

SENSIBILIDADE DO AÇUMOD À INCERTEZA DA PRECIPITAÇÃO: APLICAÇÃO À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME

Alain Marie Bernard Passerat de Silans¹, Cristiano das N. Almeida², Renato de Queiroz Porto³

RESUMO --- Este artigo trata de uma aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD (SILANS et al., 2000), para bacia do rio Gramame. A sensibilidade do AÇUMOD frente às incertezas da precipitação foi estudada com relação a sua distribuição espacial. Para tanto, considerou-se uma simulação de referência, que considerou a bacia em seu estado natural, sem intervenções na rede de drenagem. De posse dessa simulação de referência, foram realizadas N outras simulações onde a rede de monitoramento da precipitação foi modificada de uma para outra simulação. As modificações consistiram na retirada aleatória de 1, 2, 3 e 5 postos pluviométricos da bacia. Para cada uma dessas exclusões simulava-se a bacia. A análise dos resultados foi feita com base em curvas de permanência, geradas a partir dos dados de vazões anuais em três pontos de cálculo. Desta forma, foi possível caracterizar as incertezas sobre essas curvas, assim como a diminuição da qualidade da representatividade espacial da precipitação afeta as curvas de permanência e, portanto, os critérios utilizados para a gestão dos recursos hídricos como a outorga. Espera-se então que os resultados obtidos possam ser aplicáveis nas outras bacias e possam orientar estudos que visam à melhoria do monitoramento da precipitação nessa região.

ABSTRACT --- This paper focuses on a study carried out with the hydrological model AÇUMOD. It aims to study the sensitivity of the model to uncertainties on rainfall data, mainly on the spatial representativeness. First, one reference scenario is built with the natural flows given by the standard simulation of the model when no use and no physical intervention are considered in the basin. Latter, numerous scenarios are built, considering modifications in the raingauge network. The modifications are made by sampling ensembles of 1, 2, 3 and 5 raingauges to be taken off from the data set. The analyse of the simulation results with the model focuses on the frequency duration curves of annual discharges in three chosen calculus points. In this way, it has been possible to specify the uncertainties on the frequency duration curves and also to show how a poorest spatial representation of rainfall can affect the results. How the frequency duration curves are generally used to establish reference criteria for the basin management and mainly for grant purpose, the authors hope that the results got in this study may be applicable on the others basins of the region.

Palavras-chave: AÇUMOD, incertezas, variabilidade espacial da precipitação, curva de permanência.

1) LARHENA – Centro de Tecnologia da UFPB - Campus universitário 58059-900 João Pessoa – PB E-Mail: alainsilans@yahoo.com.br

2) LARHENA – Centro de Tecnologia da UFPB - Campus universitário 58059-900 João Pessoa – PB E-Mail: almeida74br@yahoo.com.br

3) LARHENA – Centro de Tecnologia da UFPB - Campus universitário 58059-900 João Pessoa – PB E-Mail: renatodequeiroz@yahoo.com.br

1 – INTRODUÇÃO

Após um intenso desenvolvimento de modelos hidrológicos, a pesquisa atual neste ramo volta-se para a avaliação das incertezas sobre os resultados dos modelos. Perrin et al. (2002), trabalhando com modelos chuva-vazão, classificaram as incertezas em três grupos: as incertezas devidas ao modelo; as incertezas devidas ao processo de calibração e as incertezas devidas aos dados de entrada. Diversos estudos foram conduzidos então para comparar a performance (isto é uma medida da confiabilidade nos resultados) de vários modelos, com estruturas diferentes, aplicados em diversas bacias com o mesmo conjunto de dados de entrada (PERRIN et al., 2001). Nesses estudos, mostrou-se que a complexidade crescente dos modelos não é sinônimo de melhoria da performance. Mostrou também que a escolha de uma estrutura inadequada, para representar o ciclo hidrológico na bacia hidrográfica estudada, conduz a validações pobres dos modelos. Outros pesquisadores estudaram a influência das incertezas nos parâmetros dos modelos sobre as séries de vazões geradas (WRIEDT & RODE, 2006). Nesse caso, as incertezas nos parâmetros vêm do processo de calibração, isto é do método utilizado, assim como, principalmente, dos erros embutidos nos dados históricos de vazão considerados. Vêm também do período utilizado para a calibração, apesar de que os processos de validação em períodos com dados de entrada diferenciados e a validação cruzada permitem minimizar este efeito. Nesses estudos, geralmente efetua-se uma abordagem Bayesiana (HUARD & MAILHOT, 2006), admitindo um processo estocástico para representar os erros sobre as séries de vazões utilizadas responsável pela geração de N séries de famílias de parâmetros. Estas seguem determinada distribuição estatística utilizada para, através de um processo estocástico de Monte-Carlo, determinar as incertezas associadas às séries de vazões resultantes.

No caso das bacias hidrográficas do litoral do Nordeste brasileiro, uma incerteza suplementar na aplicação de modelos hidrológicos surge da representatividade espacial dos dados de precipitação. De fato, segundo Rodrigues e Silans (2002, 2003), a variabilidade espacial da chuva no sentido da linha de costa para o interior, isto é no sentido leste – oeste, é muito elevada. Gomes e Silans (2000) e Ferreira Filho et al. (2002) estudaram em bacias hidrográficas do litoral do nordeste brasileiro, os primeiros na Paraíba e os outros no Ceará, como o cálculo do valor médio da precipitação sobre a bacia hidrográfica é afetado pelo método utilizado para sua determinação. Concluíram que as diferenças obtidas pelos diversos métodos utilizados iam crescentes à medida que o número de postos pluviométricos ia decrescendo. Tal fato se deve, justamente, à variabilidade espacial da precipitação nesta região e, portanto, à representatividade duvidosa da mesma quando o número de postos pluviométricos

disponíveis é pequeno.

Neste trabalho, analisa-se a sensibilidade do modelo hidrológico AÇUMOD (SILANS et al., 2000) à representatividade espacial da chuva. A bacia hidrográfica escolhida é a bacia do rio Gramame, de 584 km², localizada no litoral paraibano. Nesta bacia, o modelo AÇUMOD foi aplicado por Silva et al. (2002). Como mostrado em Rodrigues e Silans (2003), a bacia do rio Gramame distingue-se das demais bacias litorâneas por ter possuído, durante 17 anos, uma cobertura razoável de postos pluviométricos. Fato raro nesta região, pois a SUDENE, responsável pelo monitoramento dos dados hidrometeorológicos no Nordeste até o início da década de 90, concentrou os seus esforços na região semi-árida em detrimento da área úmida localizada no litoral do Nordeste.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Localização do Estudo

A área de estudo escolhida foi a bacia hidrográfica do rio Gramame, no estado da Paraíba-Brasil. Esta bacia encontra-se localizada entre os paralelos de 7° 11' e 7° 23' (Sul) e os meridianos de 34° 48' e 35° 10' (Oeste) (Figura 1). Tem uma área de drenagem de 589 km², onde escoam três rios principais: Gramame, Mamuaba e Mumbaba. Nela localiza-se o açude Gramame-Mamuaba, com 56 milhões de m³, o qual é responsável pelo abastecimento de cerca de 24% da população do Estado da Paraíba, ou seja, 850 mil habitantes (IBGE, 2000). Nesta região estão instaladas as principais indústrias do Estado. Desta forma, esta bacia tem uma importância fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da Paraíba.

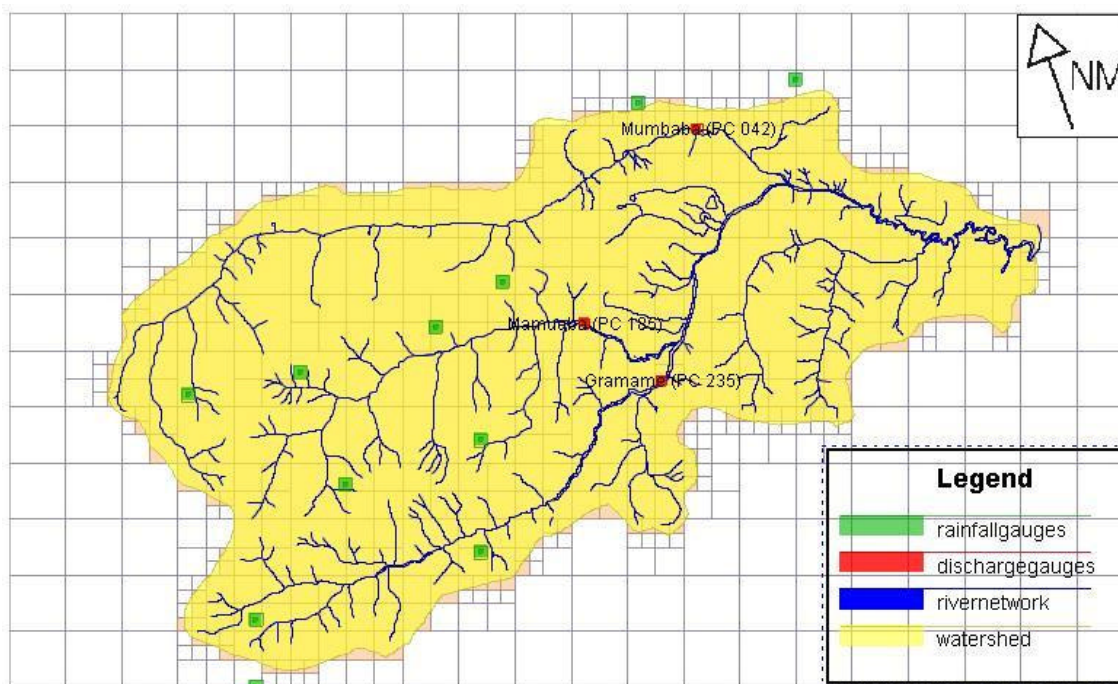


Figura 1 – Bacia hidrográfica do rio Gramame com os postos fluviométricos e pluviométricos

Do ponto de vista climatológico, observa-se que o período chuvoso concentra-se em 5 meses, compreendidos entre março e julho, tendo uma precipitação anual média de aproximadamente 1.600 mm. Segundo a classificação de Köppen (1948), quase toda a região envolvida neste estudo localiza-se em clima tropical chuvoso. A evaporação, medida em tanque classe A na estação climatológica de Marés, apresenta um valor médio de 1.300 mm/ano. Uma característica importante dessa bacia é a existência de um forte gradiente nos índices pluviométricos no sentido leste-oeste, esse gradiente é no centro da bacia hidrográfica do rio Gramame, 30 mm/km.

2.2 – O modelo chuva-vazão utilizado

O modelo AÇUMOD (SILANS et al., 2000) é um modelo distribuído conceitual que simula o processo de transformação da chuva em vazão em quadrículas. Quadrículas estas que são utilizadas para descrever a bacia hidrográfica com seus elementos hidráulicos (açudes, captações a fio d'água, etc.). Uma característica singular deste modelo é que o mesmo realiza o balanço hídrico dos elementos hidráulicos existentes na rede de drenagem. Estes elementos modificam o regime de escoamento de uma bacia hidrográfica.

Em simulações com o AÇUMOD, a bacia hidrográfica e suas sub-bacias são discretizadas por quadrículas. Em cada uma destas, determinam-se quantidades de Zonas Hidrológicas Homogêneas (ZHH's). As ZHH's são áreas que estando a uma mesma condição inicial de umidade e ocorrendo

sobre estas uma precipitação de igual intensidade, será gerada uma mesma lâmina de escoamento superficial. As ZHH's são definidas a partir da superposição de mapas de usos do solo, vegetação, pedologia, etc. Assim, realiza-se um balanço hídrico diário para cada quadrícula, a fim de determinar as lâminas evaporadas, infiltradas, armazenadas no solo e escoadas superficialmente. A conceitualização do ciclo hidrológico é feita através de um conjunto de quatro reservatórios, para os quais são determinadas estas lâminas. Neste modelo a transferência dos escoamentos superficiais é feita pelo conceito do método das Isócronas, onde para cada quadrícula é calculada, em dias, a zona isócrona que ela se encontra, isto feito a partir do tempo de concentração da bacia hidrográfica. Assim, para a transferência de vazões entre cada quadrículas esta informação é utilizada. Maiores detalhes sobre a estrutura do AÇUMOD podem ser encontrados em Silans et al. (2000) e Almeida (2006).

2.3 – Metodologia

O modelo distribuído AÇUMOD (SILANS et al., 2000) foi aplicado à bacia hidrográfica do rio Gramame por Silva et al. (2002). Para a sua calibração e validação foram utilizados dados de vazões mensais de 3 postos fluviométricos monitorados pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), que foram desativados em torno de 1980. Neste trabalho os parâmetros calibrados por esses autores foram utilizados, assim como a mesma série de dados pluviométricos. A representação espacial da chuva é feita através do método de Thiessen utilizando-se 11 postos pluviométricos com dados disponíveis entre 1972 e 1989. A simulação desses autores serve de referência para este estudo.

A análise da sensibilidade do modelo à representatividade espacial da chuva foi feita seguindo-se as seguintes etapas:

- 1) Foram escolhidos três pontos de cálculo na bacia do rio Gramame, sendo um no próprio rio Gramame (PC 235), outro no rio Mamuaba (PC 185) e o terceiro no rio Mumbaba (PC 042) (ver mapa da bacia na figura 1).
- 2) Foram sorteadas aleatoriamente combinações de postos pluviométricos (PP) a serem eliminadas do estudo conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Combinações de postos pluviométricos (PP) utilizadas para as simulações

| Combinação de | Número possível de arranjos | Número de arranjos independentes sorteados para as simulações |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Um PP | 11 | 10 |
| Par de PP | 55 | 54 |
| Triplo de PP | 165 | 109 |
| Quíntuplo de PP | 462 | 109 |

3) Paiva (2002) mostrou que as séries históricas de vazões anuais geradas nos pontos de cálculo (PC) seguem uma distribuição Gama a três parâmetros. Portanto para cada simulação nos três PC's considerados neste estudo são calculados os parâmetros, a, parâmetro de forma, b, parâmetro de escala e c, parâmetro de posição.

4) Utilizando a função de distribuição acumulada para a distribuição Gama a três parâmetros, calculam-se as vazões anuais com respectivamente 50%, 90%, 95%, 98% e 99% de probabilidade de ser ultrapassadas, as quais são anotadas Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{98} , e Q_{99} respectivamente.

5) Calcula-se para cada combinação de arranjos de PP sorteada aleatoriamente, a média, o desvio-padrão e os valores mínimos e máximos obtidos para cada Q_p ($P= 50, 90, 95, 98$ e 99), para cada combinação de arranjos de PP. Obtém-se desta forma a curva de permanência média das vazões anuais para a qual se traça o intervalo de confiança a 90%. Portanto, obtém-se como resultado, para cada Q_p , em cada PC, uma faixa de valores de vazão com 90% de probabilidade de ocorrência para as diversas representatividades espaciais testadas.

6) As curvas de permanência obtidas são comparadas às curvas de permanência da simulação padrão.

3 – RESULTADOS

As vazões calculadas são as vazões naturais em cada PC escolhido, pois o modelo hidrológico distribuído chuva-vazão AÇUMOD, tem como característica importante a de poder gerar as séries de vazões naturais, isto é, desconsiderando as captações e os armazenamentos de água em reservatórios após a calibração com a presença de todos esses elementos (SILANS et al., 2000).

A tabela 2 apresenta os valores de Q_p ($P= 50, 90, 95, 98$ e 99) da curva de permanência nos 3 PC's considerados. Esses valores foram extraídos dos estudos de Paiva (2002).

Tabela 2 – Vazões Q_P da curva de permanência da simulação de referência

| PC | Q_{50} (m ³ /s) | Q_{90} (m ³ /s) | Q_{95} (m ³ /s) | Q_{98} (m ³ /s) | Q_{99} (m ³ /s) |
|-----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 042 | 2,34 | 1,51 | 1,32 | 1,13 | 1,01 |
| 185 | 2,42 | 1,77 | 1,61 | 1,45 | 1,34 |
| 235 | 1,73 | 1,09 | 0,95 | 0,80 | 0,71 |

As tabelas 3 a 6, apresentam as estatísticas clássicas dos valores de Q_P ($P= 50, 90, 95, 98$ e 99) da curva de permanência nos 3 PC's considerados. No total das simulações dois casos foram observados:

1. Duas ou mais simulações deram resultados similares. Isso ocorre quando, na sub-bacia do PC considerado, o conjunto de postos retirados naquelas simulações não tem influência através dos polígonos de Thiessen ou quando parte do conjunto de postos que afetam a sub-bacia de um PC é retirada várias vezes em diversos conjuntos.
2. A função de distribuição das vazões no PC não segue a distribuição Gama a três parâmetros. Neste caso, essa simulação particular é desconsiderada no estudo.

Destas tabelas diversas observações interessantes podem ser feitas. Por exemplo, no PC 235, o qual se localiza no rio Gramame, logo a montante do reservatório da barragem de Gramame, a amplitude do intervalo de confiança não varia com a retirada de um ou dois, ou três ou mesmo cinco postos pluviométricos, enquanto nos outros PC's, a tendência é de diminuir essa amplitude à medida que se retira mais postos, pois o número de simulações correspondentes aumenta. Porém, quando são retirados cinco postos pluviométricos, mas que se considera o mesmo número de simulações que para três postos, a amplitude do intervalo de confiança volta a subir, indicando uma degradação maior da representatividade espacial da chuva. Isso, na realidade, se deve a uma maior cobertura de postos pluviométricos na bacia hidrográfica do PC 235.

Em todos os casos, a amplitude do intervalo de confiança varia aproximadamente entre ± 10 e $\pm 20\%$ da vazão Q_P ($P = 50\%, 90\%, 95\%, 98\%$ ou 99%), o que é considerável. Significa que, caso a representatividade espacial não estiver suficientemente considerada, para descrever corretamente o campo das precipitações na superfície da bacia hidrográfica, tem-se 10% de probabilidade de errar ao associar uma incerteza entre 10 e 20% sobre a curva de permanência.

Nas figuras 2 a 4 são desenhadas as curvas de permanência de cada PC respectivamente, para as diversas formas de representatividade espacial da precipitação simuladas (retirando,

simultaneamente, um, dois, três ou cinco postos pluviométricos).

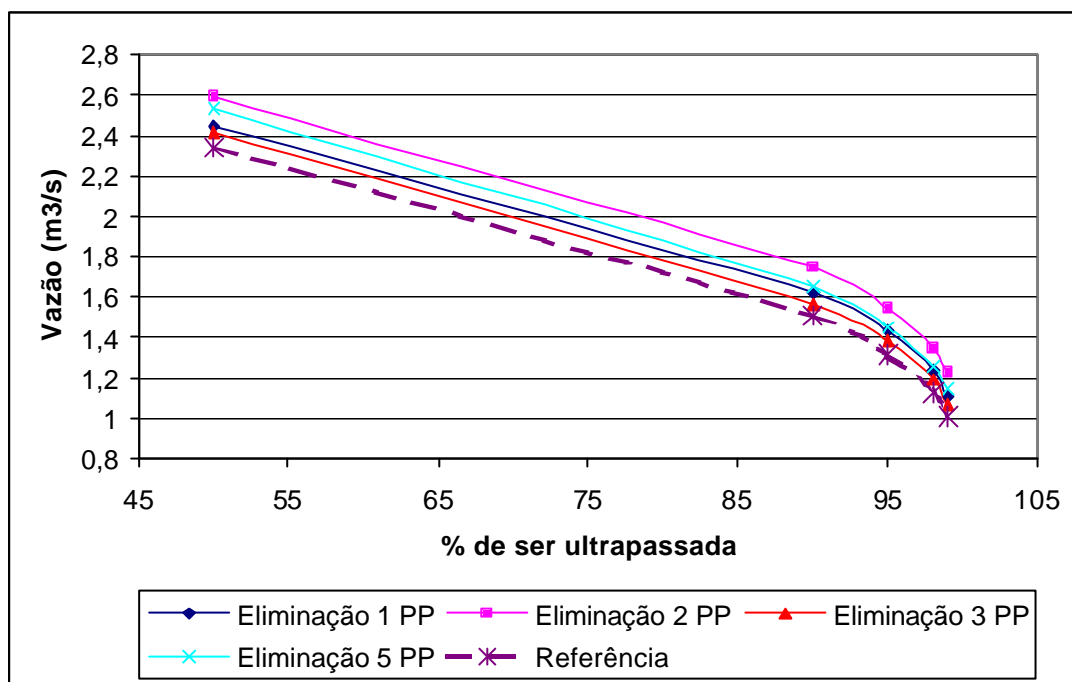


Figura 2 – Curva de permanência do PC 042 – Rio Mumbaba

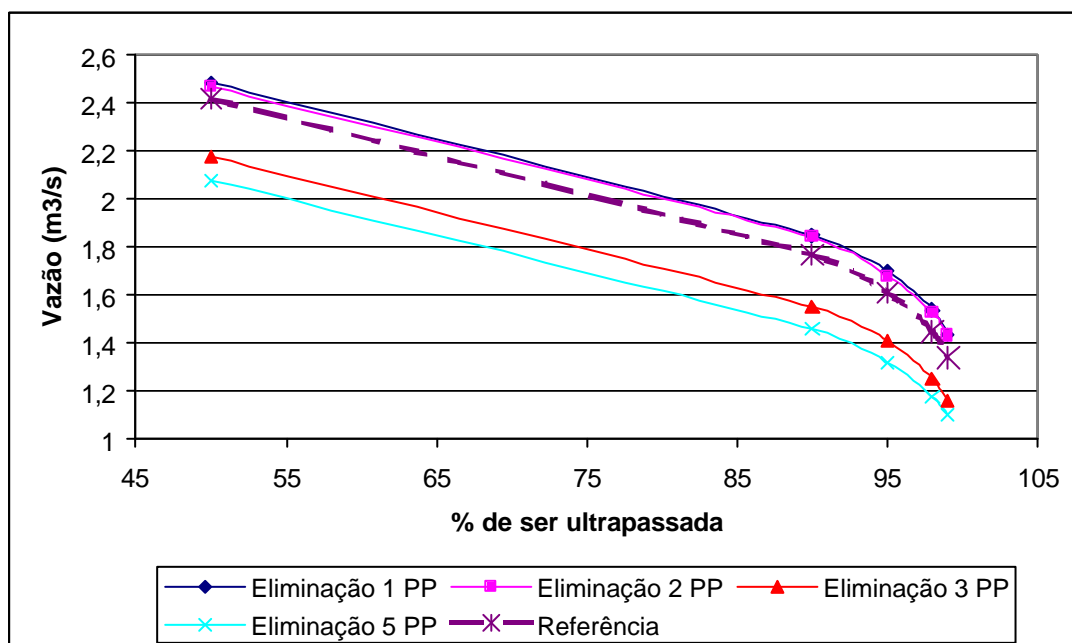


Figura 3 – Curva de permanência do PC 185 – Rio Mamuaba

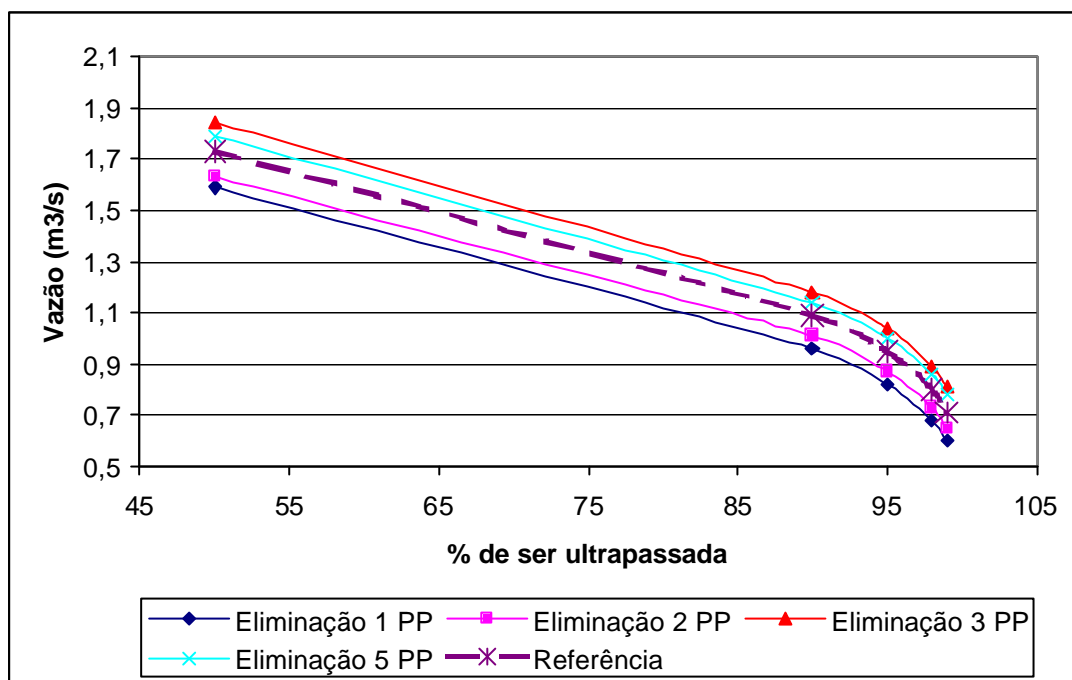


Figura 4 – Curva de permanência do PC 235 – Rio Gramame

Essas curvas para cada PC permitem comparar as curvas de permanência médias obtidas em cada situação. Observe-se, salvo no caso do PC 185, que não há sistematicamente um aumento ou uma diminuição dos valores médios em função do número de postos pluviométricos retirados, nem tampouco uma variação sistemática em relação à curva de permanência da simulação de referência. Observam-se também curvas de permanência transladas umas em relação às outras. Os afastamentos máximos das curvas sendo da ordem de 20 a 25% para os três PC's estudados na bacia do rio Gramame.

4 – CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisado o comportamento das curvas de permanência das vazões naturais anuais em três pontos de cálculo da bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba. Diversas simulações foram feitas supondo uma diminuição progressiva do número de postos pluviométricos na bacia, representando modificações na distribuição espacial da precipitação. O modelo chuva-vazão utilizado para o estudo é o modelo distribuído AÇUMOD. Os resultados mostram que:

- 1 – Em valores médios, a modificação do número de postos pluviométricos considerados na simulação leva a resultados que variam da ordem de 20% a 25%;
- 2 – A diminuição progressiva do número de postos pluviométricos considerados não provoca

uma variação monótona da resposta do modelo;

3 – No entanto, há uma degradação da representatividade espacial quando se retiram cinco postos em vez de três postos;

4 – Pode se afirmar que há 10% de chance de errar, devido à variabilidade espacial da chuva, associando-se uma incerteza de 10 a 20% à vazão Q_P obtida com o modelo chuva-vazão AÇUMOD.

5 – Os resultados apresentados neste trabalho valem para os PC's considerados. Provavelmente seriam diferentes em PC's localizados mais próximos às cabeceiras dos rios Gramame, Mamuaba e Mumbaba.

Os resultados obtidos fornecem uma idéia da precisão sobre a curva de permanência em pontos de cálculo, em bacias onde a variabilidade espacial da chuva é grande. Esses resultados são preocupantes para a efetivação do processo de outorga em bacias hidrográficas da região litorânea do Nordeste. Nota-se assim, a necessidade do desenvolvimento de projetos de pesquisa e ampliação das redes de monitoramento hidrológico, que podem dar suporte ao melhor entendimento do papel da variabilidade espacial da precipitação, com vista à redução dos erros provocados pela aplicação de modelo de simulação hidrológica.

Esses resultados sugerem que se deve estudar urgentemente uma metodologia para otimizar o monitoramento da chuva nessas bacias, observando as saídas de um modelo chuva-vazão, de interesse da gestão dos recursos hídricos, principalmente para a outorga. Essa otimização deve basear-se sobre um aprofundamento do conhecimento sobre a estrutura espacial da variabilidade da variável aleatória precipitação nessa região.

Em fim, recomenda-se que estudos similares sejam feitos com as curvas de permanência das vazões mensais, já que são estas e não as curvas de permanência das vazões anuais que são geralmente usadas na região litoral do Nordeste para definir os critérios de outorga. Sugere-se também a realização de estudos dessa natureza com outros modelos chuva-vazão, concentrados ou distribuídos, largamente utilizados na região. Através de tais estudos poder-se-ia obter uma noção da robustez do modelo, isto é de sua capacidade em ser pouco afetado pelos erros nos valores de entrada.

Tabela 3 – Estatísticas sobre os valores de Q_P das curvas de permanência dos três PC's analisados. Caso1 com um PP retirado aleatoriamente (vazões em m^3/s)

| | PC - 042 | | | | | PC - 185 | | | | | PC - 235 | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ |
| Média | 2,45 | 1,62 | 1,43 | 1,24 | 1,11 | 2,49 | 1,85 | 1,70 | 1,54 | 1,44 | 1,59 | 0,96 | 0,82 | 0,68 | 0,60 |
| Desv. Padrão | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,48 | 0,89 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 |
| Intervalo de confiança a 90% (+/-) | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |

Tabela 4 – Estatísticas sobre os valores de Q_P das curvas de permanência dos três PC's analisados. Caso2 com um par de PP retirado aleatoriamente (vazões em m^3/s)

| | PC - 042 | | | | | PC - 185 | | | | | PC - 235 | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ |
| Média | 2,59 | 1,75 | 1,55 | 1,35 | 1,23 | 2,47 | 1,84 | 1,68 | 1,53 | 1,43 | 1,63 | 1,01 | 0,87 | 0,73 | 0,65 |
| Desv. Padrão | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,60 | 1,58 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,95 | 0,94 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,48 | 0,47 |
| Intervalo de confiança a 90% (+/-) | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 |

Tabela 5 – Estatísticas sobre os valores de Q_P das curvas de permanência dos três PC's analisados. Caso 3 com um triplê de PP's retirado aleatoriamente (vazões em m^3/s)

| | PC - 042 | | | | | PC - 185 | | | | | PC - 235 | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ |
| Média | 2,42 | 1,57 | 1,38 | 1,19 | 1,07 | 2,18 | 1,55 | 1,41 | 1,25 | 1,16 | 1,84 | 1,18 | 1,04 | 0,89 | 0,81 |
| Desv. Padrão | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,60 | 0,59 | 0,92 | 0,91 | 0,89 | 0,87 | 0,85 | 0,89 | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,79 |
| Intervalo de confiança a 90% (+/-) | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,13 |

Tabela 6 – Estatísticas sobre os valores de Q_P das curvas de permanência dos três PC's analisados. Caso 4 com um quintuplê de PP's retirado aleatoriamente (vazões em m^3/s)

| | PC - 042 | | | | | PC - 185 | | | | | PC - 235 | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ | Q ₅₀ | Q ₉₀ | Q ₉₅ | Q ₉₈ | Q ₉₉ |
| Média | 2,53 | 1,65 | 1,45 | 1,26 | 1,14 | 2,08 | 1,46 | 1,32 | 1,18 | 1,10 | 1,79 | 1,14 | 1,00 | 0,86 | 0,78 |
| Desv. Padrão | 1,10 | 1,02 | 0,98 | 0,94 | 0,90 | 1,21 | 1,17 | 1,14 | 1,10 | 1,07 | 0,82 | 0,77 | 0,74 | 0,71 | 0,68 |
| Intervalo de confiança a 90% (+/-) | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,12 |

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. N. *Modelagem integrada de recursos hídricos com apoio de um sistema de informações geográficas*. 147 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.

FERREIRA FILHO, W.M.; NOGUEIRA, L.A.A.; BEMFEITO, C.J.S. 2000. *Aplicação da metodologia Kriging à pluviometria do Estado do Ceará*. Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000.

GOMES, R. S.; SILANS, A. M. B. P. *Comparação de diversos métodos de cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica*. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000. v. 2. p. 61-73.

IBGE, CENSO Demográfico 2000.

KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia – Com un estudio de los climas de la Tierra*. Trad P.R.H. Perez. Fondo de Cultura Econômica. México.

HUARD, D.; MAILHOT, A., 2006. *A Bayesian perspective on input uncertainty in model calibration: Application to hydrological Model “ABC”*. Water Resources Res., 42, W07416, doi:10.1029/2005WR004661.

PAIVA, A. E. D. B. *Simulações Hidrológicas na Bacia do Rio Gramame como subsídio ao Processo de Outorga*. 2002. 196 p.. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Universidade Federal da Campina Grande. Paraíba. 2002.

PERRIN, C. ; MICHEL, C.; ANDRÉASSIAN, V. 2002. *State of the art for precipitation-Runoff Modelling*, in State-of-the-art Reporto n QA guidelines, CEMAGREF, França.

PERRIN, C.; MICHEL, C.; ANDRÉASSIAN, V. 2001. *Does a large number o Parameters enhance Model Performance? Comparative Assessment of Common Catchment Model Structures on 429 Catchments*. J. Hydrology, v.242, p. 275-301.

SILANS, A.M.B.P.; ALMEIDA, C.N., ALBUQUERQUE, D.J.S.; PAIVA, A.E.D.B. 2000. *Aplicação do modelo hidrológico distribuído à bacia hidrográfica do rio do Peixe – Estado da Paraíba*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 5(3), p. 5-19.

RODRIGUES, A R.; SILANS, A.M.B.P. *Metodologia para otimização de rede de monitoramento pluviométrica baseada na geoestatística*. In: XV simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba. Anais em CD-ROM, 2003.

RODRIGUES, A. R.; SILANS, A.M.B.P. *Análise da variabilidade espacial da precipitação no Litoral do Nordeste Brasileiro*. In: VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2002, Maceió. Anais, 2002.

SILANS, A. M. B. P.; GOMES, R. S. *Comparação de diversos métodos de cálculo da precipitação média sobre uma bacia hidrográfica*. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000, Natal. Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2000. v. 2. p. 61-73.

SILVA, T. C.; SILANS, A. M. B. P.; PEDROSA FILHO, L.A.; PAIVA, A. E. D. B. D.; BILLIB, M.; BOOCHS, P. *Planejamento dos Recursos Hídricos na bacia hidrográfica do rio Gramame, uma bacia litorânea do Nordeste Brasileiro*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, n. 4, 2002, p. 121-134.

WRIED, G. E RODE, M., 2006. *Investigation of parameter uncertainty and identifiability of the hydrological model*. Adv. Geosci. 9, 145-150.