

ANÁLISE DE RISCO DE FALHA EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA COMPOSTOS POR VÁRIAS BACIAS DE DETENÇÃO

Marcelo G. M. Diniz¹, Nilo de O. Nascimento², Márcio B. Baptista² e Diego A. F. Balbi¹

Resumo - As condições iniciais de umidade do solo, o volume inicial de água armazenado no sistema, as falhas de manutenção, as características próprias do evento de precipitação, como a intensidade, o volume, a distribuição espacial e temporal da chuva, problemas mecânicos de operação das comportas e de outros elementos de controle, quando existentes, obstruções de estruturas hidráulicas por objetos de grande dimensão carregados pelo escoamento, podem levar elementos de sistemas de drenagem a condições críticas, não previstas quando de seu dimensionamento. Este estudo apresenta e discute os aspectos metodológicos da avaliação empírica da probabilidade de falha no controle de cheias e inundações em sistemas de drenagem que possuem várias bacias de detenção. Uma aplicação é realizada em uma bacia situada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde está prevista a implantação de 6 bacias de detenção.

Abstract - In current operation, a storm water drainage system is submitted to rainfall-runoff events that may be considerably different from the scenarios employed for its design. The initial conditions of the watershed and drainage system, the duration, temporal and spatial distribution of rainfalls, the lack of maintenance and proper operation of the system may create particularly extreme operational conditions that may lead to failures in controlling floods and avoiding inundation, even for rainfall-runoff events of lower return periods than those employed for its design. This paper presents and discusses methodological aspects of risk of failure assessment in storm water drainage systems incorporating several detention basins. Since the risk assessment is here done by empirical methods, an urban catchment located in Betim, one of the towns of the Metropolitan Region of Belo Horizonte City, Brazil, is used as a case study.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG. Av. do Contorno, 842 – 30170-081 – Belo Horizonte – MG – Tel.: (31) 3238-1870 – Fax: (31) 3238-1001 – E-mail: mgmdiniz@hotmail.com e diegobalbi@ig.com.br

² Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG. Av. do Contorno, 842 – 30110-060 – Belo Horizonte – MG – Tel.: (31) 3238-1872 – Fax: (31) 3238-1001 – E-mail: niloon@ehr.ufmg.br e marbapt@ehr.ufmg.br

Palavras-Chave: controle de cheias, bacia de retenção, probabilidade de falha.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem urbana de concepção clássica têm por objetivo primeiro coletar o volume de água pluvial e transportá-lo rapidamente para áreas a jusante. Entretanto, a intensificação da urbanização e o consequente aumento das áreas impermeabilizadas e do escoamento superficial levaram ao surgimento de tecnologias alternativas de drenagem. Iniciativas foram tomadas no sentido de diminuir esse escoamento superficial ou retardar ao máximo a sua entrada na rede de drenagem pelo amortecendo dos picos de vazão.

Entre as tecnologias alternativas encontram-se as bacias de retenção que vêm sendo amplamente utilizadas no controle de cheias, inclusive no Brasil. A implantação de bacias de retenção em um sistema de drenagem urbana visa a atender diversos objetivos, destacando-se o controle de inundações e a redução da poluição hídrica de origem pluvial. A valorização da água dentro do contexto urbano, por meio da criação e da manutenção de áreas verdes e de lazer no entorno dos reservatórios e em áreas concebidas para serem periodicamente inundadas são objetivos complementares necessários à integração harmoniosa entre o espaço destinado ao armazenamento de água pluvial e o meio urbano. Apenas a título de exemplo, na atualidade existem cerca de doze bacias de retenção em diferentes fases de estudo, projeto ou construção na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), e três em operação, as quais foram objetos de estudos recentes (Nascimento et al., 2000).

O dimensionamento de uma bacia de retenção consiste, basicamente, em se determinar um volume de armazenamento capaz de assegurar uma vazão de saída máxima estabelecida para um período de retorno dado. A determinação desse período de retorno é realizada, *a priori*, a partir de séries temporais de vazões observadas. Quando essas informações não se existem, empregam-se eventos sintéticos de precipitação construídos a partir de curvas de intensidade, duração e frequência (curvas IDF) ou de séries históricas de eventos pluviais observados.

Entretanto, é importante observar que a associação de várias estruturas de armazenamento em um mesmo sistema de drenagem urbana resulta em uma maior complexidade de funcionamento e operação do sistema, podendo conduzir a situações críticas de funcionamento que eventualmente não são verificadas de forma adequada quando da simulação dos eventos de projeto.

Quando um evento crítico ocorre, as condições iniciais de umidade do solo, o volume inicial de armazenamento dos reservatórios que compõem o sistema, as características da precipitação como intensidade, distribuição temporal e espacial, além de problemas de operação e manutenção

das estruturas de controle, podem levar a falhas no controle de cheias, mesmo quando o período de retorno do evento é inferior ao adotado no dimensionamento do sistema.

Este trabalho apresenta e discute os aspectos metodológicos de avaliação empírica da probabilidade de falha de controle de cheias em sistemas de drenagem compostos por várias bacias de retenção. É feita uma aplicação a uma bacia hidrográfica localizada na RMBH, onde é prevista a implantação de 6 bacias de retenção em um futuro próximo.

A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DAS AREIAS

O estudo de caso é desenvolvido na bacia hidrográfica do riacho das Areias, localizada integralmente no município de Betim, Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A bacia do Areias, sub-bacia do rio Betim, com área total de 41,4 km², é área de expansão urbana prioritária definida pelo Plano Diretor de 2010 de Betim, onde se prevê uma ocupação urbana e industrial de cerca de 85% da superfície da bacia. Na atualidade, 64% da superfície da bacia encontra-se ocupada por áreas residenciais e industriais.

Com o objetivo de melhorar as condições de escoamento e reduzir os riscos de inundação, o riacho das Areias, com extensão total de 16 km, até sua foz no rio Betim, foi parcialmente canalizado, atendendo ao conceito tradicional de avenidas sanitárias.

A canalização foi realizada em dois períodos distintos, onde dois modelos diferentes de intervenção foram adotados. No final da década de 80 foram canalizados 5 km a partir de sua foz, adotando-se seção transversal trapezoidal, com revestimento em gabião ou gabião argamassado, no leito, e grama nos taludes. O canal foi dimensionado para um período de retorno de 25 anos, com vazão de projeto, de 117 m³/s, valor estimado no ponto mais a jusante. Recentemente iniciou-se a canalização do trecho a montante do descrito anteriormente, optando-se por seção retangular revestida em concreto. O trecho foi projetado para uma vazão de 157 m³/s no ponto de transição entre as duas seções, correspondendo a um tempo de retorno de 50 anos. O projeto para esta última etapa prevê a canalização total de cerca de 6600 m, dos quais aproximadamente 4 km já estão concluídos.

Modelagem hidrológica e hidráulica

A freqüente ocorrência de inundações na planície do riacho das Areias, em razão, principalmente, do aumento da ocupação urbana ao longo da bacia e da evidente diferença de capacidade dos dois trechos canalizados, levou a prefeitura de Betim a realizar estudos no sentido

2 horas a duração crítica da chuva de projeto, por ter resultado em situações mais críticas nos trechos canalizados.

A simulação hidráulica do canal do riacho das Areias foi realizada a partir de um modelo de cálculo de linha d'água em escoamento permanente, o HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 1998). O escoamento em pontes e bueiros foi simulado como orifício e vertedouro, de acordo com as condições de funcionamento hidráulico das referidas estruturas.

Os dados de projeto hidráulico das estruturas e de topografia fornecidos pela Prefeitura de Betim permitiram a obtenção dos parâmetros geométricos da canalização, de pontes, de bueiros e da transição entre os dois tipos de canal. As características da planície de inundação, bem como informações topográficas complementares, foram obtidas em plantas geradas a partir de fotografias áreas datadas de 1990. Visitas a campo e registros fotográficos permitiram complementar e atualizar as informações sobre uso do solo.

Diagnóstico do sistema e proposta de implantação das bacias de detenção

A tabela 1 apresenta os resultados da simulação hidrológica considerando os cenários sem a implantação das bacias de detenção (cenário 1) e com a implantação de 6 bacias de detenção (cenário 2). Nessa tabela, são listadas as vazões de pico em dois pontos de controle do sistema de drenagem em estudo, sendo o ponto B localizado logo a jusante do conjunto de bacias de detenção, e o ponto JAB situado imediatamente a montante da confluência do riacho das Areias com o rio Betim (Figura 1), para cada um dos períodos de retorno simulados.

Tabela 1 – Vazões de pico em função do período de retorno

T (anos)	Vazão no ponto B (m ³ /s)		Vazão no ponto JAB (m ³ /s)	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
2	103,6	39,0	121,0	60,4
5	132,6	44,7	156,8	75,4
10	186,8	55,0	224,0	101,5
25	228,9	61,7	274,6	121,5
50	266,4	68,3	319,8	140,8
100	300,4	80,6	361,3	157,6

A figura 2 apresenta o perfil longitudinal da linha d'água em um trecho a jusante do último reservatório do sistema (ver Figura 1, BD-1), para um evento de 25 anos de período de retorno considerando os cenários 1 e 2.

Os resultados do estudo evidenciam que a implantação das bacias de retenção é alternativa eficiente para o controle de cheias na área analisada, principalmente no trecho mais a jusante do canal, onde adotou-se a seção transversal trapezoidal. O funcionamento adequado do sistema para um período de retorno de 25 anos pode ser garantido com a implantação das bacias de retenção, a despeito da construção do canal prevista e parcialmente realizada, a montante, do processo de urbanização em curso.

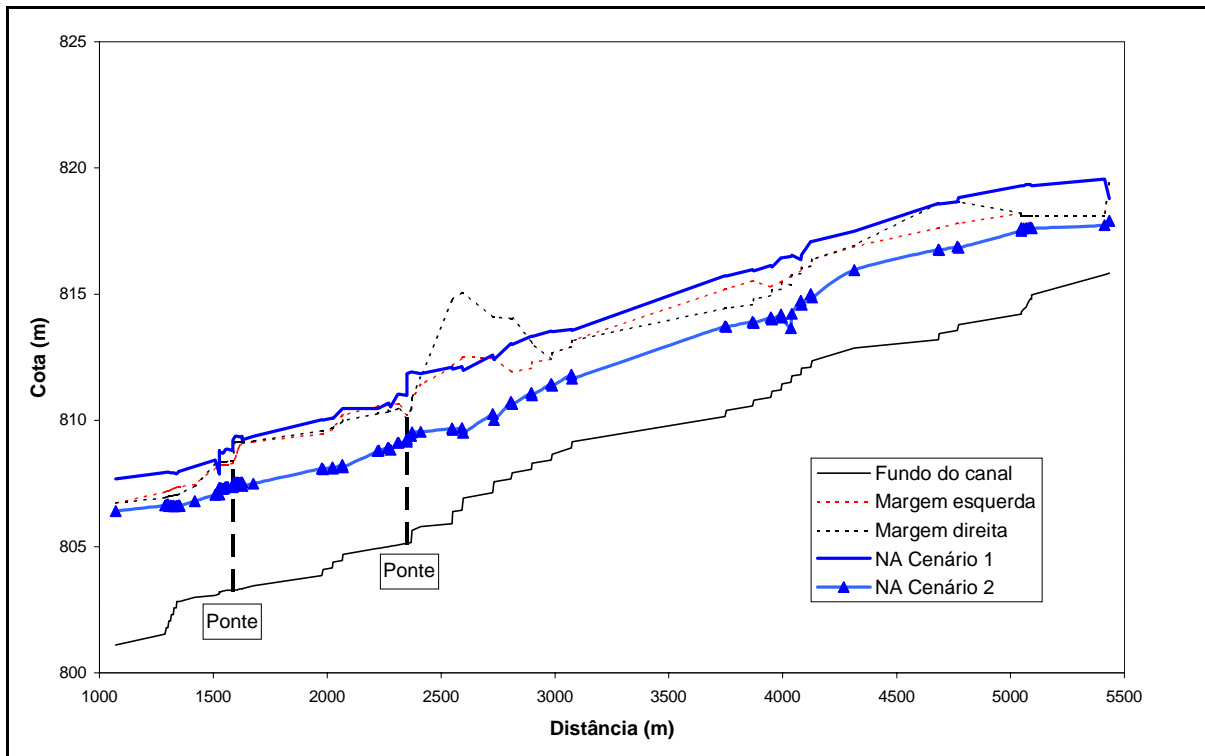


Figura 2 – Linha d'água para um evento de $T = 25$ anos, com e sem as bacias de retenção (NA: linha d'água).

Para a análise da pertinência da implantação das bacias de retenção, foi aqui considerado apenas o controle de cheias. Outros aspectos dessa solução, como a integração das bacias no meio urbano, as atividades de manutenção das estruturas hidráulicas e das áreas de armazenamento, o controle das fontes de poluição dentro da área de drenagem (resíduos sólidos, erosão, *etc.*) foram, igualmente, objetos do estudo, porém não são discutidos no presente trabalho.

PROBABILIDADE DE FALHA DO SISTEMA DE DRENAGEM

No contexto tecnológico, uma falha ocorre quando um processo, um mecanismo ou uma estrutura é incapaz de cumprir convenientemente suas funções. Sendo assim, a definição precisa de

uma falha advém de uma definição precisa das funções e dos objetivos atribuídos a esses processos mecanismos ou estruturas.

Dado que os sistemas de drenagem apresentam, ordinariamente, várias funções, a identificação das falhas e o conhecimento de suas causas são, igualmente, múltiplas. Dessa forma, a avaliação global das probabilidades de falha nesses sistemas requer, entre outras, a estimativa da probabilidade de falha de seus elementos constituintes e a identificação das relações entre eles, em vista de se conhecer como a falha de um elemento particular pode repercutir nas condições operacionais dos outros e no sistema como um todo. Em análise de risco, essa etapa é conhecida como “formulação dos mecanismos de falha”.

No contexto de procedimentos industriais, como, por exemplo, em usinas nucleares, há uma grande experiência adquirida em análise de risco e avaliação de probabilidade de falha de sistemas complexos (e.g.: Bier, 1997; Rasmussen, 1990; Morgan, 1990). Entretanto, várias dessas técnicas se revelam pouco aplicáveis aos sistemas de drenagem, tanto pela pequena flexibilidade de aplicação, quanto pela sua característica binária, pouco adaptável aos procedimentos contínuos mais característicos da hidrologia (Cur e Taw, 1990). Além disso, na hidrologia urbana, e particularmente dentro do contexto brasileiro, a insuficiência de dados impede uma avaliação conveniente das probabilidades de falha de sistemas de drenagem pela utilização dessas técnicas.

Em hidrologia, uma das aproximações mais clássicas da análise de risco é fundamentada na análise de frequência de eventos extremos a partir de longas séries de dados hidrológicos. O resultado é, igualmente, do tipo binário. O risco de falha é estimado, mas não suas conseqüências. Análises de risco mais recentes, em sistemas de recursos hídricos, concebem o risco como o produto da probabilidade de falha de um sistema pelas conseqüências geradas por essa falha.

No caso de inundações, as conseqüências são de natureza física, social, política, econômica, *etc.* A avaliação de risco é usualmente feita empregando-se a tradução, em termos econômicos, do conjunto dos prejuízos gerados pela inundação. Para chegar a esse resultado, várias etapas que compõem a análise de risco devem ser estabelecidas, como a estimativa das probabilidades de falha, a quantificação das conseqüências das falhas, a classificação das conseqüências das falhas e enfim, a avaliação de risco, ou seja, o produto das probabilidades de falha pelo montante das perdas que delas resultam.

No presente estudo, entender-se-á por falha do sistema de drenagem em estudo a ocorrência de extravasamento do escoamento, no canal do Arrudas, no trecho onde há controle de cheias por bacias de retenção instaladas a montante, ou seja, o trecho que foi dimensionado previamente para um evento de período de retorno de 25 anos.

Análise da simulação dos eventos históricos

Os eventos de precipitação utilizados na simulação do sistema de drenagem foram obtidos a partir de uma série histórica de dados pluviográficos de uma estação operada pela CEMIG, denominada Usina de Gás, localizada a cerca de 2 km do centro da bacia. Os registros de precipitação desse posto iniciaram-se no ano de 1989. Foram utilizados no estudo 11 anos de dados de precipitação, entre 1989 e dezembro de 1999.

A estimativa das probabilidades de falha é empírica e se dá através da identificação das ocorrências de falhas detectadas por simulação hidrológica e hidráulica do sistema, a partir dos eventos simulados. Como a série de dados de precipitação aqui utilizada é pouco extensa, a completa estimativa de probabilidade de falhas não foi ainda realizada. Em uma etapa posterior do estudo, essa estimativa será realizada por intermédio de dados de precipitação gerados estocasticamente.

No presente trabalho, são apresentados os resultados preliminares da quantificação das conseqüências físicas de falhas do sistema obtidos por simulação hidrológica e hidráulica da série de chuvas históricas. Essas falhas foram caracterizadas conforme a gravidade, a partir de uma análise de conseqüências de inundação em termos de parâmetros característicos, a saber: superfície inundada, altura atingida, duração da inundação, velocidade máxima do escoamento na planície inundada (Tabela 2).

Tabela 2 – Características das inundações resultantes de falhas

Evento	Chuva			Área inundada (m ²)	Profundidade máxima (m)	Velocidade máxima (m/s)
	Altura (mm)	Duração (h)	Intensidade média (mm/h)			
1	75.6	7	10.8	404	0.03	0.06
2	250.8	65	3.9	421	0.06	0.09
3	75.6	2	37.8	1044	0.06	0.07
4	106.9	10	10.7	31,171	0.98	0.62
5	92.5	7	13.2	40,620	1.28	0.58
6	265.3	96	2.8	46,000	1.43	0.57
7	188.5	48	3.9	58,500	0.38	0.11
8	134.8	8	16.9	248,000	2.35	0.88

Dentre os 8 eventos pluviais que resultaram em falhas de funcionamento do sistema, as chuvas 1, 2 e 3 causaram inundações pouco expressivas, considerando os parâmetros característicos das conseqüências físicas. Já os demais eventos geraram situações críticas de inundação, em particular a chuva 8. Dado que as simulações realizadas na fase de dimensionamento estabeleceram uma eficácia do sistema de drenagem, com as 6 bacias de retenção, para um período de retorno de 25 anos, é notável a ocorrência de 8 transbordamentos em 10 anos, 5 dos quais significativos em vista das conseqüências físicas ocasionadas.

A tabela 3 apresenta a estimativa do período de retorno dos 5 eventos históricos mais críticos. Cada evento foi analisado segundo sua intensidade média máxima para uma duração de 2 horas, a mesma do evento de projeto, uma duração de 24 horas e sua intensidade média para a duração total da chuva.

Tabela 3 – Estimativa do período de retorno das precipitações históricas críticas

Evento	Duração total (h)	Intensidade média (mm/h)			Período de retorno (anos)		
		d = 2 h	d = 24 h	d total	d = 2 h	d = 24 h	d total
4	10	28.3	-	10.7	6	-	11
5	7	42.3	-	13.2	64	-	10
6	96	26.3	5.2	2.8	5	10	35
7	48	16.4	5.4	3.9	1	10	26
8	8	38.5	-	16.9	32	-	93

O evento 7 apresenta uma forte intensidade para 2 horas de duração (43.2 mm/h), o que, muito provavelmente, encontra-se na origem da falha do sistema para essa chuva. Os eventos 6 e 7 são de baixa intensidade quando comparados aos demais. Entretanto, apresentam alturas consideráveis de precipitação total, 265,3 mm e 188,5 mm, respectivamente, e são de longa duração, o que provavelmente teria causado a saturação dos solos da bacia, em áreas não impermeabilizadas e do próprio sistema de drenagem (canais e bacias de retenção). Sendo assim, os volumes de água armazenados dentro das bacias de retenção se manteriam elevados, diminuindo a eficiência das mesmas em controle de cheias.

Para o evento 4, que apresenta uma altura total de chuva de 106,9 mm em 10 horas de duração, foram encontrados valores de período de retorno para intensidades médias bem inferiores àqueles adotados na fase de dimensionamento. Contudo, ao longo das primeiras 4 horas do evento a altura precipitada atingiu 94,6 mm de chuva, correspondendo a uma intensidade média de 27,7 mm/h e a um período de retorno de 35 anos.

O evento 8 é o que apresenta a maior intensidade para a duração total da chuva (134,8 mm em 8 horas) e elevada intensidade para o intervalo mais intenso com 2 horas de duração.

Para uma melhor compreensão do funcionamento do sistema e das prováveis causas das falhas constatadas, apresentam-se e analisam-se os hietogramas, hidrogramas e volumes armazenados na bacia de detenção BD-1 para dois eventos característicos entre os que causaram falhas no sistema. Escolheu-se, para tal, a bacia de detenção BD-1 (Figura 1) uma vez que, além de possuir a maior capacidade de armazenamento de água, é a bacia localizada mais a jusante e está a montante do trecho final do riacho das Areias que, no presente estudo, é utilizado para a definição e identificação de falha do sistema. Os eventos escolhidos são o 7, evento de longa duração (48 horas) e baixa intensidade média (cerca de 4 mm/h, com total precipitado de 188,5 mm) e o 8, evento de menor duração (8 horas) com intensidade média mais elevada (cerca de 17 mm/h), elevadas altura total de precipitação (134,8 mm) e intensidade média em 2 horas (38,5 mm/h).

As figuras 3 a 6 apresentam hietogramas, hidrogramas de entrada e saída observados em BD-1, bem como gráficos de variação de volume para os dois eventos característicos simulados.

No caso do evento 7 (figuras 3 e 4), o sistema de bacias de detenção, inclusive BD-1, cumpre adequadamente seu papel de controle de cheias para a seqüência de precipitações das primeiras 30 horas do evento, que não solicitam o sistema em seu limite operacional. A seqüência seguinte, com duração de 18 horas, é composta por blocos de chuva de pequena intensidade, da ordem de 5 mm/h ou inferior, e três blocos de intensidade próxima a 16 mm/h. No início dessa seqüência, BD-1 encontra-se praticamente vazia, com cerca de 8% de seu volume de amortecimento ocupado pelos escoamentos gerados no período anterior. No momento em que ocorre o primeiro bloco intenso de precipitação, na hora 33, com altura de 16,5 mm, a bacia de detenção encontra-se com 90% de seu volume de amortecimento livre. Durante as 6 horas seguintes, a precipitação totaliza 35,1 mm, com intensidade máxima de 10 mm/h. Ao final desse período, BD-1 encontra-se com 54,5% de seu volume ocupado, quando então, nas 2 horas seguintes, seguem-se dois blocos de precipitação de intensidade média 16,3 mm/h, fazendo com que, 1 hora depois, o vertedor de emergência de BD-1 entre em operação e caracterize-se a condição de falha do sistema.

No caso do evento 8 (figuras 5 e 6), o bloco de maior intensidade de precipitação, atingindo 60,0 mm/h, ocorre na 4ª hora após o início do evento. Precedem esse bloco precipitações de menor intensidade, abaixo de 25,0 mm/h, totalizando uma altura de 48,6 mm. Ao final das primeiras 3 horas, o estado da bacia de detenção BD-1 mostra 70% do volume de armazenamento não ocupado. A elevada intensidade da precipitação que cai na hora 4 é suficiente para levar rapidamente a bacia de detenção à saturação e o sistema a uma situação de falha.

Análises de estado das outras bacias de detenção previstas, para os dois eventos, mostram que, de uma maneira geral, o sistema de macro-drenagem entra em saturação praticamente em conjunto.

Esse fato resulta, por um lado, da rápida resposta da bacia a eventos de precipitação e, por outro lado, da hipótese de modelagem de distribuição uniforme da precipitação em toda a bacia. A ausência de monitoramento de precipitações na bacia impede um aprofundamento da discussão sobre o aspecto da distribuição espacial dos eventos.

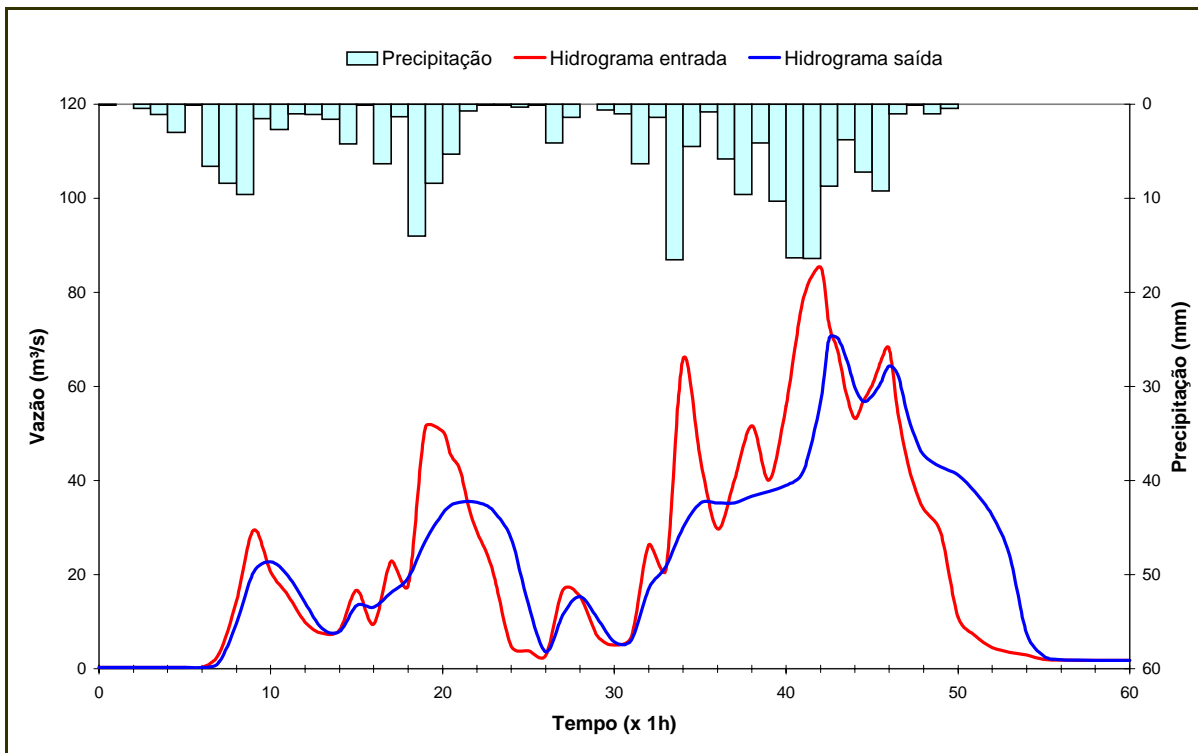


Figura 3 – Hietograma e hidrogramas de entrada e saída no reservatório BD-1 para o evento 7.

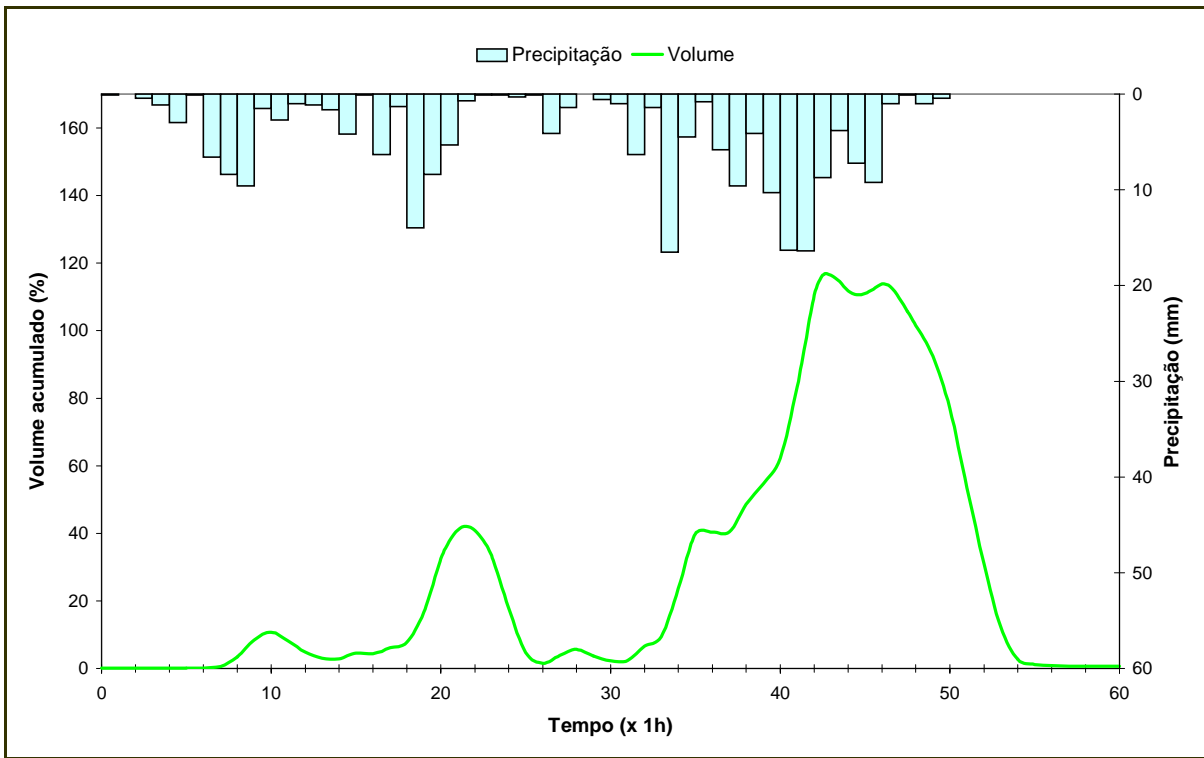


Figura 4 – Hietograma e variação de volume no reservatório BD-1 para o evento 7.

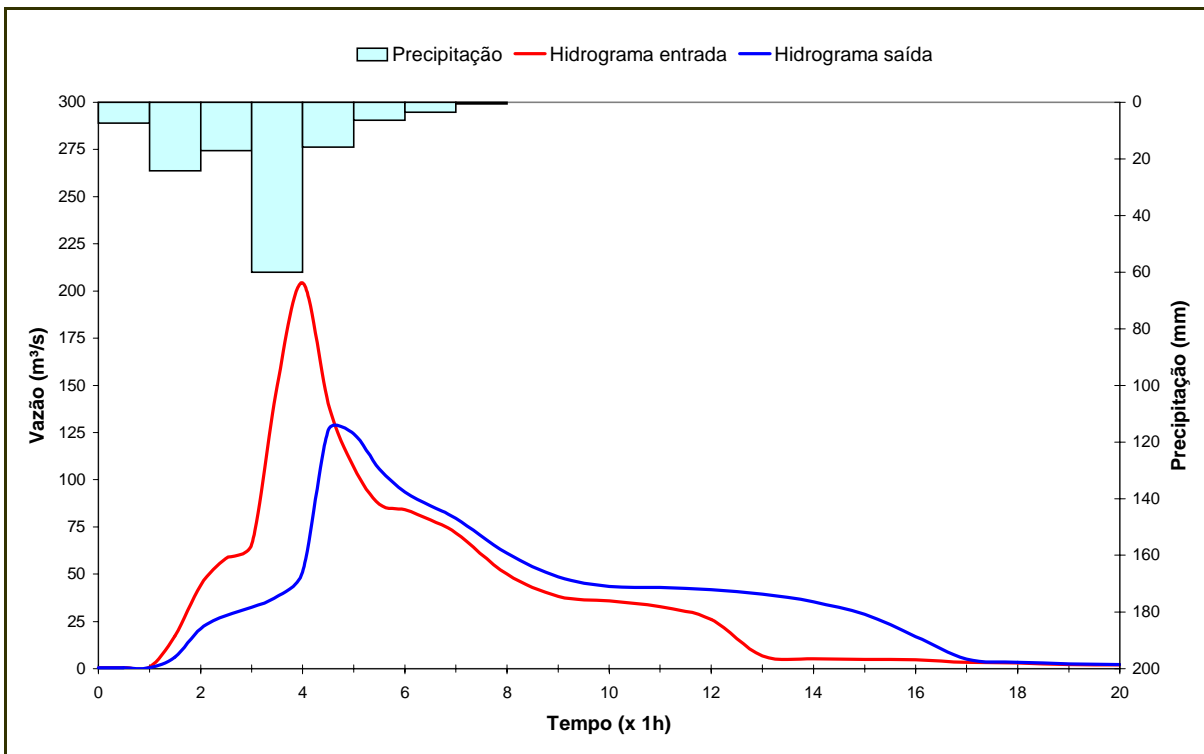


Figura 5 – Hietograma, hidrogramas de entrada e saída no reservatório BD-1 para o evento 8.

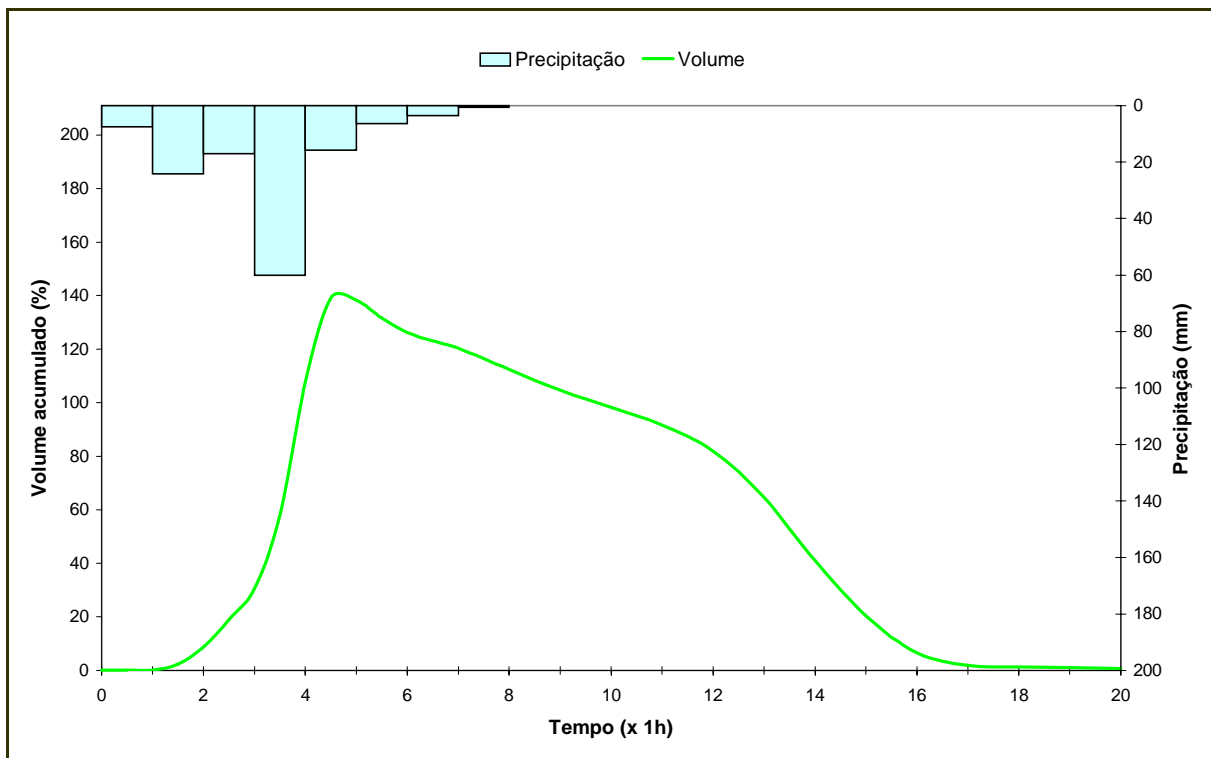


Figura 6 – Hietograma e variação de volume no reservatório BD-1 para o evento 8.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, simulações hidrológicas e hidráulicas do funcionamento de um sistema de macro-drenagem incorporando 6 bacias de retenção foram realizadas tendo em vista identificar situações de falha em controle de inundação relacionadas com a ocorrência de eventos de precipitação de diferentes características (altura, intensidade, distribuição temporal). Para tal, foi utilizada uma série histórica de 10 anos de dados de precipitação (pluviogramas).

Os resultados obtidos mostram 8 casos de falha em controle de cheia, sendo 5 entre eles considerados como graves para o sistema em estudo, em termos de consequências físicas tais como área inundada, altura de submersão, velocidades de escoamento.

A análise das características dos eventos mais críticos para o sistema e as estimativas de seus respectivos tempos de retorno parecem indicar diferentes razões para as falhas, ligadas tanto a períodos de elevada intensidade em eventos de duração relativamente curta, quanto a precipitações de longa duração que, a despeito de intensidades moderadas, levam progressivamente o sistema à saturação.

Ressalta-se o caráter preliminar dos resultados obtidos e de sua análise. O estudo centrou-se, como relatado, na busca por identificar condições de falha de funcionamento tendo por origem eventos de precipitação diferentes dos empregados no dimensionamento do sistema, porém capazes de conduzi-lo a condições operacionais crítica. Portanto, a análise de falha ficou definida, *a priori*, como condicionada pelas incertezas associadas à construção de hietogramas de projeto e esta escolha de enfoque está implícita nos objetivos do estudo. Entretanto, deve-se considerar que no desenvolvimento de estudos de probabilidade de falha em controle de cheias, incertezas certamente podem ter origem em inúmeras outras etapas, como na modelagem (estrutura dos modelos, princípios adotados, estimativa de valores de parâmetros, etc), em informações diferenciadas obtidas em levantamentos de campo ou amostradas em bases cartográficas, entre outras.

A despeito disso, pode-se já constatar, a partir dos resultados obtidos, a relevância de se realizar estudos de funcionamento hidrológico e hidráulico de sistemas de macro-drenagem complexos, que incorporam várias estruturas de armazenamento, em condições diferentes daquelas estabelecidas na fase de dimensionamento.

A continuidade desse trabalho, quando serão incorporadas longas séries sintéticas de precipitação e a análise de incerteza das diferentes etapas de modelagem, deverá contribuir para uma melhor compreensão de seu funcionamento do sistema e para a adequada análise de riscos de falha do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIER, V.M., *An overview of probabilistic risk analysis for complex engineered systems*, In Molak, V. (ed.), *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*, Lewis Publishers, p. 67-85, Boca Raton, 1997.
- CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R., MAYS, L.W., *Applied hydrology*, McGraw-Hill, New York, 1988, 572 p.
- CUNGE, J.A., *On the subject of flood propagation computation method (Muskingum method)*, *Journal of Hydraulic Research*, 7(2), p. 205-230, 1969.
- CUR e TAW, *Probabilistic Design of Flood Defenses*, Center for Civil Engineering Research and Codes e Technical Advisory Committee on Water Defences, report 141, Gouda, 1990.
- McCUEN, R.H., *A guide to hydrologic analysis using SCS methods*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1982, 145 p.
- MORGAN, M.G., *Probing the question of technology-induced risk*, In Glickman, T.S. & Gough, M. (ed.), *Readings in Risk, Resources for the Future*, p. 5-16, Washington, 1990.
- NASCIMENTO, N.O., ELLIS, J.B., BAPTISTA, M.B., DEUTSCH, J.-C., *Using Detention Basins: Operational Experience and Lessons*, *Urban Water Journal*, p. 113-124, Londres, 2000.
- PINHEIRO, M.M.G., NAGHETTINI, M., *Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH*, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.3, n.4, p. 73-88, 1998.
- RASMUSSEN, N.C., *The application of probabilistic risk assessment techniques to energy technologies*, In Glickman, T.S. & Gough, M. (ed.), *Readings in Risk, Resources for the Future*, p. 195-206, Washington, 1990.
- US Army Corps Of Engineers, *HEC-RAS: River Analysis System – hydraulic reference manual*, version 2.2, Davis, 1998.
- US Army Corps Of Engineers, *HEC-HMS: Hydrologic Modeling System – technical reference manual*, version 2.0, Davis, 2000.