

CONTROLE DE CHEIAS DO RESERVATÓRIO DE MANSO PARA CINCO PERÍODOS DE RETORNO CRÍTICOS NA BACIA DO RIO CUIABÁ

Rafael Pedrollo de Paes¹ & João Luiz Boccia Brandão²

Resumo – Após a construção da UHE Manso, a contenção de cheias que o Aproveitamento Múltiplo de Manso (APM Manso) oferece passou a ser muito discutida, especialmente quanto à segurança da população na região metropolitana do Vale do Rio Cuiabá. Este trabalho se propõe avaliar a influência do reservatório na atenuação das cheias na bacia do rio Cuiabá em resposta a cinco períodos de retorno críticos: 50, 100, 1.000, 10.000 anos e a vazão máxima provável na sub-bacia do rio Manso. O amortecimento de cheias propiciado pelo APM Manso foi calculado pelo método modificado de Puls combinado com o sistema de operação das comportas. O trânsito da onda de cheia efluente do reservatório foi calculado com auxílio do modelo hidrodinâmico CLiv. Entre os resultados, apresentados em níveis linimétricos máximos nos municípios Rosário Oeste, Acorizal e Cuiabá, foi constatado que a frequência das cheias que atingem as cotas de segurança definidas pela Defesa Civil estadual foi reduzida para período entre 50 e 100 anos. Ainda assim, é importante se atentar para outras medidas de redução de impacto de cheias, entre elas, a política de ocupação da planície de inundação a jusante da barragem.

Palavras-Chave – Amortecimento de cheias, simulação hidrodinâmica, inundação fluvial.

FLOOD CONTROL OF MANSO RESERVOIR FOR FIVE CRITICAL RETURN PERIODS IN THE CUIABA RIVER BASIN

Abstract – After the construction of Manso hydroelectric power plant, the flood control that the Manso Multipurpose Reservoir (MMR) provides had become much discussed, mainly regarding the security of population in metropolitan region of Cuiabá River valley. This paper aims to assess the influence of the reservoir in the flood attenuation in the Cuiaba River Basin for five critical return periods: 50, 100, 1,000, 10,000 years and the probable maximum flood in the Manso River sub-basin. The flood control provided by the MMR was calculated by means of combining the level pool routing method and the system of gates operation. The translation of the flood wave as result of the outflow was calculated with the assistance of the CLiv hydrodynamic model. Among the results, presented in maximum water level in the cities of Rosario Oeste, Acorizal and Cuiaba, it is demonstrated that the reservoir reduces the flood risk frequency, defined by the Civil Defence Authority, for return periods between 50 and 100 years. Nevertheless, other measures should be undertaken in addition to the reservoir operation to mitigate the impacts of flooding, in particular, those related to floodplain land use planning and management downstream the dam.

Keywords – Flood attenuation, hydrodynamic model, floodplain.

RISCOS DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUIABÁ

A bacia hidrográfica do rio Cuiabá (BHC) passa por cheias cíclicas anuais, que ocasionalmente superam o leito menor da calha fluvial, resultando em inundações. Em razão disso, foram adotadas medidas para mitigar os impactos das maiores enchentes, e assim aumentar a segurança da população. Em uma das medidas, de caráter não-estrutural, a Superintendência de

¹ Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental / FAET / UFMT – rafaeldepaes@gmail.com.

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento / EESC / USP – jlbb@sc.usp.br.

Defesa Civil do Estado de Mato Grosso (SUDEC/MT) definiu níveis de água (NA) de segurança do rio Cuiabá em cidades com potencial de inundação, entre elas Rosário Oeste, Acorizal, Cuiabá e Várzea Grande – as duas últimas possuem sedes vizinhas e unidas pelo rio Cuiabá. Estabelecidos após a cheia de 1974, os limites de segurança são a principal referência para o escalonamento das enchentes tanto passadas quanto futuras, e uma importante maneira de mensurar o impacto que elas causaram e poderão causar em outras ocorrências.

Os valores dos níveis de água e cotas ortométricas correspondentes aos limites de alerta, emergência e calamidade nos municípios Rosário Oeste, Acorizal e Cuiabá estão apresentados na Tabela 1. É pertinente frisar que mesmo o alcance das cotas de alerta, ou até inferiores, resulta em inundação em locais habitados próximo ao rio, usualmente estabelecidos na planície de inundação.

Tabela 1 - Níveis de água e cotas ortométricas relativos aos limites de segurança em Rosário Oeste, Acorizal e Cuiabá

Município	Limite de segurança	Nível de água (m)	Cota ortométrica (m)
Rosário Oeste	Alerta:	7,40	191,77
	Emergência:	9,50	193,87
Acorizal	Alerta:	7,00	171,83
Cuiabá	Alerta:	8,50	147,86
	Emergência:	9,50	148,86
	Calamidade:	11,00	150,36

Fonte: SUDEC/MT e DE PAES (2011)

Outra importante medida de redução de impactos das cheias, agora de cunho estrutural, foi a construção do reservatório de Manso, com 387 km² de área inundada na cota máxima de trabalho, o que equivale ao volume de 7,3 km³. Por possuir outras funções, como a geração de energia elétrica (210 MW), o reservatório é denominado *Aproveitamento Múltiplo de Manso*, ou, *APM Manso* (FURNAS, 2002). Com início das operações em 1999, o reservatório foi instalado no rio Manso, importante afluente do rio Cuiabá.

Anteriormente à construção do APM Manso, o tempo de recorrência das enchentes de Cuiabá que alcançavam o NA de alerta era de 5 anos; já o NA de emergência era atingido a cada 15 anos (SHIRASHI, 2003). Para evitar maiores danos, a Carta Geotécnica de Cuiabá (1990) definiu para esta cidade que os terrenos abaixo da cota ortométrica 150 m são considerados *planície de inundação do rio Cuiabá*. Entre outras recomendações, esses terrenos não devem ser ocupados por atividades de longa duração, como para edificações habitacionais.

A Política Nacional de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010a) define que o Plano de Ação de Emergência (PAE) deverá ser elaborado quando há possibilidade de perdas de vidas humanas e impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem. O PAE deve contemplar identificação e análise de possíveis situações de emergência e os procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados nessas situações. A ideia é tomar conhecimento das prováveis áreas atingidas em casos extremos para que se possam ser executadas as ações de segurança à população, assim como a mitigação dos prejuízos associados a essas ocorrências.

Independente de qualquer aparato legal, é indiscutível a necessidade de melhor conhecer o comportamento dos rios Manso e Cuiabá para a segurança da população a jusante da usina que ali reside e às futuras ocupações humanas, seja em relação à controvertida redução da cota da planície de inundação, seja para a elaboração de sistemas de alerta e planos emergenciais.

Assim, o efeito amortecedor do APM Manso será analisado para as cheias com períodos de retorno de 50, 100, 1.000, 10.000 anos e a vazão máxima provável (QMP) na sub-bacia de Manso. Serão levados em consideração a capacidade de armazenamento do reservatório, combinando com o sistema operacional das comportas, e a translação da onda de cheia no percurso fluvial da UHE Manso, passando pelos municípios Rosário Oeste e Acorizal, até Cuiabá e Várzea Grande.

APLICAÇÃO DOS MODELOS DE ARMAZENAMENTO E HIDRODINÂMICO

A BHC integra a região hidrográfica do Alto Paraguai. Sua área total é de aproximadamente 41.000 km², a qual é dividida em cinco sub-bacias: Manso, Alto Cuiabá, Médio Cuiabá, Coxipó e Baixo Cuiabá. O rio Cuiabá é formado a partir da confluência dos rios Cuiabazinho e Manso, neste último foi construída a UHE Manso. Entre alguns dos 13 municípios mais influenciados pelas cheias do rio Cuiabá são Rosário Oeste, Acorizal, e os dois mais populosos do estado: Cuiabá e Várzea Grande, que em 2010 totalizavam 800 mil habitantes, segundo o IBGE.

O modelo de armazenamento utilizado para calcular o amortecimento do reservatório é o método modificado de Puls. São exigidos: (i) curva cota-volume do reservatório, (ii) hidrograma afluente e (iii) equações de extravasão. Nele, é presumido que a variação do volume armazenado em um intervalo de tempo equivale à quantidade total de água afluente menos a quantidade efluente nesse reservatório para o mesmo intervalo de tempo (HERNANDEZ, 2007).

As aflúências nesta simulação são as vazões do rio Manso associadas aos períodos de retorno. Esses valores foram calculados na época da implantação da usina com o auxílio modelo Riba (Furnas, 2002). De Paes (2011) descreve com maiores detalhes essa aplicação. Para cada cheia estudada, o modelo de armazenamento gera um hidrograma efluente ao reservatório, que representa a capacidade de amortecimento em função do volume útil e da operação das comportas. Este hidrograma é utilizado como condição de contorno de montante no modelo hidrodinâmico.

O modelo hidrodinâmico unidimensional CLiv (FCTH, 2003) foi utilizado para o cálculo do trânsito da onda de cheia efluente ao reservatório. As equações que permitem resolver a modelagem hidrodinâmica compõem as *Equações de Saint Venant*. Elas são a *equação da continuidade*, ou, conservação de massa (Eq. 1) e da *quantidade de movimento* (Eq. 2).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad \text{Eq. 1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \frac{\partial y}{\partial x} = g \cdot A (S_0 - S_f) \quad \text{Eq. 2}$$

Q = vazão [m³.s⁻¹]; **A** = área da seção molhada [m²]; **x** = distância no sentido longitudinal [m]; **t** = tempo [s]; **q** = vazão por unidade de largura de contribuição lateral [(m³.s⁻¹).m⁻¹]; **g** = aceleração da gravidade [m.s⁻²]; **y** = lâmina de água [m]; **S₀** = declividade do canal [m.m⁻¹]; **S_f** = declividade da linha de atrito [m.m⁻¹].

A curva-chave em Cuiabá foi empregada como condição de contorno externa de jusante. Elas são a Eq. 3 e Eq. 4, aplicada por Eletrobrás Furnas desde o início das operações da UHE Manso.

$$Q = 78,0306(NA+1,17)^{1,5618} \text{ se } -0,30 \text{ m} < NA < 2,64 \text{ m} \quad \text{Eq. 3}$$

$$Q = 59,975(NA+1,56)^{1,6391} \text{ se } NA \geq 2,64 \text{ m} \quad \text{Eq. 4}$$

Q = vazão [m³.s⁻¹]; **NA** = nível de água lido em régua linimétrica [m].

Além dos dados hidráulicos, o CLiv é alimentado por dados geométricos, que são as seções topobatimétricas ao longo do rio. Eles foram obtidos por meio do PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica, entre a USP e a UFMT. Foram utilizadas 13 seções topobatimétricas entre a estação fluviométrica da UHE Manso e o município de Cuiabá, ao longo de 285 km.

A vasta área incremental entre o APM Manso e Cuiabá, 14.200 km², denota importância à vazão lateral, a qual deve ser adicionada à efluência do reservatório. Portanto, foi calculada a *vazão específica da bacia incremental* ($Q_{\text{espec.}}$), que representa a contribuição lateral da sub-bacia do Alto Cuiabá (BAC), registrada no rio Cuiabazinho pela estação fluviométrica Quebó, e da sub-bacia do Médio Cuiabá (BMC) – com leitura em Cuiabá. Para a determinação da vazão específica, o tempo de percurso das águas entre a estação fluviométrica da UHE Manso e Cuiabá foi considerado 48h; e o de Quebó até Cuiabá 24h, (SILVA E BRAGA, 2000). Em posse dos hidrogramas das estações UHE Manso, Quebó e Cuiabá, as vazões específicas foram obtidas por meio da Eq. 5.

$$Q_{\text{espec.}}_{\text{BMC+BAC}} = \frac{\sum (Q_{\text{Cbá.t}} - Q_{\text{UHE.t-48h}})}{D_{\text{UHE Manso - Cbá}}} \quad \text{Eq. 5}$$

$Q_{\text{espec.}}_{\text{BMC+BAC}}$ = Vazão específica da área intermediária da BHC entre a UHE Manso e Cuiabá relativa à BMC e à BAC [$L \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$]; **$Q_{\text{Cbá.t}}$** = Vazão registrada na estação fluviométrica Cuiabá no tempo “t” [$m^3 \cdot s^{-1}$]; **$Q_{\text{UHE.t-48h}}$** = Vazão efluente à UHE Manso com relação a dois dias anteriores (t - 48h) [$m^3 \cdot s^{-1}$]; **$D_{\text{UHE Manso-Cbá}}$** = Distância entre as estações fluviométricas da UHE Manso e Cuiabá, pelo rio principal, igual a 285,58 km.

A Figura 1 ilustra parte da bacia do rio Cuiabá de modo a representar a localização de alguns municípios pertencentes à BHC e as zonas de influência das estações fluviométricas, cuja de Cuiabá foi utilizada para encontrar a $Q_{\text{espec.}}$

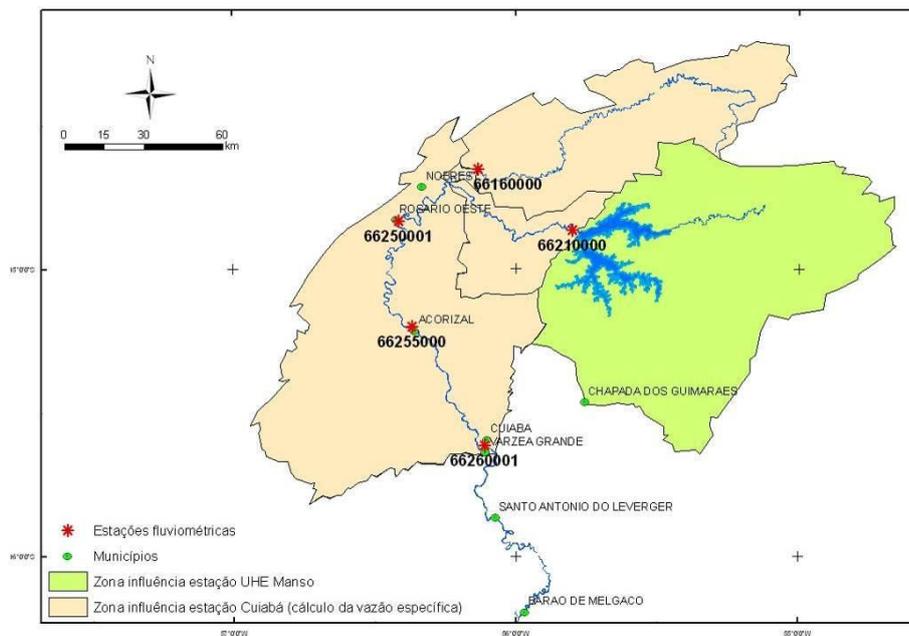


Figura 1 – Parte da bacia hidrográfica do rio Cuiabá, com estações fluviométricas e municípios

A adoção da $Q_{\text{espec.}}$ foi baseada na seleção das 13 maiores cheias registradas em Cuiabá dentro série histórica entre os anos de 1972 e 2009, com observações simultâneas nas três estações fluviométricas de maior interesse para este trabalho: no rio Manso, no rio Cuiabazinho e em Cuiabá.

Na calibração do modelo matemático foi analisada a sensibilidade da alteração dos parâmetros do CLiv frente aos resultados de vazões calculadas para as 13 cheias. Essa investigação consistiu principalmente na definição das vazões específicas e dos coeficientes de rugosidade dentro dos limites aceitáveis para canais fluviais com as características da bacia estudada (0,020 a 0,065), pois os demais parâmetros apresentaram insensibilidade na aplicação ao sistema fluvial.

RESULTADOS

Durante a calibração foram realizadas quatro análises principais para a mensuração da aderência das curvas: (i) Comparação de picos entre os hidrogramas observados nas estações fluviométricas e calculados pelo modelo matemático através do erro porcentual da vazão de pico (EPVP); (ii) Erro quadrático relativo médio (EQRM), que prioriza valores máximos do hidrograma; (iii) Coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe; e (iv) Comparação visual dos hidrogramas observados e calculados. A Tabela 2 diz respeito aos valores obtidos pelas análises para a estação fluviométrica de Cuiabá, a mais distante entre as analisadas. A mesma tabela também apresenta os valores de $Q_{\text{espec.}}$ obtidos para cada cheia.

Tabela 2 – EPVP (%), EQRM (%) e Nash-Sutcliffe entre os hidrogramas observados e calculados e $Q_{\text{espec.}}$ ($L \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$)

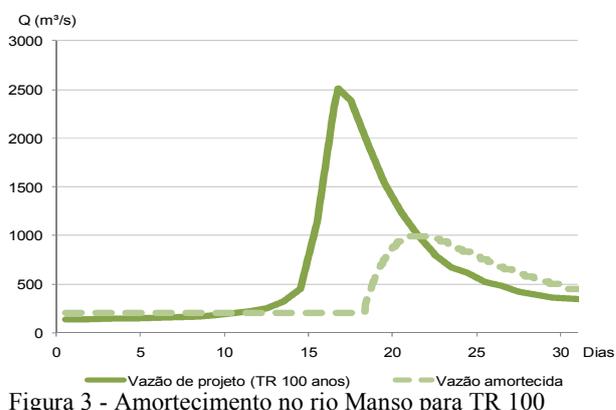
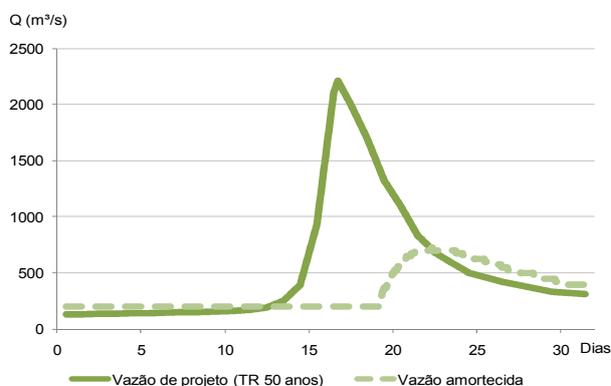
Ano	Mar 74	Fev 82	Mar 82	Dez 87	Jan 88	Mar 89	Jan 95	Fev 95	Mar 96	Fev 97	Mar 02	Mar 04	Abr 06
EPVP	6,42	7,09	2,73	23,61	12,68	5,74	0,87	16,36	3,42	6,38	12,80	14,19	11,06
EQRM	5,20	2,80	5,20	9,20	12,60	3,70	8,90	5,30	4,90	4,20	11,20	4,70	1,30
NASH	0,56	0,67	0,46	0,18	0,75	0,77	0,79	0,63	0,66	0,14	0,65	0,57	0,54
$Q_{\text{espec.}}$	3159	2860	4139	1659	2485	2943	4258	5600	3116	2323	3987	3978	4224

A $Q_{\text{espec.}}$ adotada na simulação do escoamento hidrodinâmico foi a média aritmética entre as cheias. Para respaldar a variação hidrológica possível de ocorrer na BHC, e pela imprecisão das vazões laterais críticas, foram atribuídas duas outras variantes: o dobro e a metade dessa média. As vazões específicas e o coeficiente de rugosidade computados na simulação estão na Tabela 3.

Tabela 3 - Vazões específicas e coeficiente de rugosidade adotados

Variantes	$Q_{\text{espec.}}$ ($L \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$)
$Q_{\text{espec. BMC+BAC}}$	3.440,8
2 x $Q_{\text{espec. BMC+BAC}}$	6.881,7
0,5 x $Q_{\text{espec. BMC+BAC}}$	1.720,4
Coeficiente de rugosidade	0,060

Nas figuras 2 a 6 estão apresentados os hidrogramas de afluência ao reservatório considerando os períodos de retorno analisados e os respectivos amortecimentos teóricos. Já nas figuras 7 a 9 estão os resultados da simulação hidrodinâmica. Nestas últimas, os níveis de água foram dispostos em paralelo com os limites de segurança definidos pela Defesa Civil nos três municípios estudados e para as três condições de $Q_{\text{espec.}}$ adotadas. Deve-se atentar para o fato de que o eixo das abcissas, relativo ao período de retorno, está disposto em escala logarítmica.



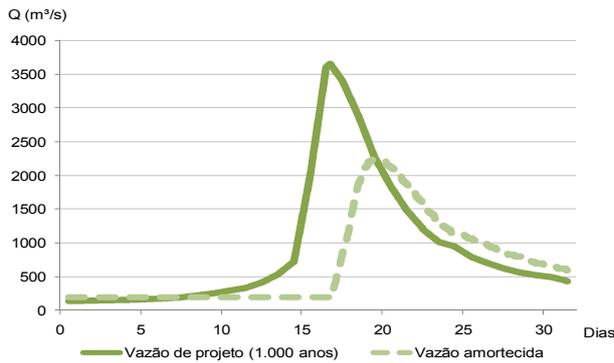


Figura 4 - Amortecimento no rio Manso para TR 1.000

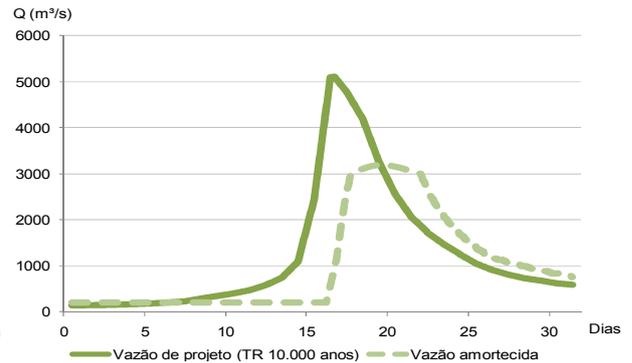


Figura 5 - Amortecimento no rio Manso para TR 10.000

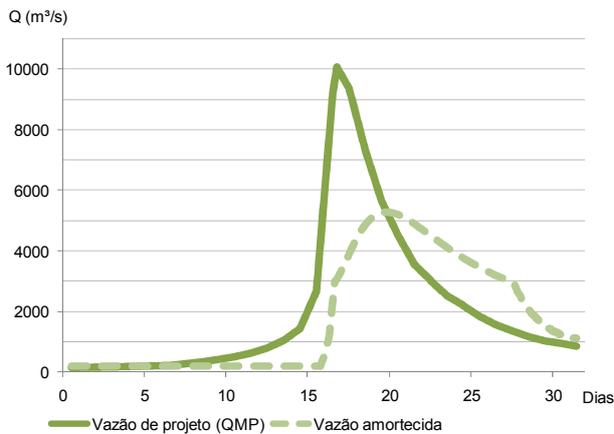


Figura 6 - Amortecimento no rio Manso para a QMP

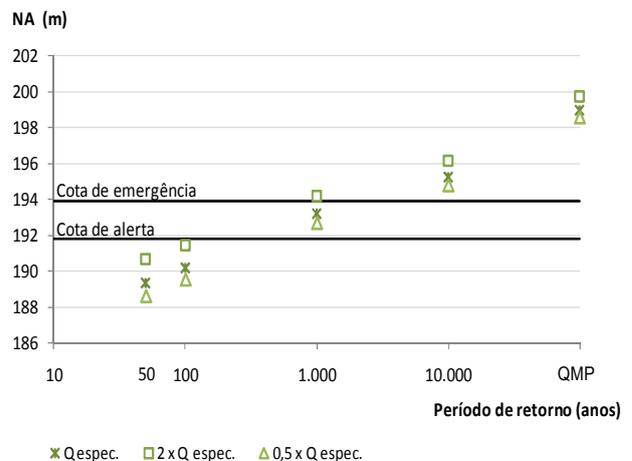


Figura 7 - Cheias no rio Cuiabá - Rosário Oeste

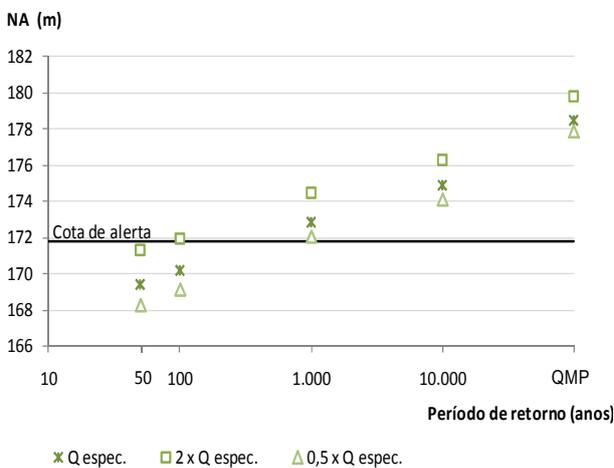


Figura 8 - Cheias no rio Cuiabá - Acorizal

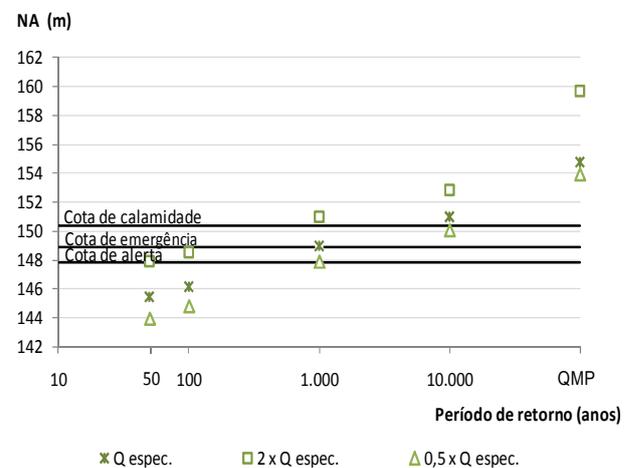


Figura 9 - Cheias no rio Cuiabá - Cuiabá

A escolha das $Q_{espec.}$ é essencial para a precisão dos níveis de água nas cidades a jusante da usina. A estimativa do amortecimento de Manso e a escolha da menor $Q_{espec.}$ entre as examinadas apontou que a cota de alerta seria atingida em Cuiabá em cheias pouco abaixo de TR 1.000 anos; cota essa que seria alcançada com TR 50 anos se utilizada a maior entre as $Q_{espec.}$ testadas. Em idênticas condições, essa cota só seria atingida em Acorizal com cheias TR 100 anos, e em Rosário Oeste pouco acima dessa recorrência. Ao acatar a menor entre as $Q_{espec.}$, as cotas de alerta nesses dois municípios também são ultrapassadas a partir de cheias pouco inferiores a TR 1.000 anos.

É importante ressaltar que todas as $Q_{\text{espec.}}$ empregadas foram baseadas em cheias registradas nas sub-bacias do Alto Cuiabá e do Médio Cuiabá, em 35 anos de observações, e, provavelmente, com TR menores que as analisadas. Por isso, talvez apenas a mais alta das $Q_{\text{espec.}}$ ($2 \times Q_{\text{espec.}}$) nas sub-bacias citadas seja comparável à menor cheia de projeto (TR 50 anos) na sub-bacia do Manso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apreciação dos resultados indica que o reservatório de Manso tem importante papel na atenuação de enchentes na BHC, pelo menos até o município de Cuiabá, e que muitas cheias podem ser evitadas em decorrência do seu amortecimento. O APM Manso é capaz de aumentar o tempo entre duas inundações, portanto, reduz a frequência desses eventos. Tal capacidade é limitada pelo volume de espera do reservatório e pela vazão lateral. A precisão dessa vazão lateral pode ser melhorada com a simulação hidrológica tipo chuva-vazão, a qual pode ser acoplada ao modelo hidrodinâmico. A vasta área intermediária dificulta tanto a estimativa da contribuição lateral quanto a operação do reservatório de Manso se ela tiver por objetivo a regularização de vazões a jusante.

Os valores das $Q_{\text{espec.}}$ adotados são baseados em cheias reais na BHC, os quais são carregados no modelo hidrodinâmico ao lado das cheias críticas de projeto da sub-bacia do Manso, que são valores baseados em teoria probabilística. Por esse motivo, a $Q_{\text{espec.}}$ mais elevada deve receber maior atenção, já que esta se adequa melhor à concepção de bacias vizinhas apresentarem cheias com períodos de retorno semelhantes.

Com adoção da maior vazão específica, as simulações realizadas indicaram que as cheias registradas na BHC que resultaram em maiores prejuízos – março de 1974 e fevereiro de 1995 – se repetiriam com TR pouco superior a 100 anos; e a de janeiro de 1995, pouco inferior a esse período.

Cabe lembrar que mesmo quando no rio Cuiabá são registrados NA inferiores às cotas de segurança, são relatados casos de inundação em algumas comunidades, seja pelo rio Cuiabá ou pelos afluentes urbanos remansados. Seguindo um preceito entre o NA do rio Cuiabá e o ano de ocorrência da inundação, o dano causado entre duas cheias de mesmo nível será tanto maior quanto mais recente acontecer. Sua principal razão é o crescimento populacional, em especial seguida pela ocupação e impermeabilização do solo sem critérios suficientemente adequados.

Com a justificativa da atenuação das inundações em função do reservatório, a calha maior do rio Cuiabá passou a sofrer forte pressão exercida pela especulação imobiliária para ocupar a margem fluvial. De Paes e Brandão (2011) constataram que em algumas situações o APM Manso não mantém o nível de água abaixo das cotas de segurança, como na cheia de janeiro de 1995, que resultou em grandes prejuízos, os quais ainda existiriam se o APM Manso já estivesse instalado. Apesar da expectativa pela confiança em ocupar as zonas próximas ao rio, não há documentação expedida pela Eletrobrás Furnas, responsável pela UHE Manso, ou outra entidade, atestando o domínio da represa sob as cheias do rio Cuiabá, ou, ao menos, a sugestão de cota para a ocupação sem riscos à população. Em consideração à consulta da Prefeitura de Cuiabá, Furnas (2008) exaltou a bacia intermediária, e justificou a reduzida influência que possui sobre o rio Cuiabá nesta cidade. Por fim, comunicou “[...] que a matéria em questão é de competência do município, regulamentada na Lei de Uso e Ocupação do Solo de Cuiabá”. Assim, a empresa eximiu-se, sabiamente, de quaisquer responsabilidades sobre a definição de área segura para ocupação da população.

Interessante medida não-estrutural voltada ao conhecimento das grandezas de cada enchente e à possibilidade de inundação em uma bacia é um sistema de alerta eficaz, que compõe um sistema de suporte de decisões voltado às cheias, inexistente na BHC. O único sistema de alerta na bacia ocorre pelo acompanhamento linimétrico nas principais localidades do percurso do rio Cuiabá, até a confluência com o rio Paraguai, no Pantanal (BRASIL, 2010b). A esse problema, é somado o fato

de que não é conhecido sequer o tempo exato da propagação da onda de cheia entre as principais estações fluviométricas. Nos métodos do sistema da BHC não há ferramentas com suporte informatizado, o que poderia oferecer ampliação das oportunidades de aplicação, onde seriam inclusos, por exemplo, ferramentas de SIG, além da melhor eficiência admitida por modelagens hidráulicas e hidrológicas. Por essas razões, e porque a importância do conhecimento sobre a bacia tem aumentado, especialmente em função do crescimento urbano que a região metropolitana do Vale do rio Cuiabá tem assistido, faz-se necessário expandir as pesquisas relacionadas à bacia hidrográfica do rio Cuiabá e da região hidrográfica do Alto Paraguai como um todo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2010a). Lei Federal n.º 12.334 de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Publicado no *Diário Oficial da União em 21 de setembro de 2010*. Brasília, DF.

_____. (2010b). Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. *Previsão hidrológica e alerta de enchentes – Pantanal Mato-grossense*. 11 p. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/prev.pdf>>. Acesso em 17 dez 2010.

CARTA GEOTÉCNICA DE CUIABÁ. (1990) Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT / Prefeitura Municipal de Cuiabá. *Carta Geotécnica de Cuiabá – Módulo I*. Cuiabá, MT.

DE PAES, R. P. (2011). *Análise do escoamento hidrodinâmico da vazão efluente do reservatório da UHE Manso na bacia hidrográfica do rio Cuiabá, Mato Grosso*. Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento: EESC/USP. São Carlos, SP.

DE PAES, R. P.; BRANDÃO, J. L. B. (2011). Simulação de amortecimento e translação de onda de cheia em inundações na bacia do rio Cuiabá, Mato Grosso. In: *Anais do XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Cuiabá, MT.

FCTH (2003) - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.. *CLiv – Software para simulação de escoamentos em condutos livres*: manual do usuário. Universidade de São Paulo, São Paulo, 109p. Disponível em: <http://www.fcth.br/pub/software/manual_cliv.pdf>. Acesso em 17 mar 2010.

FURNAS (2002). Furnas Centrais Elétricas S. A. Aproveitamento Múltiplo Manso - *Memória técnica*. Rio de Janeiro - RJ.

FURNAS (2008). Furnas Centrais Elétricas S. A. *Ofício C.J.P.E.074.2008*. Rio de Janeiro. Ofício em resposta ao ofício GP n.º 316 que solicita manifestação técnica da empresa quanto à interferência do Aproveitamento Múltiplo de Manso no controle das cheias do rio Cuiabá nos limites deste município. 2p.

HERNANDEZ, V. (2007). *Propagação de enchentes em reservatórios – Método direto*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 12. n. 2. Abr-Jun/2007. p. 115-122.

SHIRASHI, F. K. (2003). *Avaliação dos efeitos da construção da APM Manso no controle das cheias nas áreas urbanas das cidades de Cuiabá e Várzea Grande - MT*. Tese de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: COOPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

SILVA, D. L. M.; BRAGA, R. S. (2000). Sistema de monitoramento hidrológico durante a fase de enchimento do reservatório do APM Manso. In: *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste*. Brasília, DF.

SUDEC. Superintendência da Defesa Civil do estado de Mato Grosso - SUDEC/MT. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mt.gov.br/default.aspx>>. Acesso em 27 julho 2010.