

HISTÓRICO DE ENCHENTES EM ITAJUBÁ/MG

FLOODING RECORDS IN ITAJUBÁ/MG

HISTORIAL DE LAS INUNDACIONES EN ITAJUBÁ/MG

Alexandre Augusto Barbosa

Professor na Universidade Federal de Itajubá, Coordenador do Grupo PET Engenharia Ambiental

Guilherme Mandelo Oliveira

Graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá, Integrante do grupo PET Engenharia Ambiental

Thiago José Oliveira

Graduando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá, Integrante do grupo PET Engenharia Ambiental

RESUMO

Enchentes são eventos naturais que ocorrem na calha secundária de um rio. O grande problema se dá quando inundações acontecem em regiões urbanas, causando inúmeros prejuízos e danos à população local. Itajubá é uma cidade localizada aos arredores do Rio Sapucaí e desde sua fundação os eventos de cheia causam grandes transtornos. Este trabalho foi realizado pelo Programa de Educação Tutorial (PET) da Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Itajubá. Estudos prévios sobre cheias na cidade juntamente com dados de estações de monitoramento de enchentes foram utilizados com o objetivo de analisar o histórico de inundações de Itajubá e propor recomendações e alertas que minimizem os impactos na área urbana do município. Foram registradas cerca de 50 enchentes na cidade a partir de fotos, relatos históricos e medições fluviométricas. São apresentadas sugestões de ações e continuidade nos estudos devido à recorrência dos eventos de cheias no município.

Palavras-chave: inundações; monitoramento de enchentes; impacto urbano; Itajubá; Rio Sapucaí

ABSTRACT

Floods are natural events that occur in the secondary channel of a river. The biggest problem is when floods happens in urban areas, causing numerous losses and damage to the local population. Itajubá is a city located in the neighborhoods of the Sapucaí River and since its foundation the flood events cause great inconvenience. Programa de Educação Tutorial - PET (Tutorial Education Program) of Environmental Engineering at the Universidade Federal de Itajubá did this work using previous studies of floods in the city, along with flood monitoring stations data, in order to analyze the history of Itajubá's floods and propose recommendations and alerts that minimize the impacts in the urban area of the county. About 50 floods have been recorded in the city from photos, historical reports and fluviometric measures with suggestions for actions and continuity of studies for the case.

Keywords: floods; monitoring of flooding; urban impact; Itajubá; Sapucaí River

RESUMEN

Las inundaciones son eventos naturales que ocurren en la canalización de un río secundario. El gran problema ocurre cuando las inundaciones se producen en las zonas urbanas, causando numerosas pérdidas y daños a la población local. Itajubá es una ciudad en las cercanías del río Sapucaí y desde su fundación los eventos causan grandes molestias. Este trabajo fue realizado por el Programa de Educación Tutorial (TEP) de ingeniería ambiental en la Universidad Federal de Itajubá. Estudios previos sobre inundaciones en la ciudad junto con los datos de estaciones de control de inundaciones fueron utilizados con el objetivo de analizar el historial de las inundaciones en Itajubá y proponer recomendaciones y alertas que reduzcan al mínimo los impactos en el área urbana del municipio. Se registraron cerca de 50 las inundaciones en la ciudad a partir de fotos, informes de la ciudad y mediciones fluviométricas. Se presentan sugerencias para acciones y continuidad en los estudios debido a la recurrencia de las inundaciones en el municipio.

Palabras-clave: inundaciones; vigilancia de inundaciones; impacto urbano; Itajubá; Rio Sapucaí

INTRODUÇÃO

Itajubá, localizada no sul do estado de Minas Gerais, é uma cidade com grande número de indústrias e instituições de ensino superior, que atraem grandes investimentos e proporcionam um crescimento populacional até hoje desordenado. Esses fatores fazem com que a população busque novos terrenos para sua ocupação; desse modo, em um número grande de casos, há a ocupação de áreas de várzeas – o que, pelo Código Florestal Brasileiro, não deveriam ser ocupadas pois se configuram como sendo APP's (áreas de preservação permanente). A ocupação de zonas pertencentes à calha secundária do Rio Sapucaí, além dos Ribeirões José Pereira e Anhumas, tem ocasionado inúmeros problemas desde a fundação da cidade (em 1819).

As maiores perdas materiais e humanas são decorrentes das inundações dos rios. Segundo UNESCO *et al.* (2005) elas afetam cerca de milhões de pessoas no mundo todo a cada ano, causando em média 25.000 mortes e prejuízos para a economia mundial de ordem de US\$ 60 bilhões.

O primeiro registro de enchente em Itajubá ocorreu em 1821, dois anos depois de ser fundada a cidade. Desde então, passou por vários casos de inundações que causam até hoje danos ao município e sua população (PINHEIRO, 2005).

No anexo um (01) nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são mostradas fotos de cheias clássicas na cidade, sendo que a recuperação dos níveis de cheias foi obtida pela análise das próprias fotos e visitas in loco.

As inundações são processos estocásticos (GENOVEZ, 1991) nos quais suas previsões são fortemente dependentes da topografia, ocupação e mudanças climáticas, podendo ser caracterizadas como um processo dinâmico e complexo no contexto temporal e espacial. (MONI SILVA, 2006).

Segundo MAIA *et al.* (2007) as inundações podem ser identificadas por meio dos pontos de inundações, os quais são fortemente influenciados pela circulação atmosférica, os quais são coletados na área urbana ou com auxílio de pluviômetros.

Apesar de serem fenômenos de ordem natural, a ação antrópica ultrapassa os limites naturais fazendo com que enchentes se tornem um problema social, econômico e ambiental (RIGHI & ROBAINA, 2010). Nessas áreas suscetíveis às inundações, ações que evitem a ocupação ou as tornem de uso restrito devem ser tomadas para evitar o surgimento de novas áreas de risco com ocorrência de desastres (TRENTIN *et al.*, 2013).

Segundo SANDER *et al.* (2012), o sucesso de um sistema de monitoramento de enchentes depende de infraestrutura, apoiados por uma rede de estações fluviométricas e pluviométricas bem distribuídas pela bacia, além de uma equipe qualificada que proporcione suporte à comunidade determinando áreas de risco de inundações, planos de evacuação, obras de engenharia e planejamento de ocupação de áreas ribeirinhas. Tudo isso deve estar aliado ao Estado e Município, instituições de pesquisa e de defesa civil.

O objetivo desse artigo é a análise histórica das enchentes ocorridas em Itajubá, por meio de artigos e registros na cidade, para um melhor planejamento e preparação para eventos semelhantes no futuro. Na Figura 5 (anexo 1) fica evidenciada a vulnerabilidade de Itajubá às cheias do Rio Sapucaí: a malha urbana é praticamente dividida ao meio pelo curso d'água desse rio.

Materiais e Métodos

Ao comparar as inundações ocorridas em Itajubá com outras ocorridas em Ribeirão Preto/SP, estudadas por MAIA *et al.* (2007) no Rio Uruguai, analisadas por RIGHI & ROBAINA (2010); em São Gabriel/RS, por TRENTIN *et al.* (2013); em Alegrete/RS, por SILVA (2011); em Marabá/PA, por COSTA (2012); em Aparecida/SP, por ANDRADE *et al.* (2012) e em

Boa Vista/RR, por SANDER *et al.* (2012), observa-se o grande número de implicações semelhantes ao longo dos anos que eventos como esse podem trazer à população, mesmo em diferentes localidades com diferentes características hidrológicas.

Assim como há semelhanças nos problemas, também pode ser feito um comparativo com as recomendações feitas pelos mesmos autores para ações de monitoramento, controle e prevenção de inundações em áreas urbanas.

Segundo GRACIOSA (2010) pode-se dividir a metodologia em três partes: em primeiro lugar, reúne-se toda a informação da bacia hidrográfica; após isso, deve ser feita uma simulação hidráulico-hidrológica; e, por fim, procede-se a uma análise da simulação e dos riscos aqui inseridos.

Métodos de mapeamento e zoneamento de áreas de risco de inundação, como abordados por SILVA (2011), ANDRADE *et al.* (2012), MONI SILVA (2006) e TRENTIN *et al.* (2013); métodos hidrológicos, estudados por GENOVEZ (1991) e métodos computacionais e de redes neurais, aplicados por KONO (2007), podem ser utilizados em qualquer lugar para otimizar as ações de monitoramento, controle e prevenção.

Itajubá já possui um Sistema de Monitoramento de Enchentes vinculado à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) com estações que dão informações de níveis de rios que podem ser utilizados em modelos como os citados acima.

A partir dos resultados obtidos por PINHEIRO (2005) – com fotos e documentação histórica, e dos dados coletados pelo Laboratório de Informações Hídricas da UNIFEI (LIH) foi possível uma análise estatística das inundações ocorridas entre 1819 e 2014 na região urbana de Itajubá.

Para o conhecimento dos níveis de inundação em qualquer ponto da malha urbana do município foi necessário o estabelecimento de uma estação-base de monitoramento localizada à montante da cidade de Itajubá. Essa estação de medição, que tem uma área de drenagem de 890 km², pode ser visualizada nas Figuras 6a e 6b. A partir dessa estação, e com a declividade do rio Sapucaí ao longo de seu curso pelo interior da malha urbana, foi possível o estabelecimento dos níveis de inundação e a reconstituição de todas as grandes enchentes no município.

De acordo com PINHEIRO (2005), o Rio Sapucaí apresenta uma declividade média de 68 cm/km e nível de transbordamento (em termos de cota altimétrica) de 844 metros na estação-base.

Na Figura 7 (anexo 1) estão apresentadas as cotas de cheias para 2 grandes enchentes históricas, a cota da margem e o nível de vazante do Rio Sapucaí. Nessa figura estão também apresentadas as declividades médias dos níveis máximos das cheias em questão, a declividade média das margens e a declividade média do nível d'água de vazante.

Com trabalhos realizados no LIH, por meio da batimetria da estação-base e a equação de Manning, foi elaborada a curva-chave do Rio Sapucaí para esse local.

A série histórica disponível no LIH-UNIFEI contém valores de níveis desde o ano de 1931. E com eles procedeu-se à análise estatística.

A análise estatística, para o estabelecimento das probabilidades de ocorrência de uma dada vazão máxima e seus respectivos tempos de retorno, foi realizada por meio de um ajuste com auxílio da equação de Gumbel:

$$P = 1 - e^{-e^{-\frac{(Q-\mu)^2}{2\sigma}}}$$

Onde:

P é a probabilidade de ocorrência do evento

Q é a vazão de cheia

μ é a vazão máxima média da série histórica reconstituída

σ é o desvio padrão associado à média obtida.

O tempo de retorno TR de cada vazão máxima é dado pelo inverso da probabilidade

P :

$$TR = \frac{1}{P}$$

Resultados e Discussão

Os resultados de PINHEIRO (2005) e os obtidos pelo LIH da UNIFEI registram a ocorrência de 10 grandes cheias no município e 40 cheias de pequena magnitude. O critério utilizado para diferenciar as pequenas cheias das grandes foi a altura do nível d'água em relação à cota altimétrica de referência (Estação Santa Rosa – COPASA); altura igual ou superior a 6 metros (em relação ao nível de vazante) considera-se uma cheia de grande magnitude, enquanto que alturas menores que esse valor e superiores a 4 metros, cheias de pequena magnitude. A enchente de 1874 foi a maior registrada, atingindo um nível de 9,55 metros acima da cota altimétrica de 844 metros (valor para extravasamento da calha principal na seção de controle), enquanto que a menor, foi a do ano de 1974, com uma altura de 4 metros acima da mesma referência.

Na Figura 8 (anexo 1) está apresentada a curva-chave da estação base. Ela é necessária para o estabelecimento da vazão em função dos níveis d'água na seção de controle (estação-base).

Nas tabelas 1 e 2 (anexo 2) são mostrados o ano de ocorrência, altura, vazão, probabilidade e tempo de retorno para os registros de cheias obtidos desde 1874 até 2015.

Com esses dados, foram elaborados os gráficos de tempo de recorrência das vazões máximas e probabilidade de ocorrência de um evento crítico, cujos valores são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

A vazão calculada nessa seção é de $148,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, com o tempo de retorno de 3,02 anos e probabilidade de 33,08%. Porém, generalizando os estudos de frequência com base nos relatos históricos, PINHEIRO (2005) sugere um tempo de retorno da ordem de 4,15 anos, com probabilidade de 24,1% de ocorrência para uma vazão de $158 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para a região urbana de Itajubá.

Também é importante ressaltar que as medidas fluviométricas começaram a partir do ano de 1930 e que os registros de 1874 a 1929 foram feitos a partir de relatos históricos e fotos da época; portanto, os valores de nível d'água podem não ser totalmente comprovados.

Como pode ser observado, inundações em Itajubá – mesmo de pequena magnitude - são acontecimentos frequentes desde sua fundação. Isso mostra a grande vulnerabilidade da cidade e da população, com prejuízos humanos e materiais ainda não estudados.

Segundo PINHEIRO (2005) e GRACIOSA (2010), recomenda-se que ações para medidas estruturais e não estruturais sejam estabelecidas. Dentre as quais, destacamos:

- Uma política séria de educação ambiental nas escolas e organizações não governamentais sobre a relevância de abordagem dos eventos críticos de cheias e secas;
- A continuidade de estudos e implantação de um barramento de contenção a montante de Itajubá;
- A continuidade do Sistema de Monitoramento de Enchentes;
- A adoção de um plano diretor da cidade com o estabelecimento correto de áreas de expansão e medidas mitigatórias para as áreas vulneráveis, com base no Mapa de Inundações de Itajubá (elaborado pelo LIH-UNIFEI);
- Uma manutenção ecologicamente adequada do Rio Sapucaí e afluentes;
- Um maior interesse dos órgãos públicos sobre a questão de enchentes e secas.

Conclusões

O problema de inundações na área urbana de Itajubá tem grande impacto na sociedade desde 1821, quando houve o primeiro registro desse evento.

Com tempos de retorno muito baixos e com a série de eventos abordados neste trabalho, tem-se uma boa base para prevenir e amenizar futuros problemas decorrentes de enchentes na cidade.

Para isso, é necessária a implementação das medidas mencionadas no corpo desse trabalho.

Deve ficar claro que os estudos precisam ser continuados, de maneira a obter dados cada vez mais precisos. Porém, o apoio da sociedade e dos poderes constituídos serão

fundamentais para que cada vez mais os riscos e prejuízos sociais, econômicos e ambientais sejam amenizados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. da, DANNA, L. C., SILVA, P. C. F. da – *Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 – Vol. 35 – 2/2012 p.28-42.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO TÉCNICA – *Relatório da Comissão de Avaliação Técnica para Recuperação e Urbanização das Margens do Rio Sapucaí e seus Afluentes da Área Urbana*. Itajubá, 06 de Junho de 2000.

COSTA, J. A. da – *Desenvolvimento de um Sistema de Alerta de Enchente Aplicado aos Planos de Defesa Civil em Áreas de Risco no Estado do Pará Utilizando Sistema de informações Geográficas (SIG), caso: Cidade de Marabá*. Universidade federal do Pará, 2012.

GENOVEZ, A. M. – *Avaliação dos Métodos de Estimação das Vazões de Enchente para Pequenas Bacias Rurais do Estado de São Paulo*. UNICAMP, 1991.

GRACIOSA, M. C. P. – *Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico-hidrologica como ferramenta de gestão do risco de inundações*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

KONO, Y. - *Utilização de rede neural LVQ para previsão do nível do Rio Paraguai*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.

LABORATÓRIO DE INFORMAÇÕES HÍDRICAS - *Cota Santa Rosa 1930 a 2015*. Itajubá: 2015.

MAIA, D. C. - *Impactos pluviais na área urbana de Ribeirão Preto – SP*. Universidade Estadual Paulista, 2007.

MONI SILVA, A. P. – *Elaboração de manchas de Inundação para o Município de Itajubá, Utilizando SIG*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Hídrica), Universidade Federal de Itajubá, 2006.

PINHEIRO, M. V. – *Avaliação Técnica e histórica das Enchentes em Itajubá*. Dissertação de Mestrado (Engenharia da Energia), Universidade Federal de Itajubá, 2005.

RIGHI, E., ROBAINA, L. E. S. – *Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul Entre 1980 e 2005: Uma Análise Geográfica*. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 22 (1): 35-54, abr. 2010.

SANDER, C., WANKLER, F. L., EVANGELISTA, R. A. O., MORAGA, C. H., TEIXEIRA, J. F. S. – *Cheias do Rio Branco e Eventos de Inundação na Cidade de Boa Vista, Roraima*. ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.12, mai./ago. de 2012. pp.41-57.

SILVA, C. B. da – *Mapeamento das Áreas de Inundação do Rio Ibirapuitã em Alegrete-RS*. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 15, n.3, set./dez. 2011.

TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S., SILVEIRA, V. S. – *Zoneamento do Risco de Inundação do Rio Vacai no Município de São Gabriel, RS*. Geo UERJ - Ano 15, nº. 24, v. 1, 1º semestre de 2013 p. 161-180

Anexo 1 - Figuras

Figura 1 – 26/02/1919 – Praça Getúlio Vargas. Ao fundo Escola Estadual Cel. Carneiro Júnior. Cota do Terreno 842,30 m – nível de cheia: 30 cm – Cota de cheia: 842,60 m



Figura 2 – 1929 – Rua Xavier Lisboa. Próximo ao antigo Posto Brasileira. Cota do Terreno 843,95 m – Nível de Cheia: 15 cm – Cota de Cheia: 844,10 m



**Figura 3 – 04/02/1945–Rua Aurílio Lopoés–Cota do terreno:842,60 m
– nível de cheia: 0 – Cota de cheia: 842,60 m.**



Figura 4 – 17/01/1957 – Av. Cel. Carneiro Júnior. Em frente à Casa Dois Irmãos (calçados) – Cota do terreno: 842,20 m – nível de cheia: 80 cm – Cota de cheia: 842,30 m

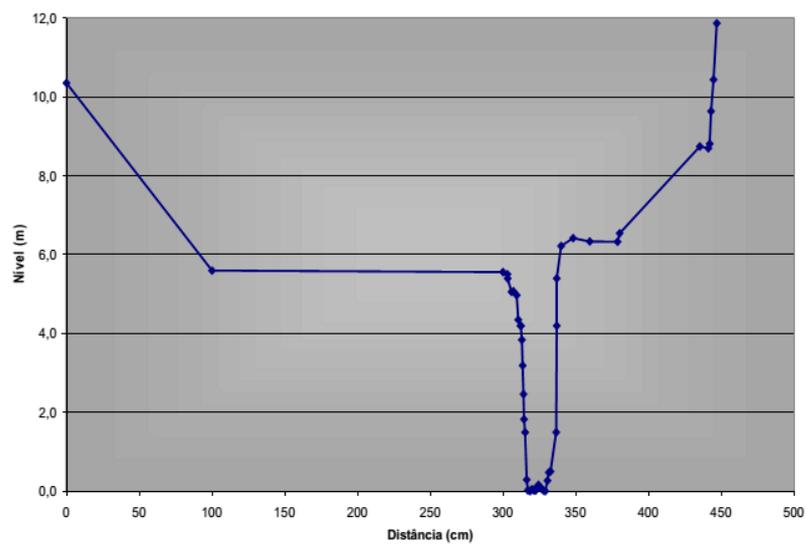


Figura 5 – Trecho do Rio Sapucaí à jusante de Itajubá



Fonte: Prefeitura Municipal de Itajubá – 2000

Figura 6a: Perfil topobatimétrico da Estação-base



Fonte: PINHEIRO (2005)

Figura 6b: Trecho do Rio Sapucaí a montante de Itajubá. Bairro Santa Rosa.



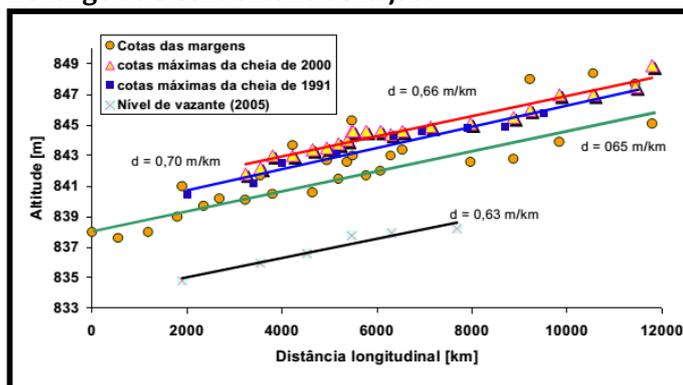
Fonte: Google Earth (2015)

Figura 6c: Estação-base Santa Rosa



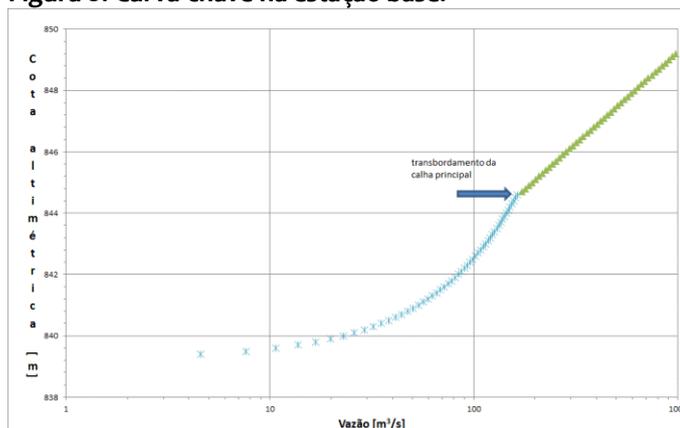
Fonte: LIH (2015)

Figura 7: Declividades do Rio Sapucaí em cheias e em nível de vazante Ao longo do trecho urbano de Itajubá



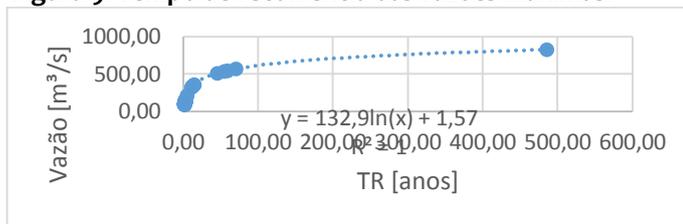
Fonte: PINHEIRO (2005)

Figura 8: Curva-chave na estação base.



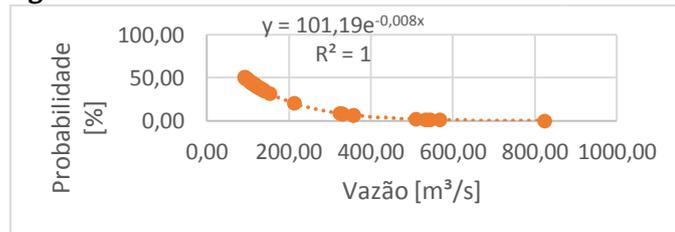
Fonte: LIH (2015).

Figura 9: Tempo de recorrência das vazões máximas.



Fonte: LIH (2015).

Figura 10: Probabilidade de ocorrência de um evento crítico.



Fonte: LIH (2015).

Anexo 2 – Tabelas

Tabela 1: Cheias de Grande magnitude em ordem cronológica para a Estação-base.

Cheias de Grande Magnitude					
Ano	Altura H [m]	Cota [m]	Vazão [m³/s]	Probabilidade [%]	TR [anos]
1874	10,55	848,69	823,59	0,21	485,53
1919	8,17	846,31	330,85	8,39	11,91
1929	9,58	847,72	567,91	1,41	70,91
1935	8,12	846,26	324,57	8,80	11,36
1940	8,17	846,31	330,85	8,39	11,91
1945	9,47	847,61	544,47	1,68	59,44
1957	9,42	847,56	534,14	1,82	55,00
1979	8,37	846,51	357,20	6,88	14,53
1991	8,37	846,51	357,20	6,88	14,53
2000	9,30	847,44	510,13	2,18	45,91
2007	7,02	845,16	212,93	20,38	4,91
2009	6,00	844,14	153,02	32,00	3,13

Fonte: LIH (2015)

Tabela 2: Cheias de Pequenas magnitudes em ordem cronológica para a Estação-base.

Cheias de Pequena Magnitude					
Ano	Altura H [m]	Cota [m]	Vazão [m³/s]	Probabilidade [%]	TR [anos]
1930	5,62	843,76	140,95	35,04	2,85
1931	4,98	843,12	120,63	40,82	2,45
1934	4,32	842,46	99,68	47,80	2,09
1936	4,39	842,53	101,90	47,00	2,13
1937	4,35	842,49	100,63	47,45	2,11
1939	4,20	842,34	95,87	49,19	2,03
1947	4,55	842,69	106,98	45,24	2,21
1948	4,15	842,29	94,29	49,78	2,01
1949	4,86	843,00	116,83	42,01	2,38
1954	4,65	842,79	110,16	44,17	2,26
1956	4,71	842,85	112,06	43,54	2,30
1958	4,70	842,84	111,75	43,65	2,29
1959	4,15	842,29	94,29	49,78	2,01
1960	4,55	842,69	106,98	45,24	2,21
1961	4,80	842,94	114,92	42,62	2,35
1962	4,90	843,04	118,10	41,61	2,40
1965	4,15	842,29	94,29	49,78	2,01
1966	4,23	842,37	96,83	48,83	2,05

HISTÓRICO DE ENCHENTES EM ITAJUBÁ/MG

1975	4,09	842,23	92,38	50,49	1,98
1977	5,50	843,64	137,14	36,06	2,77
1980	4,50	842,64	105,40	45,78	2,18
1981	5,20	843,34	127,62	38,73	2,58
1982	4,70	842,84	111,75	43,65	2,29
1983	5,55	843,69	138,73	35,63	2,81
1985	5,37	843,51	133,02	37,19	2,69
1986	4,75	842,89	113,33	43,13	2,32
1988	4,71	842,85	112,06	43,54	2,30
1989	4,14	842,28	93,97	49,90	2,00
1990	4,14	842,28	93,97	49,90	2,00
1992	4,60	842,74	108,57	44,70	2,24
1993	5,00	843,14	121,27	40,63	2,46
1994	4,95	843,09	119,68	41,12	2,43
1995	4,90	843,04	118,10	41,61	2,40
1996	5,28	843,42	130,16	38,00	2,63
1997	5,05	843,19	122,86	40,15	2,49
1999	5,07	843,21	123,49	39,96	2,50
2002	4,53	842,67	106,35	45,46	2,20
2004	4,07	842,21	91,75	50,74	1,97
2005	5,2	843,34	127,62	38,73	2,58
2006	5,35	843,49	132,38	37,37	2,68
2008	4,80	842,94	114,92	42,62	2,35
2010	5,00	843,14	121,27	40,63	2,46
2011	5,50	843,64	137,14	36,06	2,77

Fonte: LIH (2015)