

**RELATÓRIO TÉCNICO PARA
SOLICITAÇÃO DE OUTORGA
PARA BARRAMENTO EM CURSO
D'ÁGUA, COM CAPTAÇÃO COM
REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO**

Requerente: **SÃO CARLOS AGROPECUARIA LTDA**

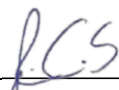
IRRIGAÇÃO

**MUNICÍPIO: SANTA FÉ DE MINAS
BACIA FEDERAL: RIO SÃO FRANCISCO
BACIA ESTADUAL: PARACATU
CURSO D'ÁGUA: RIBEIRÃO SANTA FÉ.**

SANTA FÉ DE MINAS - MG

2023

RESPONSÁVEL TÉCNICO



JOÃO CARLOS DA SILVA

CREA-MG 177516/D

ART nº MG20221408350

1. INFORMACÕES GERAIS

1.1- DO PROPRIETÁRIO

NOME: São Carlos Agropecuária LTDA

CNPJ: 35.156.286/0001-83

ENDEREÇO: Rua Afonso Pena, 500, sala 903, Centro, Unai/MG – CEP: 38.610-074

TELEFONE: (38) 3677-1011

Endereço Correspondência: Rua Afonso Pena, 500, sala 903, Centro, Unai/MG – CEP: 38.610-074

TELEFONE: (38) 3677-1011

1.2. DO EMPREENDIMENTO

NOME: Fazendas São Tomaz, Vereda Do Salto, Vereda Da Égua, São José, Laranja, Recanto e Riacho Fundo.

MATRÍCULA: 2.331, 3.780, 3.786, 3.794, 4.599, 4.608 e 4.620

ÁREA TOTAL: 5.647,2124 ha

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E VIAS DE ACESSO

Roteiro de acesso: Partindo de Brasilândia de Minas-MG sentido Santa Fé de Minas pela LMG-667 seguir por 32, km virar à esquerda, seguir por 12, km virar à esquerda, seguir por 4, km, virar à esquerda por mais 2, km até o perímetro da Fazenda São Tomaz, local denominado Fazenda Buriti Cortado, Fazenda Vereda da Égua, Fazenda Santa Fé.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A propriedade possui uma área total de 5.647,2124 ha. A área total apta a irrigação é 980,0000 há, dos quais está plantada de pastagens.

O proprietário, com intuito de converter a área de pastagem para cultivo com lavouras brancas para um total de 980,0000 ha, e garantir a produção na época de secas do ano, pretende instalar um sistema de irrigação por Pivô Central que irá suprir o déficit de água na época adequada.

A área de 980,0000 há que será irrigada por Pivô Central terá uma lâmina de irrigação de 5,70 mm.

Neste empreendimento será feito o uso de captação de água em barramento com regularização de vazão > 5ha.

A topografia do terreno é homogênea e pouco variada, praticamente plana os solos são profundos, aptos à agricultura mecanizada. A textura destes é predominantemente areno-argilosa á textura média. Na propriedade encontra-se o Ribeirão Santa Fé e outros pequenos afluentes.

O principal rio desta região é o Rio Paracatu, afluente à margem esquerda do Rio São Francisco.

Com a formalização deste processo de outorga, o empreendedor requer a autorização da outorga para o desenvolvimento da atividade de culturas anuais irrigadas no empreendimento.

As áreas de preservação permanente encontram-se preservadas e as áreas de reserva legal encontram-se averbada em cartório com vegetação típica de cerrado. O imóvel possui Cadastrado Ambiental Rural.

4. JUSTIFICATIVA DA VAZÃO REQUERIDA

O presente trabalho tem por objetivo requerer outorga de direito de uso de água com a finalidade de irrigação da cultura anuais.

A captação de água ocorrerá através de um barramento de solo compactado a ser construído no ribeirão Santa Fé.

A vazão residual da $Q_{7,10}$ será considerada a 100%, o que não afetara no volume do curso d'água.

A irrigação das culturas deste empreendimento ocorrerá em áreas que hoje são plantadas com eucalipto.

Objetiva-se o consumo de água neste ponto requerido será conforme tabela abaixo:

VAZÃO SOLICITADA				
MÊS	Vazão (m ³ /s)	Horas/dia	dias/mês	Volume (m ³)
JANEIRO	0,740	21	20	1.118.880,00
FEVEREIRO	0,740	21	20	1.118.880,00
MARÇO	0,740	21	20	1.118.880,00
ABRIL	0,740	21	20	1.118.880,00
MAIO	0,740	21	20	1.118.880,00
JUNHO	0,740	21	20	1.118.880,00
JULHO	0,740	21	20	1.118.880,00
AGOSTO	0,740	21	20	1.118.880,00
SETEMBRO	0,740	21	20	1.118.880,00
OUTUBRO	0,740	21	20	1.118.880,00

NOVEMBRO	0,740	21	20	1.118.880,00
DEZEMBRO	0,740	21	20	1.118.880,00

5. ESTIMATIVAS DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Os procedimentos empregados para a determinação das disponibilidades hídricas foram obtidos da referência " SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br; alguns sites Governamentais (como IGAM, SIAM e ANA).

Dados relativos ao local de captação de água da Fazenda Bela Safra, no ribeirão da Mutuca a ser captada.

- Coordenadas do ponto de captação:

Latitude: -16° 44' 47,37"S

Longitude: -45° 45'46,39" W

- Área de drenagem da bacia de contribuição (Ad)= 100,07 Km²

6. VAZÕES

- Vazão Mínima de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência:

$$Q_{7-10} = 0,1543 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Vazão média de longo período:

$$Q_{mlp} = 0,9271 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Vazão máxima diária com 10 anos de recorrência:

$$Q_{90} = 0,2801 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (286,54 l/s)}$$

- Vazão residual (ecológica): Considerada

$$Q_{res} = 100\% \text{ da } Q_{7-10} = 0,1543 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (154,30 l/s)}$$

- Vazão disponível:

$$Q_{res} = 50\% \text{ da } Q_{7-10} = 0,0771 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (77,15 l/s)}$$

- Vazão medida no local: Data da medição 13/12/2022

$$Q_{local} = 1,15 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (4.140,00 m}^2/\text{h)}$$

7. OUTORGADOS

Realizado a pesquisa de usuários no ribeirão Santa Fé, sabe-se que não há usuários cadastrados a montante nem mesmo a jusante do recurso hídrico.

8. VAZÃO NECESSÁRIA

O projeto de irrigação será realizado para atender um sistema de aspersão por Pivô Central.

A irrigação será realizada com maior frequência nos meses de março a outubro, com maior demanda hídrica. Entre os meses de novembro a fevereiro a irrigação poderá ser reduzida devido ao período de chuvas ser mais intenso.

DADOS DO PROJETO IRRIGAÇÃO:

- Área total a ser irrigada – 980,0000 ha.
- Tempo diário de irrigação - 21 horas/dia
- Lâmina Bruta de irrigação – 5,70 mm
- Vazão necessária – 2.664,00 m³/hora
- Consumo diário – 1.118.880,00 m³
- Turno de rega – 1 dias
- Toda as áreas poderão ser irrigadas no dia

A vazão necessária ao projeto de irrigação de **2.664,00 m³/h (740,00 l/s)**, trabalhando **21 h/dia**, ou seja, necessita de um volume médio diário de **55.944,00 m³**.

Conjunto moto-bomba

Para a vazão requerida pode-se optar pelo uso de 6 conjuntos conforme tabela abaixo:

Conjunto moto bomba somente de referência, modelo Imbil.

Linha	Modelo	Npsh Req mca	Potência cv	Rendimento %	BEP %	Rotação Bomba	Frequência Hz	Temp Max C	Vazão Min m3/h	Vazão Max m3/h	Pressão Min mca	Pressão Max mca
BP	200450 C	4,77	294,35	83.80	87.00	1775	60	105	345,61	938,57	73,59	106,86
INI	200500	6	296,33	83.24	85.74	1750	60	105	320,93	897,91	77,38	132,1
INI	200500	6,08	297,26	82.98	85.41	1780	60	105	321,11	896,27	77,46	131,99
BP	300740 A	3,71	302,51	81.54	82.00	1160	60	105	305,21	785,49	80,78	120,06
INK	200400	5,86	304,08	81.12	86.16	2100	60	105	364,12	979,29	79,44	120,34
INK	200500	5,63	305,43	80.76	82.27	1750	60	105	270,53	745,01	76,24	123,37
INK	200500	5,51	308,22	80.03	81.54	1790	60	105	269,96	744,48	75,17	124,11
BP	200530 HR	2,76	311,09	79.29	82.59	1785	60	105	290,9	1103,34	70,7	140,7
BP	200450 A	4,36	314,07	78.54	87.00	1775	60	105	412,45	1140	70,08	107,43

Apresentamos a seguir o quadro de vazões totais e tempo de captação para cada mês respectivamente.

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vazão												
(m ³ /s)	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400	0,7400
Horas/dia	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Dias/mês	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Volume												
(m ³)	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00	1.118.880,00

Tabela 01 – Quadra de Vazões e tempo de captação para a solicitação de outorga.

Pelos estudos podemos constatar que a vazão disponível foi de **277,74 m³/hora** e nosso projeto necessita de **2.664,00 m³/hora**.

Portanto como podemos verificar pelos cálculos, a vazão disponível e o volume diário, são menores que a vazão e o volume necessários ao projeto. Portanto este projeto necessita de um reservatório para acúmulo de água no período chuvoso.

9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BARRAGEM DE TERRA

Com o Levantamento topográfico em anexo, pode se calcular o volume armazenado bem como todas as estruturas da barragem.

Tabela de Cota-Área-Volume - Volume Acumulado - Barragem - ribeirão Santa Fé

Cota (m)	Área (m ²)	Volume Acumulado (m ³)	Altura do aterro (m)	Notas
661,50			14,5	Crista do aterro
661,00			14	
660,00	117,98	5.644.570,16	13	Espelho D'água
659,00	104,63	4.592.755,15	12	
658,00	91,18	3.669.226,80	11	

657,00	77,87	2.876.410,85	10	
656,00	66,52	2.201.579,28	9	
655,00	54,89	1.636.096,26	8	
654,00	43,85	1.186.520,46	7	
653,00	36,13	818.459,23	6	
652,00	29,08	520.933,47	5	
651,00	21,05	298.113,01	4	
650,00	12,89	156.359,73	3	
649,00	8,7650	63.112,86	2	
648,00	3,2350	12.283,95	1	Volume Morto
647,00	-	-	0	Nível do córrego

Resumo	
Área Espelho D'Água	117,9800 ha
Volume Total	5.644.570,16 m ³
Volume Morto	12.283,95 m ³
Volume Útil	5.632.286,21 m ³

Tabela 02 – Cotas – Área Acumulada – Volume Acumulado.

10. PROJETO ESTRUTURAL DO BARRAMENTO

O barramento construído comporta uma área de drenagem de 102,67 Km² e inunda uma área total de 117,9800 ha. Segue as características do corpo da barragem de solo compactado.



Comprimento da Crista – 415,76 m

Largura da Crista – 10,00 m

Altura Máxima do aterro compactado – 13,22 m

Inclinação aterro jusante – 1 para 2,0 m

Volume Total do reservatório – 5.644.570,16 m³

Área inundada – 117,9800 ha

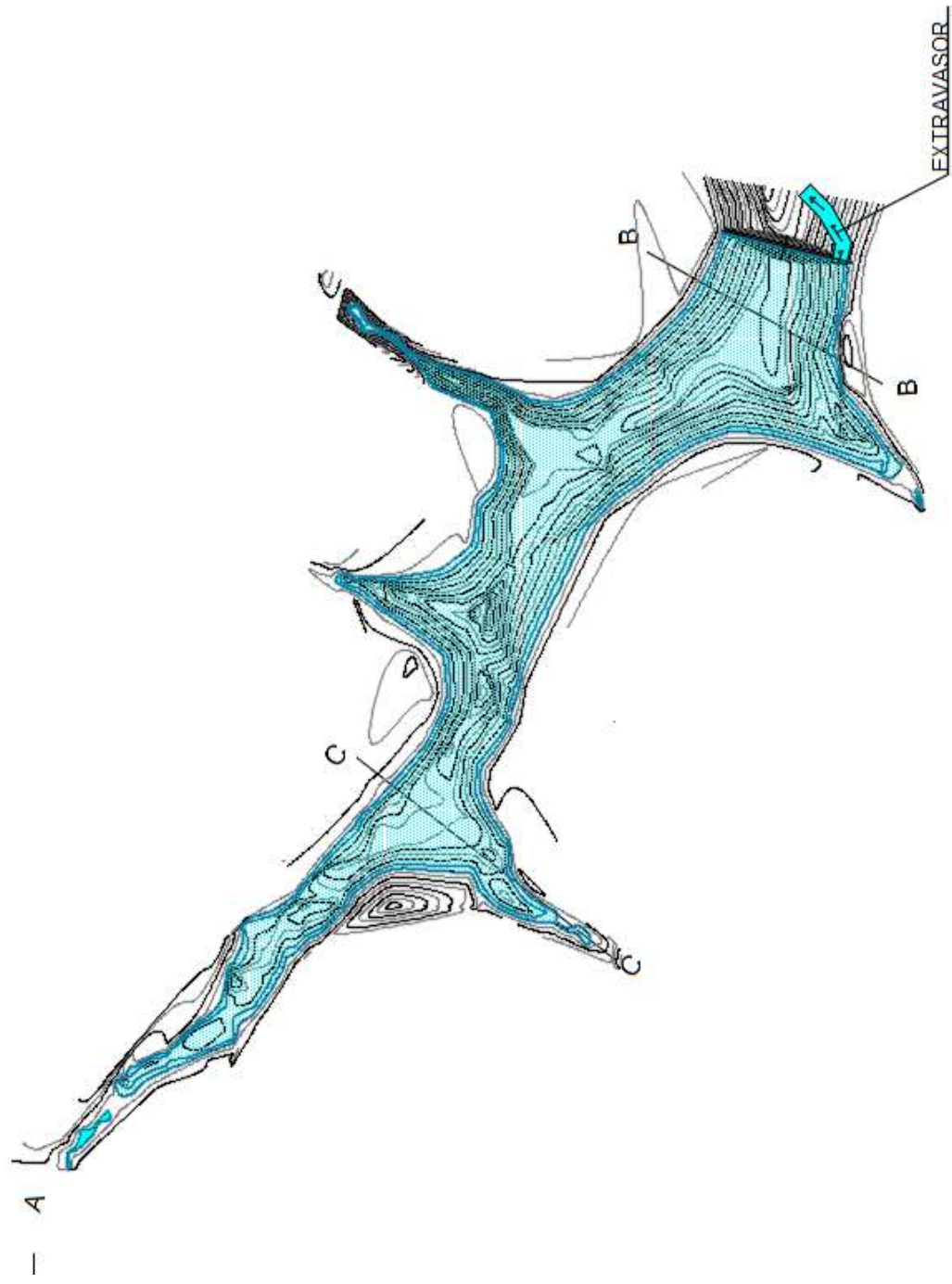
Elevação topo do aterro compactado – 661,50 m

Elevação do extravasor nível máximo reservatório – 660,00 m

Inclinação aterro montante – 1 para 3,0 m

Volume morto – 12.283,95 m³

.....



Batimetria do barramento.

11. VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO

Para se obter a vazão máxima prevista é necessário calcular o Tempo de Concentração (t_c) e a intensidade máxima média de precipitação (I_m).

Para o cálculo da vazão de cheia foi utilizado o Método do Hidrograma Unitário Sintético (HU) proposto pelo Soil Conservation Service, visto que a área de drenagem é superior a 2 km² não permitindo o uso do método racional.

Em caso de deflúvio com distribuição aproximada uniforme sobre a área, considerado neste projeto, o tempo de pico (T_p)=0,6 vezes o tempo de concentração.

12. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração (t_c) é o tempo que a partícula que cai no ponto mais distante da bacia, leva para chegar até o ponto de interesse. O DAEE, de São Paulo, recomenda a utilização da fórmula do "*California Culverts Practice*".

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

t_c = tempo de concentração (min)

H = desnível do talveg entre a seção e o ponto mais distante da bacia (m) = **101,00 m**

L = comprimento do talveg do curso d'água (Km) = **15,6 km**

Portanto temos:

$$T_c = 57. (15,6^3 / 101)^{0,385} = \mathbf{230,287 \text{ min} = 3,84 \text{ horas}}$$

Como o tempo de pico (T_p) = 0,6 vezes o tempo de concentração (t_c).

$$T_p = 0,6 . t_c = \mathbf{138,172 \text{ min}}$$

Na aplicação do método recomenda-se que a duração unitária (D_u) da chuva utilizada com o hidrograma unitário seja próxima de 0,20 T_p , não devendo ter valores maiores que 0,25 T_p . Recomenda-se a utilização de duração unitária com até um quinto do tempo de concentração para reduzir o trabalho de cálculo. Entretanto os erros consequentes do emprego de uma duração unitária diferente são pequenos se comparados com a escolha do número de curvas (CN) e da determinação do t_c . Procurou-se, no entanto, considerar a duração unitária igual a 5 minutos para que houvesse uniformidade nos resultados.

Logo neste hidrograma unitário são empregados:

$$t_p = \left(\frac{Du}{2}\right) + 0,6 \cdot T_c \quad \text{neste caso, } t_b = \left(\frac{8}{3}\right) \cdot T_p$$

$$t_b = (8/3) \cdot 138,172 = \mathbf{368,460 \text{ min}}$$

Obtém-se a descarga de ponta Q_p , ou a ordenada máxima do hidrograma unitário observando-se que a área do triângulo, formado pelo hidrograma, representa o volume escoado da bacia para o deflúvio de 1 min.

$$Q_p = \frac{A}{0,03 \cdot T_b} \text{ (m}^3\text{/s/mm)}$$

Q_p = descarga máxima unitária (m³/s)

A = área de drenagem (Km²)

T_b = Tempo de base do hidrograma unitário (min)

$$Q_p = 100,07 / (0,03 \cdot 368,46) = \mathbf{9,0530 \text{ m}^3\text{/s/mm}}$$

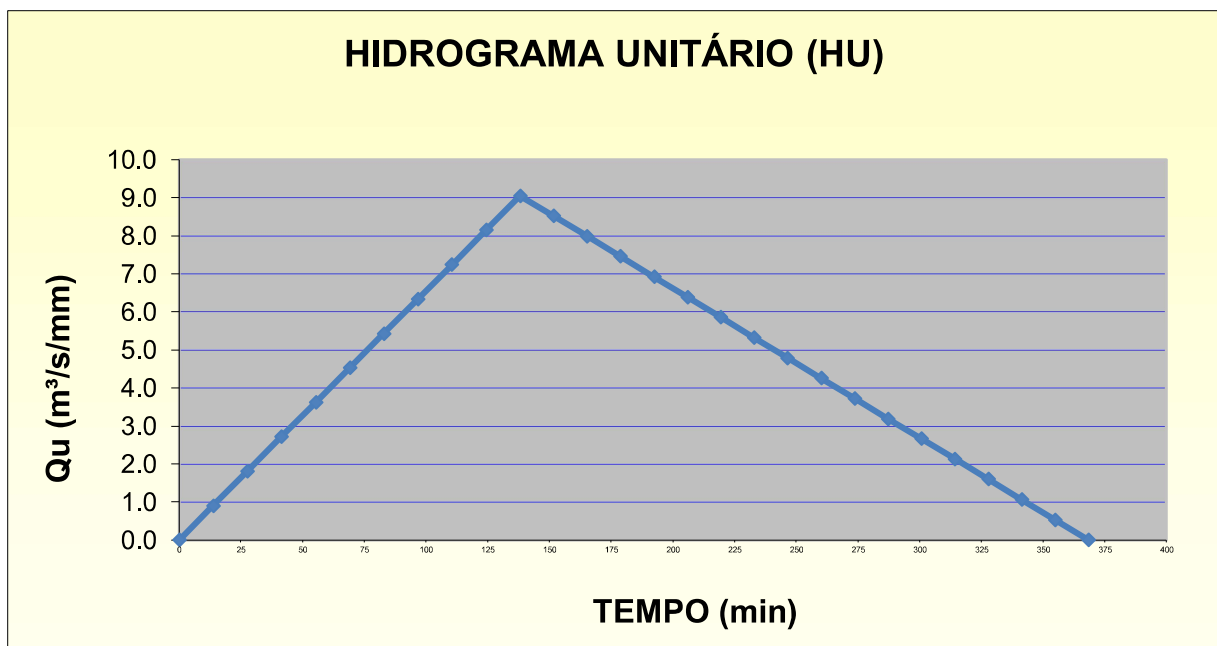
Utilizando a duração unitária como um quinto do tempo de pico, a expressão adequada é:

$$T_p = 5 \cdot D_u$$

$$D_u = 138,172 / 5 = \mathbf{27,634 \text{ min}}$$

Tempo de concentração corrigido:

$$T_c' = 7,5 \cdot D_u = \mathbf{207,259 \text{ min}}$$



13. INTENSIDADE MÁXIMA MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO

A forma de caracterização de chuvas intensas é realizada por meio da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação, representada por:

$$Im = \frac{KT^a}{(Tc+b)^c} \text{ em que:}$$

K,a,b,c - Parâmetros de ajustes á interpolação dos dados das estações pluviométricas mais próximas ás coordenadas do ponto em questão obtidos através do software Plúvio 2.1 desenvolvido pelo GPRH DEA-UFV.

T = Período de retorno (anos)

$$T = 50 \text{ anos} \quad Tc' = 207,259 \text{ min}$$

$$K = 2948,874 \quad a = 0,208 \quad b = 21,948 \quad c = 0,949$$

$$Im = \mathbf{38,299 \text{ mm/h}}$$

Considerou-se o tempo de duração da precipitação intensa de projeto (td) igual ao tempo de concentração da bacia (Tc).

$$Im = \frac{P}{Tc'}$$

$$P = \mathbf{132,296 \text{ mm}}$$

Entretanto a parcela de precipitação que se transforma em escoamento superficial é denominada precipitação efetiva (Pef) e pode ser determinada por:

$$Pef = \frac{(P-0,2.S)^2}{P+0,8.S} \text{ onde } S = \frac{254.(100-CN)}{CN}$$

CN = número da Curva, de acordo com valores tabelados de CN para uso do solo em campos permanentes, esparsas de baixa transpiração e com solos francos arenosos pouco profundos; de média capacidade de infiltração e médio escoamento superficial.

$$CN = 59$$

$$S = \mathbf{176,508 \text{ mm}}$$

$$Pef = \mathbf{34,398 \text{ mm,}}$$

Perdas na precipitação

$$Pp = P - Pef$$

$$Pp = \mathbf{97,898 \text{ mm}}$$

Como $T_c = 7,5 \text{ Du}$

$P_{ef} / 7,5 = 4,586$

1,0 Du = 4,586 mm; (...)

5,0 Du = 4,586 mm;

2,0 Du = 4,586 mm

7,5 Du = 2,2932 mm;

Totalizando 34,395 Pef

Multiplicando-se a precipitação efetiva pelos valores de vazão unitária no hidrograma unitário, obtém-se:

								<i>DU</i>	Q total (m³/s)
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	7,5		
4,586	4,586	4,586	4,586	4,586	4,586	4,586	4,586	2,293	
0,000									0,000
0,905									0,905
1,811	0,000								1,811
2,716	0,905								3,621
3,621	1,811	0,000							5,432
4,527	2,716	0,905							8,148
5,432	3,621	1,811	0,000						10,864
6,337	4,527	2,716	0,905						14,485
7,242	5,432	3,621	1,811	0,000					18,106
8,148	6,337	4,527	2,716	0,905					22,633
9,053	7,242	5,432	3,621	1,811	0,000				27,159
8,520	8,148	6,337	4,527	2,716	0,905				31,153
7,988	9,053	7,242	5,432	3,621	1,811	0,000			35,147
7,455	8,520	8,148	6,337	4,527	2,716	0,905			38,608
6,923	7,988	9,053	7,242	5,432	3,621	1,811	0,000		42,070
6,390	7,455	8,520	8,148	6,337	4,527	2,716	0,905		44,999
5,858	6,923	7,988	9,053	7,242	5,432	3,621	1,811		47,928
5,325	6,390	7,455	8,520	8,148	6,337	4,527	2,716		49,419
4,793	5,858	6,923	7,988	9,053	7,242	5,432	3,621		50,910
4,260	5,325	6,390	7,455	8,520	8,148	6,337	4,527		50,963
3,728	4,793	5,858	6,923	7,988	9,053	7,242	5,432		51,016
3,195	4,260	5,325	6,390	7,455	8,520	8,148	6,337		49,632
2,663	3,728	4,793	5,858	6,923	7,988	9,053	7,242		48,247
2,130	3,195	4,260	5,325	6,390	7,455	8,520	8,148		45,425
1,598	2,663	3,728	4,793	5,858	6,923	7,988	9,053		42,602
1,065	2,130	3,195	4,260	5,325	6,390	7,455	8,520		38,342
0,533	1,598	2,663	3,728	4,793	5,858	6,923	7,988		34,082
0,000	1,065	2,130	3,195	4,260	5,325	6,390	7,455		29,822
	0,533	1,598	2,663	3,728	4,793	5,858	6,923		26,094
	0,000	1,065	2,130	3,195	4,260	5,325	6,390		22,366
		0,533	1,598	2,663	3,728	4,793	5,858		19,171
		0,000	1,065	2,130	3,195	4,260	5,325		15,976
			0,533	1,598	2,663	3,728	4,793		13,313
			0,000	1,065	2,130	3,195	4,260		10,651
				0,533	1,598	2,663	3,728		8,520
				0,000	1,065	2,130	3,195		6,390
					0,533	1,598	2,663		4,793
						0,000	1,065		3,195

						0,533	1,598	2,130
						0,000	1,065	1,065
							0,533	0,533
							0,000	0,000
								0,00

Vazão máxima de cheia:

Vazão de Projeto = 51,016 m³/s

Esta é a vazão de saída já corrigida devido ao retardamento na chegada desta vazão.

14. LADRÃO DE CHEIA

Será construído um canal na lateral, fora do aterro de formato trapezoidal para que de vazão às águas de cheia. Recomenda-se construir o canal no terreno natural, pois este mantém mais firme e proporciona melhor caimento.

13.1 DIMENSIONAMENTO DO CANAL

Equação de Manning:

$$V = \frac{Rh^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}}{n}$$

V= velocidade média (m/s)

Rh = raio hidráulico (m)

i = declividade média (m/m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Am = Área molhada (m²)

Pm = perímetro molhado (m)

A declividade média (i) do trecho do canal é o quociente entre o desnível do fundo do canal e o seu comprimento médio no plano horizontal. Para a canalização em questão a declividade média é de **0,01 m/m**.

Equação de Continuidade:

$$Q = V \cdot A_m \quad \text{Assim, } Q = \left(\frac{R h^3 \cdot j^{1/2} \cdot A_m}{n} \right)$$

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

$$Q = (R h^{2/3} \cdot j^{1/2} \cdot A_m / n)$$

O valor do coeficiente de Manning obtido por canais de terra, retilíneo, uniforme, regulares, e recentemente construídos é de **0,0170**.

Para vertedouros trapezoidais podemos fazer algumas considerações

$$L = b + 2 \cdot m \cdot h$$

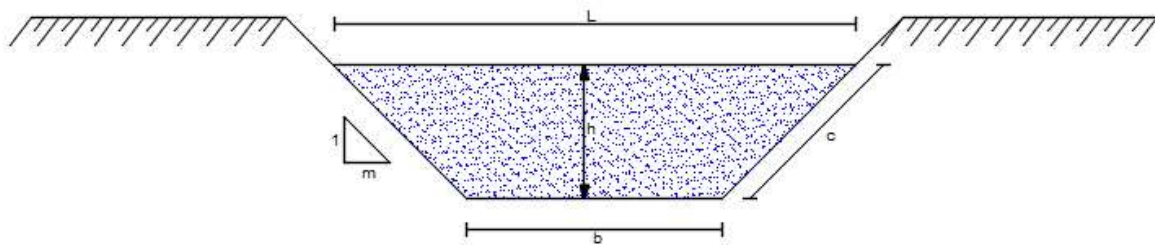
$$c = h(1 + m^2)^{1/2}$$

$$A_m = b \cdot h + m \cdot h^2$$

$$P_m = b + 2 \cdot h(1 + m^2)^{1/2}$$

$$R_h = A_m / P_m$$

Detalhe Vertedouro Trapezoidal



Sendo assim:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{i} \cdot (bh + mh^2) \left(\frac{bh + mh^2}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right)^{2/3}$$

$$Q = 51,016 \text{ m}^3/\text{s} \quad n = 0,017 \quad i = 0,01 \quad m = 1,0 \text{ m}$$

Considerando a profundidade, **h = 1,00 m** e substituindo os demais valores encontramos o valor de **b** que satisfaça a igualdade:

$$b = 8,83 \text{ m}$$

$$\text{Profundidade normal (H)} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Declividade} = 0,010 \text{ m/m}$$

$$\text{Coeficiente de rugosidade} = 0,017$$

$$\text{Folga} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Inclinação do talude} = 1,0:1,0$$

Obtendo-se as dimensões a seguir, as quais comportam as vazões máximas de cheia prevista:



15. TUBULAÇÕES DE FUNDO

A tubulação de fundo tem como objetivo o esvaziamento do reservatório quando se fizer necessário, além de aliviar a barragem, por ocasião de cheias, mantém a vazão a jusante regularizando as vazões do curso d'água.

A tubulação de fundo é uma estrutura composta por válvulas que permitem a passagem de água para dentro das tubulações que a conduzirão, por gravidade, para o curso d'água a jusante da barragem. Para a galeria do extravasor de fundo devem-se usar tubos impermeáveis e que resistam a pressão do aterro. As dimensões da tubulação do extravasor de fundo são:

Dimensionamento:

Vazão necessária para atender 100% da $Q_{7,10}$	= 0,1543 m ³ /s
Vazão de captação Q_{cap}	= 0,0000 m ³ /s
Vazão total	= 0,1543 m ³ /s

Através da equação de Hazen Willians obtemos o diâmetro da tubulação a ser utilizada.

$$D = \left(\frac{10,641 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot J} \right)^{0,2053}$$

Diâmetro da tubulação em (m)
 Q = vazão escoada (m³/s)
 C = Coeficiente de Hazen Willians
 J = Perca de carga unitária (m/m)

$$J = \frac{h}{2 \cdot L}$$

h = altura do nível da água acima da tubulação na época mais seca (m)
 L = comprimento da tubulação (m)

O nível do reservatório terá o seu menor valor em agosto com 3,0 metros.

$$Q = 0,1543 \quad C = 140 \text{ (PVC)} \quad J = h/(2xL) = 6,0/(2x100) = 0,03 \text{ m/m}$$

$$D = \left(\frac{10,641 \cdot 0,1543^{1,85}}{140^{1,85} \cdot 0,03} \right)^{0,2053} = 0,251 \text{ m} = 251 \text{ mm} = \text{Diâmetro comercial} = 250 \text{ mm}$$

Será utilizado um diâmetro de 250 mm.

16. REGULARIZAÇÃO DAS VAZÕES

A variabilidade temporal das vazões fluviais tem como resultado visível a ocorrência de excesso hídricos nos períodos úmidos e a carência nos períodos secos. Nada mais natural que seja preconizada a formação de reservas durante o período úmido para serem utilizadas na complementação das demandas na estação seca. Esta acumulação de água é obtida a partir da construção de barragens que permitem a reserva de água nos períodos chuvosos, visando o uso nos períodos de estiagem.

A metodologia adotada foi desenvolvida pelo HIDROSISTEMAS/COPASA (1993). O estudo da capacidade de regularização, propiciado pela construção do reservatório foi feito a partir dos dados da estação fluviográfica mais próxima a jusante do ponto de captação. Estes dados foram utilizados nas funções de interferência de rendimentos (R_e) e vazões (Q).

Para atender a legislação de regularização de vazões, faz-se necessários o conhecimento das entradas e saídas do reservatório. As entradas são as vazões médias mensais do ano hidrológico considerado crítico dentre a série histórica e as precipitações. Nas saídas do reservatório foram consideradas: as perdas por evaporação, 100% da $Q_{7,10}$, a fim de garantir o fluxo de água a jusante, outorgas a jusante e a montante do reservatório e a demanda solicitada para atender a irrigação.

Parâmetros utilizados nas simulações da lei de regularização.

Dados da Estação:

Dados Estação

Código 43675001
Nome Estação FAZENDA CONCEIÇÃO
Código Adicional
Bacia 4 - RIO SÃO FRANCISCO
SubBacia 43 - RIOS SÃO FRANCISCO, URUCUIA E
Rio RIBEIRÃO DA CONCEIÇÃO
Estado MINAS GERAIS
Município RIACHINHO
Responsável CODEVASF
Operadora CODEVASF
Latitude -16.4281
Longitude -45.7422
Altitude (m)
Área de Drenagem (Km²)

DADOS HISTÓRICOS – ANO CRÍTICO - 2010:

DIA	Vazões (m ³ /s)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	116,87	7,61	17,66	129,34	7,61	5,69	4,45	3,72	3,06	4,85	30,74	165,66
2	55,31	7,11	103,44	48,64	7,61	5,26	4,45	3,38	2,76	4,45	32,57	190,48
3	39,29	7,11	30,74	112,32	7,61	5,69	4,45	3,38	2,76	3,72	32,57	41,30
4	26,35	6,61	48,64	68,38	7,61	5,26	4,45	3,38	2,76	3,06	15,53	24,67
5	22,23	6,14	51,93	57,60	7,61	5,69	4,45	3,38	2,76	2,47	10,99	53,05
6	19,89	6,14	150,63	36,35	7,11	5,69	4,08	3,38	2,76	2,47	9,24	44,39
7	21,44	6,14	44,39	20,66	7,11	5,69	4,08	3,38	2,76	2,47	8,69	29,84
8	24,67	11,61	32,57	26,35	7,11	5,26	4,08	3,38	2,76	19,14	11,61	34,44
9	29,84	17,66	20,66	21,44	7,11	5,26	4,08	3,38	2,76	6,14	11,61	19,14
10	15,53	18,39	41,30	19,14	6,61	5,26	4,08	3,38	2,47	4,85	10,40	16,94
11	14,85	10,99	28,95	17,66	19,14	5,26	4,08	3,38	2,47	3,06	12,23	13,51
12	12,86	13,51	25,50	16,23	10,40	5,26	3,72	3,06	2,47	14,17	7,61	12,23
13	12,23	9,81	32,57	14,85	8,69	5,26	3,72	3,06	2,47	6,14	7,11	10,99
14	16,94	8,69	43,35	14,17	8,14	4,85	3,72	3,06	2,47	5,26	93,45	10,40
15	18,39	8,14	20,66	12,86	7,61	4,45	3,72	3,06	2,47	4,45	19,89	141,79
16	12,23	7,61	17,66	12,23	7,11	4,85	3,72	3,06	2,20	3,72	23,84	85,20
17	12,23	7,11	14,85	11,61	7,11	4,85	3,72	3,06	2,20	3,72	23,03	43,35
18	11,61	6,61	13,51	10,99	6,61	4,85	3,72	3,06	2,20	3,06	51,93	26,35
19	10,40	5,69	57,60	11,61	6,14	4,85	3,72	3,06	2,20	4,08	20,66	21,44
20	9,24	5,26	16,23	11,61	7,61	4,85	3,38	3,06	2,20	16,94	12,23	16,94
21	8,69	5,26	13,51	10,99	8,14	4,85	3,06	3,06	2,20	6,61	9,81	14,85
22	8,69	5,26	138,88	10,99	8,14	4,45	3,06	3,06	2,20	5,26	179,51	13,51
23	20,66	6,14	112,32	9,81	8,14	4,85	3,38	3,06	1,95	4,85	39,29	12,23
24	14,17	6,14	36,35	9,24	7,11	4,85	3,72	3,06	2,20	3,72	28,95	11,61

25	13,51	5,69	25,50	9,24	6,61	4,85	3,72	3,06	2,20	8,14	32,57	14,17
26	11,61	5,26	19,14	9,24	6,14	4,45	3,38	3,06	2,20	16,94	25,50	28,95
27	12,86	5,26	16,23	9,24	6,61	4,45	3,38	3,72	2,20	119,94	36,35	123,04
28	10,99	13,51	14,85	8,69	6,14	4,45	3,72	3,72	2,20	23,84	18,39	89,29
29	9,81		13,51	8,14	6,14	4,45	3,72	3,06	3,72	9,81	12,23	187,33
30	9,24		12,23	8,14	6,14	4,45	3,72	3,06	17,66	6,61	9,81	110,82
31	8,69		20,66		5,69		3,72	3,06		19,14		195,24

Tabela 03 – Ano Crítico definido como o ano em que o valor de vazão mínima tem maior proximidade à Q_{7,10} calculada pelo software SisCaH.

17. ENTRADAS E SAÍDAS DO SISTEMA

17.1. VAZÃO DA ESTAÇÃO (Q_{ESTAÇÃO})

$$Q = C \cdot i \cdot A_d$$

C = Coeficiente de deflúvio

i = Intensidade de chuva

A_d = área de drenagem da estação

17.2. VAZÃO DO LOCAL DE ESTUDO (Q_{PONTO})

$$Q_{\text{ponto}} = Q_{\text{estação}} \left(\frac{A_{\text{ponto}}}{A_{\text{estação}}} \right) \left(\frac{Re_{\text{ponto}}^{\text{min},10}}{Re_{\text{estação}}^{\text{min},10}} \right)$$

$$A_{\text{ponto}} = 100,07 \text{ Km}^2$$

$$A_{\text{estação}} = 2.300,00 \text{ Km}^2$$

$$Re_{\text{ponto}}^{\text{min},10} = 1,67 \text{ L/s.Km}^2$$

$$Re_{\text{estação}}^{\text{min},10} = 1,04 \text{ L/s.Km}^2$$

As vazões do local de estudo são apresentadas para o ano crítico na tabela-03.

17.3. VAZÕES DE CAPTAÇÃO

Vazão necessária para suprir as necessidades hídricas da cultura pela irrigação (Q_{captação})

$$Q_{\text{captação}} = A_i \cdot C_i$$

A_i = área a ser irrigada

C_i = capacidade do sistema de irrigação

17.4. VAZÃO DE PRECIPITAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Os dados de Precipitação e Evapotranspiração são obtidos com base no município em estudo.

Município: **Santa Fé de Minas/MG**

Segue a diante a tabela com valores de Precipitação e Evapotranspiração convertidos em vazão de acordo com a área de drenagem a bacia.

Precipitação Média Estimada (mm) ¹²													
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	PP total
152	118	103	41	9	3	6	3	16	86	190	197	77	924

Precipitação Provável Empírica (mm) - FAO/AGLW Dependable rainfall formula													
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	PP total
97,6	70,4	58,4	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	128,0	133,6	37,6	585,0

Precipitação Efetiva Provável (mm) - USDA Soil Conservation Service													
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
82,4	62,5	52,9	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,6	101,8	105,0		

Fonte: Software NewLock Clim

Evapotranspiração Provável (mm) - USDA Soil Conservation Service													
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
218,5	192	190,1	171,3	153,7	133,8	145,2	177,2	189,3	209,8	196,5	197,2		

Fonte: Software NewLock Clim

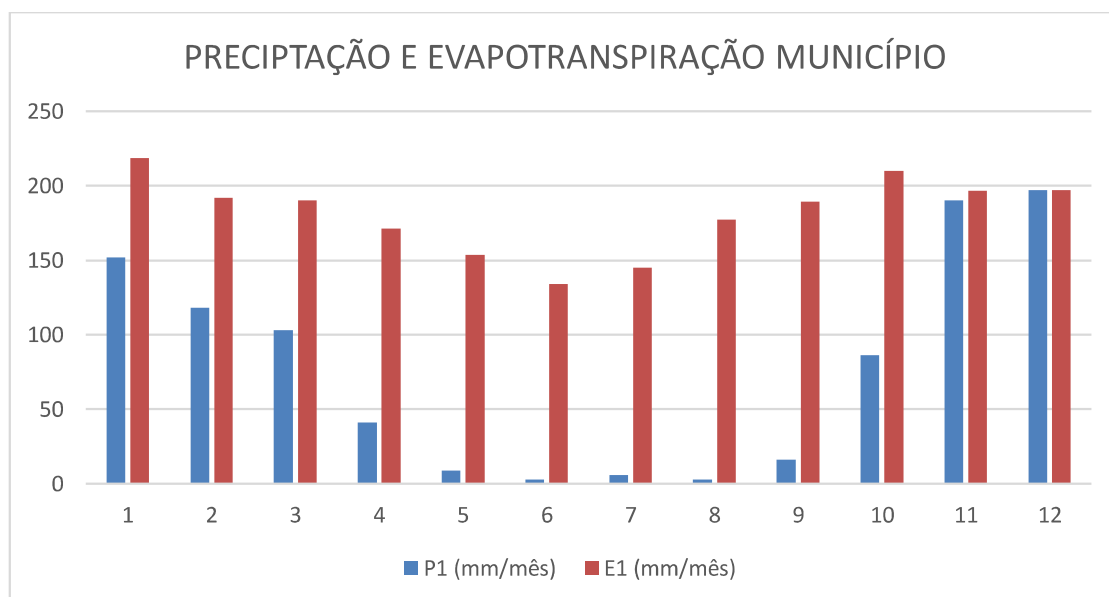


Gráfico – Dados de Precipitação e Evapotranspiração para o Município.

17.5. VAZÃO RESIDUAL ($Q_{ENTRADA}$)

A vazão residual equivale normalmente a 50% da $Q_{7,10}$ e é conhecida também como vazão ecológica, pois garante a manutenção do curso d'água à jusante da captação ou barramento em sistema de regularização de vazão. Aqui adotaremos a vazão residual de 100% da $Q_{7,10}$.

17.6. VAZÃO DE CONSUMO (OUTORGADOS)

A vazão de consumo é subdividida em Outorgados a Montante, antes do ponto de captação e Outorgados Jusante, ou seja, depois do ponto de captação.

17.7. BALANÇO ENTRE AS ENTRADAS E SAÍDAS DO SISTEMA

O Balanço é o saldo restante somando-se todas as entradas e subtraindo todas as saídas do sistema.

Estação: FAZENDA CONCEIÇÃO	Código: 43675001
Área de Drenagem (km ²): 2.300	Latitude: -16.4281
Sub-bacia: SÃO FRANCISCO, URUCUIA	Longitud e: -457422

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

Volume do Reservatório (m ³)	5.644.570
Volume Morto (m ³)	12.284
Volume para Descarga de Fundo (m ³)	12.284
Vol. Descarga Fundo/Vol. Reserv.	0,00
Área de Drenagem do ponto (km ²)	100,070
Rendimento Espec. Mín. (l/s*km ²)	1,67
$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	0,150
30% $Q_{7,10}$ (m ³ /s)	0,045
Descarga de Fundo - X x $Q_{7,10}$	100%

Ano Crítico Adotado: 2010

Resumo Mensal								
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	43,961	12,993	4,663	4350,23 91	11541,29 77		2.112.106	4.934.3 91
fevereiro	16,052	12,989	4,211	3299,70 95	10146,83 43		-252.208	4.682.1 83
março	86,066	12,993	4,663	2796,48 57	10041,19 31		5.748.843	5.644.5 70
abril	53,463	12,992	4,512	753,165 8	9048,166 1		2.921.573	5.644.5 70

maio	16,482	12,993	4,663		8118,523 8		-282.732	5.361.8 38
junho	10,462	12,992	4,512		7067,394 2		-766.335	4.595.5 03
julho	8,251	12,993	4,663		7669,548 9		-983.915	3.611.5 88
agosto	6,968	12,993	4,663		9359,807 6		-1.132.536	2.479.0 52
setembr o	6,244	12,992	4,512		9998,936 6		-1.196.222	1.282.8 30
outubro	23,892	12,993	4,663	2196,74 13	11081,75 86		340.375	1.623.2 05
novembr o	58,375	12,992	4,512	5376,37 49	10379,24 48		3.419.525	5.042.7 30
dezembr o	125,556	12,993	4,663	5548,36 21	10416,21 92		9.213.862	5.644.5 70

Resumo mensal de vazões diárias (médias)								
Mês	Q _{ent.} [m³/s.mês]	Q _{cap.} [m³/s.mês]	Q Residual [m³/s.mês]	P [m³/s.mês]	E [m³/s.mês]	Q _{adi.} [m³/s.mês]	DV [m³/mês]	V [m³]
janeiro	1,41809	0,41914	0,15041	140,330 29	372,2999 3		68.132	4.934.3 91
fevereiro	0,57327	0,46390	0,15041	117,846 77	362,3869 4		-9.007	4.682.1 83
março	2,77634	0,41914	0,15041	90,2092 2	323,9094 5		185.447	5.644.5 70
abril	1,78210	0,43307	0,15041	25,1055 3	301,6055 4		97.386	5.644.5 70
maio	0,53169	0,41914	0,15041		261,8878 7		-9.120	5.361.8 38
junho	0,34872	0,43307	0,15041		235,5798 1		-25.545	4.595.5 03
julho	0,26615	0,41914	0,15041		247,4048 0		-31.739	3.611.5 88
agosto	0,22476	0,41914	0,15041		301,9292 8		-36.533	2.479.0 52
setembr o	0,20813	0,43307	0,15041		333,2978 9		-39.874	1.282.8 30
outubro	0,77072	0,41914	0,15041	70,8626 2	357,4760 8		10.980	1.623.2 05
novembr o	1,94584	0,43307	0,15041	179,212 50	345,9748 3		113.984	5.042.7 30
dezembr o	4,05020	0,41914	0,15041	178,979 42	336,0070 7		297.221	5.644.5 70

Obs: campos sem preenchimento correspondem a valores nulos.

Volume Mínimo (m³)	1.282.830
Todas restrições atendidas	Sim

$$\text{Balanço} = (Q_{\text{rio}} + Q_{\text{Precip}} - Q_{\text{mont}}) - (Q_{\text{captação}} + 100\% Q_{7,10} + Q_{\text{Evapo}} + Q_{\text{jus}})$$

Q_{rio} = Vazão do rio para cada mês do ano crítico

Q_{Precip} = Vazão de precipitação proporcional a área da bacia

Q_{Mont} = Vazão de captação a montante já outorgada

Q_{captação} = Vazão de captação para o projeto em questão

100%Q_{7,10} = 100% do valor da Q_{7,10} do local de estudo, vazão residual

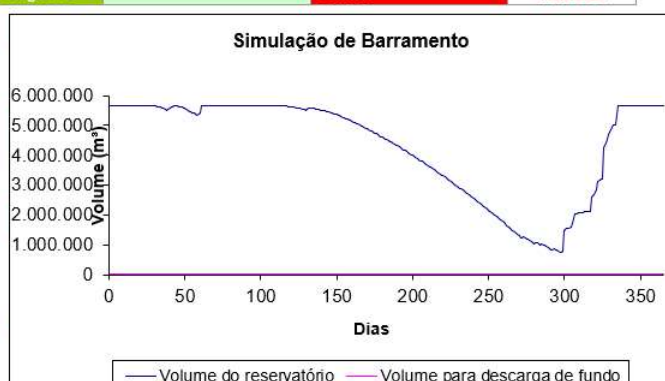
Q_{Evapo} = Vazões de evapotranspiração proporcional a área inundada

Q_{Jusante} = Vazão de captação a jusante já outorgada

Barramento	Barragem 01		Sub-bacia	URUCUIA	Nº de falhas
Estação	FAZENDA CONCEIÇÃO	Código	43675001	Latitude	-16.4281
Área de drenagem (km²)	2300	Longitude	-457.422	Volume mínimo obtido	752.518
Re estação (l/s.km²)	1,04	Status	Passou		
ReCOPASA (l/s.km²)	1,67				
Re min (l/s.km²)	1,67				
Re med (l/s.km²)	1,36				
Volume do Reservatório (m³)	5644570,16				
Volume útil (m³)	5632286,21				
Volume para Descarga de Fundo (m³)	12283,95				
Vol. Descarga Fundo/Vol. Reserv.	0,22%				
Área inundada (ha)	117,98				
Área de drenagem (km²)	100,07				
Rendimento Espec. Min. (l/s*km²)	1,67				
Q _{7,10} (m³/s)	0,1504				
30% Q _{7,10} (m³/s)	0,045				
Descarga de Fundo - X % Q _{7,10}	100%				
Ano crítico adotado	2010				

Auxílio	
1	12.284
365	12.284

Q7,10 DA ESTAÇÃO	
	2,16 M3/S



17.8. VOLUME DO RESERVATÓRIO

A simulação do funcionamento e o volume atual do reservatório necessário á suplementação das ocorrências naturais foi obtida por meio da seguinte equação:

$$Vol_{Atual,J} = \frac{Vol_{Total}}{2} + Balanço_J$$

$Vol_{Atual,J}$ = volume de reservação necessários a suplementação das ocorrências naturais do mês j;

Balanço = balanço entre as vazões de entrada e da saída do reservatório no mês j.

Se o volume atual encontrado for maior que o volume total deve-se adotar o Volume total.

A tabela a seguir demonstra a simulação de entradas e saídas para manter a lei de regularização no ano crítico.

Tabela 05 – Simulação das Entrada e Saídas do ano mais crítico da série histórica.

Para o ano crítico podemos apresentar no gráfico a seguir o balanço em volume das entradas e saídas.

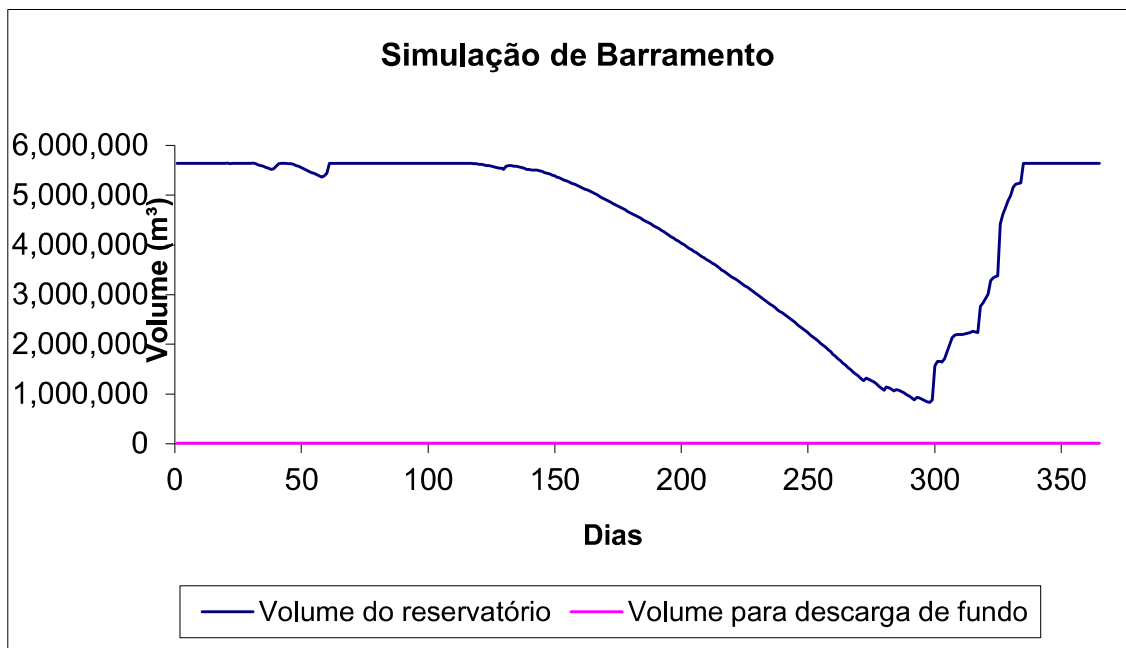


Gráfico 02 – Balanço em volume de um ano crítico, das Entradas e Saídas do Sistema.

Podemos notar que a partir do mês de junho as entradas do sistema são menores que as saídas, e é quando se utiliza uma maior quantidade de água, portanto faz-se necessário o uso da água armazenada no reservatório. Vale lembrar que a captação de água nos meses de novembro a março é reduzida, pois, a irrigação é utilizada somente se ocorrer falta de chuvas.

O gráfico a seguir demonstra esse consumo expressando a disponibilidade da vazão de fundo que é mantida durante todo ano.

Caso a referida bacia de drenagem do ribeirão Santa Fé venha possuir um volume a ser outorgado menor do que o identificado neste estudo e que impossibilite a aprovação deste pedido de outorga, **CONCORDA-SE e ACEITA-SE** em diminuir primeiramente a vazão requerida, e se necessário a área a ser irrigada.