é o mesmo que o período do estudo do uso do solo da bacia , não se tem dados concretos que possam esclarecer esse fato. As estações 1, 2 e 5 apresentam a probabilidade calculada pelo teste Qui-quadrado menor que 0,1%, nas

combinações Gama, identidade e Poisson, identidade, indicando que as vazões registradas nos postos fluviométricos são subestimadas não ao acaso, isto é, há a influência das abstrações das águas.

CONCLUSÕES

A cultura do arroz abrange uma parcela significativa da Bacia hidrográfica do Rio Vacacaí e como esse cultivo consome uma grande quantidade de água, conflitos entre os usuários dos recursos hídricos acabam sendo gerados na região. Para tentar resolver esses conflitos faz-se necessário a gestão dos recursos hídricos. Nesse sentido, os dados hidrológicos são de fundamental importância, sendo necessário para o gestor ter confiabilidade nos dados. Entretanto, por meio, da pesquisa foi possível comprovar que em áreas onde há muitas lavouras de arroz as vazões registradas nos postos fluviométricos são subestimadas, tornando-se importante para os gestores o conhecimento das Vazões Naturais. Assim, desenvolver e testar metodologia para estimativa de Vazões Naturais, torna-se cada vez mais importante, visto que as modificações que o homem exerce no meio ambiente acabam refletindo nos registros de vazões dos rios. Entretanto é necessário perceber que em bacias com escassos dados hidrológicos, como nesse caso, as metodologias utilizadas para determinação das Vazões Naturais devem ser simplificadas, a fim de viabilizar essas pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Ao CT-HIDRO, CNPq e FAPERGS pelos recursos financeiros e bolsas fornecidas, ao professor Robin Thomas Clarke pelos esclarecimentos referentes ao modelo linear generalizado, a aluna de graduação Denise Gracieli SchalleMBERGER e ao Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria.

BIBLIOGRAFIA

- ANA, Agência Nacional das Águas. Sistemas de informações hidrológicas-Hidroweb. Disponível em <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso: 20 de outubro de 2007.
- BENETTI, A.D. (2007). Análise da demanda e disponibilidade de água em bacia hidrográfica considerando vazões naturais. Actas XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo.
- COLLISCHON, B.; COLLISCHON, W.; AGRA, S.; BORTOLI, C. (2007). Reconstituição das vazões naturais do Rio Caí-RS a jusante da transposição no sistema salto através de modelagem hidrológica. Actas I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba.
- GUILHON, J.G.F.; ROCHA, V.F.; MOREIRA, J.C. (2007). Comparação de métodos de previsão de vazões naturais afluentes a aproveitamentos hidrelétricos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.12, p.13-20.
- PAIVA, R.C.D.; PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D. (2006). Estimativa das vazões naturais nas sub-bacias do Vacacaí Mirim através de modelo simplificado. Actas I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba.
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C.; CLARKE, R. T. (1999). Caracterização das Vazões do Rio Ibicuí (RS). Actas XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte.
- RIO GRANDE DO SUL. (1998). Avaliação quali-quantitativa das demandas e disponibilidade de água da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí. Cenário atual. Porto Alegre, RS.
- RODRIGUEZ, R. DEL G. 1; PRUSKI, F.F.; NOVAES L. F.; SILVA, D.D.; RAMOS, M.M.; TEIXEIRA, A. F. (2006). Vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) na Bacia do Paracatu no período 1970 a 1996. Revista Brasileira de Recursos Hídricos v.11, p. 223-233.