

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE BARRAMENTO – BARRAGEM SÃO GREGÓRIO

RELATÓRIO TÉCNICO

JANEIRO – 2024

EMPREENDIMENTO**Barragem São Gregório****Uso dos recursos hídricos:** Barragem sem captação com regularização de vazão.**Municípios:** Campo Azul e Ponto Chique.**Dados do Protocolo do Processo de Outorga****Processo SEI:** 2090.01.0002200/2024-29**Nº do Documento Siam:** 0033454/2024**FCE de Referência:** R008323/2024**EMPREENDEDOR****CODEVASF – 1ª Superintendência Regional****Razão Social:** Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba - CODEVASF**CNPJ:** 00.399.857/0001-26**Responsável:** Marco Antônio Graça Câmara – Superintendente Regional da 1ª SR**Endereço:** AV. Geraldo Athayde, 483. Bairro Alto São João - CEP: 39.400-297**Município:** Montes Claros – MG**Telefone:** (38) 2104-7865**RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO****DOMÊNICO MORANO JÚNIOR****Cargo:** Chefe da Unidade Regional de Meio Ambiente (CODEVASF – 1ª/SR)**Formação:** Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Ouro Preto**Especialização:** Recursos Hídricos e Ambientais – Universidade Federal de Minas Gerais**CREA:** 114.067-D**Telefone:** 38-2104-7829**Endereço eletrônico:** domenico.junior@codevasf.gov.br

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVO	4
3. JUSTIFICATIVA.....	4
4. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO	5
4.1. LOCALIZAÇÃO	5
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM	6
4.2.1. Vertedouro	7
4.2.3. Descarga de Fundo	8
4.2.4. Curva Cota x Area x Volume	9
4.2.4. Dados hidrológicos (Projeto)	10
5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	11
5.1. Local da intervenção.....	11
5.2. Caracterização da Bacia Hidrográfica	11
5.3. Cálculos Hidrológicos.....	12
5.3.1. Metodologias de Predição de rendimentos específicos	12
5.3.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA (SIMULAÇÃO DO BARRAMENTO)	16
5.3.3. Cálculo dos Parâmetros Geométricos do Sangradouro	17
5.3.4. Estrutura de Descarga da Vazão Residual	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o Relatório Técnico para outorga de Águas Superficiais, solicitado pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM, contendo as informações necessárias para a análise de solicitação outorga para o empreendimento Barragem São Gregório. O uso definido para o processo foi o “Barragem sem captação para regularização de vazão”.

A outorga para uso de recurso hídrico deve ser solicitada ao IGAM, quando se tratar de corpos d’água de domínio do Estado, e junto à ANA, quando se tratarem em corpos de água de domínio da União. Embora o reservatório da barragem São Gregório seja de domínio da União, por ter sido construída com recurso federal, a outorga específica para o barramento, por ser em corpo hídrico de domínio estadual, é de responsabilidade do IGAM.

A Barragem São Gregório, localizada no riacho de nome homônimo, entre os municípios de Campo Azul e Ponto Chique, teve sua construção concluída em 2005 pela CODEVASF, com os objetivos de possibilitar a regularização de vazão do riacho São Gregório e incremento da disponibilidade hídrica, de forma a beneficiar a população do entorno e à jusante do barramento. Atualmente a barragem é operada pela prefeitura municipal de Campo Azul.

2. OBJETIVO

O presente documento tem por objetivo apresentar o estudo hidrológico e hidráulico utilizado para a definição das vazões de projeto, com seus respectivos períodos de recorrência, além da caracterizar os aspectos físicos da área, com o intuito de dar subsídios para análise de processo de outorga.

3. JUSTIFICATIVA

A riqueza de recursos hídricos cria a necessidade de proteção e conhecimento dos aspectos ambientais através de estudos realizados em diversas obras, especialmente em barragens necessários para estudos de impactos ambientais e monitoramento dessas obras.

A construção dessa barragem, teve o objetivo principal de perenizar o riacho São Gregório e incrementar a oferta hídrica para a população do entorno e à jusante do reservatório, que sofre com a escassez hídrica, principalmente nos períodos de seca, de modo a contribuir para o desenvolvimento sustentável da região Norte de Minas.

4. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO

4.1. LOCALIZAÇÃO

A Barragem São Gregório situa-se no curso superior do riacho São Gregório, nas coordenadas aproximadas 16°34'28.15"S e 44°51'14.88"O O, na divisa dos municípios Campo Azul e Ponto Chique no Norte de Minas Gerais. O riacho São Gregório é afluente do rio Gameleira ou Paracatu, que é afluente da margem direita do rio São Francisco, que, por sua vez, deságua na margem direita do Médio São Francisco, cerca de 10 Km à jusante da cidade de São Romão.

O acesso à Barragem São Gregório, a partir de Montes Claros, segue pelas rodovias BR 135, MG 202 e Rodovia Cirilo Ferreira da Fonseca, em direção a Campo Azul/MG, num percurso de 176 km. Para acesso ao barramento, no trevo na entrada da cidade de Campo Azul, segue pela estrada rural por 9 km até o barramento. As distâncias às capitais estaduais mais próximas são as seguintes:

- para Belo Horizonte - 594 km
- para Brasília - 865 km
- para Salvador - 1.182 km

A Figura 01, a seguir, apresenta a localização da Barragem São Gregório, com os municípios próximos:

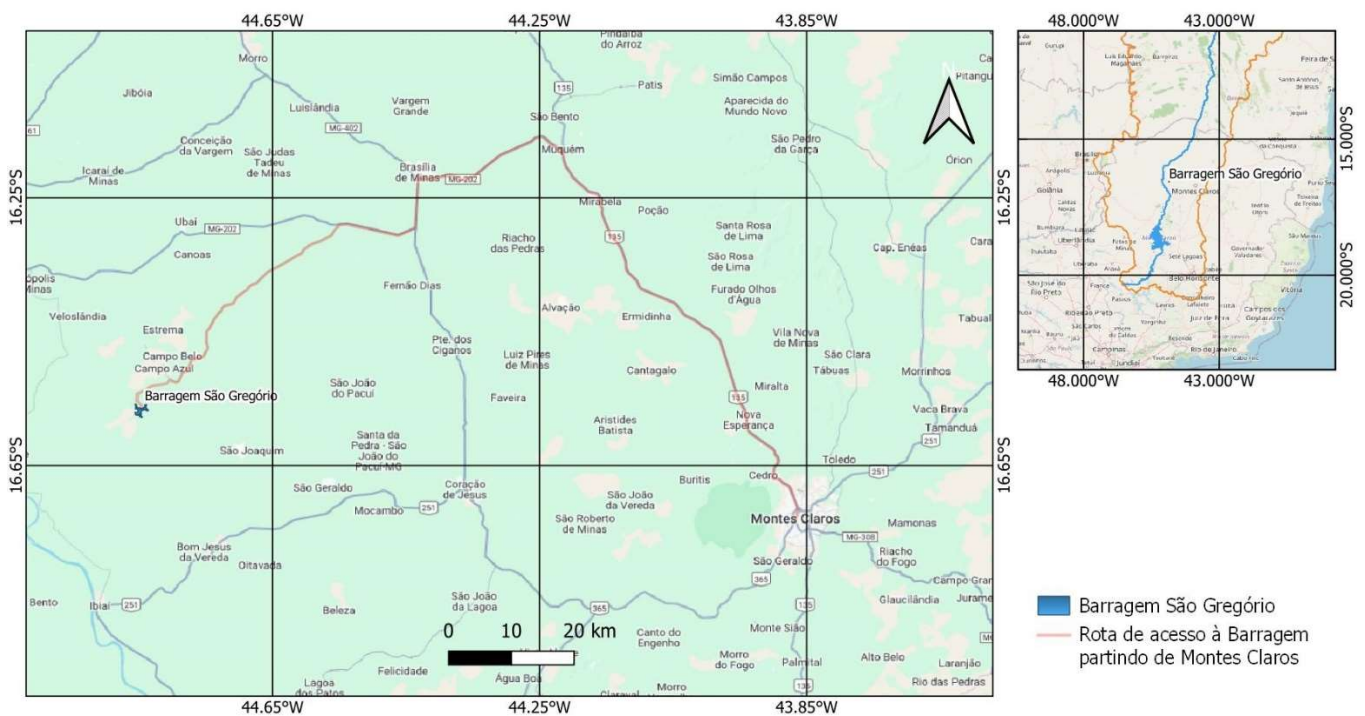


Figura 00 – Localização e rota de acesso à barragem São Gregório.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DA BARRAGEM

Tipo: Maciço de terra homogêneo com sangradouro lateral e descarga de fundo.

Comprimento total do coroamento: 360,00 m

Cota máxima de operação normal: 606,5 m

Cota máxima maximorum: 608,42 m

Cota do coroamento: 610,00 m

Largura do Coroamento: 8,00 m

Altura máxima do maciço: 26,00 m

Borda Livre: 4,00m

Volume total do maciço: 135.000 m³

Talude de montante (H/V): 2,5/1

Talude de jusante com berma intermediária de 4,0 m (H/V): 2,0/1

Empresa projetista: Geotécnica

Ano do projeto: 1990

Construtora: Cros – Construtora Rocha Souza Ltda.

Ano de conclusão da obra de implantação: 2005



Figura 02 – Imagem do google earth da barragem de São Gregório e layout do projeto executivo.

4.2.1. Vertedouro

Tipo: Soleira fixa, canal rápido com salto de esqui

Seção: retangular

Descarga máxima afluente (TR = 500 anos): 319,00 m³/s

Descarga efluente (amortecida): 123,66 m³/s

Cota da crista vertente: 606,50 m

Largura da crista vertente: 25,00 m

Altura do vertedouro: 2,5 m

Altura da lâmina efluente (TR = 500 anos): 1,92 m

Comprimento do rápido: 62,70 m



Figura 03 - Vertedouro

4.2.3. Descarga de Fundo

Tipo: Tubulação embutida na fundação do maciço com barrilete terminal de controle

Diâmetro da tubulação: 500 mm

Comprimento da tubulação: 150,00 m

Controle: Barrilete com 4 saídas munidas de:

- Dois registros de 500 mm;
- Um registro de 250 mm;
- Um registro de 200 mm;
- Um registro de 150 mm.



Figura 04 – Fotos do sistema de descarga de fundo e registro.

4.2.4. Curva Cota x Area x Volume

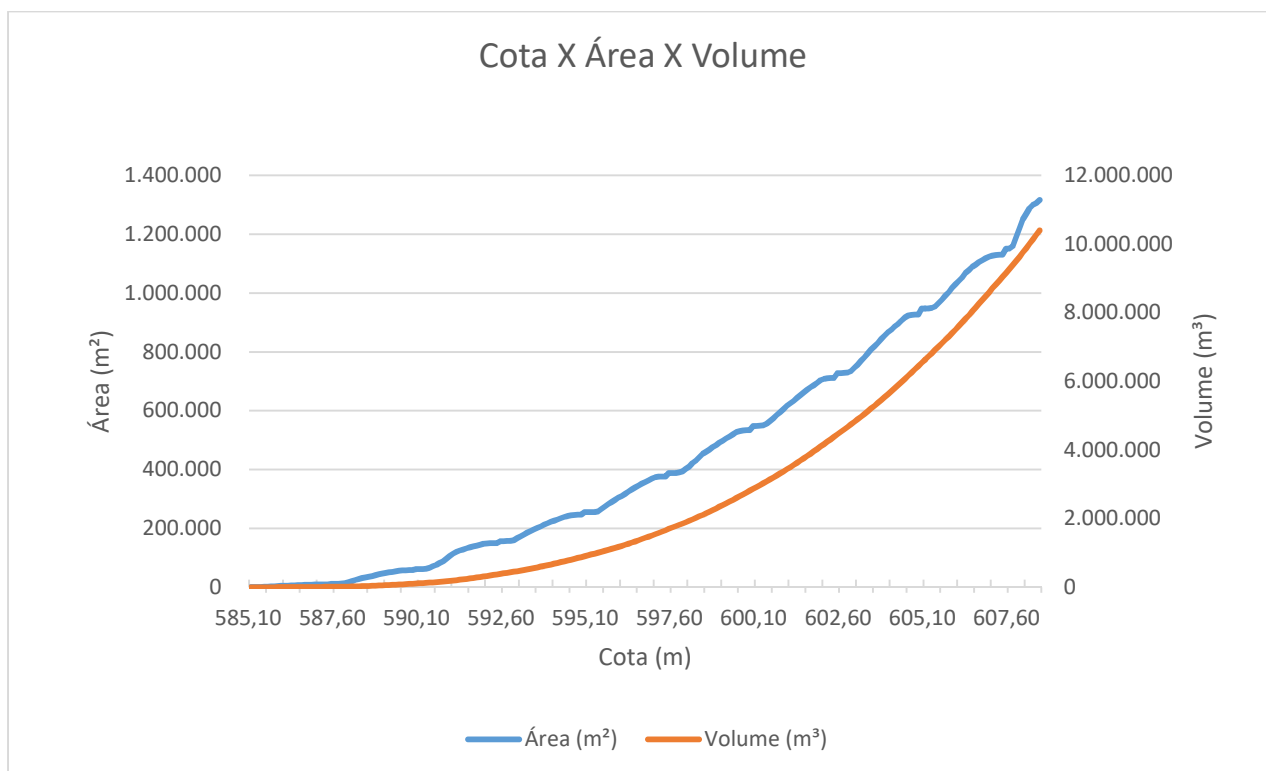


Figura 05 - Curvas Cota x Volume e Cota x Área

Tabela 01 – Dados de cota e volume do reservatório da Barragem São Gregório.

Elevação	Volume (m³)	Elevação	Volume (m³)
585,50	0,00	597,50	1.687.769,01
586,00	1.442,48	598,00	1.881.847,99
586,50	4.308,70	598,50	2.094.791,60
587,00	8.199,03	599,00	2.330.327,80
587,50	12.663,84	599,50	2.584.191,59
588,00	19.208,07	600,00	2.849.064,44
588,50	31.790,74	600,50	3.123.241,59
589,00	51.567,06	601,00	3.417.438,60
589,50	76.950,94	601,50	3.736.257,66
590,00	105.357,16	602,00	4.076.745,12
590,50	137.347,72	602,50	4.429.908,92
591,00	181.109,16	603,00	4.793.376,14
591,50	240.363,20	603,50	5.180.428,82
592,00	309.989,34	604,00	5.598.048,32
592,50	384.167,73	604,50	6.042.812,65
593,00	463.010,75	605,00	6.503.238,18
593,50	553.312,43	605,50	6.975.709,34
594,00	657.701,69	606,00	7.473.208,45
594,50	773.337,30	606,50	8.001.917,56
595,00	895.154,95	607,00	8.554.343,27
595,50	1.022.848,68	607,50	9.117.696,85
596,00	1.164.761,13	608,00	9.712.903,61
596,50	1.325.101,09	608,50	10.354.325,90
597,00	1.501.689,23		

4.2.4. Dados hidrológicos (Projeto)

- Área da bacia hidrográfica: 39,5 km²
- Cota de retenção máxima normal: 606,50 m
- Área de bacia hidráulica: 108,7 ha
- Volume total acumulado: 10,3 hm³
- Cota máxima maximorum (TR = 500 anos): 608,42 m
- Cota mínima de operação: 594,90 m
- Volume morto: 0,87 hm³
- Vazão média regularizada: 0,19 m³/s

- Vazão com 90% de garantia: 0,11 m³/s

5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

5.1. Local da intervenção

A seção de intervenção no riacho São Gregório onde foi implantado o barramento possui a área de drenagem igual a 39,4 km². O rio principal mede 11,1 km de comprimento até o ponto de intervenção. As coordenadas geográficas da captação direta são apresentadas na Tabela 02 à seguir:

Tabela 02 - Coordenadas geográficas do ponto de intervenção.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Latitude (m)	Longitude (m)
8.167.510 S	515.561 E

Ressalta-se que os arquivos digitais em ambiente de SIG estão projetados em SIRGAS 2000 UTM Zona 23S.

Para atender aos critérios exigidos no relatório de outorga de captação superficial pelo IGAM realizou-se a caracterização física da área de drenagem a partir do ponto de intervenção no riacho São Gregório.

5.2. Caracterização da Bacia Hidrográfica

O riacho São Gregório está localizada na bacia do rio Gameleiras ou Paracatu, que é afluente direto do rio São Francisco e está inserida na UPGRH SF6 – Bacias dos rios Jequitaí e Pacuí.

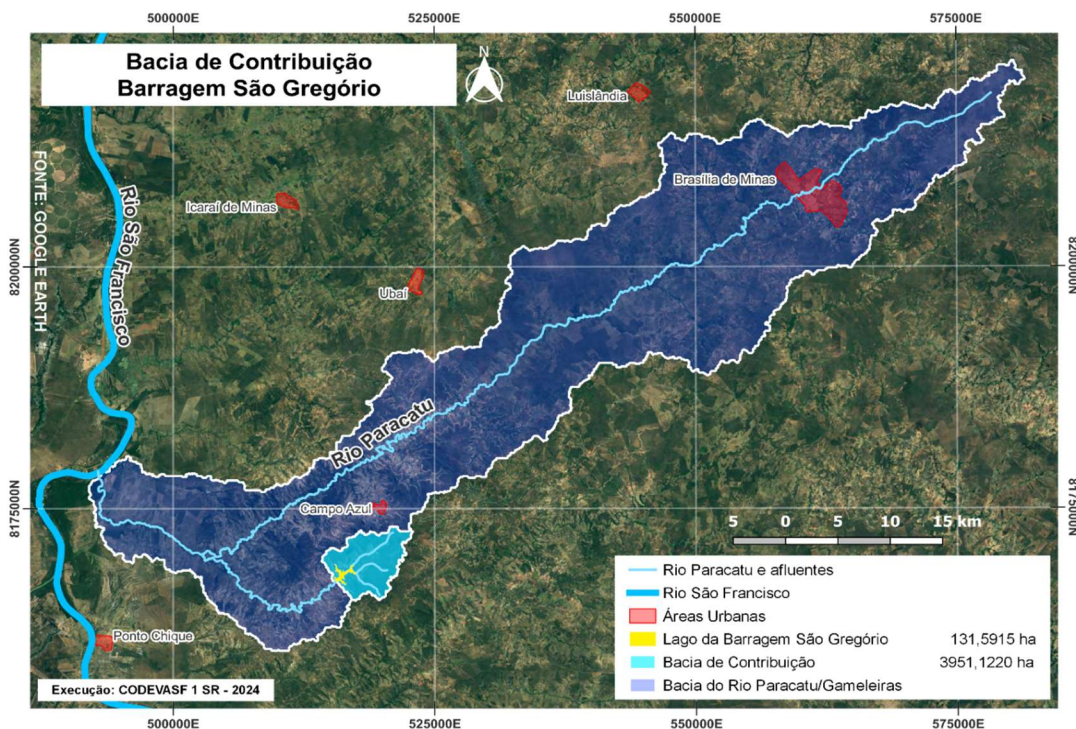


Figura 06 – Mapa de localização da barragem São Gregório

Na determinação das características físicas da bacia no ponto de intervenção foi utilizado modelo digital de elevação SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) disponibilizado no site Earth Explorer através do link <<http://earthexplorer.usgs.gov>>, com resolução de 30 metros, com processamento e formatação das informações através do software livre Qgis, determinou-se as seguintes características físicas (Tabela 03): área de drenagem (A), altitudes máxima e mínima, perímetro, comprimento do rio principal (Lp), axial e total dos cursos d'água (Lt), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), densidade de drenagem (km km⁻²), declividade do curso principal e índice de sinuosidade (IS).

Tabela 03 – Características morfométricas da bacia de drenagem da Barragem São Gregório.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA	
Área de drenagem (km ²)	39,5
Altitude mínima (m):	588,0
Altitude máxima (m):	693,0
Área de drenagem (km ²):	39,5
Perímetro (km) :	36,0
Comprimento total dos cursos d'água (km):	33,1
Comprimento do rio principal (km):	11,2
Comprimento axial da bacia (km):	12,1
Declividade do curso d'água principal:	0,0094
Coeficiente de compacidade (kC):	1,61
Fator de forma (F):	0,32
Densidade de drenagem (km/km ²):	0,84
Índice de circularidade (IC):	0,38
Índice de sinuosidade (IS):	0,92

5.3. Cálculos Hidrológicos

5.3.1. Metodologias de Predição de rendimentos específicos

Para simulação hidrológica do reservatório, utilizou-se dados diários de vazão da Estação Fluviométrica de Ponte dos Ciganos (código 42187000). Essa Estação é de responsabilidade da Agencia Nacional das Águas (ANA) apresentando registros de dados consistidos de 1973 a 2014. A estação localiza-se no Rio Pacuí com área de drenagem de 1.310 km², nas coordenadas geográficas: latitude 16°28'0.84"S e longitude

44°22'33.96"O. Esta estação foi escolhida por ser a mais próxima ao ponto do barramento com dados disponíveis mais recentes em relação às demais estações identificadas.

Para escolha do ano crítico dessa Estação, que é utilizado na simulação hidrológica de operação diária do reservatório, adotou-se o ano em que a vazão mínima de sete dias consecutivos de duração se aproximasse mais da Q7,10 da estação.

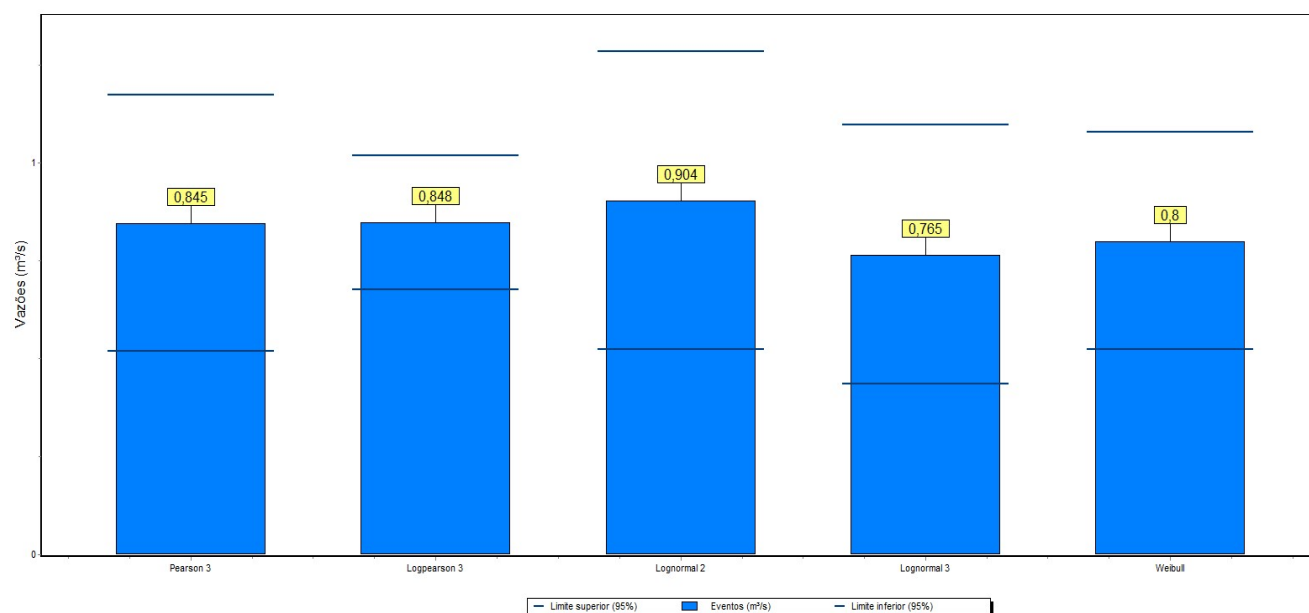
A gráfico abaixo apresenta os valores médios de Q7-10 de todos os anos da série histórica de vazões da Estação assim como as médias e máximas anuais.

Tabela representativa dos valores médios das vazões mínimas, médias e máximas anuais da série histórica da estação Ponte dos Ciganos (código 42187000)

Foram excluídos os anos que possuíam qualquer percentual de falhas para não comprometer os resultados e manter a homogeneidade.

Determinação do ano crítico.

Para determinação do ano crítico foi utilizado o software SisCAH 1.0 - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o qual permite regionalizar diferentes variáveis hidrológicas referente às vazões mínimas observadas em estações fluviométricas monitoradas a partir da utilização de diferentes métodos.



A distribuição logpearson 3 foi a que melhor ajuste apresentou devido ao menor erro padrão e menor variância.

Após a determinação da vazão mínima foi escolhido o ano de ocorrência com o valor mais próximo da vazão informada na tabela a baixo.

O ano crítico que apresentou valores mais próximos foi o ano de 2010 que foi usado para a simulação hidrológica do barramento.

Data	Vazão(m³/s)
21/10/2002	0,71
14/10/2014	0,81
16/10/2004	0,9
27/08/2001	0,93
28/07/2003	0,93
28/09/1999	0,98
11/02/2008	1,01
24/10/2005	1,07
14/09/2006	1,12
16/09/2013	1,14
26/10/1991	1,16
06/01/1998	1,17
14/10/1997	1,24
18/11/1988	1,32
04/02/1989	1,36
07/04/1995	1,37
17/10/1990	1,45
13/10/2010	1,48
05/03/1996	1,54
15/09/2011	1,56
27/10/2012	1,57
27/10/1994	1,78
11/11/2007	1,92
26/06/2000	1,94
29/10/1993	1,98
09/08/2009	2,05
08/05/1977	2,08
10/01/1987	2,11
28/09/1974	2,2
09/10/1975	2,26
13/09/1976	2,26
19/10/1992	2,41
11/04/1986	2,71
31/07/1985	2,93
10/11/1984	3,63
27/11/1982	3,72
10/04/1978	3,81
27/10/1980	3,87
14/08/1983	3,92
10/02/1979	4,7
21/09/1981	4,86

Cálculo do Rendimento Especifico da Estação

$$R_e = \frac{\text{Vazão mínima obtida no Sis CAH } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\text{área da estação } (\text{Km}^2)} \times 1000$$

O Rendimento Especifico da Estação é uma variável hidrológica que representa a relação entre a vazão e a área da bacia hidrográfica. Serve como um indicador direto que permite obter o nível da produção de água na bacia hidrográfica.

Então:

$$R_e = \frac{0,848 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{1.350 (\text{Km}^2)} \times 1000 = 0,647 \frac{\text{l}}{\text{s}/\text{km}^2}$$

Predição de Rendimento Especifico da Bacia Utilizando o Estudo de Regionalização de Vazão de Minas Gerais (IGAM/UFV - 2012)

$$R_e = \frac{\text{Vazão de referencia (Q7 - 10) obtida no IDE SISEMA } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\text{área da bacia } (\text{Km}^2)} \times 1$$

Onde:

Área da Bacia do Córrego São Gregório até a barragem existente = 39,5 km²

Vazão de referência para o Córrego Riachão = 0,010995594 m³/s

Então:

$$R_e = \frac{0,010995594 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{39,5 (\text{Km}^2)} \times 1000 = 0,2784 \frac{\text{l}}{\text{s}/\text{km}^2}$$

5.3.2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA (SIMULAÇÃO DO BARRAMENTO)

Barramento	Barragem São Gregório		
Estação	PONTE DOS CIGANOS	Código	42187000
Área de drenagem (km ²)	1310		
Re estação (l/s.km ²)	0,65		
ReUFV (l/s.km ²)	0,28		
Re min (l/s.km ²)	0,28		
Re med (l/s.km ²)	0,46		
Volume do Reservatório (m ³)	8.002.000,00		
Volume util (m ³)	7.127.000,00		
Volume para Descarga de Fundo (m ³)	873.000,00		
Vol. Descarga Fundo/Vol. Reserv.	10,91%		
Área inundada (ha)	108		
Área de drenagem (km ²)	39,5		
Rendimento Espec. Mín. (l/s*km ²)	0,28		
Q _{7,10} (m ³ /s)	0,0110		
30% Q _{7,10} (m ³ /s)	0,003		
Descarga de Fundo - X % Q _{7,10}	200%		
Ano crítico adotado	2014		

Quadro de precipitação e evapotranspiração potencial médios

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
P (mm/mês)	192,0	116,0	125,0	42,0	14,0	4,0	3,0	7,0	21,0	110,0	211,0	237,0
E (mm/mês)	108	104,00	117	90	75	58	57	74	89	107	104	109

Dados da estação climatológica de Montes Claros

Resumo mensal de vazões diárias (médias)

Mês	Q _{ent.} [m ³ /s.mês]	Q _{cap.} [m ³ /s.mês]	Q Residual [m ³ /s.mês]	P [m ³ /s.mês]	E [m ³ /s.mês]	Q _{adi.} [m ³ /s.mês]	DV [m ³ /mês]	V [m ³]
janeiro	1,585		0,682	4546,8949	4780,3279		72.352	4.073.352
fevereiro	0,884		0,616	2710,0252	4603,2787		-22.999	4.050.353
março	0,936		0,682	2954,8800	5178,6885		-32.311	4.018.042
abril	0,787		0,660	656,4247	3983,6066		-70.209	3.947.833
maio	0,625		0,682		3319,6721		-85.848	3.861.984
junho	0,514		0,660		2567,2131		-75.184	3.786.800
julho	0,494		0,682		2522,9508		-77.764	3.709.036
agosto	0,459		0,682		3275,4098		-99.158	3.609.879
setembro	0,372		0,660	114,6032	3939,3443		-118.138	3.491.740
outubro	0,415		0,682	2542,7095	4736,0656		-76.543	3.415.197
novembro	1,102		0,660	4924,3014	4603,2787		46.053	3.461.250
dezembro	1,477		0,682	5387,7227	4824,5902		82.456	3.543.706

Legenda

 Q_{ent.} Vazão de entrada

 Q_{cap.} Vazão captada

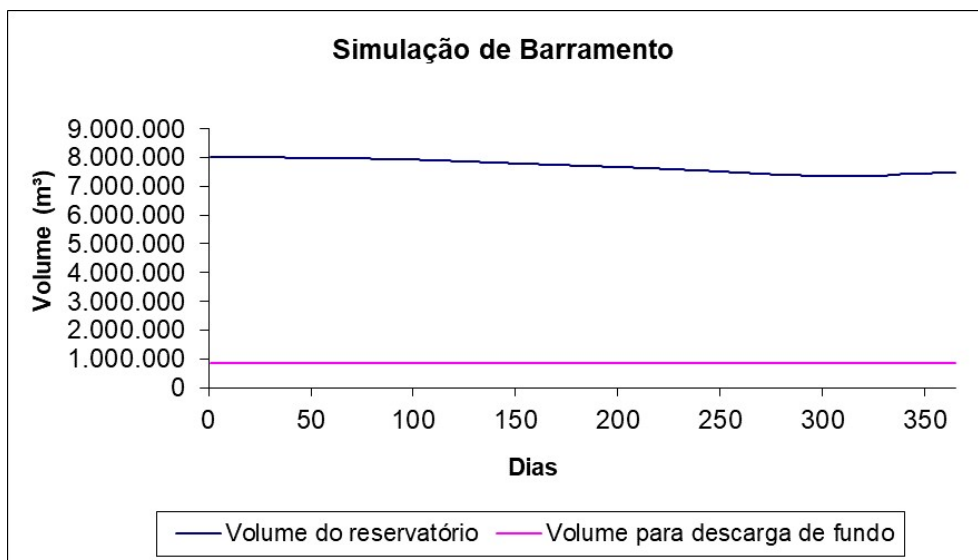
P Precipitação

E Evaporação

 Q_{adi.} Vazão adicional

- DV Balanço de volume
V Volume armazenado

Gráfico demonstrativo do comportamento do barramento durante o ano crítico.



5.3.3. Cálculo dos Parâmetros Geométricos do Sangradouro

No projeto do vertedouro da barragem São Gregório foi considerada a vazão máxima para um período de recorrência de 500 anos. Para análise da capacidade do vertedouro utilizaremos o utilizado o Método Soil Conservation Service (SCS) ou Método do Hidrograma Triangular Unitário.

Segundo Mata-Lima et. al. (2007) esse método é mais recomendável para bacias maiores uma vez que o método racional pode superestimar os valores para grandes bacias.

O Método do Hidrograma ou do Hidrógrafo Triangular Unitário (MHTU) foi desenvolvido pelo "U.S SOIL CONSERVATION SERVICE" para o cálculo das descargas do pico das grandes bacias até o limite de 2.500 km² de área drenada.

O MHTU considera que o escoamento unitário é função da precipitação antecedente, impermeabilidade do solo, cobertura vegetal, uso da terra e prática de manejo do solo, agrupando todos estes fatos em um só coeficiente (grupo de curvas CN).

Dados:

T (Tempo de Recorrência) = 500 anos conforme Manual de Outorga

CN (número da curva de escoamento superficial) = 55 solo tipo B com cobertura de floresta

L (Comprimento do talvegue principal) = 11,2 km

H (Diferença entre as cotas mais alta e mais baixa) = 105,00 m

A (Área da bacia de Contribuição) = 39,5 km²

- Tempo de concentração (t_c):

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

$$t_c = 2,578 \text{ h}$$

- Duração da chuva

Pelo método do Hidrograma unitário, a duração da chuva deve estar no intervalo:

$$\frac{1}{5} t_c \leq D \leq \frac{1}{3} t_c$$

Adotando $D = 0,25 t_c$, tem-se

$$D = 0,25 \cdot 1,28 = 0,64 \text{ h}$$

- Tempo de retardo da bacia (t_p)

$$t_p = 0,6 t_c$$

Substituindo

$$t_p = 1,547 \text{ h}$$

- Determinação do tempo de ascensão do hidrograma unitário (t_a):

$$t_a = \frac{D}{2} + t_p$$

$$t_a = 1,869 \text{ h}$$

- Determinação do tempo de base (t_b):

$$t_b = 2,67 t_a$$

$$t_b = 4,991 \text{ h}$$

- Cálculo de vazão máxima de pico (q_p):

$$q_p = \frac{0,208 \cdot A}{t_a}$$

$$q_p = 4,395 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{mm}$$

- Intensidade Máxima de Precipitação – (I_m)

$$I_m = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

Para determinação dos parâmetros da equação foi utilizado o software Pluvio 2.1 do GPRH/UFV com coordenadas do ponto do barramento

$$K: 3568,65$$

$$a: 0,228$$

$$b: 32,922$$

$$c: 0,993$$

Em que t = duração da chuva ($D=0,64 \text{ h} = 38,68 \text{ minutos}$)

$$I_m = 211,80 \text{ mm/h}$$

- Calculando a precipitação total (P_0):

$$P_0 = i_m \times D$$

$$P_0 = 136,544 \text{ mm}$$

- Calculando a precipitação distribuída (P):

$$P = P_0 \cdot \left[1 - 0,10 \cdot \log \left(\frac{A}{25} \right) \right]$$

Em que A = área da bacia de contribuição = $39,5 \text{ km}^2$

$$P = 133,831 \text{ mm}$$

- Calculando o potencial de retenção de água no solo (S)

Em que CN (número da curva de escoamento superficial = 55 solo tipo B com cobertura de floresta.

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

$S = 207,81$ (adimensional)

- Calculando a precipitação efetiva (P_e):

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

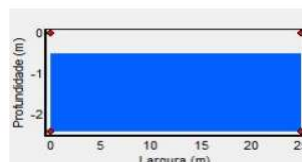
$P_e = 28,369$ mm

- Calculo de vazão máxima para dimensionar o extravasador (Q)

$$Q = P_e \cdot q_p$$

$Q = 124,67$ m³/s

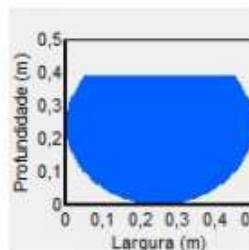
Para verificação dos parâmetros geométricos do vertedor foi utilizado o software Canal do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do DEA/UFV apresentados no relatório abaixo:



Conforme pode ser observado no relatório do software Canal apresentado acima, para uma lâmina d'água de 1,92, tem-se uma capacidade de vazão de 163,98 m³/s, que é superior à vazão calculada pelo método SCS.

5.3.4. Estrutura de Descarga da Vazão Residual

Por se tratar de uma barragem para regularização de vazão com o objetivo de beneficiar não somente a população do entorno do barramento como a população que ocupa as áreas à jusante, optou-se neste estudo por considerar uma vazão residual equivalente à 200% da Q₇₋₁₀, de 22 l/s. Para avaliar a capacidade do sistema de descarga de fundo instalado foi utilizado o software Canal do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do DEA/UFV apresentados no relatório abaixo:



Conforme pode ser observado a capacidade da estrutura de descarga de fundo é muito superior à vazão residual definida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EUCLYDES, H.P. Saneamento agrícola. Atenuação das cheias: metodologia e projeto. Belo Horizonte: RURALMINAS, 320 p. 1987.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais, 36p. 2010.

IGAM – UFV. Estudo de regionalização de vazão para o aprimoramento do processo de outorga no estado de Minas Gerais. Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da UFV, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo Horizonte, 2012. 415p.

PORTO, R.; ZAHEL, F. K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH-EDUSP. 943 p. 2000.

PRUSKI, F.F., BRANDÃO, V.S., SILVA, D.D. escoamento superficial. Viçosa: UFV. 2ª Ed., 87p. 2004.

SMEDEMA, L.K.; RYCROFT, D.W. Land drainage: planning and design of agricultural drainage systems. New York: Cornell University Press, 376p. 1983.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.