XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

APLICAÇÃO DO MODELO HEC-HMS PARA AVALIAÇÃO DA ATENUAÇÃO DE CHEIA NA BARRAGEM DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE - GOIÁS

MAGALHÃES, L.F.[1]; GUEDES, C.S.[2]; SILVA, E.P.[3] & FORMIGA; K.T.M.[4]

RESUMO - Este artigo tem por objetivo verificar a atenuação de cheia da Barragem do Ribeirão João Leite a partir da aplicação do modelo HEC-HMS, para averiguar a capacidade da barragem absorver um evento de cheia**.** Para o estudo foi gerado a série de precipitações por meio do método de Thiessen, na área de estudo que compreende os anos de 1973 a 1998. Foi realizado a análise de frequência de máximos anuais de altura de chuva diária, onde os pontos de chuva máxima foram organizados e plotados. A simulação do trânsito da cheia de projeto pelo reservatório da barragem foi realizada com o emprego do Método de Puls Modificado, incorporado ao modelo matemático HEC-HMS versão 3.1.0. As simulações no modelo foram realizadas para os eventos de chuva com período de retorno de 10.000 anos, com as durações variando entre 1 hora e 1 dia. O sistema extravasor da barragem do Ribeirão João Leite, apesar de não ser construído para amortecer possíveis eventos de cheia na bacia ele é capaz de absorver uma parcela deste fenômeno.

ABSTRACT – This article has the objective to verify the flood attenuation of João Leite dam from the application of HEC-HMS model, to check the capacity of dam to absorb a flood event. For the study was created precipitation series by the method of Thiessen, in study area covers the years 1973 to 1988. Was realized the frequency analysis of maximum annual of height rain day, where the points of maximum precipitation was organized and plotted. The simulation flood transit of the project of the reservoir dam was performed using the Modified Puls Method, incorporated into mathematical model HEC-HMS version 3.1.0. The model simulations were performed for rainfall events with return period of 10.000 years, with durations ranging from 1 hour to 1 day. The System spilled dam of stream João Leite, although not built to absorb possible flood events in the basin it is able to absorb a portion of this phenomenon.

Palavras-Chave – Barragem Ribeirão João Leite - atenuação de cheia - HEC-HMS

[1] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente – UFG, GO. e-mail: luanefranco@yahoo.com.br
[2] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente – UFG, GO. e-mail: claudiasguedes@yahoo.com.br
[3] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente – UFG, GO. e-mail: manups3@gmail.com
[4] Professor da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás - UFG, GO. Av. Universitária, s/n. Goiânia, GO, 74000-000. e-mail: klebber.formiga@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os modelos matemáticos são ferramentas empregadas para prever e simular a resposta de eventos hidrológicos nas bacias hidrográficas, onde os dados obtidos são utilizados no dimensionamento de obras hidráulicas, tais como canais, condutos e barragens e na previsão de enchentes. Na construção destas estruturas, é necessário prever o pior cenário de chuva-vazão para obter a projeção que comporte o escoamento. Desta forma, compreende-se que a determinação da vazão máxima é imprescindível para a modelagem de qualquer estrutura, tanto em canais naturais quanto artificiais.

A vazão máxima de uma bacia hidrográfica é determinada a partir do tempo de concentração, ou seja, quando todos os pontos da bacia estiverem contribuindo no exultório, neste ponto tem-se o cenário mais crítico de escoamento (DNIT, 2005). De acordo com Fragoso, (2004) a vazão máxima pode ser obtida por métodos sintéticos ou por meio de dados observados da região.

Os métodos sintéticos devem ser empregados quando a série de vazões for pequena, quanto houver alterações no uso do solo, construção de obras hidráulicas e quando não se dispõem de dados de postos fluviométricos. Estes métodos possuem baixa sensibilidade ocasionada pela incerteza na determinação dos parâmentos que transformam precipitação em vazão. Dos métodos sintéticos, os mais empregados no cálculo da vazão máxima são a fórmula racional e os modelos baseados no hidrograma unitário (GIANANTI, 1999 apud CAMPOS, 2007).

Os métodos baseados em séries históricas necessitam de séries hidrológicas mais longas e representativas de vazões (TUCCI, 2005). Portanto, este método possui a dificuldade de que existem poucas estações pluviométricas nas bacias brasileiras, e que em sua maioria são inadequadas, pois as leituras são feitas uma vez ao dia (FRAGOSO, 2004). E ainda as estações pluviométricas não possuem relações entre si de séries contínuas de eventos, fato que requer o emprego de ferramentas que complementem as séries de dados de chuva.

Nos modelos hidrológicos de simulação contínua, os parâmetros de entrada são essenciais para a calibração do modelo. Segundo McEnroe, (2010) dados como de ocupação do solo e de precipitação devem ser concisos para evitar fontes de erro.

Um exemplo de modelo que utiliza série histórica para a modelagem de chuva-vazão é o HEC-HMS (**H**ydrologic **E**ngineering **C**enter — US Army Corps of Engineers - **H**ydrologic **M**odeling **S**ystem), que além da previsão de vazões máximas, pode avaliar o amortecimento de cheias em uma barragem. Este estudo é importante para verificar o comportamento do reservatório frente a um evento de cheia, em relação ao nível d'água, para propor medidas de proteção que combata processos erosivos e de enchentes a jusante da barragem. A modelagem é feita através de parâmetros físicos da bacia e séries de precipitação.

Outro ponto a se observar é a crescente ocupação urbana das bacias hidrográficas e consequente modificação de seus parâmetros hidrológicos. Estas estão mais suscetíveis a eventos de cheias, os quais causam sérios problemas ambientais, como enchentes e inundações. Desta forma compreende-se que é essencial desenvolver mecanismos capazes de prever eventos de cheias em bacias hidrográficas para gestão dos recursos hídricos e de impactos sobre as populações.

A bacia do Ribeirão João Leite situada em Goiás é predominantemente rural, no entanto está passando por um cenário de ocupação e modificação dos seus parâmetros físicos e hidrológicos a partir da expansão imobiliária que cresce no sentido da barragem do João Leite que está em fase de conclusão. A barragem não foi projetada para conter eventos de cheia, sendo que na ocorrência da mesma, se propagará a jusante. Efeito este, que a leva ser considerada pela Lei 12.334 (2010), que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, como uma barragem de alto risco em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais.

Assim, considerando que a jusante do barramento do João Leite está a capital Goiânia e que em um eventual evento de cheia a barragem não possui um sistema de contenção de cheia, é essencial monitorar e verificar mecanismos de contenção de cheia da barragem para impedir eventos que ocasionam prejuízos ao meio ambiente e as populações que possuem atividades a jusante do barramento. Desta forma, este trabalho tem por objetivo verificar a atenuação de cheia da Barragem do João Leite a partir da aplicação do modelo HEC-HMS, para verificar as condições de segurança da barragem.

METODOLOGIA:

Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia do Ribeirão João Leite em Goiás (Figura 1), o qual pertence à bacia hidrográfica do Paranaíba e é o principal afluente do Rio Meia Ponte. Tais rios são de importância singular para o estado de Goiás, pois percorrem maior parte do território goiano e são responsáveis pelo abastecimento da cidade de Goiânia e cidades do entorno.

O Ribeirão João Leite em seu curso principal e nos seus afluentes percorrem os municípios de Ouro Verde, Campo Limpo, Anápolis, Goianápolis, Teresópolis de Goiás, Nerópolis e Goiânia. Abrangendo uma área de 740 km^2, com o perímetro de 157 km e talvegue de 86 km, com precipitação média anual de 1589 mm.

A bacia está localizada entre as latitudes 16° 13’ e 16° 39’ Sul e longitudes 48° 57’ e 49° 11’ Oeste, onde o clima é tropical com estações definidas sendo predominante quente e subúmido com inverno seco. Havendo a predominância do bioma cerrado e cerradão nas matas de galeria que circundam os corpos d’água (BONET, 2007 apud SANTOS; GRIEBELER E OLIVEIRA, 2010).

A bacia do Ribeirão João Leite nasce no município de Ouro Verde de Goiás e percorre cerca de 85 km até desaguar no Rio Meia Ponte, em Goiânia. Neste trajeto a bacia passa por um cenário de ocupação urbana ocasionando a impermeabilização e redução da infiltração da água no solo, fato que modifica as características hidrológicas de regime de fluxo de vazão da região.

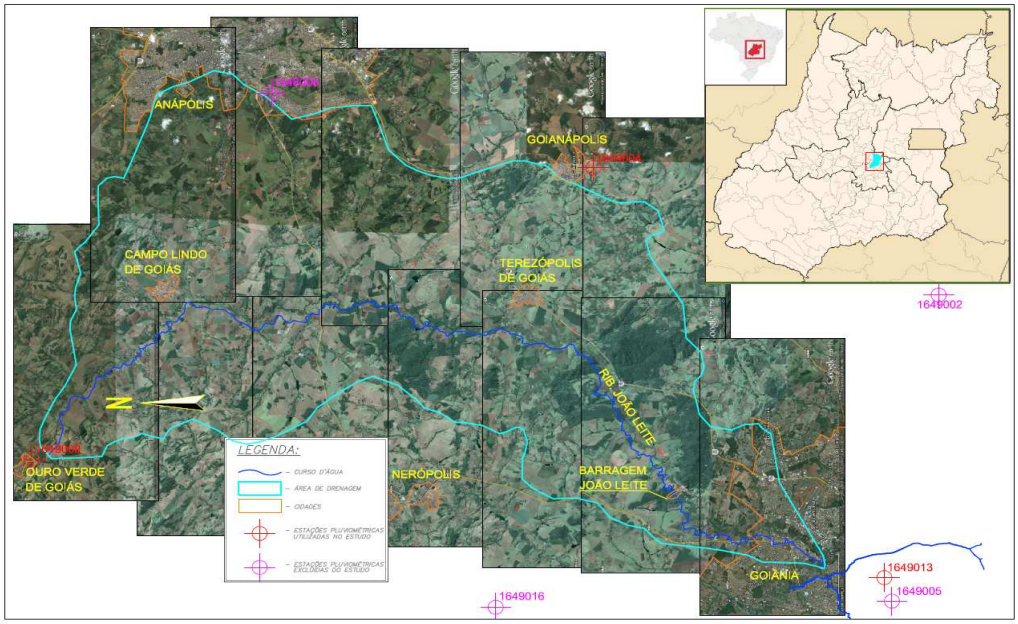

Figura 1 - Bacia do Ribeirão João Leite e estações pluviométricas.

No decorrer da bacia há também a instalação da barragem do João Leite (em fase de conclusão), localizada a montante de Goiânia junto ao morro do Bálsamo, a qual é destinada ao abastecimento público de Goiânia e cidades do entorno até 2025. A barragem foi projetada para uma vazão regularizada de 6,23 m^3/s, com vazão ecológica de no mínimo 0,9 m^3/s, conforme estabelecido no Plano Diretor de Água de Goiânia. A sua construção é do tipo Concreto Compactado com Rolo (CCR), com vertedor livre na parte central e com uma área alagada de 129 hm^3 (SANEAGO, 2011). O vertedor livre é instrumento de controle de vazão de descarga livre, ou seja, em um evento de cheia toda a água excedente passa pelo vertedor, podendo provocar enchentes, inundações e processos erosivos a jusante.

O lago da barragem possui uma extensão de 12 km, com uma cota de inundação máxima 751, 58 m e uma cota de preservação de 200 m na extensão do lago. Além da cota de preservação foi criado o Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco com extensão de 2.100 hectares para impedir a expansão urbana na região e garantir a qualidade da água da barragem (SANEAGO, 2011). No entanto a área do parque não abrange toda a extensão do reservatório, sendo então ineficiente para proteger toda a área do reservatório, sendo ainda avaliado que a secretária não dispõe de condições técnicas para gerenciar de forma eficaz o parque.

Descrição do Modelo

O modelo HEC- HMS simula o processo chuva vazão de uma bacia, e também o comportamento de canais e reservatórios (FORD, PINGEL e DeVRIES, 2008).

Para Milde et al. (2002) o HEC-HMS considera a bacia hidrográfica como um grupo de área, que possuem como dado de entrada principal a precipitação. Este modelo apresenta vários métodos para o cálculo de simulação, tais como: onda cinemática, número de curva, hietograma, Muskingum, Muskingum-Cunge, entre outros (FORD, PINGEL, DeVRIES, 2008).

De acordo com Silva (2009) o modelo pode ser representado de acordo com a Figura 2:

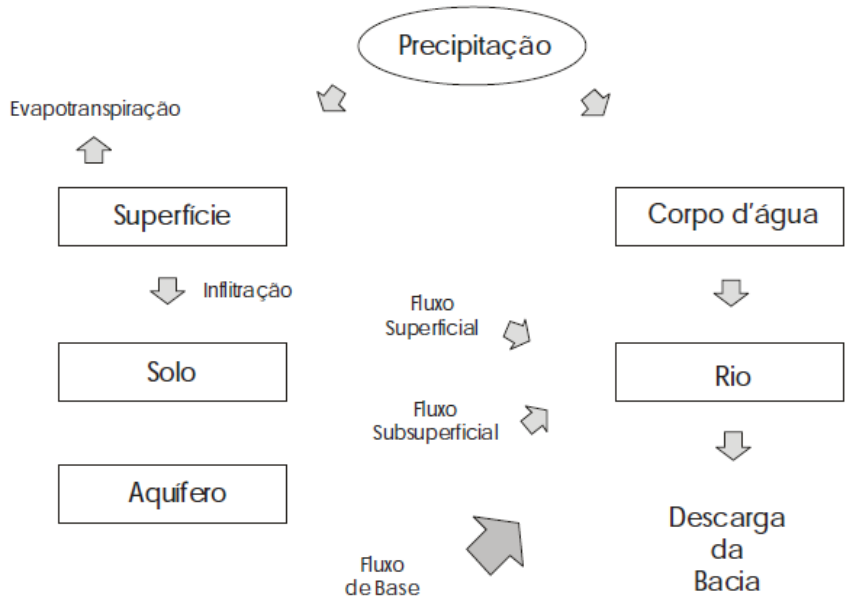

Figura 2 - Representação típica do modelo HEC-HMS de uma bacia hidrográfica.

Obtenção dos Dados de Entrada no Programa

Dados Físicos da Bacia

A obtenção dos dados físicos da área de estudo foi realizada por meio da carta geográfica, de escala 1:250.000, do município de Goiânia, obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, cujo número da folha é SE-22-X-B.

Com auxilio do programa Auto Cad 2007, foi retirada desta carta a área de drenagem da bacia, o comprimento do talvegue e o desnível do curso de água principal. Por meio estes dados, foi possível determinar o tempo de concentração da bacia hidrográfica em estudo, utilizando a metodologia proposta por Dooge (1956) apresentada por Tucci (2005), obtendo um valor de 14 horas.

Na determinação da chuva efetiva, utilizada para obtenção do hidrograma de vazões afluente de projeto, foi empregada a metodologia proposta pelo Nation Resources Conservation Service

(NRCS), tendo como parâmetro o número de curva – CN, que representa o tipo de cobertura, solo e ocupação na bacia em condições normais de chuva antecedente (TUCCI, 2005). Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite, obtidas junto ao programa Google Earth 6.1.0., e a condição de umidade antecedente do solo adotada foi a do tipo II e tipo III, onde foi calculado o CN ponderado utilizando para as tipologias de pastagem pobre correspondendo a 70% da área da bacia, de floresta esparsa 20% e de cidade 10%, obtendo o CN do tipo II de 69 e do tipo III de 83.

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros físicos utilizados na modelagem.

Tabela 1 – Parâmetros físicos do modelo na Bacia do Ribeirão João Leite

AD (km²)	ADB (km²)	L (km)	Declividade Equivalente (%)	ΔH (m)	CNII
740	679,22	78,7	0,24	400	69

Legenda:
AD – área de drenagem da bacia do ribeirão João Leite;
ADB – área de drenagem no eixo da barragem do João Leite;
ΔH - diferença de nível entre o ponto mais a montante da bacia e seu exutório;
L - comprimento do rio principal;
CNII – número de curva considerando condição II de umidade antecedente do solo.

Dados de Chuva

A obtenção dos dados de chuva deu-se primeiramente por meio do levantamento dos postos pluviométricos na região da bacia, junto ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas, Hidroweb (ANA, 2012).

Inicialmente, foram utilizados sete postos próximos à bacia, conforme mostra a Figura 1. Dentre estes, foram desconsiderados o posto 1649002 por não influenciar na bacia hidrográfica, segundo método de Thiessen, e os postos 1649005, 1649006 e 1649016 por possuírem poucos anos de dados (menos de 5 anos de observações) ou apresentarem inconsistência nos dados.

Para as três estações restantes (1649004, 1649009 e 1649013) foi realizado o preenchimento das séries históricas, por meio de regressão linear entre elas, para um período de 1973 à 1998, e análise de consistência das precipitações utilizando o método da dupla massa (Tucci, 2005). Para gerar a série de precipitações na área de estudo, aplicou-se o método de Thiessen, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

Em seguida, realizou-se a análise de frequência da série de precipitações obtidas, selecionando-se, primeiramente os valores máximos anuais de altura de chuva diária para cada ano hidrológico.

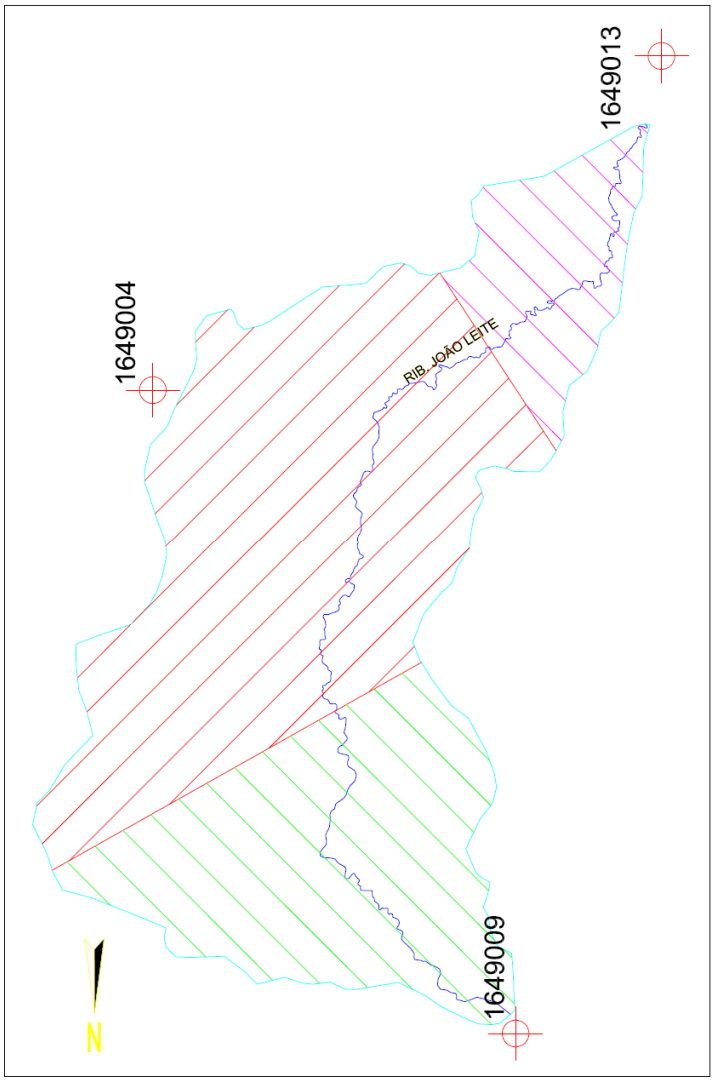

Figura 3 – Polígonos de Thiessen

Os pontos de chuva máxima foram agrupados, ordenados e plotados utilizando o papel de probabilidade de Weibull para a determinação das curvas de permanência, da qual foram determinadas as probabilidades amostrais. Aos pontos amostrais, foram ajustados as distribuições de probabilidades teóricas de Valores Extremos Tipo I (Gumbel), Log-Normal de 2 Parâmetros, Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Exponencial. Para verificar qual das funções ofereceu melhor ajuste em relação aos dados observados foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo encontrado um resultado muito próximo para as funções de avaliação GEV e Log – Normal. Para tal, fez –se um teste de confiança pelo programa SEAF- Sistema Especialista para Análise de Frequência Hidrológica local, da qual verificou- se que a distribuição de GEV foi a que mais se aproximou dos dados observados.

Desta forma, para estimativa dos quantis máximos de altura de chuva diária foi selecionada a distribuição de GEV, onde a qualidade do ajuste gráfico para as funções numa duração de 1 dia pode ser visualizada na Figura 4.

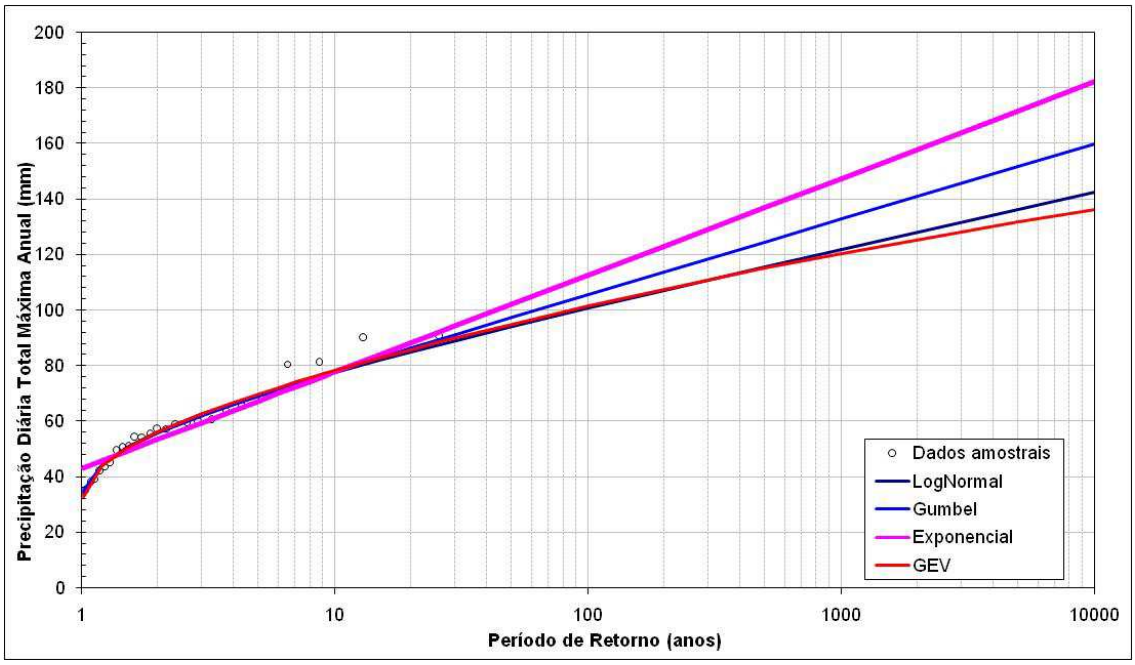

Figura 4 - Análise de Frequência de Máximos Anuais de Altura de Chuva Diária.

Por fim, após a análise estatística foi feito a desagregação da chuva em durações menores, empregando as relações entre a chuva de duração de 5 minutos a 24 horas, para cada período de retorno, utilizando os quantis referentes à equação de chuva IDF da cidade de Goiânia, conforme definido por Costa e Brito (1999) e apresentado a seguir.

$$i = \frac{B1 * \left(T^{\alpha + \frac{\beta}{T^{\gamma}}}\right)^{\delta}}{(t+c)^{b}}$$ válida para 1 ano ≤ T ≤ 8 anos (1)

$$i = \frac{B2 * T^{\alpha}}{(t+c)^{b}}$$ válida para 8 anos < T ≤ 100 anos (2)

onde:

B1, B2, b, c = parâmetros que descrevem características locais (tabelados – para Goiânia B1= 56,7928; B2 = 64,30474; b = 0,974711 e c = 24,8);

i = intensidade (mm/min);

T = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (min);

□ = 0,14710;

□ = 0,22;

□ = 0,09.

Na Figura 5, a seguir, são apresentadas as curvas Intensidade, Duração e Frequência (Curva IDF) obtidas para o presente trabalho.

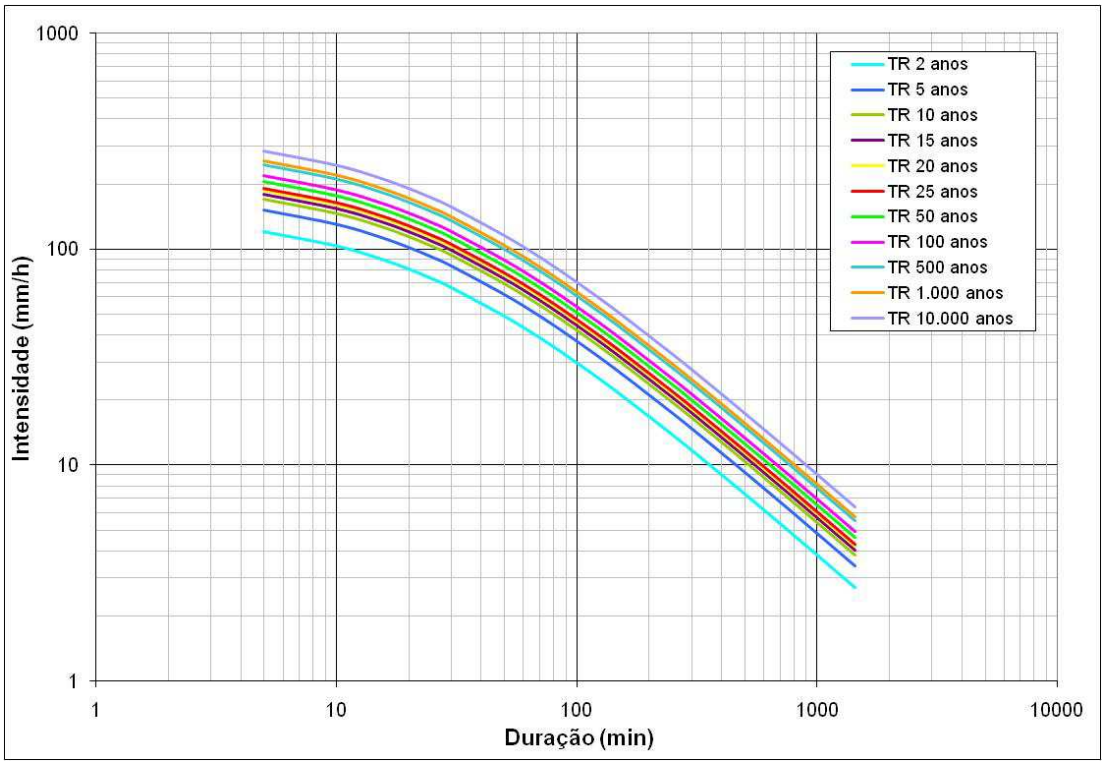

Figura 5 - Curvas Intensidade, Duração e Frequência.

A simulação do trânsito da cheia de projeto pelo reservatório da barragem foi realizada com o emprego do Método de Puls Modificado, incorporado ao modelo matemático HEC-HMS versão 3.4. Esse método é baseado na discretização em diferenças finitas da equação do balanço hídrico, utilizando como elementos de cálculo as relações cota x descarga do vertedouro e cota x volume do reservatório, além do hidrograma de vazões afluente de projeto, obtidos também pelo modelo matemático HEC-HMS. Para realização das simulações assumiu-se o nível de água inicial dos reservatórios na cota correspondente a da soleira vertente.

A determinação da curva de descarga do sistema extravasor foi realizada utilizando a equação de vertedores de soleira livre, utilizando como referência as características geométricas do sistema vertente da barragem (extravasor de soleira livre com soleira na elevação 749 m e crista na elevação 752 m, seção retangular, de base igual a 50 m) e as seções topobatimétricas do reservatório (SANEAGO, 1998).

Nas Figuras 6 e 7 são apresentadas as curvas de Cota x Volume e Curva de Descarga, respectivamente.

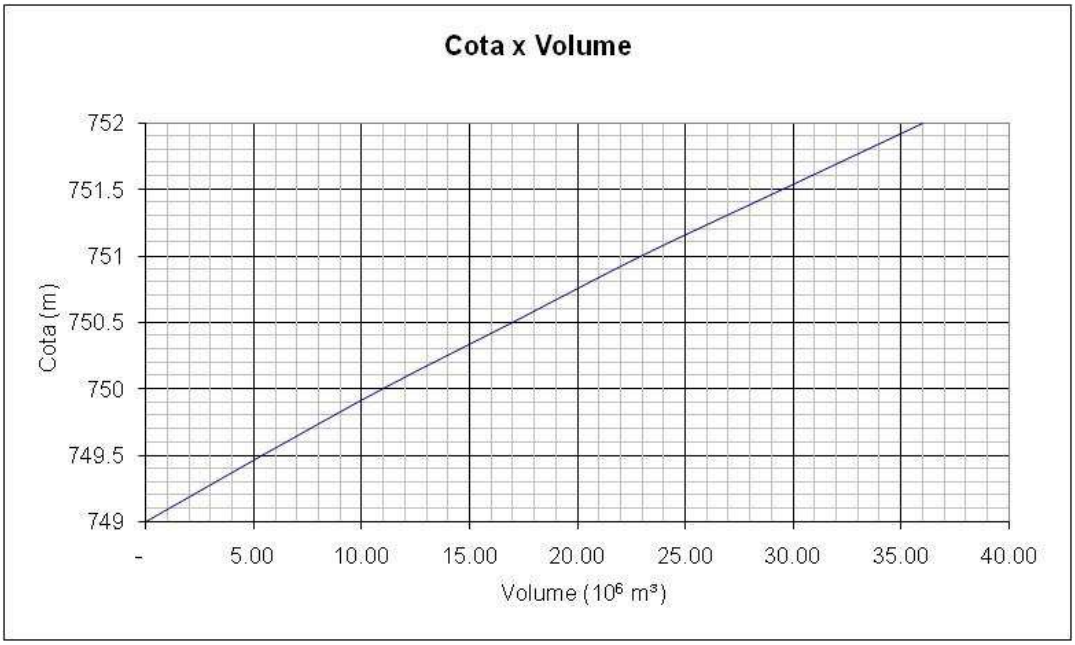

Figura 6 – Curva Cota x Volume da Barragem João Leite

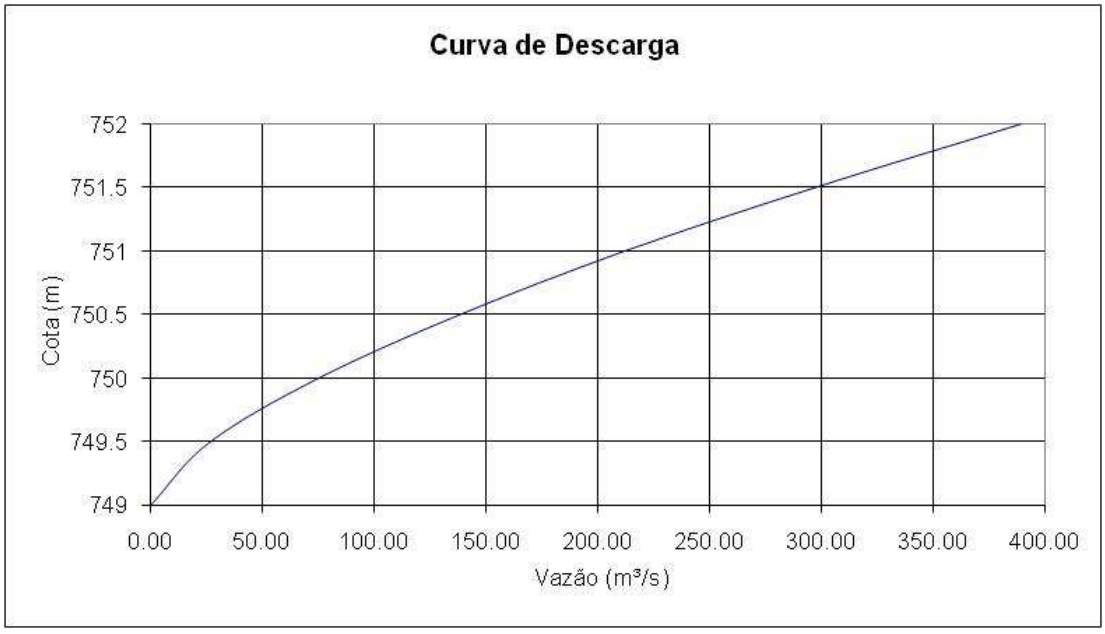

Figura 7 – Curva de Descarga da Barragem João Leite

Na síntese dos hidrogramas de vazões afluente foi utilizado o método de Clark, tendo como parâmetros o coeficiente de Armazenamento (R) e o Tempo de Concentração da Bacia (Tc). Na Tabela 2, encontram-se os parâmetros utilizados no modelo para o cálculo do hidrograma de vazões afluente. Sendo que as simulações no modelo foram realizadas para os eventos de chuva com período de retorno de 10.000 anos, com as durações variando entre 1 hora e 1 dia, de maneira a se pesquisar a duração crítica, ou seja, a que resulta na maior vazão de pico. As simulações também foram feitas para dois cenários de umidade antecedente do solo

Tabela 2 – Parâmetros adotados na simulação do modelo

A (km²)	CNII	Ia_{II} (mm)	CNIII	Ia_{III} (mm)	%Aimp.	Tc (horas)	R (horas)
679,22	69	23,36	83	10,2	0,00	14,75	38,78

Legenda:
A - área de drenagem;
Ia - abstração inicial;
CN - número de curva índice do modelo NRCS considerando a Condição II de Umidade Antecedente do Solo
Tc - tempo de concentração
R - coeficiente de armazenamento

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados do trânsito de cheias pelo reservatório da barragem podem ser visualizados nas Figuras 8 e 9, onde estão destacados os hidrogramas de vazões de projeto afluente, efluente e nível de água, para evento correspondente à duração crítica.

Na Figura 1 tem-se o trânsito de cheia para a condição do CN tipo II, onde a vazão de pico efluente é de 255, 4 m³/s, sendo a de efluente de 128,06 m³/s, na qual percebe- se que o reservatório consegue amortecer a onda de cheia, com uma vazão dentro da capacidade de armazenamento e ainda aumenta o tempo de pico do hidrograma de saída.

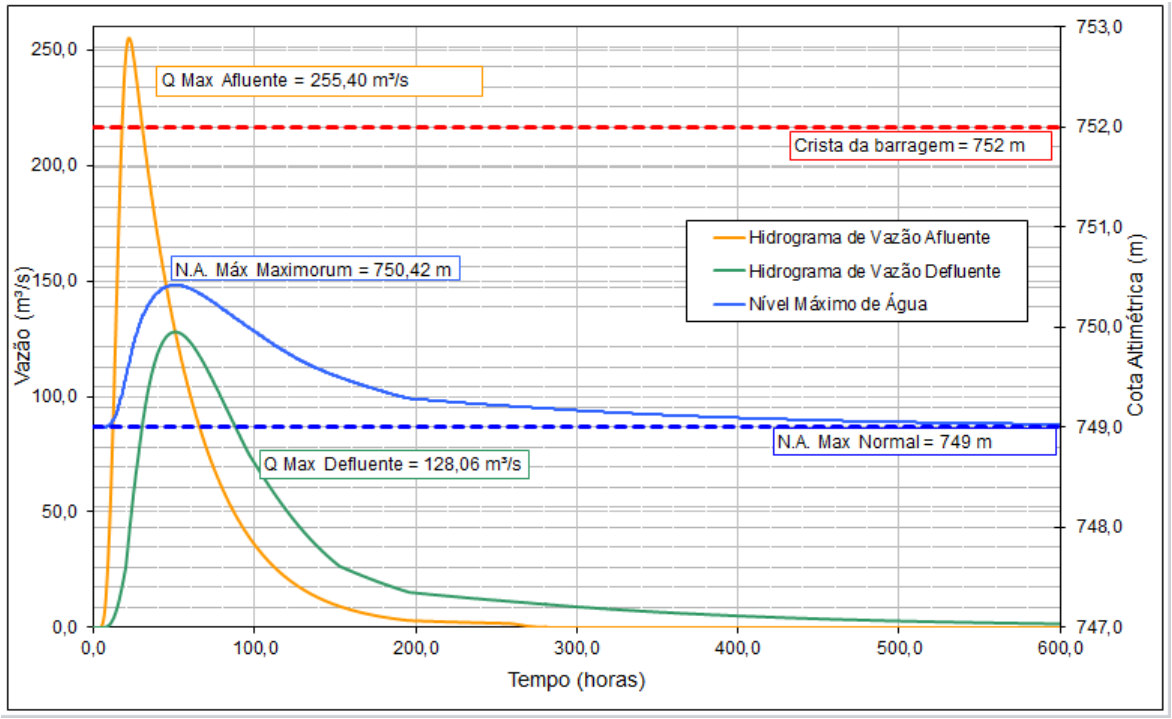

Figura 8 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do João Leite para CN tipo II

Assim é possível verificar que mesmo o sistema extravasor não sendo dimensionado para amortecimento de cheias no reservatório, a vazão de cheia natural do Ribeirão João Leite sofre um decréscimo de 49,86%, ou seja, um amortecimento que auxilia na diminuição das enchentes a jusante da barragem.

No segundo cenário de simulação (Figura 9) utilizando o CN tipo III, ou seja, de um solo onde a capacidade de infiltração devido à umidade é menor, fato este que provoca o aumento do escoamento superficial, que pode ser visualizado comparando os dados do trânsito de cheia da condição tipo II e tipo III, onde nota-se que a vazão de pico do afluente aumentou 255, 4 m³/s para 396,01 m³/s respectivamente. A vazão efluente é de 213,8 m³/s e o nível de água do reservatório excede a cota 749 m, que a cota do extravasor de soleira livre, no entanto a água excedente está dentro da conta da crista da barragem 752m.

É possível verificar que a vazão do cenário tipo II para o tipo III passa de 150 m³/s para aproximadamente 260 m³/s, ou seja, e a eficiência do amortecimento de cheia da Barragem neste cenário é de 53,9%, 4,04% maior que do cenário de CN tipo II.

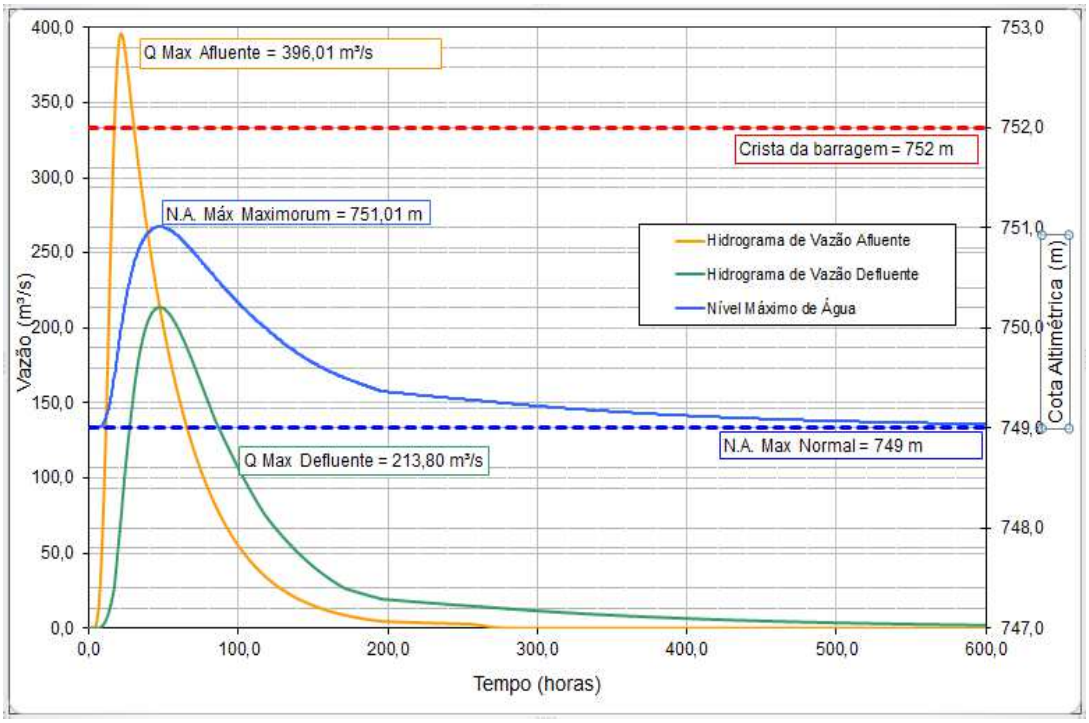

Figura 9 – Trânsito de cheia pelo reservatório da Barragem do João Leite para CN tipo III

Os dois cenários expressam que o sistema extravasor de emergência da barragem suportará possíveis extravasamentos das cheia (nível de água máximo maximorum menor que a crista da barragem, para um evento crítico de uma chuva com um período de retorno de 10.000 anos), que por ventura possam ocorrer na bacia, não deixando que elas galguem a barragem, fato que ocasionaria catástrofe muito grande para cidades a jusante dessa estrutura.

CONCLUSÃO:

Ressalta-se que este estudo não teve como objetivo definir o impacto que uma cheia na bacia do Ribeirão João Leite pode causar nas áreas a jusante da barragem. E sim, verificar se a barragem pode funcionar como atenuador de um evento crítico de cheia. Para avaliação de impactos a jusante são considerados outros modelos como, por exemplo, Dam Break.

Pelos resultados acima apresentados pode-se concluir que o sistema extravasor da barragem do Ribeirão João Leite, que é classificada como uma barragem de acumulação para suprir a demanda de água da capital Goiânia e cidades no entorno, apesar de não ser construído para amortecer possíveis eventos de cheia na bacia ele é capaz de absorver uma parcela deste fenômeno. Sendo que para o cenário do solo tipo II a Barragem pode amortecer a onda de cheia com uma eficiência de 49,86 %, e para o solo tipo III de 53,9%.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. **Lei N° 12.334 de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, a 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 n° 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em 28 jun. 2012.2010.

CAMPOS, J. B.N. **Análise hidrológica experimental de lotes urbanos sob formas diferenciais de ocupação e controle da inundação.** Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em:< http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/11/TDE-2009-05-12T163431Z-2041/Publico/2024.pdf>. Acesso em 04 jun. 2012. 2006.

COSTA, A. R. e BRITO, V. F. **Equações de chuva intensa para Goiás e sul de Tocantins.** In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, Belo Horizonte, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1999.

DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. **Manual de Hidrologia Básica para estruturas de drenagem**. 2005. Disponível em:< http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_de_hidrologia_basica.pdf>. Acesso em 18 jun. 2012.

FRAGOSO JUNIOR, C. R. Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto. **ReRH – Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Volume 1 n.1 Jul/Dez 2004, 5-13.2004.

FORD D., PINGEL N., DeVRIES J. J. **Hydrologic Modeling System HEC-HMS Applications Guide**. Hydrologic Engineering Center, HEC. California, 2008.

McENROE, B. M. **Guidelines for Continuous Simulation of Streamflow in Johnson County, Kansas, with HEC-HMS**. Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Kansas. 2010.

MILDE, L. C. E. MORAES J. M. MORTATTI, J. FERRAZ, F. F. de B. GROPPO, J. Modelo Espaço-temporal HEC-HMS: avaliação na Bacia de Drenagem de Analândia. **Revista de Ciência & Tecnologia**.V. 10, Nº 19 – pp. 61-69, 2002.

RABELO, C. Mapeamento de áreas vulneráveis para a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite (Go) utilizando técnicas de geoprocessamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade federal de Goiás. Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0BxnIdBIYZStJOGZhZDY4NGYtZTZjNS00YjhkLTgxNmMtNDljMWRiNTM2M2Rk/edit?hl=en_US&pli=1>. Acesso em 11 jun. 2012. 2009.

SANTOS; GRIEBELER E OLIVEIRA. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambienta**l, vol.14, n.8, p.826-834.2010.

SANEAGO. Projeto Executivo do Sistema Produtor de Água Bruta de Goiânia e Áreas Conurbadas. Barragem Ribeirão João Leite. Volume 1. Consórcio Estática- Interplan. Goiânia-GO, 1998.

SANEAGO. **Barragem do Ribeirão João Leite**. Disponível em:<http://www.saneago.com.br/site/?id=programas4&tit=programas4#>. 2011. Acesso em 18 jun.2012.

SILVA, C.R. O efeito da escala espacial no modelamento hidrológico. Dissertação (mestrado) Escola de Engenharia Civil, UFG. Goiânia, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Colaboração da Associação Brasileira de Recursos Hídricos /ABRH. 2.ed. Porto Alegre. Editora da UFRGS, 2005.