

Caracterização espaço-temporal da chuva como subsídio à análise de episódios de enchentes no município de Angra dos Reis, RJ

Carla Maciel Salgado*
Maria Naíse de Oliveira Peixoto e
Josilda Rodrigues da Silva de Moura**

Resumo

Todos os anos há registros de inundações de diferentes proporções ocorrendo no município de Angra dos Reis, RJ. O presente trabalho analisa dados de precipitação de várias estações pluviométricas na região e de vazão do principal rio do município (rio Mambucaba), com vistas a um melhor dimensionamento das condições que levam a episódios de enchentes. Verificou-se que as características dos eventos chuvosos (quantidade, dias consecutivos de chuva, frequência) que elevam a vazão do rio Mambucaba para acima de $50\text{m}^3/\text{s}$, resultam em alagamento de alguns pontos ou em enchentes de maiores proporções. A conjugação das informações sobre enchentes da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis com os dados diários de vazão e pluviosidade permitiu observar, ainda, que a maré cheia também contribui para a formação de enchentes, mesmo que a vazão do rio Mambucaba não tenha alcançado $50\text{m}^3/\text{s}$.

Palavras-chave: Precipitação diária, vazão diária, frequência de chuvas, bacia hidrográfica.

* Professora do Depto. de Geografia, FFP/UERJ (carlasalgado@uol.com.br).

** Professoras do Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ (naise@ufrj.br).

Space-time characterization of the precipitation as subsidy to flood episodes analysis in Angra dos Reis municipality, RJ

Abstract

Every year, there are flood records of different dimension occurring in Angra dos Reis municipality, RJ. This work analyses rain data of several precipitation stations in that region and the discharge of the city main river (Mambuca river), in order to understand the conditions which cause these floods episodes. It was verified that the precipitation characteristics (quantity, raining period, frequency) that raise Mambucaba river discharge up to $50\text{m}^3/\text{s}$, resulting in the inundation of some sites or flooding with great dimensions. The conjugation of floods records from Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis with daily data of discharge and precipitation allowed observe that the high tide also contribute with floods formation, even if the Mambucaba river discharge has not reached $50\text{m}^3/\text{s}$.

Key words: Daily precipitation, daily discharge, precipitation frequency, drainage basin

Introdução

No município de Angra dos Reis, RJ, localizado no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), a crescente ocorrência de enchentes, especialmente nos meses de verão, atinge várias localidades, às vezes exigindo a remoção de moradores.

Um dos fatores essenciais para a ocorrência de enchentes nesta região é a pluviosidade – uma das mais altas registradas no território brasileiro. De acordo com Davis & Naghettini (2001) a Serra do Mar constitui uma barreira orográfica de extrema importância para a elevada precipitação registrada nesta região. Os fatores latitude e proximidade do mar criam condições de forte radiação solar, fornecimento de umidade e núcleos de condensação, que conjugados à posição da serra em relação à trajetória dos sistemas frontais e linhas de instabilidade, provocam

pluviosidade anual geralmente superior a 2000mm. Nicolli (1993), analisando uma série pluviométrica de 1951 a 1983 da Estação Meteorológica de Angra dos Reis (operada pelo antigo Departamento Nacional de Meteorologia), também destacou a elevada pluviosidade, especialmente a frequência de chuvas extremas.

Além da precipitação, outros fatores têm grande relevância na formação de eventos de enchentes, como vegetação, solos, morfologia do canal, características morfométricas da bacia hidrográfica etc. Somados aos fatores naturais, há ainda o tipo de uso e ocupação da bacia hidrográfica. Estes podem levar ao desmatamento, compactação do solo e/ou impermeabilização de grandes áreas, sendo neste último caso associado à urbanização. A modificação das características naturais de uma bacia podem, portanto, levar à intensificação dos eventos de enchentes, especialmente em áreas desprovidas de um planejamento urbano adequado. Todos estes fatores (naturais e antrópicos) são identificados nas bacias hidrográficas que compõem o município de Angra dos Reis, RJ.

Embora as características da bacia hidrográfica e o tipo de uso/ocupação criem condições de maior suscetibilidade, Hirschboeck (1988) e Hayden (1988) defendem a necessidade de maior inserção de dados pluviométricos nas análises de enchentes. Ambos discutem a importância de avaliar a ocorrência de inundações na escala temporal estabelecendo-se relações com o clima. Adotando-se tal perspectiva, haveria um melhor entendimento dos processos relacionados às enchentes, assim como uma melhor avaliação quantitativa da sua variabilidade temporal e espacial.

Neste sentido, o presente trabalho visa analisar o comportamento temporal e espacial da pluviosidade na região de Angra dos Reis, RJ e avaliar a sua repercussão nas vazões relacionadas a eventos de enchentes. Para este estudo, são apresentadas as análises efetuadas a partir de dados hidrológicos da bacia do rio Mambucaba, considerando-se a importância do problema para a população residente na localidade

Perequê/Mambucaba, situada no baixo curso deste rio, e a disponibilidade de dados existentes na área considerada.

É importante ressaltar que o termo enchente está sendo usado no presente trabalho de forma genérica, compreendendo também situações de alagamento e inundações. De forma geral, na literatura não há uma diferenciação clara entre tais termos. A falta de consenso na definição de enchente, inundação e alagamento também foi colocada por Souza (2005). A referida autora, analisando o litoral norte do Estado de São Paulo (área contígua e de mesma morfologia que o litoral sul do Estado do Rio de Janeiro), acrescenta que por se tratar de uma área costeira, com influência de maré sobre a descarga dos rios, cria-se maior dificuldade para discernir e definir os processos.

Material e métodos

Angra dos Reis insere-se num setor da região Sudeste onde a Serra do Mar se aproxima muito do litoral. Deste modo, as bacias hidrográficas geralmente são pequenas e se desenvolvem em dois compartimentos distintos: o alto e médio cursos situam-se nas áreas mais elevadas e acidentadas; o baixo curso dos rios percorre a planície costeira caracterizada por pequena extensão (FRANCISCO, 2004).

A bacia do rio Mambucaba, selecionada para este estudo, tem a maior área entre todas as demais que convergem para o município – aproximadamente 739km². O seu alto e médio curso estão na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, sendo, portanto, um rio de domínio federal. A amplitude altimétrica deste setor da bacia supera 1000m e a vegetação (Mata Atlântica) encontra-se razoavelmente preservada. O baixo curso, percorrendo a planície flúvio-marinha, apresenta declividades muito pequenas e encontra-se ocupado por bairros residenciais, especialmente de baixa renda.

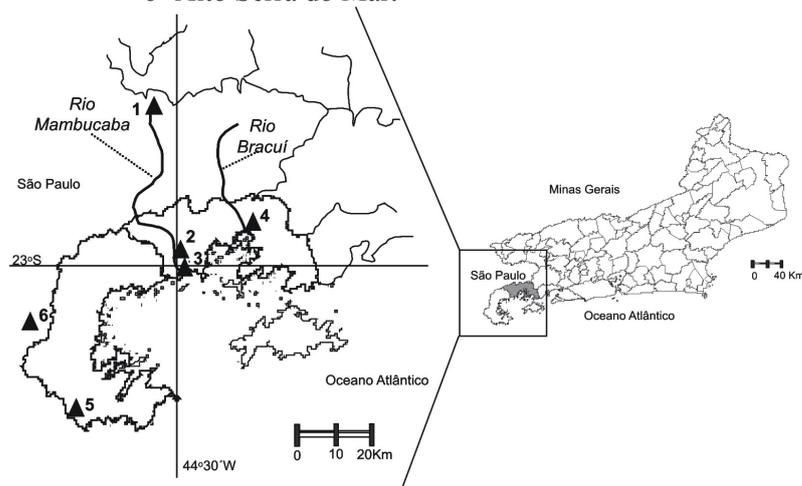
Os dados pluviométricos analisados foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que possui uma estação meteorológica situada no município de Angra dos Reis, e

na Agência Nacional de Águas (ANA), compreendendo séries históricas de várias estações, operadas pela CPRM, situadas em diferentes localidades (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1: Estações pluviométricas operadas pela CPRM, cujos dados são disponibilizados pela ANA.

Estações Pluviométricas	Código	Série Histórica	Duração Sér. Hist.
Vila Mambucaba	02344016	1981-1999	19 anos
Vila Perequê	02344019	2000-2002	3 anos
Bracuí	02244149	1990-1999	10 anos
Patrimônio	02344006	1967-1999	33 anos
Fazenda das Garrafas	02244135	1981-1999	19 anos
Alto Serra do Mar	02344009	1982-1995	14 anos

Figura 1: Localização do município de Angra dos Reis no Estado do Rio de Janeiro e das estações pluviométricas utilizadas. 1- Fazenda das Garrafas; 2- Vila Mambucaba; 3- Vila Perequê; 4- Bracuí; 5- Patrimônio; 6- Alto Serra do Mar.



Os dados do INMET corresponderam às normais climatológicas de precipitação total mensal, de precipitação total anual e de precipitação máxima em 24h. As séries históricas fornecidas pela ANA compreenderam dados diários de precipitação, possibilitando uma análise mais detalhada do comportamento da pluviosidade. Neste caso, foram calculados a média e o desvio padrão para todas as estações pluviométricas. Análises mais detalhadas da pluviosidade e a conjugação destas aos dados de vazão do rio Mambucaba foram realizadas para as estações Fazenda das Garrafas (alto curso do rio) e Vila Mambucaba (baixo curso do rio). As análises detalhadas consistiram em:

- cálculo de frequência de classes de chuva a partir de dados diários da série histórica, empregando-se as classes recomendadas pelo INMET, sendo estas 0,1-2,5mm, 2,5-5mm, 5-10mm, 10-15mm, 15-25mm, 25-50mm, 50-100mm e >100mm. As classes de frequência a partir de 100mm foram subdivididas em intervalos de 50, constituindo-se as seguintes classes: 100-150mm, 150-200mm, 200-250mm, 250-300mm, 300-350mm e >350mm.
- Identificação da ocorrência de dias consecutivos de chuva, dividida em classes de 2 a 5 dias, 6 a 9 dias e acima de 10 dias. Para esta análise selecionou-se os anos com valores mais baixos (1990) e mais altos (1985 e 1996) de precipitação e vazão.

Os dados de vazão, restritos somente às estações pluviométricas posicionadas no rio Mambucaba (Tabela 2), foram igualmente obtidos na ANA e acessados através do programa Hidro (Banco de Dados criado pela ANA). Neste programa foi possível confeccionar curvas de permanência para analisar a frequência com que ocorrem diferentes valores de vazão dentro de uma série histórica (TUCCI, 2001). A curva de permanência foi realizada com dados diários para melhor avaliação dos episódios de enchentes.

Por meio de consulta aos livros de ocorrências da Defesa Civil do município, foram levantados os dias com registro de

enchentes em locais isolados e/ou inundações generalizadas na área em estudo, sendo tais datas confrontadas aos dados de vazão e precipitação. Ressalta-se que os registros dos atendimentos da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis só começaram a ser realizados a partir de 1991, não havendo uma discriminação muito precisa desses atendimentos. Deste modo, apesar de existirem poucos registros específicos de enchentes, estes foram considerados suficientes para complementar a análise efetuada. Durante a visita para consulta dos livros de atendimentos foi relatado pelos oficiais a influência da maré alta sobre os episódios de enchentes, deste modo, foi realizado levantamento da tábua de maré da Baía da Ilha Grande obtida junto à Diretoria de Hidrografia e Navegação.

Tabela 2: Estações fluviométricas situadas no alto e baixo curso do rio Mambucaba. Fonte: CPRM/ANA.

Estações Fluviométricas	Código	Locali- zação	Série Histórica	Duração Sér. Hist.
Fazenda das Garrafas	59355000	Alto curso	1978-2000	22 anos
Fazenda Fortaleza	59370000	Baixo curso	1936-2000	65 anos

Resultados

As normais climatológicas de precipitação mensal e anual calculadas pelo INMET evidenciam os elevados valores de precipitação da região. Através da Tabela 3 verifica-se que a normal de Precipitação Anual do período entre 1931 e 1960 alcançou o valor de 2384mm, sendo os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro os que registraram os maiores totais pluviométricos, sempre superiores a 270mm mensais. A normal climatológica de Precipitação Anual do período entre 1961 e 1990 foi menor, mas os meses mais chuvosos continuaram a ter valores de precipitação mensal bem elevados – acima de 230mm. Após o período mais chuvoso, os totais mensais de pluviosidade

apresentam uma significativa queda, com o mês de julho possuindo valores três vezes menores do que os totais verificados no mês de janeiro. Após julho, a precipitação volta a crescer, alcançando valores muito altos, superiores a 260mm.

Tabela 3: Normais de precipitação mensal e anual dos períodos 1931-1960 e 1961-1990, calculados pelo INMET a partir de dados da Estação Meteorológica de Angra dos Reis, RJ.

Normais de Precipitação Total (mm)		
	MENSAL	
	1931-1960	1961-1990
Janeiro	291,8	276,4
Fevereiro	277,4	240,2
Março	280,3	237,1
Abril	197,0	185,5
Mai	148,3	109,0
Junho	104,8	78,3
Julho	96,8	76,2
Agosto	116,1	78,2
Setembro	143,0	116,0
Outubro	208,1	144,1
Novembro	234,5	166,6
Dezembro	286,6	265,0
	ANUAL	
	2384,7	1976,7

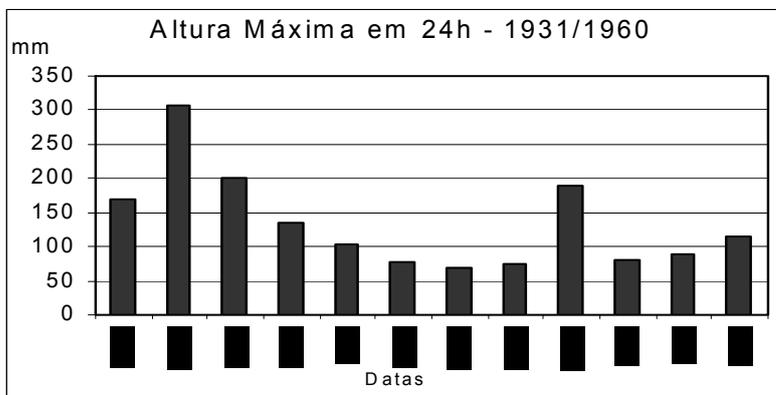
Os dados analisados pelo INMET ainda revelam que os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro podem apresentar dias com pluviosidade extremamente alta, como a que ocorreu no dia 17 de fevereiro de 1956 (total pluviométrico de 307mm), quando num dia choveu mais do que normalmente chove no mês inteiro (Figura 2).

Apesar dos demais meses do ano apresentarem totais pluviométricos mensais bem menores, verifica-se que também há

dias com chuvas muito intensas, destacando-se a que ocorreu em 12 de setembro de 1948 (190mm em 24 horas).

Conjugando os dados da Tabela 3 com os da Figura 2 e 3, constata-se também que apesar do período entre 1961 e 1990 ter se caracterizado por uma pluviosidade anual bem menor que no período anterior, houve dias com totais de precipitação relativamente elevados, especialmente nos meses de julho e agosto. Tais dados demonstram a grande variação temporal da pluviosidade, principalmente da precipitação diária.

Figura 2: Precipitações máximas em 24h registradas entre os anos de 1931 e 1960 na Estação Meteorológica de Angra dos Reis, operada pelo INMET.



Em outras estações pluviométricas presentes na região de Angra dos Reis há, igualmente, registros de valores médios de pluviosidade total anual superiores a 2000mm, como verificado nas estações Vila Perequê, Vila Mambucaba e Bracuí (Tabela 4). No entanto, estações localizadas nas áreas mais elevadas e para o interior – estações Alto Serra do Mar e Fazenda das Garrafas – apresentam valores de precipitação bem inferiores, atestando uma variabilidade espacial da chuva na região.

Figura 3: Precipitações máximas em 24h registradas entre os anos de 1961 e 1990 na Estação Meteorológica de Angra dos Reis, operada pelo INMET.

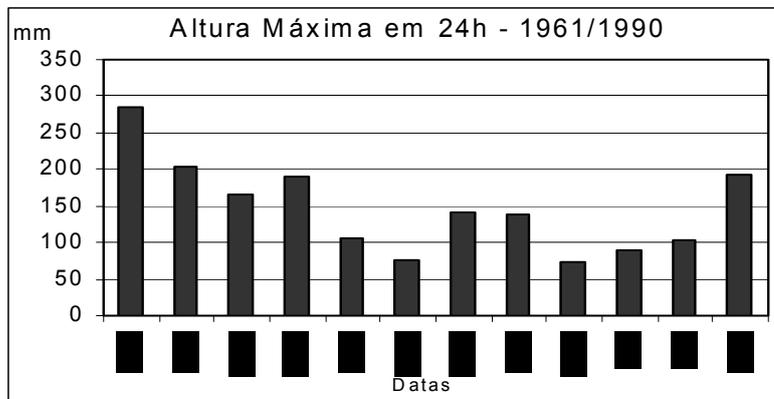


Tabela 4: Valores de média aritmética e desvio padrão calculados a partir dos totais pluviométricos anuais das séries históricas das estações pluviométricas situadas na região do município de Angra dos Reis.

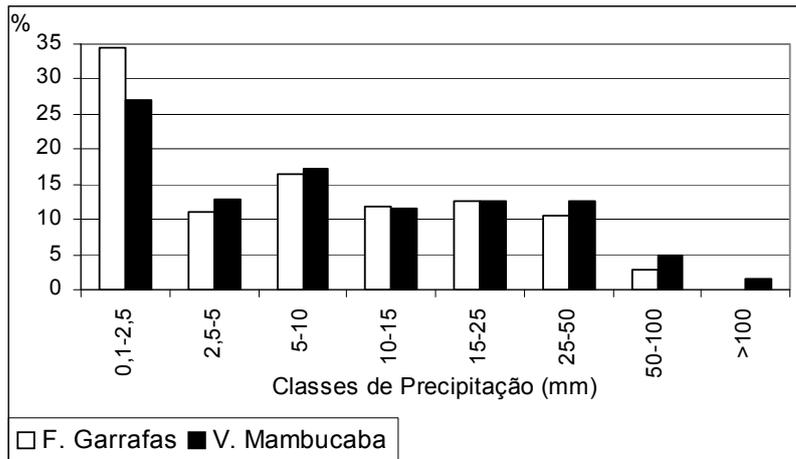
Estações Pluviométricas	Média Anual	Desvio Padrão
Vila Mambucaba	2254,90	386,29
Vila Perequê	2329,12	392,64
Bracuí	2319,38	303,07
Patrimônio	2102,04	381,90
Fazenda das Garrafas	1917,14	285,50
Alto Serra do Mar	1943,20	755,83

Os valores de desvio padrão também apontam para uma significativa variação temporal (Tabela 4). De forma geral, o desvio padrão varia entre 300 e 392, exceto na estação Alto Serra do Mar, com valor extremamente elevado (755), e na estação Fazenda das Garrafas, com valor bem inferior (285).

A análise de frequência de classes de precipitação diária realizada para as estações Fazenda das Garrafas (alto curso do

Mambucaba) e Vila Mambucaba (baixo curso do Mambucaba) mostrou que a classe 0,1-2,5mm é a mais comum, com ocorrência superior a 27% (Figura 4). As classes com valores de chuva entre 2,5mm e 25mm possuem frequência em torno de 12%, destacando-se a classe de 5-10mm de chuva diária com valores que chegam a 17%.

Figura 4: Frequência relativa (%) de classes de precipitação para as séries históricas das estações situadas na bacia no rio Mambucaba (estação Fazenda das Garrafas e estação Vila Mambucaba).



As classes acima de 25mm de precipitação diária, que podem ser consideradas como chuvas fortes, apresentam frequências bem inferiores às anteriores, mas compreendem totais pluviométricos significativos para ocorrência de enchentes de rios. As classes de 50-100mm e >100mm não chegam a ultrapassar 5% de frequência. Ressalta-se, no entanto, que a Estação Vila Mambucaba possui os maiores percentuais de chuva forte – 39 ocorrências de chuva acima de 100mm em 24h numa série

histórica de 19 anos. O maior total pluviométrico diário encontrado nesta estação foi de 375mm num dia.

Na Tabela 5 está exposta a subdivisão da classe de precipitação >100mm em números absolutos. A análise desses dados evidencia que na estação Vila Mambucaba há uma frequência significativa de pluviosidade entre 100 e 150mm (24 dias), contrastando com a apresentada na Fazenda das Garrafas (3 dias). A ocorrência das demais classes é bem menor, com valores variando entre 10 e 0.

Tabela 5: Frequência absoluta de classes de precipitação para as séries históricas das estações situadas na bacia no rio Mambucaba.

Estações Pluviométricas	Classes de Precipitação (mm)					
	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	>350
Fazenda das Garrafas	3	0	0	0	0	0
Vila Mambucaba	24	10	3	0	0	2

Verifica-se, deste modo, que os dias com totais pluviométricos diários mais elevados são raros considerando o tamanho das séries históricas de ambas as estações (19 anos), mas quando ocorrem, esses valores podem ultrapassar 200mm precipitado num só dia (valor que deveria ocorrer num mês inteiro). Valores de precipitação diária intermediários também apresentam frequência relativamente baixa (por volta de 20 dias por ano).

Outro fator que pode favorecer a formação de enchentes é a maior pluviosidade registrada na estação que se situa mais a jusante do rio Mambucaba – Vila Mambucaba. Desta forma, menor extensão de percurso das águas pluviais até alcançar o canal fluvial principal, favorece a ocorrência de picos pronunciados de vazão.

A análise de dias consecutivos de chuva para as duas estações pluviométricas (Tabela 6), mostrou que seqüências de 2 a 5 dias de chuva são as situações mais comuns, podendo ocorrer períodos de dias chuvosos bem maiores, especialmente nos meses

de janeiro, fevereiro, março e abril. Nos meses de maio a setembro as seqüências de dias com chuva se tornam menores e escassas (geralmente de 2 a 3 dias), voltando a aumentar a freqüência a partir do mês de outubro. Freqüentemente os períodos de dias consecutivos de chuva são separados por somente um ou dois dias sem precipitação, sendo tais intervalos cada vez maiores de abril a outubro, quando voltam a diminuir.

Tabela 6: Freqüência absoluta de classes de dias consecutivos de chuva para os anos de 1985, 1990 e 1996.

Estações Pluviométricas	Classes de Dias Consecutivos de Chuva		
	2 a 5 dias	6 a 9 dias	> 10 dias
Fazenda das Garrafas	20	7	4
Vila Mambucaba	27	2	5

Na estação Vila Mambucaba houve 27 seqüências de 2 a 5 dias chuvosos durante os anos analisados. Períodos chuvosos acima de 10 dias ocorreram 5 vezes: no ano de 1985 ocorreu um período de 15 dias e outro de 11 dias; no ano de 1996 houve dois períodos de 10 dias e um de 12 dias. Em todos os casos a precipitação total diária variou basicamente em torno de 0,8mm a 40mm, podendo ocorrer pelo menos um dia na seqüência com totais pluviométricos diários extremamente elevados: 209mm (janeiro de 1985), 160mm (fevereiro de 1996) e 106mm (março de 1996), além de outros valores intermediários (entre 50 e 90mm).

A estação Fazenda das Garrafas, embora tenha totais pluviométricos diários bem menores que a anterior, apresentou muitas seqüências de 2 a 5 dias chuvosos, destacando-se, no entanto, períodos com 6 a 9 dias para o ano de 1990 e períodos com mais de 10 dias em 1985 e 1996. Como na estação anterior, as chuvas diárias dentro das seqüências apresentam grande variação de valores (0,2 a 50mm), mas os totais pluviométricos máximos nesta estação não ultrapassam 64mm.

Conjugando a análise de dias consecutivos de chuva com a de freqüência de classes de precipitação diária, verifica-se que, embora os grandes totais pluviométricos diários (acima de 25mm)

sejam relativamente raros (em média 18 dias por ano), estão concentrados principalmente nos meses de verão quando também ocorrem grandes seqüências de dias chuvosos. Estes aspectos do comportamento da chuva em associação às características físicas das bacias hidrográficas (encostas declivosas, muitas vezes constituídas de afloramentos rochosos pouco permeáveis) promovem um grande aporte de água convergente para o baixo curso dos rios. Nestes locais, portanto, há uma grande tendência de ocorrer inundações especialmente no verão.

Quando se relaciona seqüências de dias chuvosos com os valores de vazão, observa-se que os aumentos significativos de vazão estão inseridos nestes períodos de dias consecutivos de chuva, mesmo que em algumas seqüências não haja totais pluviométricos diários muito elevados. Há que se considerar ainda, a ocorrência de grande variabilidade espacial da precipitação que incide na bacia e que não está sendo totalmente representada pelos dados das estações pluviométricas selecionadas. Neste caso, o gráfico precipitação-vazão para o mês de novembro de 1996 da Figura 5 evidencia uma elevação significativa da vazão ($200\text{m}^3/\text{s}$) no dia 21 sem que tenha sido registrado na estação pluviométrica uma grande pluviosidade. Segundo dados da Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis, no dia 21 de novembro houve alagamento de alguns pontos da planície do rio Mambucaba e o rio Perequê (afluente do rio Mambucaba) atingiu um nível crítico. Provavelmente, ocorreu precipitação forte em outros pontos da bacia provocando alagamento na área próxima à foz do rio.

Em fevereiro de 1996 houve registro na Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis de uma grande enchente entre os dias 12 e 14, na qual várias famílias tiveram que ser removidas de suas residências. Através da Figura 6 verifica-se que os primeiros dias do mês apresentaram precipitação variando entre 10 e 50mm, até que no dia 12 a precipitação superou 150mm, resultando num pico de vazão de quase $400\text{m}^3/\text{s}$. Nos dias posteriores ainda ocorreu precipitação em torno de 50mm mantendo a vazão do rio

Mambucaba acima de $50\text{m}^3/\text{s}$, impedindo a volta de parte das famílias desabrigadas para as suas casas.

Figura 5: Relação entre precipitação e vazão no baixo curso do rio Mambucaba em novembro de 1996.

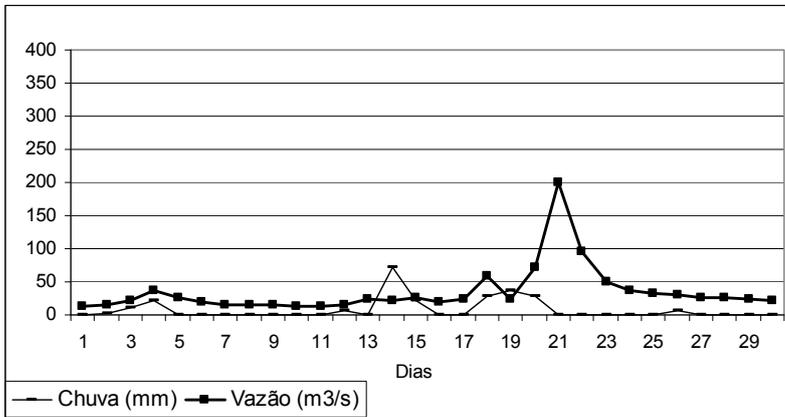
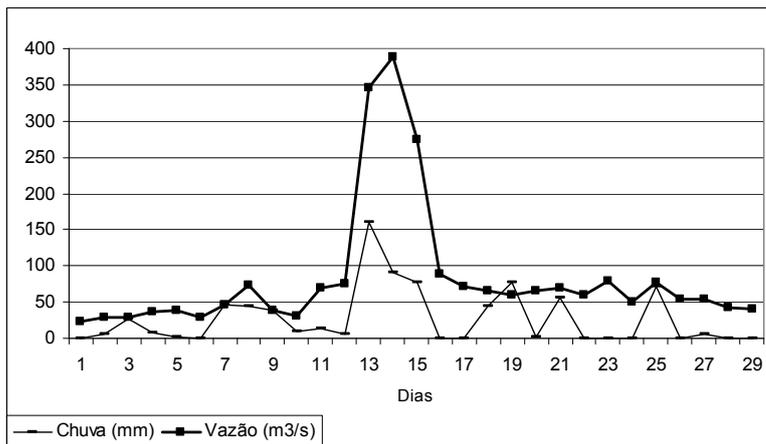
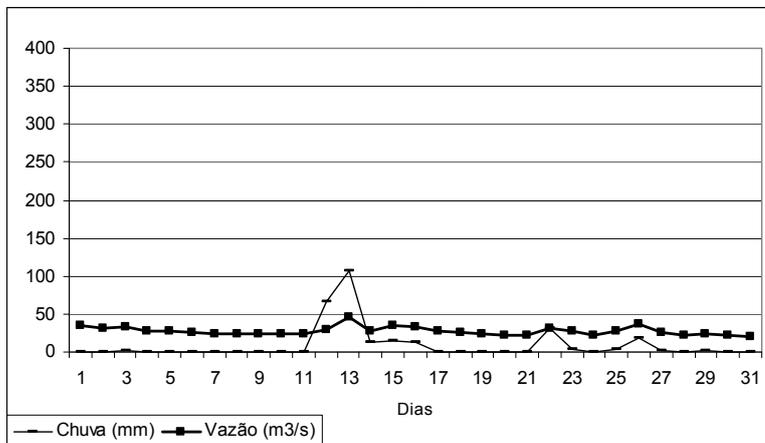


Figura 6: Relação entre precipitação e vazão no baixo curso do rio Mambucaba em Fevereiro de 1996.



A análise de gráficos de precipitação-vazão dos meses em que houve registro de alagamentos isolados e enchentes no rio Mambucaba permitiu constatar que o aumento da vazão para níveis em torno de $50\text{m}^3/\text{s}$ pode causar inundações de diferentes proporções, principalmente se coincidir com uma maré alta. Esta situação ocorreu por exemplo em março de 1998 (Figura 7), quando entre os dias 12 e 13 a vazão não chegou a alcançar $50\text{m}^3/\text{s}$, mas houve registros de alguns pontos inundados. Através de consulta da tábua de maré para a baía de Ilha Grande, verificou-se que nestes dias as marés altas superaram a altura de 1m, chegando até 1,2m no dia 13. Geralmente, as marés altas não ultrapassam 1m nesta região.

Figura 7: Relação entre precipitação e vazão no baixo curso do rio Mambucaba em Março de 1998.



Tais dados indicam a importância da maré alta, dificultando o escoamento dos fluxos canalizados dos canais coletores principais da região, mesmo que a vazão não alcance valores excessivamente elevados, fazendo com que as áreas adjacentes aos canais principais no baixo curso dos rios tornem-se muito suscetíveis a inundações de porte variado – desde o alagamento de

locais isolados até a ocorrência de enchentes de grandes proporções, com efeitos sociais significativos, especialmente no caso da localidade Perequê/Mambucaba, onde várias famílias ficam desabrigadas.

A análise das curvas de permanência do alto e baixo curso do rio Mambucaba evidencia que a vazão do alto curso do rio Mambucaba é extremamente reduzida, podendo em algumas épocas do ano chegar a zero (Figura 8). Em 90% do tempo a vazão encontra-se abaixo de $0,3\text{m}^3/\text{s}$, mas alcança valores superiores a $3\text{m}^3/\text{s}$ em 2% do tempo. Os valores de vazão obtidos no baixo curso do rio Mambucaba (Figura 9) são bem superiores aos verificados próximo à nascente, refletindo o tamanho e número significativo de canais contribuintes da bacia. Em 90% do tempo a vazão deste trecho do canal dificilmente é inferior a $5,3\text{m}^3/\text{s}$. Considerando 50% do tempo, os valores de vazão estão acima de $17\text{m}^3/\text{s}$, ou seja, na metade do tempo a vazão pode ser três vezes maior que o nível mais comum. A vazão de $50\text{m}^3/\text{s}$, verificada anteriormente como crítica para formação de enchente, pode ocorrer em 7% do tempo, e em aproximadamente 2% do tempo a vazão chega a picos acima de $115\text{m}^3/\text{s}$.

Figura 8: Curva de permanência do alto curso do rio Mambucaba.

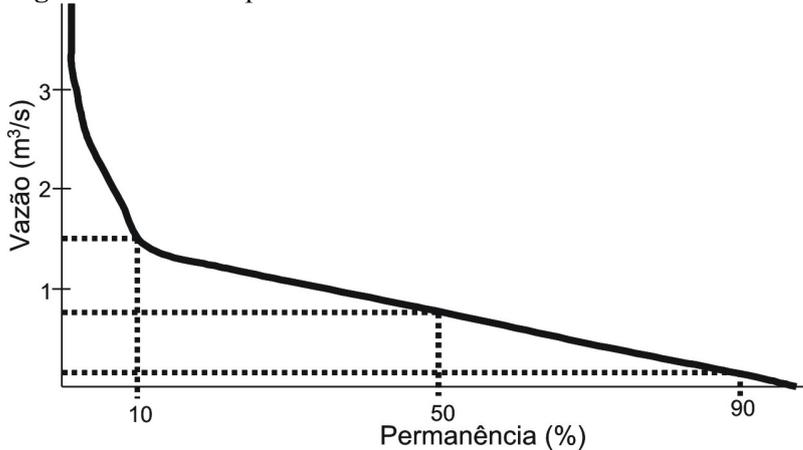
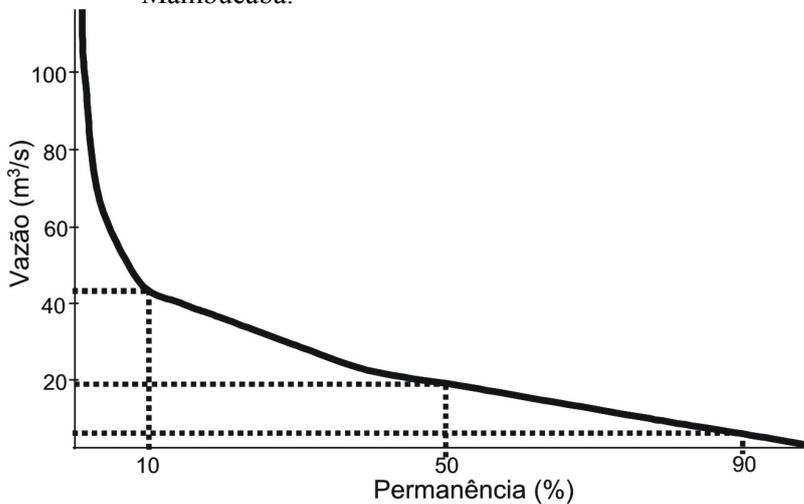


Figura 9: Curva de permanência do baixo curso do rio Mambucaba.



Conclusões

A região de Angra dos Reis apresenta um regime de chuvas típico do clima tropical litorâneo com chuvas concentradas nos meses de verão. Foram evidenciados elevados valores de pluviosidade anual geralmente acima de 2000mm, assim como chuvas extremas com totais em 24h acima de 200mm, caracterizando uma condição propícia à formação de enchentes.

A conjugação de chuvas extremas a períodos extensos de dias consecutivos de chuva nos meses de verão constitui um importante fator para a elevação da vazão do rio Mambucaba, e certamente dos demais rios da região, contribuindo para episódios de grandes inundações. A variabilidade espacial da precipitação documentada pela diferença de pluviosidade entre as diversas estações pluviométricas analisadas pode explicar as variações de vazão identificadas no rio Mambucaba quando não há relação

direta com os registros de chuva das estações Fazenda das Garrafas e Vila Mambucaba.

Identificou-se que quando a vazão do rio Mambucaba ultrapassa 50m³/s ocorrem alagamentos em alguns locais da planície ou inundações de porte mais significativo, trazendo como consequência um grande número de desabrigados. No entanto, o registro de enchentes associadas a vazões de menor magnitude evidencia o papel das oscilações da maré na formação de enchentes no município de Angra dos Reis. Quando conjugadas à ocorrência de precipitações extremas e dias consecutivos de chuva, a maré alta contribui para a retenção da água nos canais, próximo à sua desembocadura, acarretando em inundações que afetam as comunidades instaladas nestas áreas, como é o caso do Perequê/Mambucaba.

Referências bibliográficas

- DAVIS, E. G. & NAGHETTINI, M. C. **Estudo de chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro**. In: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM, 2001. CD-Rom.
- FRANCISCO, C. N. **Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos em Angra dos Reis, RJ**. 2004. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Geociências, Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.
- HAYDEN, B.P. **Flood Climates**. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) *Flood Geomorphology*. New York, John Wiley & Sons, 1988. Cap. 1, p. 13-26.
- HIRSCHBOECK, K. K. **Flood hydroclimatology**. In: BAKER, V.R.; KOCHER, R.C.; PATTON, P.C. (ed.) *Flood Geomorphology*. New York, John Wiley & Sons, 1988. Cap. 2, p. 27-49.

- NICOLLI, D. Períodos de precipitação intensa e a segurança da Central Nuclear em Angra dos Reis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10., 1993, Gramado. **Anais...**, Gramado: ABRH, 1993. p. 293 - 302.
- SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Rev. Bras. Geomorfologia**, ano 6, n. 1, p. 45-61, 2005.
- TUCCI, C.E.M. (org.) **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre, Editora da Universidade/ABRH, 2001. 943 p.

Recebido em maio de 2006
Aceito em novembro de 2006