

FERNANDO DE ALMEIDA PIRES

**ESTUDO DE CASO: INFLUÊNCIA DA GESTÃO
OPERACIONAL DO BARRAMENTO PARA O
GALGAMENTO DA BARRAGEM DE CONFRESA.**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais; Programa de Pós-Graduação em Segurança de Barragem; Escola Politécnica; Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista.

Orientador: Pof. Dr. Alan Vaz Lopes
Coorientadora: MSc. Ana Paula Carvalho Bispo

Salvador/BA
ABRIL/2024

ESTUDO DE CASO: INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO GALGAMENTO DA BARRAGEM DE CONFRESA.

Fernando de Almeida Pires¹

Resumo

Em dezembro de 2021 ocorreram precipitações de grandes intensidades na Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia, acarretando o colapso por galgamento de um barramento existente no município de Confresa, no estado de Mato Grosso. Por isso, objetivou-se com esta pesquisa avaliar influência da gestão operacional do barramento sobre o colapso desta, uma vez que a barragem ainda não havia sido cadastrada quanto a sua segurança, não sendo adequadamente fiscalizada. Assim, para isso, aplicou-se o método de chuva-vazão Soil Conservation Service (1957), para determinação da vazão no instante de rotura da barragem, para intensidade estimada através de imagens de satélite, do programa Giovanni da NASA. A vazão ocasionada pelo evento de precipitação foi comparada com a capacidade do vertedouro, estimada pela equação de orifícios, uma vez que o vertedouro era do tipo comporta. Os resultados apontaram que a má gestão e operação do barramento, acarretou galgamento desta, visto que o vertedouro no momento do galgamento se encontrava obstruído e sua capacidade é de $133,30\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, superior ao escoamento estimado para o evento de precipitação observado no mesmo dia ($123,55\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)

Palavras-chave: Vazão de Projeto. Gestão de Barragens. Segurança de Barragens. Operação de Barragens. Rotura de Barragem.

Abstract

In December 2021, heavy rainfall occurred in the Tocantins-Araguaia Hydrographic Basin, causing the collapse due to overtopping of an existing dam in the municipality of Confresa, in the state of Mato Grosso. Therefore, the objective of this research was to evaluate the influence of the operational management of the dam on its collapse since the dam had not yet been registered regarding its safety and was not being monitored for improvement. Therefore, for this purpose, the Soil Conservation Service rainfall-flow method (1957) was applied to

¹ Universidade Federal de Mato Grosso. Engenharia Sanitária-Ambiental.

determine the flow at the time of rotation of the dam, for intensity estimated through satellite images, from NASA's Giovanni program. The flow caused by the selection event was compared with the spillway capacity, estimated by searching for opportunities, since the spillway was of the behavioral type. The results showed that poor management and operation of the dam led to its overtopping, as the spillway at the time of overtopping was obstructed and its capacity is $133.30\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, higher than the estimated flow for the delivery event. found on the same day ($123.55\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) .

Keywords: Project Flow. Dam Management. Dam Safety. Dam Operation. Dam failure.

1 INTRODUÇÃO

Definir o nível de risco e a quantidade de barragens no Brasil ainda é um grande desafio, visto que a política nacional de segurança de barragens, instituída pela Lei n. 12334, de 2010, e alterada pela Lei 14066, de 2020, que traz a obrigatoriedade da classificação quanto ao risco e dano potencial associado e cadastro de toda barragem em um Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) é relativamente nova. Sendo nova, o (SNISB) não conta com todas as barragens cadastradas em seu banco de dados, tendo um número muito aquém do número real, não contemplando assim o cenário real do Brasil, conforme indicado no Relatório de Segurança de Barragens (RSB; ANA, 2022).

Esse problema acarreta um cenário irreal no que diz respeito à segurança, já que sem a fiscalização adequada muitos empreendedores não fazem as manutenções necessárias. Essa situação é apresentada também no RSB, que mostra uma certa estagnação no número de fiscalizações e inspeções de campo. A ausência de fiscalização e inspeções pode resultar no maior risco de rompimento da barragem, seja por deficiências em sua estrutura ou por galgamento, acarretando possível prejuízo financeiro, ambiental ou até o risco de perdas de vidas humanas.

O cadastro de barragens é importante para que se tenha um cenário real, não só da quantidade, mas também do nível de perigo que representa cada barragem cadastrada. E a partir dessas informações identificar a quantidade de recursos, sejam eles financeiros ou de pessoal, necessários para seguir com as fiscalizações de forma mais ordenada. O barramento objeto deste estudo, faz parte desta realidade: até o seu galgamento em dezembro de 2021, ele não era visto pelos órgãos fiscalizadores, já que não tinha sido cadastrado.

Como o barramento não estava cadastrado no SNISB, ele não era acompanhado pela fiscalização, isto é, estava dentre os barramentos à sombra da fiscalização. Sem a fiscalização, não foram realizadas as manutenções necessárias para sua operação. Até que, durante um período de chuvas na região, foi carregada grande vegetação para a entrada dos vertedouros, causando seu entupimento, e posterior galgamento do barramento.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar as condições de segurança de uma barragem existente, por meio da análise da efetiva relação de um possível entupimento e perda de capacidade hidráulica do vertedor com o galgamento da estrutura. Para tanto, foi realizada uma comparação quantitativa das chuvas e vazões que incidiram no local momentos antes do galgamento com a capacidade hidráulica do vertedouro.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O barramento está localizado no Córrego Grameleira, aproximadamente nas coordenadas geográficas latitude: 10°38'24.51" S e longitude.: 51°26'0.87" O, no Município de Confresa, no Estado de Mato Grosso (Figura 1), bem como na Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia e sub-bacia Araguaia/Trecho da Ilha do Bananal de UPG: TA-1, que abrange um dos maiores e mais importantes biomas do território nacional, o bioma Cerrado.

A construção do barramento foi executada em terra homogênea, de altura 4,76 m e um comprimento de crista de 1.147,00m. Ele possui 58 vertedouros tipo comporta, cada um de dimensão de 1,10x0,75m. O barramento também possui um canal lateral, criado naturalmente pela falta de gestão e operação adequada do barramento, ao lado dos vertedouros tipo comporta.

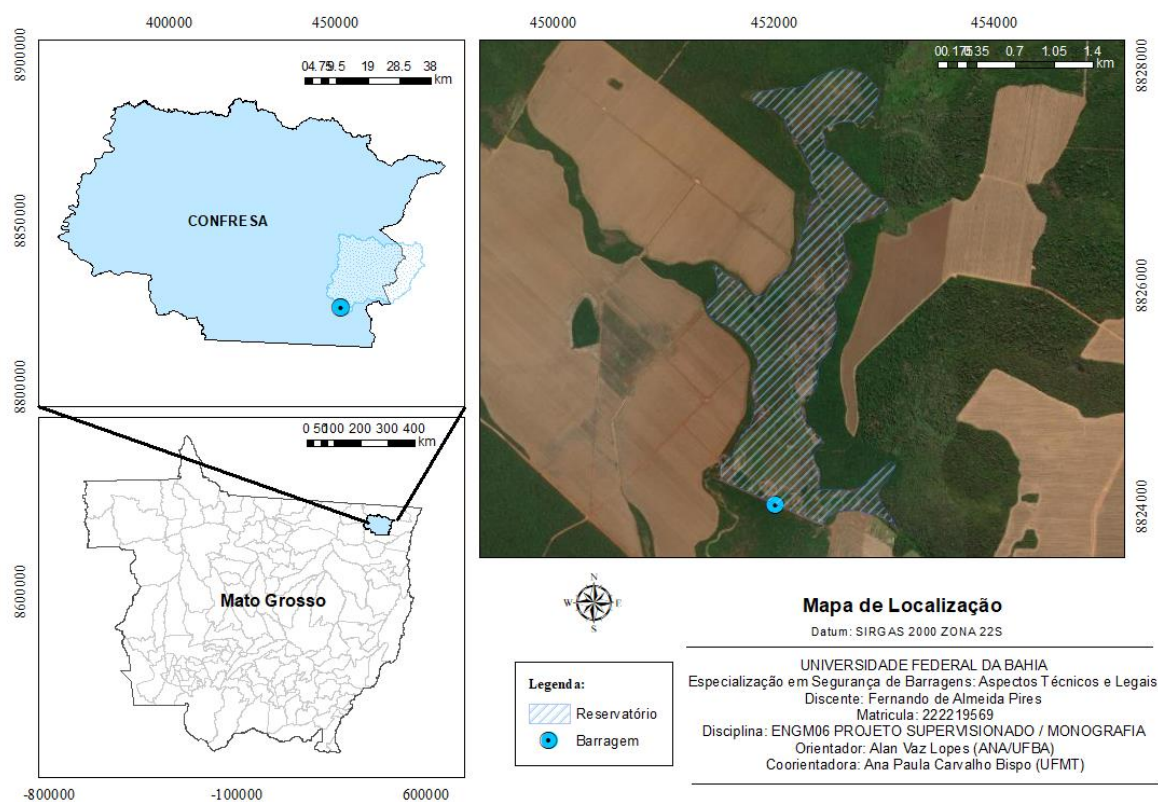


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No local, o clima é classificado como Am, na classificação de Köppen, caracterizado pelo clima tropical de monção, com breve estação seca e chuvas intensas durante o resto do ano, na qual a precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração anual e temperatura média é superior a 18°C no mês mais frio (BIUDES et al., 2022)

O solo da região é definido como Neossolos Litólicos Distróficos caracterizados por solos rasos, não ultrapassando 50 centímetros no somatório dos horizontes sobre a rocha, sendo assim, são considerados solos rasos, apresentando terrenos com declives acentuados e presença de rocha.

Por sua vez, o afloramento identificado na região é do tipo Tufito, que é uma rocha vulcanoclástica com 25 a 75% de seu volume composto por fragmentos piroclásticos.

2.1.1 Delimitação da área de contribuição

Para realização da estimativa da vazão no instante da ruptura do barramento de Confresa, delimitou-se a bacia por meio do *plug-in* GRASS no *software* QGIS versão 3.24.0. Com o objetivo final de gerar a área de drenagem da bacia hidrográfica do córrego Grameleira, foram obtidas imagens do Modelo Digital de Terreno (MDT) com resolução de 30m, desenvolvido por Hawker *et al.* (2022), na qual foram removidas construções e florestas do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus, para produção de um mapa global de elevação., utilizando, como exutório da bacia, o ponto onde se localiza a crista da barragem.

2.2 Estimativa da Vazão Associada ao Galgamento - Método chuva-vazão

A vazão afluyente ao barramento no dia em que ocorreu o galgamento, 27/12/2021, foi estimada por meio de um modelo chuva-vazão utilizando-se o método do hidrograma unitário do Soil Conservation Service dos Estados Unidos (SCS) e uma estimativa de chuva por imagens de satélite obtida dos produtos da plataforma Giovanni (NASA, 2024), conforme descrito a seguir.

2.2.1 Intensidade de chuva

Como a região não possui estações pluviométricas próximas com dados consistentes. Assim, o estudo se baseou em uma pesquisa de dados hidrológicos na plataforma de dados online Giovanni, desenvolvido e mantido pelo NASA GES DISC. Através deste sistema, foi possível obter os dados de médias diárias de intensidade de precipitação (mm/h) para todos os dias do mês em que ocorreu o evento, no caso o mês de dezembro de 2021.

2.2.2 Tempo de concentração na bacia

O tempo de concentração foi calculado através da equação de Kirpich (Equação 1), sendo que o tempo de concertação (t_c) é igual ao tempo de duração da chuva (t_d) para o cálculo da vazão de pico em pequenas bacias.

$$tc = 57. \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Equação 1

onde:

t_c é o tempo de concentração

H é a diferença de cotas (m)

L é o comprimento da bacia (km)

2.2.3 Hidrograma unitário

Para o cálculo do hidrograma unitário obtivemos, com t_c igual a t_d , um tempo de duração de chuva – t_d igual a 293 minutos ou 4,88 horas. Partindo do t_d , calculamos o tempo de discretização da chuva (t_r'), o tempo de resposta (t_L), o tempo de pico (t_p) e o tempo de base (t_b), para, ao final, chegarmos à vazão de pico para 1mm de chuva ($Q_{u,p}$), conforme equações 2 a 5 a seguir:

$$tr' = 0,17. td$$

Equação 2

onde:

t_r' é o tempo de discretização da chuva (h)

0,17 é a constante segundo CANHOLI (2014)

t_d é tempo de duração da chuva

$$tL = 0,6. td$$

Equação 3

onde:

t_L é o tempo de resposta (h)

t_d é o tempo de duração da chuva (h)

$$tp = 0,5. tr'. tL$$

Equação 4

onde:

t_p é o tempo de Pico (h)

t_r' é o tempo de discretização da chuva (h)

t_L é o tempo de resposta (h)

$$Q_{u,p} = \frac{(0,208 \cdot A)}{t_p}$$

Equação 5

onde:

$Q_{u,p}$ é a vazão de pico para 1mm de chuva ($m^3/s.mm$)

A é a área de contribuição (km^2)

t_p é o tempo de Pico (h)

2.2.4 Distribuição temporal – Método de Huff

Com a intensidade de chuva mais crítica usada neste artigo definida, determinou-se a distribuição temporal pelo método de Huff. No cálculo da distribuição temporal de Huff, foi utilizado o 1º quartil, já que o tempo de duração da chuva é inferior a 12h.

Como dados de entrada foram utilizados: a área de contribuição (A - km^2), o comprimento do talvegue (L - m), a cota de crista (m), a cota de base (m), o desnível do talvegue (Δh - $m.m^{-1}$), o tempo de duração da chuva (t_d – horas) e a intensidade da chuva (i – mm/h).

Tendo os dados de entrada, passamos para o cálculo da precipitação total multiplicando a intensidade de chuva pela duração da chuva, conforme a Equação :

$$P = i \times t_d$$

Equação 6

onde:

P é a precipitação total (mm)

i é a intensidade de chuva (mm/h)

t_d é o tempo de duração da chuva para pequenas bacias (h), igual a t_c , que é o tempo de concentração (h)

Após o cálculo da precipitação total, partimos para o desenvolvimento do hietograma de precipitação, sabendo que a primeira e segunda coluna da tabela são os valores de Huff, isto é Tempo % (t/t_d – sendo t o passo de tempo e o t_d a duração da chuva) e 1º quartil (P/P_t – sendo P a precipitação no passo de tempo acumulado e P_t a precipitação total) retirados da Tabela 1 e Figura 2.

Partindo dos valores de Huff, calculamos, nas colunas subsequentes, os valores do passo de tempo (t) para a duração de chuva de 4,88h, como também calculamos a precipitação no passo de tempo acumulado (P) para a precipitação total, para posteriormente chegarmos à precipitação no passo de tempo (ΔP), obtido conforme Figura 2 e Tabela 1.

Tabela 1 – Quartis de Huff				
%Tempo	1° Quartil	2° Quartil	3° Quartil	4° Quartil
0	0	0	0	0
0,05	0,16	0,03	0,03	0,02
0,1	0,33	0,08	0,06	0,05
0,15	0,43	0,12	0,09	0,08
0,2	0,52	0,16	0,12	0,1
0,25	0,6	0,22	0,15	0,13
0,3	0,66	0,29	0,19	0,16
0,35	0,71	0,39	0,23	0,19
0,4	0,75	0,51	0,27	0,22
0,45	0,79	0,62	0,32	0,25
0,5	0,82	0,7	0,38	0,28
0,55	0,84	0,76	0,45	0,32
0,6	0,86	0,81	0,57	0,35
0,65	0,88	0,85	0,7	0,39
0,7	0,9	0,88	0,79	0,45
0,75	0,92	0,91	0,85	0,51
0,8	0,94	0,93	0,89	0,59
0,85	0,96	0,95	0,92	0,72
0,9	0,97	0,97	0,95	0,84
0,95	0,98	0,99	0,97	0,92
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Huff (1967)

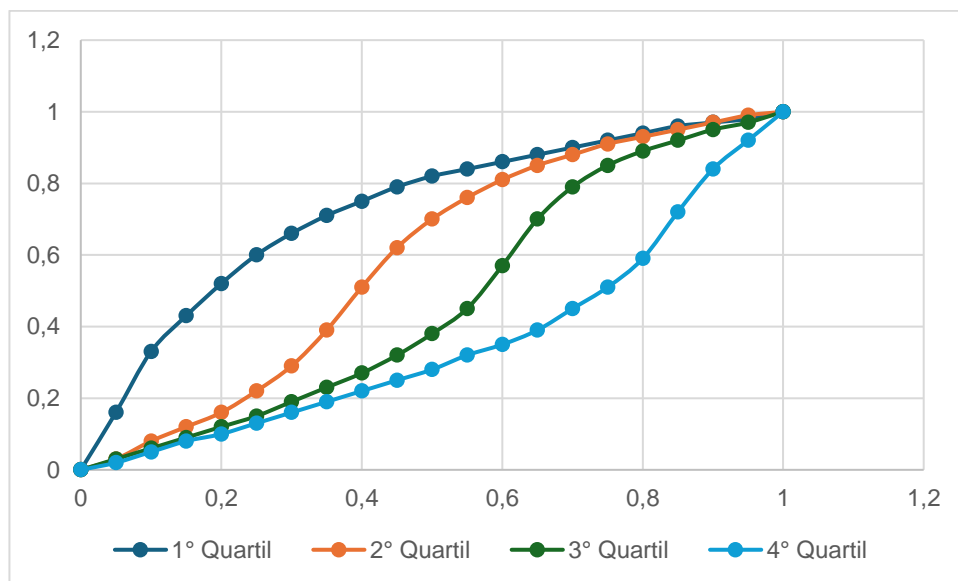


Figura 2 - Distribuição temporal da chuva (Huff, 1967).

2.2.5 Curve Number (CN)

O CN foi calculado mediante as áreas dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo na bacia, fazendo a média ponderada delas. As áreas foram divididas conforme a figura 6.

2.2.6 Infiltração potencial máxima (S)

A infiltração potencial máxima (S) foi determinada mediante a Equação

$$S = 25,4 \times \left(\frac{1.000}{CN} - 10 \right)$$

Equação 7

onde:

S é infiltração potencial máxima (mm)

CN é o Curve Number (adimensional)

2.2.7 Abstração Inicial (I_a)

A abstração inicial (I_a) foi definida pela Equação

$$I_a = 0,2 \times S$$

Equação 8

onde:

I_a é a abstração inicial (mm)

S é infiltração potencial máxima (mm)

2.2.8 Precipitação excedente acumulada (P_e)

O cálculo da precipitação excedente acumulada (P_e) se deu a partir da precipitação no passo de tempo acumulada (P) pela regra a seguir:

Para $P < I_a$ o valor de P_e será 0 (zero)

Para $P > I_a$ deve-se calcular o P_e pela Equação

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{(P + 0,8 \times S)}$$

Equação 9

onde:

P_e é a precipitação excedente acumulada (mm)

P é a precipitação total (mm)

S é infiltração potencial máxima (mm)

2.2.9 Hietograma Excedente (H_e)

O cálculo do hietograma excedente (H_e) se inicia analisando as linhas dos valores de P_e com a seguinte regra:

Para $P_e = 0$ o valor de H_e será 0 (zero)

Equação

Para $P_e > 0$ o valor de H_e deverá ser calculado conforme

$$H_{e(n)} = P_{e(n)} - H_{e(n-1)}$$

Equação 4

onde:

H_e é o hietograma Excedente (mm)

P_e é a precipitação excedente acumulada (mm)

n o número da linha a ser calculada.

2.2.10 Blocos de chuvas

A divisão dos blocos de chuva foi realizada em ordem crescente a partir de quando o H_e encontra-se maior que 0, isto é, a primeira linha com $H_e > 0$ inicia o Bloco 01.

Para cada bloco de chuva foi gerado um hidrograma triangular, representado como resposta a este bloco de chuva. Para este hidrograma triangular, obtivemos o tempo de pico para cada bloco de chuva (tp') de acordo com a Equação 5, o tempo de base para cada bloco de chuva (tb') de acordo com a Equação 6 e, por fim, a vazão de pico para cada bloco de chuva (Qp') de acordo com a equação 13.

$$tp' = t + tp$$

Equação 51

onde:

tp' é o tempo de pico para cada bloco de chuva (h)

t é o passo de de tempo (h)

tp é o tempo de pico (h)

$$tb' = t + tb$$

Equação 62

onde:

tp' é o tempo de base para cada bloco de chuva (h)

t é o passo de de tempo (h)

tb é o tempo de base (h)

$$Qp' = Qu,p + He$$

Equação 73

onde:

Qp' é a vazão de pico para cada bloco de chuva (m^3/s)

$Q_{u,p}$ é a vazão de pico para 1mm de chuva ($m^3/s.mm$)

H_e é o Hietograma Excedente (mm)

2.2.11 Hidrograma estimado para o evento de chuva

O hidrograma estimado para o evento de chuva foi gerado através de uma superposição dos hidrogramas dos blocos unitários de chuva. Para isso, foi calculada uma vazão para cada bloco em cada passo de tempo desse bloco com a Equação , para $t < tp'$

$$Q_{Bx} = \frac{(t_n - t_{n-1}) \cdot Qp'_x}{tp'_x - t_{n-1}}$$

Equação 8

onde:

Q_{Bx} é a vazão do bloco de chuva x (m^3/s)

t_n é o passo de tempo na linha a ser calculada

t_{n-1} é o passo de tempo na linha anterior

tp'_x é o tempo de base para cada bloco de chuva x (h)

Qp'_x é a vazão de pico do bloco de chuva x (m^3/s)

n o número da linha a ser calculada.

x é o número do bloco que está sendo calculado

Já para $t > tp'$ foi utilizada a Equação

$$Q_{Bx} = \frac{(tb'_x - t_n) \cdot Qp'_x}{tp'_x - tp_n}$$

Equação 9

onde:

Q_{Bx} é a vazão do bloco x (m^3/s)

tb'_x é o tempo de base para cada bloco de chuva x (h)

t_n é o passo de tempo na linha a ser calculada (h)

tp'_x é o tempo de pico para cada bloco de chuva n (h)

Qp'_x é a vazão de pico do bloco de chuva n (m^3/s)

n o número da linha a ser calculada.

x é o número do bloco que está sendo calculado

Após serem calculadas todas as vazões de todos os passos de tempo de todos os blocos de chuva, fez-se a soma das linhas dos passos de tempo, isto é, somou-se as vazões dos blocos de chuva no passo de tempo. Assim, foi determinando o hidrograma estimado para o evento de chuva com os valores do passo de tempo com as vazões (somatória das vazões dos blocos).

2.3 Determinação da capacidade do vertedouro

Para a determinação da capacidade dos vertedouros foi realizada visita *in loco* para a medição e verificação das quantidades e dimensões dos mesmos. Foi constatado em campo que a barragem contém 58 vertedouros tipo comporta, cada um com dimensões de 0,75x1,10m.

Após a verificação dos dados no local, foi feita a determinação das vazões máximas de cada uma das comportas. Segundo Neto (1998), as comportas são orifícios sem borda superior, e tem seu coeficiente variando em geral entre 0,6 e 0,8. Admitindo-se o valor de 0,7 chega-se na Equação :

$$Q = 0,7\sqrt{2gH}$$

Equação 10

Onde:

Q é a vazão (m³/s)

H é a altura do nível d'água em relação ao centro da comporta (m)

g é a aceleração da gravidade (m/s²)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Área de contribuição

A Figura 3 apresenta o mapeamento da área de contribuição da barragem, objeto de estudo, resultando em uma área igual a 454 km² e perímetro de 155 km. Além disso, foi possível determinar também parâmetros geomorfológicos da microbacia, como o índice de compacidade, fator de forma, declividade na bacia e no rio principal, tempo de concentração, cotas e entre outros parâmetros que foram utilizados como dados de entrada para cálculo da vazão no instante de rompimento da barragem, conforme Tabela 2.

3.2 Vazão no Momento de Rotura

3.2.1 Intensidade de chuva

Com os dados de precipitação do sistema de dados online Giovanni, desenvolvido e mantido pelo NASA GES DISC, foi verificado o dia de maior precipitação e avaliado que este dia estava próximo ao dia do evento, sendo que o dia do evento foi 27 de dezembro de 2021 e o dia de maior precipitação diária que antecedeu o evento foi o dia 26 de dezembro de 2021, com intensidade (valor de “i”) igual a 7,8 mm/h. Esta foi a intensidade de chuva escolhida para a estimativa da vazão mais crítica próxima ao evento de galgamento.

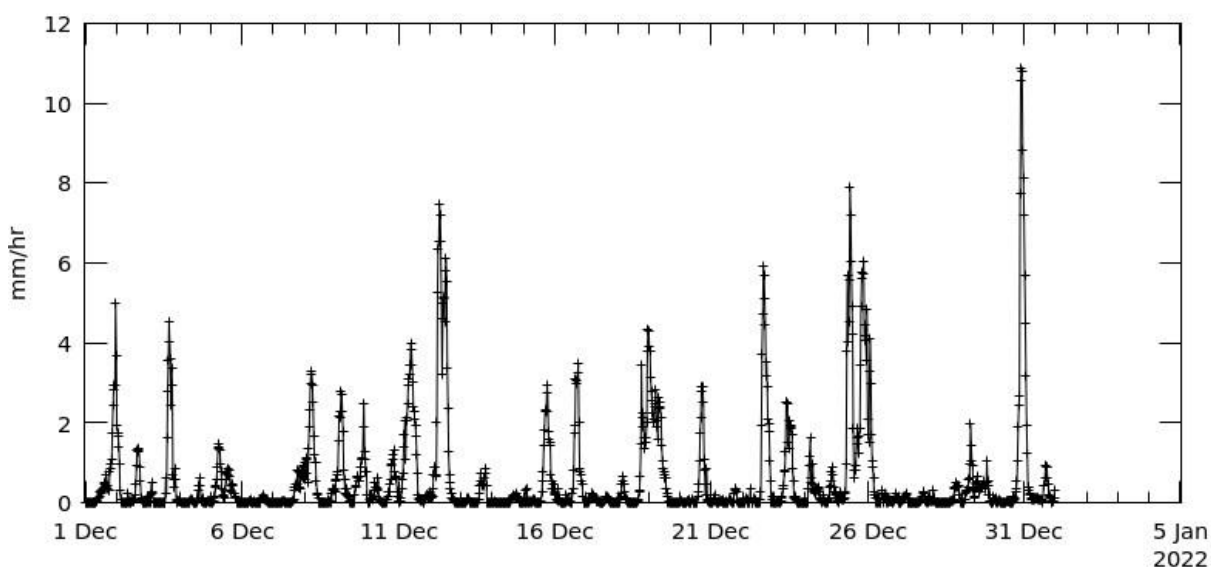


Figura 4 - Intensidade de chuva no mês do evento (mm/h)

Fonte: Giovanni-Nasa - Série temporal, média de área de estimativa de precipitação multissatélite com calibração de medidor - Execução final (recomendada para uso geral) a cada meia hora 0,1 graus. [GPM GPM_3IMERGHH v07] mm/h acima de 2021-12-01 00:00:00Z - 2022-01-01 00:00:00Z, Região 52.0258W, 11.0138S, 50.993W, 9.9646S

3.2.2 Tempo de concentração na bacia

Para o cálculo do tempo de concentração da bacia, foram substituídos os valores da Tabela 2 – Geomorfologia da Bacia, na equação de Kirpich (Equação 1). Então realizando os cálculos obtivemos um tempo de concentração igual ao tempo de duração da chuva de 293 minutos ou 4,88 horas.

3.2.3 Hidrograma unitário

Através dos valores encontrados acima chegamos ao hidrograma unitário com vazão de pico de 28,23m³/s.mm, conforme Figura 5 - Hidrograma unitário

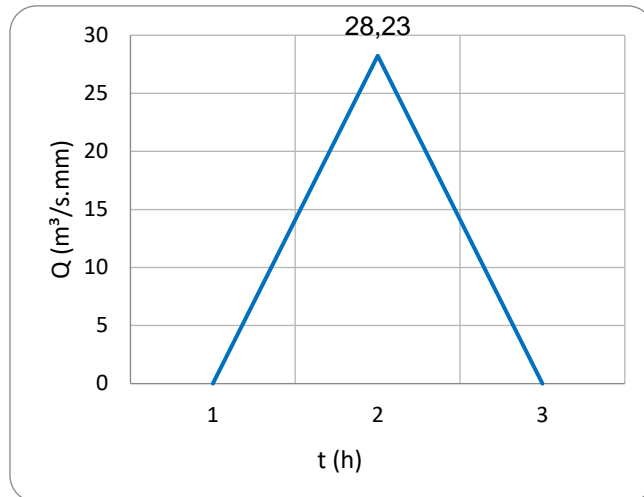


Figura 5 - Hidrograma unitário.

3.2.4 Curve Number (CN)

Após a divisão das áreas de acordo com a Tabela 3, calculando a média ponderada dos valores em cada área, obtivemos um CN igual a 78, e com isso chegamos aos valores da infiltração potencial máxima (S) e da abstração inicial (I_a).

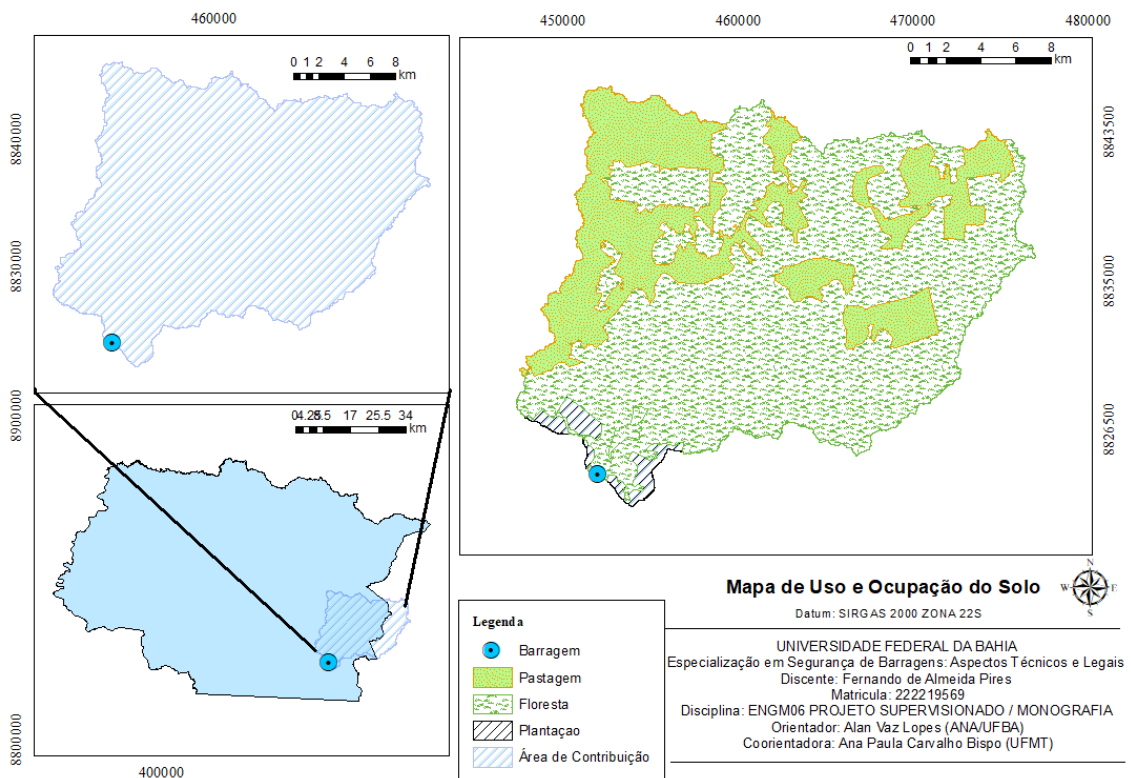


Figura 6. Mapa de uso do solo na bacia de contribuição.

Tabela 3 - Áreas para cálculo do CN

Áreas reais	Área (km ²)	% em relação a AC	CN
Área Vegetada	310,67	68%	76
Área de plantação	11,98	3%	88
Área Pastagem	131,36	29%	83
Área de contribuição	454	CN AC Médio	78

Calculado o valor de CN, chegamos aos valores da infiltração potencial máxima (S) e da abstração inicial (I_a), 72 mm e 14,3 mm respectivamente.

3.2.5 Hidrograma Estimado para o Evento de Dezembro de 2021

Através do método do SCS, após a distribuição temporal da chuva, utilizado o método de Huff, foi encontrando o hietograma excedente, realizada a divisão dos blocos de chuva, chegando ao fim com o resultado da vazão de cada bloco de chuva (Tabela).

Tabela 3 - Cálculo das vazões dos blocos de chuva.

%Tempo	1ºQuartil	t	P (mm)	ΔP	P (mm)	P. Exc. Acum. (mm)	Hietograma exc. (mm)	Blocos	Tp'(h)	Tb'(h)	Qp'(m³/s)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,05	0,16	0,24	6,09	6,09	6,09	0,00	0,00	0	3,59	9,17	0,00
0,10	0,33	0,49	12,57	6,47	12,57	0,00	0,00	0	3,83	9,42	0,00
0,15	0,43	0,73	16,38	3,81	16,38	0,06	0,06	1	4,08	9,66	1,61
0,20	0,52	0,98	19,81	3,43	19,81	0,39	0,33	2	4,32	9,91	9,37
0,25	0,60	1,22	22,85	3,05	22,85	0,91	0,52	3	4,57	10,15	14,61
0,30	0,66	1,46	25,14	2,29	25,14	1,42	0,51	4	4,81	10,40	14,42
0,35	0,71	1,71	27,04	1,90	27,04	1,92	0,50	5	5,05	10,64	14,09
0,40	0,75	1,95	28,56	1,52	28,56	2,36	0,44	6	5,30	10,88	12,54
0,45	0,79	2,20	30,09	1,52	30,09	2,84	0,48	7	5,54	11,13	13,60
0,50	0,82	2,44	31,23	1,14	31,23	3,23	0,38	8	5,79	11,37	10,86
0,55	0,84	2,69	31,99	0,76	31,99	3,49	0,27	9	6,03	11,62	7,55
0,60	0,86	2,93	32,75	0,76	32,75	3,77	0,28	10	6,27	11,86	7,78
0,65	0,88	3,17	33,52	0,76	33,52	4,05	0,28	11	6,52	12,10	8,01
0,70	0,90	3,42	34,28	0,76	34,28	4,35	0,29	12	6,76	12,35	8,24
0,75	0,92	3,66	35,04	0,76	35,04	4,64	0,30	13	7,01	12,59	8,46
0,80	0,94	3,91	35,80	0,76	35,80	4,95	0,31	14	7,25	12,84	8,67
0,85	0,96	4,15	36,56	0,76	36,56	5,27	0,31	15	7,50	13,08	8,88
0,90	0,97	4,39	36,94	0,38	36,94	5,43	0,16	16	7,74	13,33	4,52
0,95	0,98	4,64	37,32	0,38	37,32	5,59	0,16	17	7,98	13,57	4,57
1,00	1,00	4,88	38,09	0,76	38,09	5,92	0,33	18	8,23	13,81	9,28

Com as vazões dos blocos de chuva calculadas, foi realizada a soma dessas vazões chegando-se ao hietograma estimado para o evento de dezembro de 2021 e consequentemente à vazão máxima de pico, de $123,55 \text{ m}^3/\text{s}$ (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

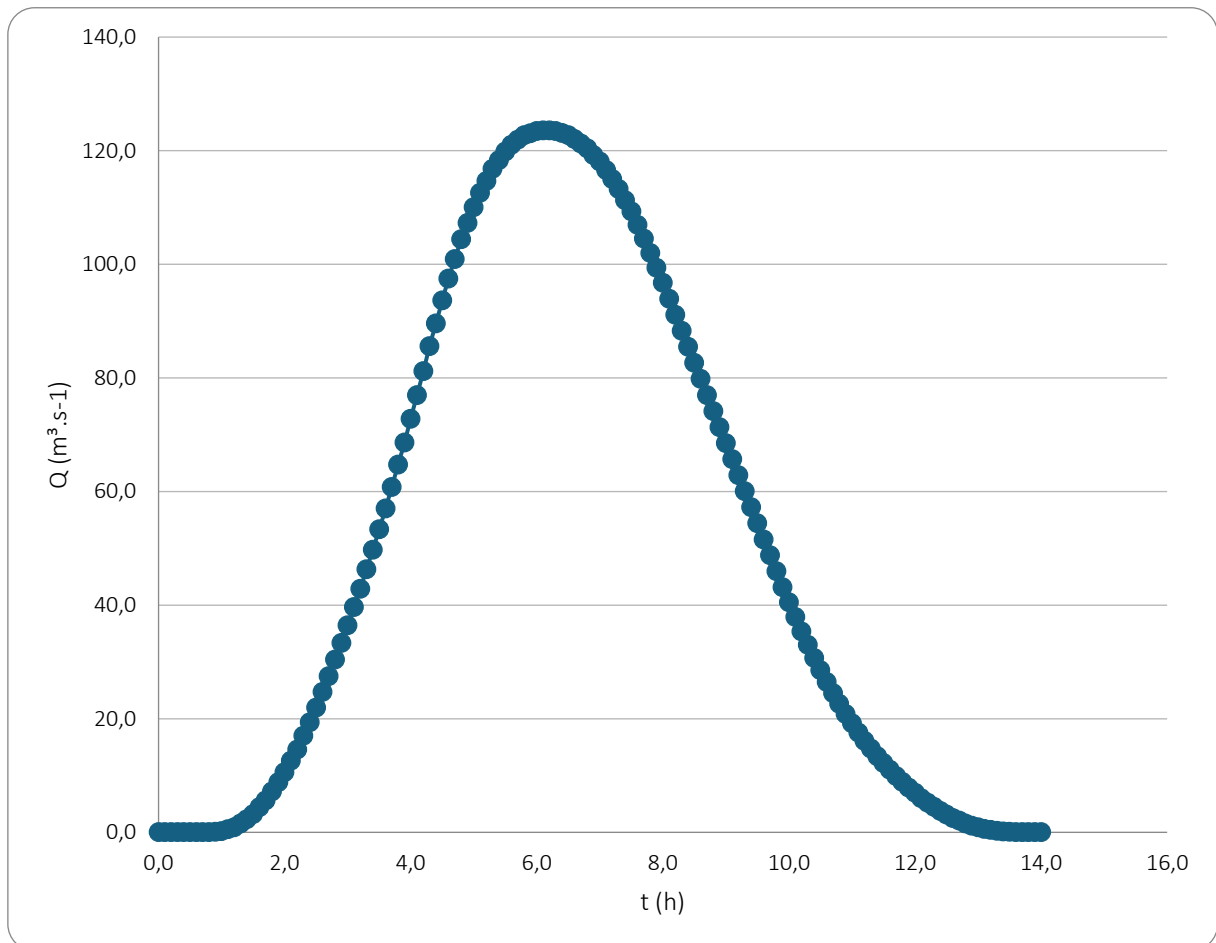


Figura 7 - Hidrograma estimado para o evento de chuva de dezembro de 2021.

3.3 Capacidade dos vertedouros

Utilizando a Equação , substituindo os valores das dimensões dos vertedouros encontrados em campo, obtivemos o valor de $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$, para cada comporta. Como são 58 comportas, o valor total que o vertedouro consegue verter é de $133,30 \text{ m}^3/\text{s}$.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados da vazão no momento específico do evento estimada em $123,55 \text{ m}^3/\text{s}$, torna-se evidente que, em circunstâncias normais, o vertedouro em questão teria plenamente a

capacidade de manejar toda a vazão calculada, uma vez que este possui uma capacidade de 133,30 m³/s. Assim, a barragem não teria galgado e rompido.

Entretanto, visto que o barramento não estava sob a vigilância adequada da fiscalização, já que não havia sido submetido ao necessário processo de classificação quanto ao risco e dano potencial associado e, além disso, não estava devidamente cadastrado dentro do SNISB, não ocorreu uma gestão eficaz da sua segurança. Consequentemente, não foram realizadas as inspeções e manutenções apropriadas para o barramento, que teriam detectado deficiências na manutenção do vertedor e provocado as medidas corretivas necessárias. Além disso, não havia sido elaborado o plano de segurança, que poderia ter definido protocolos e medidas para a manutenção da segurança do barramento.

Este cenário, combinado com as intensas precipitações observadas no mês de dezembro de 2021 na região, que trouxeram um volume significativo de vegetação aquática para o vertedouro, ocasionou o entupimento do mesmo. Este entupimento resultou na redução da capacidade de vertimento do vertedouro. Tal redução teve como uma das principais consequências o galgamento da barragem. Como não havia Plano de Ação de Emergência, nenhuma ação tempestiva previamente planejada foi adotada diante da situação de chuvas intensas e elevação do nível d'água do reservatório, que poderiam ter evitado seu galgamento e rompimento.

Por fim, observa-se que a vazão estimada para o evento de dezembro de 2021 ficou muito próxima da capacidade calculada de vertimento. Tendo em vista que houve outros eventos de igual ou maior magnitude ainda em dezembro, é possível que o vertedor esteja subdimensionado, ou seja, tenha sido dimensionado para um tempo de retorno baixo. Para se completar essa análise, seria necessário calcular o tempo de retorno da vazão do vertedouro e compará-lo aos tempos de retorno recomendados na literatura, como 500 ou 1000 anos, ou calcular vazões para vários tempos de retorno e compará-las com o a vazão do vertedouro. Esse tipo de análise teria sido realizada caso o barramento tivesse sido submetido à revisão periódica de segurança, que teria avaliado antecipadamente a capacidade hidráulica do vertedor e recomendado sua ampliação, garantindo assim a segurança da barragem. Sem essa ampliação, a barragem, mesmo reconstruída, poderá continuar vulnerável a futuros eventos intensos de chuvas.

REFERÊNCIAS

BIUDES, M. S. et al. Evapotranspiration Seasonality over Tropical Ecosystems in Mato Grosso, Brazil. **Remote Sensing**, v. 14, n. 10, 1 maio 2022.

HAWKER, L. et al. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. **Environmental Research Letters**, v. 17, n. 2, 1 fev. 2022.

HUFF, F.A. (1967) Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, v. 3, n. 4, p. 1007-1019.

NETTO, J. M. A. **Manual de hidráulica**. 8. ed., atual. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

Oliveira, J. F.; Nunes, E. D. Mendes, T. A. **Uma análise da aplicação do modelo HEC-HMS na determinação das vazões geradas pelo rompimento de barramentos: O caso do barramento do lago Luízio de Freitas, córrego Goiabeiras, Inhumas, Goiás**. Revista gestão e sustentabilidade ambiental, Florianópolis/SC, 2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 1ª Ed, Porto Alegre: Edusp, 943p., 1993.

Velez, J. G. A.; Ribeiro, C. B. M **Avaliação de métodos huff 1º quartil e blocos alternados para a definição da chuva de projeto por meio doe sua influência nas vazões de pico, utilizando o software swmm**. IV Simpósio de recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytaquases/RJ, 2023.

APÊNDICE

Tabela 4 - Cálculo da vazão de projeto

t (h)	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total
0,8	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
0,9	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
1	0,00	0,00	0,13	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
1,1	0,00	0,00	0,18	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5
1,2	0,00	0,00	0,22	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,9
1,3	0,00	0,00	0,27	0,91	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,5
1,4	0,00	0,00	0,32	1,19	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,3
1,5	0,00	0,00	0,37	1,47	1,22	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,2
1,6	0,00	0,00	0,42	1,75	1,66	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,4
1,7	0,00	0,00	0,47	2,03	2,09	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,6
1,8	0,00	0,00	0,51	2,31	2,53	1,44	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,2
1,9	0,00	0,00	0,56	2,59	2,97	1,88	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,8
2	0,00	0,00	0,61	2,87	3,40	2,31	1,23	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,6
2,1	0,00	0,00	0,66	3,15	3,84	2,74	1,65	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,6
2,2	0,00	0,00	0,71	3,43	4,28	3,17	2,07	0,93	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,6
2,3	0,00	0,00	0,75	3,71	4,71	3,60	2,49	1,30	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,0
2,4	0,00	0,00	0,80	3,99	5,15	4,03	2,91	1,68	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,4
2,5	0,00	0,00	0,85	4,27	5,59	4,46	3,33	2,05	1,23	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,0
2,6	0,00	0,00	0,90	4,55	6,02	4,89	3,75	2,42	1,64	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,7
2,7	0,00	0,00	0,95	4,83	6,46	5,32	4,17	2,80	2,04	0,84	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,5
2,8	0,00	0,00	0,99	5,11	6,90	5,76	4,60	3,17	2,45	1,16	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,4
2,9	0,00	0,00	1,04	5,39	7,33	6,19	5,02	3,55	2,86	1,49	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,3
3	0,00	0,00	1,09	5,67	7,77	6,62	5,44	3,92	3,26	1,81	0,71	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,5
3,1	0,00	0,00	1,14	5,95	8,21	7,05	5,86	4,30	3,67	2,14	0,94	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,6
3,2	0,00	0,00	1,19	6,23	8,64	7,48	6,28	4,67	4,08	2,46	1,16	0,63	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,9
3,3	0,00	0,00	1,23	6,51	9,08	7,91	6,70	5,05	4,48	2,79	1,39	0,86	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,3
3,4	0,00	0,00	1,28	6,79	9,52	8,34	7,12	5,42	4,89	3,11	1,61	1,09	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,7
3,5	0,00	0,00	1,33	7,07	9,95	8,77	7,54	5,80	5,30	3,44	1,84	1,33	0,78	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,4
3,6	0,00	0,00	1,38	7,35	10,39	9,20	7,97	6,17	5,70	3,76	2,06	1,56	1,02	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,0
3,7	0,00	0,00	1,43	7,63	10,83	9,64	8,39	6,55	6,11	4,09	2,29	1,79	1,26	0,69	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,8
3,8	0,00	0,00	1,48	7,91	11,26	10,07	8,81	6,92	6,52	4,41	2,51	2,03	1,50	0,94	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,7
3,9	0,00	0,00	1,52	8,19	11,70	10,50	9,23	7,30	6,92	4,74	2,74	2,26	1,74	1,19	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,6

4	0,00	0,00	1,57	8,47	12,14	10,93	9,65	7,67	7,33	5,06	2,97	2,49	1,98	1,43	0,85	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	72,8
4,1	0,00	0,00	1,60	8,75	12,57	11,36	10,07	8,05	7,74	5,39	3,19	2,72	2,22	1,68	1,11	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	77,0
4,2	0,00	0,00	1,57	9,03	13,01	11,79	10,49	8,42	8,14	5,71	3,42	2,96	2,46	1,93	1,36	0,76	0,13	0,00	0,00	0,00	81,2
4,3	0,00	0,00	1,54	9,31	13,45	12,22	10,91	8,80	8,55	6,04	3,64	3,19	2,70	2,17	1,61	1,02	0,40	0,00	0,00	0,00	85,6
4,4	0,00	0,00	1,52	9,24	13,88	12,65	11,34	9,17	8,96	6,36	3,87	3,42	2,94	2,42	1,87	1,28	0,66	0,01	0,00	0,00	89,6
4,5	0,00	0,00	1,49	9,07	14,32	13,08	11,76	9,55	9,36	6,69	4,09	3,65	3,18	2,66	2,12	1,54	0,93	0,14	0,00	0,00	93,6
4,6	0,00	0,00	1,46	8,91	14,52	13,51	12,18	9,92	9,77	7,01	4,32	3,89	3,42	2,91	2,37	1,80	1,19	0,28	0,00	0,00	97,4
4,7	0,00	0,00	1,43	8,74	14,25	13,95	12,60	10,30	10,18	7,34	4,55	4,12	3,66	3,16	2,62	2,06	1,46	0,41	0,08	0,00	100,9
4,8	0,00	0,00	1,40	8,57	13,99	14,38	13,02	10,67	10,58	7,66	4,77	4,35	3,90	3,40	2,88	2,32	1,72	0,55	0,22	0,00	104,4
4,9	0,00	0,00	1,37	8,40	13,73	14,19	13,44	11,05	10,99	7,99	5,00	4,58	4,14	3,65	3,13	2,58	1,99	0,68	0,36	0,05	107,3
5	0,00	0,00	1,34	8,23	13,47	13,93	13,86	11,42	11,40	8,31	5,22	4,82	4,38	3,90	3,38	2,84	2,26	0,82	0,49	0,32	110,1
5,1	0,00	0,00	1,31	8,07	13,21	13,67	13,97	11,80	11,80	8,64	5,45	5,05	4,61	4,14	3,64	3,09	2,52	0,95	0,63	0,60	112,6
5,2	0,00	0,00	1,29	7,90	12,95	13,41	13,72	12,17	12,21	8,96	5,67	5,28	4,85	4,39	3,89	3,35	2,79	1,09	0,77	0,88	114,7
5,3	0,00	0,00	1,26	7,73	12,69	13,15	13,47	12,53	12,62	9,29	5,90	5,52	5,09	4,64	4,14	3,61	3,05	1,22	0,90	1,16	116,8
5,4	0,00	0,00	1,23	7,56	12,42	12,89	13,22	12,31	13,02	9,61	6,12	5,75	5,33	4,88	4,39	3,87	3,32	1,36	1,04	1,43	118,3
5,5	0,00	0,00	1,20	7,39	12,16	12,64	12,96	12,08	13,43	9,93	6,35	5,98	5,57	5,13	4,65	4,13	3,58	1,49	1,18	1,71	119,9
5,6	0,00	0,00	1,17	7,23	11,90	12,38	12,71	11,86	13,46	10,26	6,58	6,21	5,81	5,37	4,90	4,39	3,85	1,63	1,31	1,99	121,0
5,7	0,00	0,00	1,14	7,06	11,64	12,12	12,46	11,64	13,22	10,58	6,80	6,45	6,05	5,62	5,15	4,65	4,11	1,76	1,45	2,27	121,9
5,8	0,00	0,00	1,11	6,89	11,38	11,86	12,21	11,41	12,97	10,84	7,03	6,68	6,29	5,87	5,41	4,91	4,38	1,90	1,59	2,54	122,7
5,9	0,00	0,00	1,08	6,72	11,12	11,60	11,95	11,19	12,73	10,64	7,25	6,91	6,53	6,11	5,66	5,17	4,64	2,03	1,72	2,82	123,1
6	0,00	0,00	1,05	6,56	10,86	11,35	11,70	10,96	12,49	10,45	7,48	7,14	6,77	6,36	5,91	5,43	4,91	2,17	1,86	3,10	123,4
6,1	0,00	0,00	1,03	6,39	10,59	11,09	11,45	10,74	12,24	10,25	7,45	7,38	7,01	6,61	6,16	5,69	5,17	2,30	1,99	3,38	123,5
6,2	0,00	0,00	1,00	6,22	10,33	10,83	11,20	10,51	12,00	10,06	7,32	7,61	7,25	6,85	6,42	5,95	5,44	2,44	2,13	3,65	123,5
6,3	0,00	0,00	0,97	6,05	10,07	10,57	10,95	10,29	11,76	9,87	7,18	7,75	7,49	7,10	6,67	6,20	5,71	2,57	2,27	3,93	123,5
6,4	0,00	0,00	0,94	5,88	9,81	10,31	10,69	10,06	11,51	9,67	7,05	7,61	7,73	7,34	6,92	6,46	5,97	2,71	2,40	4,21	123,1
6,5	0,00	0,00	0,91	5,72	9,55	10,06	10,44	9,84	11,27	9,48	6,91	7,47	7,97	7,59	7,17	6,72	6,24	2,84	2,54	4,49	122,7
6,6	0,00	0,00	0,88	5,55	9,29	9,80	10,19	9,62	11,02	9,28	6,78	7,33	7,90	7,84	7,43	6,98	6,50	2,98	2,68	4,76	122,0
6,7	0,00	0,00	0,85	5,38	9,02	9,54	9,94	9,39	10,78	9,09	6,64	7,19	7,75	8,08	7,68	7,24	6,77	3,11	2,81	5,04	121,3
6,8	0,00	0,00	0,82	5,21	8,76	9,28	9,68	9,17	10,54	8,89	6,51	7,05	7,61	8,18	7,93	7,50	7,03	3,25	2,95	5,32	120,4
6,9	0,00	0,00	0,80	5,05	8,50	9,02	9,43	8,94	10,29	8,70	6,37	6,91	7,47	8,04	8,19	7,76	7,30	3,38	3,09	5,60	119,2
7	0,00	0,00	0,77	4,88	8,24	8,76	9,18	8,72	10,05	8,50	6,24	6,77	7,32	7,89	8,44	8,02	7,56	3,52	3,22	5,87	118,1
7,1	0,00	0,00	0,74	4,71	7,98	8,51	8,93	8,49	9,81	8,31	6,10	6,63	7,18	7,74	8,32	8,28	7,83	3,65	3,36	6,15	116,6
7,2	0,00	0,00	0,71	4,54	7,72	8,25	8,68	8,27	9,56	8,11	5,97	6,49	7,04	7,59	8,16	8,54	8,09	3,79	3,50	6,43	115,0
7,3	0,00	0,00	0,68	4,37	7,46	7,99	8,42	8,04	9,32	7,92	5,83	6,35	6,89	7,45	8,01	8,59	8,36	3,92	3,63	6,71	113,3
7,4	0,00	0,00	0,65	4,21	7,19	7,73	8,17	7,82	9,08	7,73	5,70	6,21	6,75	7,30	7,86	8,44	8,63	4,06	3,77	6,98	111,3
7,5	0,00	0,00	0,62	4,04	6,93	7,47	7,92	7,60	8,83	7,53	5,56	6,08	6,61	7,15	7,71	8,28	8,87	4,19	3,91	7,26	109,3
7,6	0,00	0,00	0,59	3,87	6,67	7,22	7,67	7,37	8,59	7,34	5,43	5,94	6,46	7,00	7,56	8,13	8,71	4,33	4,04	7,54	106,9
7,7	0,00	0,00	0,57	3,70	6,41	6,96	7,41	7,15	8,35	7,14	5,29	5,80	6,32	6,86	7,41	7,97	8,55	4,46	4,18	7,82	104,5
7,8	0,00	0,00	0,54	3,54	6,15	6,70	7,16	6,92	8,10	6,95	5,16	5,66	6,18	6,71	7,26	7,82	8,39	4,47	4,32	8,09	102,0

7,9	0,00	0,00	0,51	3,37	5,89	6,44	6,91	6,70	7,86	6,75	5,02	5,52	6,03	6,56	7,10	7,66	8,24	4,39	4,45	8,37	99,4
8	0,00	0,00	0,48	3,20	5,63	6,18	6,66	6,47	7,62	6,56	4,89	5,38	5,89	6,41	6,95	7,51	8,08	4,31	4,55	8,65	96,8
8,1	0,00	0,00	0,45	3,03	5,36	5,93	6,41	6,25	7,37	6,36	4,75	5,24	5,74	6,27	6,80	7,35	7,92	4,22	4,47	8,93	93,9
8,2	0,00	0,00	0,42	2,86	5,10	5,67	6,15	6,02	7,13	6,17	4,62	5,10	5,60	6,12	6,65	7,20	7,76	4,14	4,39	9,20	91,1
8,3	0,00	0,00	0,39	2,70	4,84	5,41	5,90	5,80	6,89	5,98	4,48	4,96	5,46	5,97	6,50	7,04	7,60	4,06	4,31	9,16	88,3
8,4	0,00	0,00	0,36	2,53	4,58	5,15	5,65	5,58	6,64	5,78	4,35	4,82	5,31	5,82	6,35	6,89	7,44	3,98	4,23	8,99	85,5
8,5	0,00	0,00	0,33	2,36	4,32	4,89	5,40	5,35	6,40	5,59	4,21	4,68	5,17	5,68	6,20	6,73	7,28	3,90	4,14	8,83	82,6
8,6	0,00	0,00	0,31	2,19	4,06	4,63	5,14	5,13	6,15	5,39	4,08	4,54	5,03	5,53	6,04	6,58	7,12	3,82	4,06	8,66	79,8
8,7	0,00	0,00	0,28	2,03	3,79	4,38	4,89	4,90	5,91	5,20	3,94	4,40	4,88	5,38	5,89	6,42	6,96	3,74	3,98	8,50	77,0
8,8	0,00	0,00	0,25	1,86	3,53	4,12	4,64	4,68	5,67	5,00	3,81	4,26	4,74	5,23	5,74	6,27	6,80	3,66	3,90	8,33	74,2
8,9	0,00	0,00	0,22	1,69	3,27	3,86	4,39	4,45	5,42	4,81	3,67	4,12	4,60	5,09	5,59	6,11	6,65	3,58	3,82	8,16	71,3
9	0,00	0,00	0,19	1,52	3,01	3,60	4,14	4,23	5,18	4,61	3,53	3,99	4,45	4,94	5,44	5,96	6,49	3,50	3,74	8,00	68,5
9,1	0,00	0,00	0,16	1,35	2,75	3,34	3,88	4,00	4,94	4,42	3,40	3,85	4,31	4,79	5,29	5,80	6,33	3,42	3,65	7,83	65,7
9,2	0,00	0,00	0,13	1,19	2,49	3,09	3,63	3,78	4,69	4,22	3,26	3,71	4,17	4,64	5,14	5,65	6,17	3,33	3,57	7,66	62,9
9,3	0,00	0,00	0,10	1,02	2,23	2,83	3,38	3,55	4,45	4,03	3,13	3,57	4,02	4,50	4,99	5,49	6,01	3,25	3,49	7,50	60,0
9,4	0,00	0,00	0,08	0,85	1,96	2,57	3,13	3,33	4,21	3,84	2,99	3,43	3,88	4,35	4,83	5,33	5,85	3,17	3,41	7,33	57,2
9,5	0,00	0,00	0,05	0,68	1,70	2,31	2,87	3,11	3,96	3,64	2,86	3,29	3,74	4,20	4,68	5,18	5,69	3,09	3,33	7,17	54,4
9,6	0,00	0,00	0,02	0,52	1,44	2,05	2,62	2,88	3,72	3,45	2,72	3,15	3,59	4,05	4,53	5,02	5,53	3,01	3,24	7,00	51,6
9,7	0,00	0,00	0,00	0,35	1,18	1,80	2,37	2,66	3,48	3,25	2,59	3,01	3,45	3,91	4,38	4,87	5,37	2,93	3,16	6,83	48,7
9,8	0,00	0,00	0,00	0,18	0,92	1,54	2,12	2,43	3,23	3,06	2,45	2,87	3,31	3,76	4,23	4,71	5,22	2,85	3,08	6,67	46,0
9,9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,66	1,28	1,87	2,21	2,99	2,86	2,32	2,73	3,16	3,61	4,08	4,56	5,06	2,77	3,00	6,50	43,2
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,02	1,61	1,98	2,75	2,67	2,18	2,59	3,02	3,46	3,93	4,40	4,90	2,69	2,92	6,34	40,5
10,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,76	1,36	1,76	2,50	2,47	2,05	2,45	2,88	3,32	3,77	4,25	4,74	2,61	2,84	6,17	37,9
10,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,11	1,53	2,26	2,28	1,91	2,31	2,73	3,17	3,62	4,09	4,58	2,53	2,75	6,00	35,4
10,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,86	1,31	2,02	2,09	1,78	2,17	2,59	3,02	3,47	3,94	4,42	2,45	2,67	5,84	33,0
10,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,09	1,77	1,89	1,64	2,03	2,45	2,87	3,32	3,78	4,26	2,36	2,59	5,67	30,7
10,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,86	1,53	1,70	1,51	1,90	2,30	2,73	3,17	3,63	4,10	2,28	2,51	5,50	28,6
10,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,64	1,29	1,50	1,37	1,76	2,16	2,58	3,02	3,47	3,94	2,20	2,43	5,34	26,5
10,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	1,04	1,31	1,24	1,62	2,01	2,43	2,87	3,32	3,78	2,12	2,35	5,17	24,5
10,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,80	1,11	1,10	1,48	1,87	2,28	2,71	3,16	3,63	2,04	2,26	5,01	22,6
10,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,92	0,97	1,34	1,73	2,14	2,56	3,01	3,47	1,96	2,18	4,84	20,8
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,72	0,83	1,20	1,58	1,99	2,41	2,85	3,31	1,88	2,10	4,67	19,2
11,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,53	0,70	1,06	1,44	1,84	2,26	2,70	3,15	1,80	2,02	4,51	17,6
11,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,56	0,92	1,30	1,69	2,11	2,54	2,99	1,72	1,94	4,34	16,1
11,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,43	0,78	1,15	1,55	1,96	2,39	2,83	1,64	1,86	4,18	14,7
11,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,64	1,01	1,40	1,81	2,23	2,67	1,56	1,77	4,01	13,4
11,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,50	0,87	1,25	1,65	2,08	2,51	1,48	1,69	3,84	12,2
11,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,36	0,72	1,10	1,50	1,92	2,35	1,39	1,61	3,68	11,0
11,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,58	0,96	1,35	1,76	2,20	1,31	1,53	3,51	9,9

[illegible]