



ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES EM MIRACATU-SP A PARTIR DE DADOS DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E DA DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO

Allan Eduardo Cano^(a), Raul Reis Amorim^(b)

^(a) Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Unicamp, allaneduardocano@gmail.com

^(b) Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Unicamp, raul_reis@ige.unicamp.br

Eixo: Geografia Física e desastres naturais

Resumo

O objetivo do trabalho é inventariar os episódios de inundações ocorridos entre 2005 e 2015 no município de Miracatu-SP e relacioná-los aos dados fluviométricos a partir das cotas de referência para inundação adotadas no Mapa da Defesa Civil do Município de Miracatu. Os episódios de inundação foram inventariados através do Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil, vinculado ao IPMet – Faculdade de Ciências da UNESP. O Mapa de Defesa Civil foi coletado no Sistema de Informações Geográficas da Bacia do rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Os dados das estações fluviométricas foram recolhidos no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), do estado de São Paulo. Relacionar os dados fluviométricos e as informações dos episódios de inundação se mostrou relevante, pois é possível confirmar ou supor os horários das precipitações deflagradoras desses eventos quando não há registro, e, identifica-los.

Palavras chave: Inundação, Estações fluviométricas, Miracatu

1. Introdução

O Vale do Ribeira apresenta casos de inundação recorrentes, sobretudo, pelas condições geomorfológicas da área que se caracterizam por áreas que apresentam altas declividades associadas ao domínio serrano e vales encaixados com baixas declividades, assim como suscita Amavales (2013).

Inundação é um evento natural e respeita a periodicidade dos cursos de água, conforme lembram Amaral e Ribeiro (2009) e atesta Christofolletti (1980), ao afirmar que “a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais bordejando o curso de água e periodicamente inundada pelas águas do transbordamento provenientes do rio” (p. 76). Tucci (2003) denomina esse evento natural como *inundação ribeirinha*, adicionando a variável precipitação ao conceituar tal evento. Para o autor *op. cit.*, uma vez que a precipitação ocorre em grande intensidade e ou duração, e o solo saturado perde a capacidade de infiltração, a água passa a escoar superficialmente para o sistema de drenagem local, que ao



exceder sua capacidade de escoamento natural na calha de seu curso, extravasa, inundando a área ao redor, acompanhando a sua topografia.

Este trabalho contempla resultados parciais da pesquisa de iniciação científica de título “A relação entre as usinas hidrelétricas presentes no rio Juquiá e a ocorrência de inundações à jusante na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape”, desenvolvida junto ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp. Até a data de submissão, a pesquisa ainda não se encontra em seu estágio final, porém, o presente trabalho apresenta análises e conclusões sobre dados, que contemplam parte de um dos objetivos da pesquisa e irão compor o resultado final da mesma.

A pesquisa mencionada pretende traçar uma análise dos eventos de inundação e suas imediatas consequências para a população residente da área, relacionando às atividades das usinas hidrelétricas instaladas ao longo do rio Juquiá, processos decorrentes da alteração da dinâmica fluvial provocada pelas barragens, com o intuito de estabelecer uma compreensão mais ampla dos episódios de inundação no Vale do Ribeira. Para isso, um dos objetivos específicos é inventariar os episódios de inundações da área em estudo, enfocando a sua abrangência, temporalidade e impactos associados.

Entretanto, a questão dos impactos será levantada após a apuração dos dados fluviométricos e pluviométricos e suas respectivas relações com os registros de inundação. Dessa forma, o objetivo do trabalho apresentado aqui é inventariar os episódios de inundações ocorridos no município de Miracatu-SP e relaciona-los às medições fluviométricas de cotas diárias em estações fluviométricas presentes no município, com o intuito de observar se esses dados são capazes de acusar os eventos registrados de inundações. Além disso, é feita uma relação entre esses dados e as cotas de referência para inundação observadas no Mapa da Defesa Civil do Município de Miracatu, a qual indicam os níveis de água para situação normal, de atenção, de alerta e de emergência.

Miracatu foi escolhida dentre os municípios dentro da bacia do rio Juquiá, porque junto a Juquiá, são as cidades que mais apresentam episódios de inundação, conforme pôde ser observado nos dados recolhidos no Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil. O inventário e a sistematização de dados referentes a Miracatu enfocam a sua abrangência e temporalidade no decorrer do período de estudo, que se concentra entre os anos de 2005 e 2015.

Além do número de episódios serem maior que nas outras cidades, em Miracatu, o Plano Municipal de Defesa Civil de 2014 cita claramente a preocupação com esse fenômeno. Segundo o plano, a maior concentração populacional da cidade encontra-se junto a planícies próximas a cursos de água. Assim, uma vez que a precipitação é intensa a montante dos mesmos, ocorre, nos lugares habitados, inundações e



alagamentos. A preocupação latente no Plano Municipal de Defesa Civil e a recorrência das inundações justificam a relevância dos estudos da temática na área.

2. Material e método

Dado que o objetivo geral da pesquisa de iniciação científica é relacionar as inundações a jusante das barragens presentes no rio Juquiá com as atividades das usinas hidrelétricas, a área de pesquisa foi delimitada como sendo a bacia hidrográfica desse rio. Essa bacia é uma sub-bacia do rio Ribeira de Iguape e se localiza no sudoeste do estado de São Paulo.

Os trabalhos de Christofolletti (1980), Silveira (2000), Santos, Pires e Del Prete (2002), Granell-Perez (2004) e Machado e Torres (2012) apresentam a sua conceituação e a relevância desse recorte espacial para estudos hidrológicos, ambientais e para a conservação de recursos; e a metodologia usada para a análise dessa unidade de estudo. Dessa forma, após a leitura das conceituações expostas pelos autores citados, entende-se que bacia hidrográfica é a área da superfície terrestre limitada pelos divisores de água, que capta água da precipitação e a drena por escoamento superficial em um sistema de vertentes e uma rede de drenagem de cursos de água, confluindo até um ponto comum, seu exutório, podendo ser em outro rio ou no oceano. O tamanho das bacias hidrográficas é relativo à escolha do exutório. Sua área pode variar de algumas dezenas de quilômetros quadrados até milhares de quilômetros quadrados.

Machado e Torres (2012) expõem a terminologia comumente usada nos trabalhos sobre bacias hidrográficas, considerando seus recortes. Segundo os autores *op.cit.*, *bacia* é aquela referente a área de drenagem do rio principal; *sub-bacia* é a área de drenagem do rio tributário do rio principal, e *sub-bacia* seria a área de drenagem de um tributário do tributário do rio principal. Para este trabalho usa-se tal conceituação.

Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape foi utilizado o software Arc GIS 10.5 disponível nos laboratórios de Geoprocessamento do Instituto de Geociências. No site do Sistema de Informação Geográfica da Bacia do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul foram extraídos os arquivos dos *limites* da bacia e dos municípios contidos em sua área. Esses arquivos se encontravam em formato *shapefile* e *raster*.

Após a definição da área da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, através do uso do software citado, foi definida a área do rio Juquiá. Essa última foi delimitada através da conversão de arquivos no formato



raster para shapefile usando as ferramentas *Sink*, *Fill*, *Flow Direction*, *Flow Accumulation*, *Stream to Feature* e *Basin*, do módulo *Hidrology* do *Spatial Analyst Tools* presentes no Arc GIS 10.5.

Depois de delimitada essa área, foi sobreposto a ela os limites dos municípios presentes na bacia do rio Ribeira de Iguape, a fim de se recortar àqueles observados dentro do perímetro da bacia do rio Juquiá, com área significativa. Desse modo, os que assim se apresentaram foram: Ibiúna, Sete Barras, Tapiraí, Juquiá, Miracatu, Piedade, Jujutiba e Itariri. Porém, como serão analisados os episódios de inundação à jusante das usinas hidrelétricas, os municípios e episódios a montante serão descartados, sobrando para serem analisadas as inundações em Tapiraí, Juquiá, Miracatu, Piedade, Ibiúna e Jujutiba.

Dentre esses municípios, Miracatu e Juquiá apresentaram entre 2005 e 2015 o maior número de registros de inundações, segundo o Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil (SIMPAT). Neste trabalho se encontram análises e relações entre dados fluviométricos e da Defesa Civil somente de Miracatu, com sua posição dentro da bacia hidrográfica do rio Juquiá observada na figura 1. Entretanto, pretende-se, em trabalhos futuros, com os dados do município de Juquiá, apresentar os resultados obtidos através dos mesmos procedimentos realizados para este trabalho.

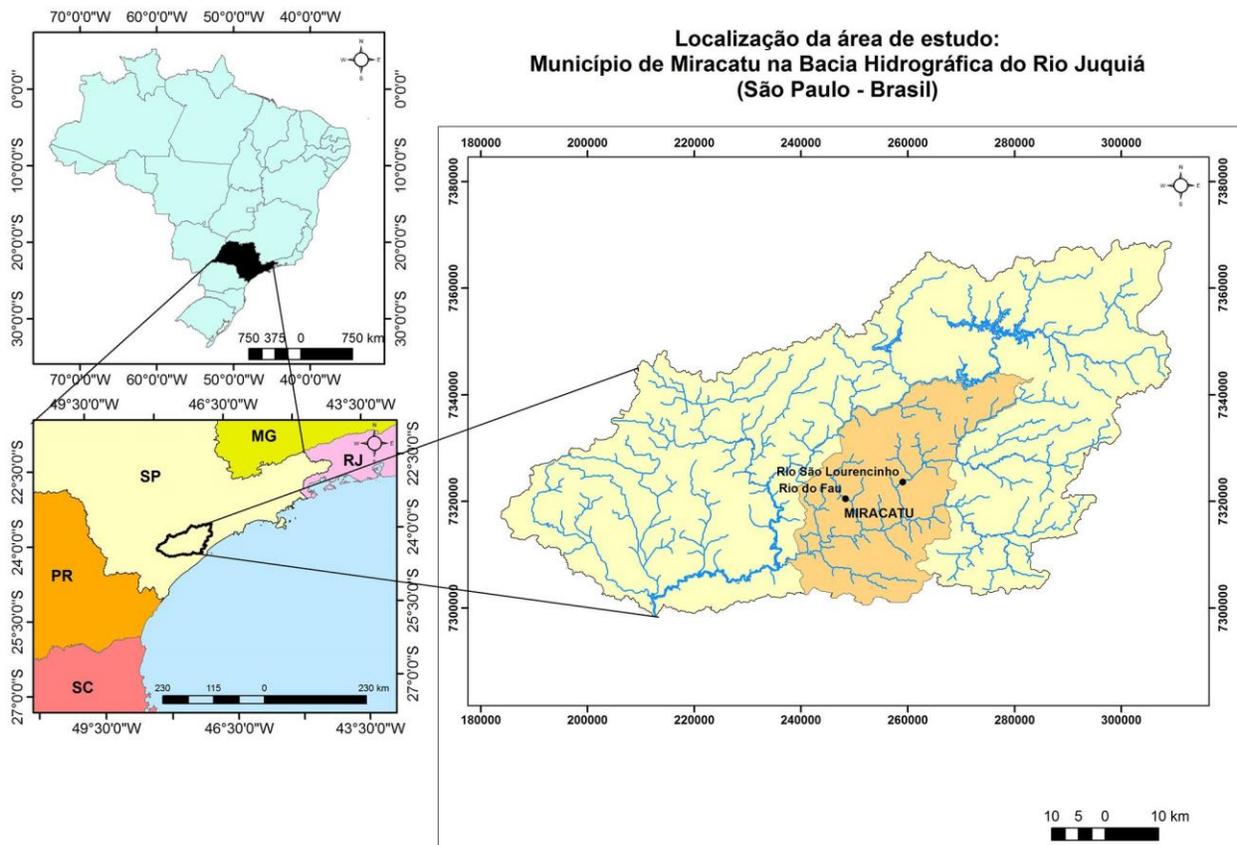




Figura 1 – Localização da área de estudo

Fonte: Elaboração própria

Os episódios de inundação foram inventariados através do Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil, vinculado ao IPMet – Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Bauru. Segundo esse sistema, as informações contidas ali têm como fonte registros da Defesa Civil.

Após sistematizar esses dados em uma tabela, recorreu-se ao Sistema de Informações Geográficas da Bacia do rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul, disponível no domínio <http://sigrb.com.br/> para acessar o Mapa de Defesa Civil do Município de Miracatu, onde, com relação às inundações, constam as cotas referência do nível do rio na régua, que indicam situação normal (até a cota 2,5 m), de atenção (entre as cotas 2,51 m e 3,0 m), de alerta (entre 3,01 m e 3,5 m), e de emergência (acima de 3,5 m), sendo essa última, sinal de prováveis situações de transbordamento dos cursos de água e inundações.

Buscou-se no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, do estado de São Paulo, estações fluviométricas localizadas em Miracatu, com dados que cobrissem o período analisado (2005 - 2015), para verificar as cotas dos cursos de água nas datas que ocorreram os eventos. Foram encontradas duas estações fluviométricas, 4F-024, situada no rio do Fau e 4F-040, no rio São Lourenzinho. Suas localizações podem ser vistas na figura 1.

As cotas diárias observadas nas estações, disponibilizadas pelo DAEE, são medidas às 7h00 e às 18h00 todos os dias. Dessas, foram coletadas as cotas do período chuvoso na área de estudo, que corresponde ao período entre novembro e março, conforme visto no climograma do município, na figura 2. Foram coletados dados de todos os anos no período entre 2005 e 2015, mesmo não havendo registro de episódios alusivos à inundação em todos eles.

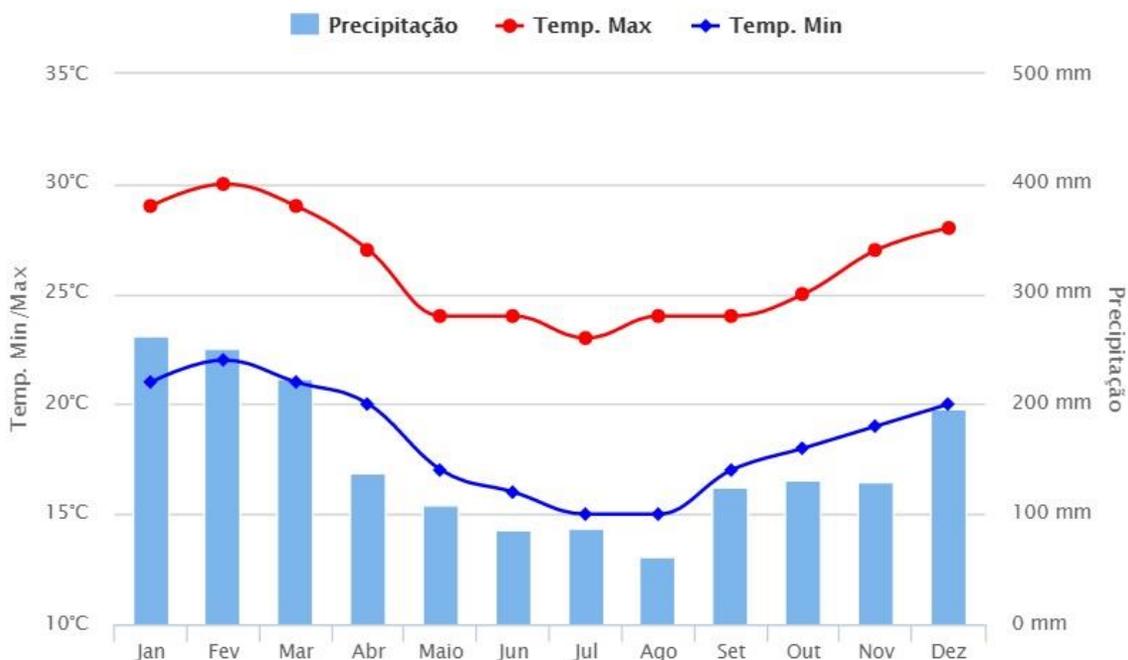




Figura 2 – Climograma do município de Miracatu-SP

Fonte: Climatempo. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/2393/miracatu-sp>> Acessado em fevereiro de 2017.

Para otimizar a análise, após coletados, os dados do DAEE foram organizados em tabelas e classificados seguindo o padrão de cores observado no Mapa de Defesa Civil de Miracatu. Assim, as cotas até 2,5 m foram coloridas de azul claro (normal), as cotas entre 2,51 m e 3,0 m de amarelo claro (atenção), as cotas entre 3,01 m e 3,5 m de laranja (alerta), e cotas acima de 3,5 m, de vermelho (emergência). Isso pode ser observado na Tabela I.

Tabela I – Parte de uma das tabelas dos dados fluviométricos da estação 4F-024

Cotas Diárias (m): 2005						
Dia	Hora	Nov/2004	Dez/2004	Jan/2005	Fev/2005	Mar/2005
1	07:00	1.94	2.08	2.3	2.8	2.62
1	18:00	1.98	2.02	2.28	2.8	3.18
2	07:00	2	2.04	2.3	2.88	2.98
2	18:00	1.96	2.04	2.26	3.1	2.64
3	07:00	1.94	2.08	2.22	3.82	2.58
3	18:00	1.92	2.28	2.2	3.42	2.54
4	07:00	2.52	2.2	3.3	3.3	2.54
4	18:00	2.2	2.02	2.74	3.32	2.56
5	07:00	2.18	2.1	3.22	3.22	2.56
5	18:00	2.1	2.02	2.58	3.08	2.6
6	07:00	2	2.3	2.56	3.06	2.56
6	18:00	1.92	2.12	2.52	3.02	2.54
7	07:00	2.52	2.08	2.4	2.98	2.52
7	18:00	2.4	2.02	2.4	2.96	2.5
8	07:00	2.04	2.6	2.5	2.92	2.5
8	18:00	2	2.22	2.4	2.9	2.5
9	07:00	2	2.2	2.38	2.92	2.48
9	18:00	2	2.34	2.32	2.92	2.46
10	07:00	2	2.86	2.3	2.88	2.46
10	18:00	2	2.38	2.28	2.87	2.46
11	07:00	2.16	2.76	3.6	2.82	2.44
11	18:00	2.42	3.82	2.88	2.94	2.44

3. Resultados e discussões



O estudo da bacia do rio Juquiá, e dos dados referentes aos municípios contidos em sua área, é relevante para uma compreensão maior acerca das inundações na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, visto que sua sub-bacia, a do rio Juquiá, ocupa 31,25% de sua área total, de 17.068 km². A bacia do rio Juquiá tem um perímetro de 492,93 km e uma área de 5.325,83 km².

De acordo com o sistema vinculado ao IPMet, entre 2005 e 2015, aconteceram 7 episódios envolvendo transbordamento de rios e córregos ou inundações graduais em Miracatu, conforme pode ser visto na Tabela II. Danos e outras consequências estão contidos nos registros do sistema citado, mas não foram mencionados na tabela, pois, discuti-los foge do escopo desse trabalho.

Tabela II – Episódios de inundação em Miracatu 2005-2015

Cidade	Data	Horário	Fenômeno	Consequências
Miracatu	24/01/2005	Sem info	Chuva forte	Transbordamento de rios e córregos
Miracatu	12/01/2008	Tarde	Chuva forte	Transbordamento de rios e córregos
Miracatu	24/02/2009	19h30	Chuva forte e moderada	Transbordamento de rios e córregos e inundações graduais.
Miracatu	07/01/2010	18h30	Chuva forte e moderada	Transbordamento de rios e córregos e inundações graduais.
Miracatu	27/01/2010	Sem info	Chuva forte	Transbordamento de rios e córregos
Miracatu	03/04/2010	Sem info	Frente fria e chuva moderada	Transbordamento de rios e córregos
Miracatu	12/02/2014	Sem info	Chuva forte	Transbordamento de rios e córregos

Para o episódio do dia 24 de janeiro de 2005, a estação 4F-040 indicava nível de emergência, 3,84 m às 7h00, enquanto que na estação 4F-024 é visto nível de atenção, 3,0 m. À primeira vista, a presença de nível de emergência em uma das estações evidencia a ocorrência de inundação e precipitação intensa. Porém, atenta-se que esse nível foi medido às 7h00 e que no decorrer do dia, diminuiu para nível de atenção, 3,29 m às 18h00, em 4F-040 e de 3,0 m para 2,96 m em 4F-024. Essa situação não converge com o registro do SIMPAT, pois se houve chuva forte como as cotas diminuíram no decorrer do dia nas duas estações? A chuva poderia ter ocorrido após a medição das 18h00, porém, nas duas estações às 7h00 do dia 25 as cotas diminuíram em relação ao último valor medido no dia anterior. Todavia, como não há



informação sobre o local da chuva, acredita-se que ela tenha ocorrido à jusante dos cursos d'água onde estão as estações fluviométricas. Dessa forma, seria interessante consultar os dados pluviométricos para compreender melhor a ocorrência registrada. Na estação 4F-024 desde o dia 20 foram registrados níveis de alerta (entre 3,01 m e 3,5 m), sendo que o dia 24 foi o primeiro dia depois dessa sequência, a registrar nível de atenção (entre 2,5 m e 3,0 m). Já na estação 4F-040 as medidas são de emergência desde o dia 20, chegando à cota de 4,59 m às 18h00 do dia 22.

Na ocorrência do dia 12 de janeiro de 2008 as duas estações fluviométricas apresentam cotas de situação normal, abaixo de 2,5 m. Entretanto, nas duas estações, às 7h00 do dia 13, são registradas cotas de emergência, 3,7 m em 4F-024 e 3,62 m em 4F-040. O horário da precipitação foi registrado como *tarde*. Assim, entende-se que a chuva tenha ocorrido logo após as 18h do dia 12, o que de certa forma atesta o horário registrado da precipitação, uma vez que o mês de janeiro se encontra sob horário de verão e nesse caso anoitece mais tarde.

Dia 24 de fevereiro de 2009 o episódio tem como fenômeno deflagrador chuva forte às 19h30. Nesse dia, nas duas estações as cotas estavam em níveis de situação normal. Em 4F-040, dia 24, as cotas permaneceram abaixo de 1,0 m. Porém, às 7h00 do dia 25, marcavam 3,35 m, e em 4F-024 às 7h00, marcava 3,88 m. Isso pode coincidir com o horário da precipitação, após a medição das 18h00 do dia 24.

Chuva forte e moderada às 18h30 foi o fenômeno causador registrado para transbordamento de rios e córregos e inundações graduais no dia 07 de janeiro de 2010. A estação 4F-040 pode validar o horário da precipitação, pois a medição seguinte, das 7h00 do dia 8 mostra cota de emergência, 3,69 m. Porém, a estação 4F-024 já demonstrava às 18h00 do dia 7 cota de 3,98 m.

Para o dia 27 de janeiro de 2010 na estação 4F-024 não há dados, que inexistem a partir das 7h00 do dia 15 do mesmo mês e durante todo o mês de fevereiro e março. Na estação 4F-040 são observadas altas cotas, 4,79 m às 7h00 e 4,16 m às 18h00 desse dia. Não há informação sobre horário da precipitação causadora dos transbordamentos, porém, pela observação das cotas de emergência desde o dia 25, acredita-se que ela tenha ocorrido de forma contínua em maior ou menor intensidade desde essa data, ao menos.

O episódio do dia 03 de abril de 2010 ocorreu fora do período esperado (época de chuvas) para a área. Conforme aponta o registro, está relacionado à chegada de frente fria, que caracteriza a época menos úmida do ano, entre abril e agosto.

O transbordamento de rios e córregos causados por chuva forte no dia 12 de fevereiro de 2014 não é perceptível através da observação das cotas diárias das estações fluviométricas usadas. Desde o primeiro



dia do mês até dois dias depois do episódio registrado, as cotas observadas estão em situação normal, abaixo de 2,5 m. Os dados da estação 4F-040 são ainda mais curiosos, pois as cotas estão abaixo de 1,0 m. Nas duas estações as cotas de situação de emergência só são atingidas a partir do dia 15, 4,18 m às 7h00 na estação 4F-024 e 3,7 m às 18h na estação 4F-040. Assim como para o primeiro episódio registrado no período de análise, de 24 de janeiro de 2005, sugere-se a observação dos dados pluviométricos diários dessa área, pois os fluviométricos não mostraram a ocorrência do episódio registrado. Como as cotas chegaram em situação de emergência no terceiro dia após o registro de chuva forte, pode-se supor que as estações estão a jusante do local em que ocorreram os eventos.

4. Conclusões

De acordo com a observação desses dados, as cotas diárias, é necessário realizar alguns apontamentos. A análise dos dados das estações fluviométricas se mostrou relevante, pois através deles é possível averiguar os horários das precipitações deflagradoras dos eventos de inundação e sobretudo, para identificar eventos desse tipo.

As estações fluviométricas se localizam a montante da área urbanizada. Dessa forma, como as ocorrências registradas são em sua maioria em solo urbano, é coerente que as cotas nas estações fluviométricas já se encontravam em níveis fora da situação de emergência, assim como para o episódio do dia 12 de fevereiro de 2014. Porém, uma vez observadas cotas de emergência a montante (nas estações) é esperada que o volume de água escoar até a área urbanizada, a jusante. Assim, a observação dos dados dessas estações fluviométricas é interessante para se organizar medidas de precaução e aviso de inundações.

Em todos os anos, para as duas estações notou-se situações de cotas de emergência em que não foi registrado nenhum episódio alusivo à inundação, como por exemplo, a cota de 5,3 m (a maior observada) no dia 26 de fevereiro de 2010, às 18h00 na estação 4F-040. Há indícios, segundo a observação dos dados fluviométricos, de que eles ocorreram porque as cotas estão acima do valor de referência para emergência, de 3,5 m; questiona-se então a falta de registro. Foi observada também a ausência de dados, assim como a citada na estação 4F-024, em 2010. Essa situação limita as pesquisas e análises sobre a área, pois sem dados não é possível realizar estudos.

5. Bibliografia

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 39-52p.



AMAVALES. Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira e Baixada Santista. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Unidade de Gerenciamento N° 11: Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul**. Registro, 2013. Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/app/pdf/RSMA_COMPLETO_2013.pdf>. Acesso em: 15/04/2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Hidrologia. **Banco de Dados**. Disponível em: <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>> Acessado em fevereiro de 2017.

GRANELL-PEREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Editora Unijuí: Ijuí, 2004.

MACHADO, Pedro José de Oliveira.; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRACATU. Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. 2014. **Plano Municipal de Defesa Civil**.

SÃO PAULO. Defesa Civil. **Mapa de Defesa Civil do Município de Miracatu**. Miracatu, 2014. 1 mapa: 118,9 cm x 84,1 cm. Escala 1 : 50.000.

SIMPAT. Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?abre=ipmet_html/defesa_civil/index.php> Acessado em fevereiro de 2017.

PIRES, José Salatiel Rodrigues.; SANTOS José Eduardo dos.; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: Schiavetti, Alexandre.; Carnargo, Antonio F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: Editus, 2002. 293p.

SILVEIRA, André L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: Tucci, C. 2000. (org.) **Hidrologia – ciência e aplicação**. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

TUCCI, Carlos E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. (organizadores) **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

Agradecimentos:

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa. Processo n°. 2016/0007-3