CESAN
qualidade em saneamento



CONTRATO 162/2018
OS Nº E-GOB-043-001-2018

MUNICÍPIO DE DOMINGOS MARTINS

BARRAGEM DOS IMIGRANTES RIO JUCU BRAÇO NORTE

Volume I – PROJETO BÁSICO

TOMO A

HIDROLOGIA – RELATÓRIO TÉCNICO

A-062-000-00-0-RT-0080-0A

SERVENG ENGENHARIA
SAHLIAH Engenharia LTDA
POENTE Engenharia & Consultoria

Dezembro / 2018

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO....3
1.1. Objetivos....3
2. ESTUDO HIDROLÓGICO....4
2.1. Coleta de Análise dos Dados....4
2.2. Definição da Série de Vazões Médias Mensais....7
2.2.1. Tratamento dos Dados Fluviométricos Básicos....7
2.2.1.1. Posto Fluviométrico Fazenda Jucuruaba (57230000)....7
2.2.1.2. Posto Fluviométrico Marechal Floriano (57190000)....11
2.2.1.3. Posto Fluviométrico Córrego do Galo (57170000)....13
2.2.2. Série de Vazões Médias Mensais no Eixo de Interesse....15
2.3. VAZÕES MÁXIMAS....20
2.4. VAZÕES MÍNIMAS....25
2.5. Estudos de Remanso....28
3. SISTEMA EXTRAVASOR....31
3.1. OBJETIVO....31
3.2. Verificação do Sistema Extravasor....31

1. INTRODUÇÃO

O rio Jucu é uma das principais fontes de abastecimento de água da Região da Grande Vitória, com a bacia do rio Santa Maria. Com a recente seca, observada em 2015 e 2016 em toda a região sudeste, a CESAN identificou a importância de dispor de uma reserva hídrica para o abastecimento de água da região metropolitana de Vitória, garantindo ou ao menos reduzindo significativamente os efeitos de grandes estiagens.

Este documento apresenta os Estudos Hidrológicos e Hidráulicos do Projeto Básico da Barragem Imigrantes, localizado no rio Jucu – Braço Norte, no trecho entre o canal de fuga da PCH São Pedro até a sua foz e a confluência com o rio Jucu - Braço Sul. As estruturas barragem e do reservatório estão localizadas nos municípios de Domingos Martins e de Viana, no estado do Espírito Santo.

Nesse contexto, apresentam-se nos itens a seguir os critérios e metodologias utilizados para a determinação, junto a cada uma das estações fluviométricas analisadas, os Estudos Hidrológicos referente à Elaboração das Vazões Máximas e Estudos de Vazões Mínimas (Estudo de $Q_{7,10}$). Também foram atualizadas e consistidas as vazões diárias, com os valores observados de 2015 a 2018, sobretudo à jusante do empreendimento. Foi revisada a curva de descarga no local do barramento e também a elaboração dos estudos de remanso do reservatório. Nos capítulos finais serão apresentadas as memórias de cálculo de verificação do vertedor.

Para a realização dos estudos foram utilizadas as exigências e orientações publicadas pela ANEEL para estudos desta natureza.

1.1. Objetivos

Os principais objetivos da implantação da Barragem Imigrantes são:

- A obtenção de uma reserva hídrica para o abastecimento de água da região da Grande Vitória.
- Possibilitar a geração de energia, por meio da implantação de uma PCH, mesmo após o enchimento do reservatório.
- Regularização das vazões, evitando o extravasamento do Rio Jucu – Braço Norte na BR-262, uma importante via de ligação entre o Espirito Santo e Minas Gerais.

2. ESTUDO HIDROLÓGICO

2.1. Coleta de Análise dos Dados

Foram feitas pesquisas da disponibilidade de dados hidrológicos nos diversos órgãos federais e estaduais que dispõem de estações fluviométricas no curso do Rio Jucu.

A pesquisa, realizada entre outubro até novembro de 2018, incluiu os dados fluviométricos, limnimétricos e sedimentométricos. Estas pesquisas permitiram verificar a disponibilidade de dados na Agência Nacional de Águas (ANA), no "Hidroweb". Dos 16 postos localizados no próprio rio Jucu, incluindo os afluentes rio Jucu Braço Norte e rio Jucu Braço Sul, apenas 9 possuíam dados fornecidos pela ANA. Destes, foram assim obtidos os resumos de medição de descarga líquida, as leituras de régua diárias e as vazões médias diárias.

Considerando-se a distribuição espacial e temporal das informações fluviométricas disponíveis, foram adotados para o prosseguimento dos estudos os postos fluviométricos selecionados Córrego do Galo (57170000), localizado no rio Jucu – Braço Norte; Marechal Floriano (57190000), localizado no rio Jucu – Braço Sul e Fazenda Jucuruaba (57230000), localizado no rio Jucu.

A relação da localização das estações fluviométricas e disponibilidade das estações fluviométricas selecionadas no Rio Jucu podem ser vistas respectivamente na Tabela 1 e Tabela 2 a seguir.

Tabela 1 – Relação das Estações Fluviométricas no Rio Jucu

Nome da Estação	Código ANA	Área (km²)	Respons.	Oper.	Latitude	Longitude
Ponte do Jucu	57165000	1120	IEMA-ES	IEMA-ES	-20,363	-40,594
Córrego do Galo	57170000	980	ANA	CPRM	-20,316	-40,652
Marechal Floriano	57190000	321	ANA	ANA	-20,411	-40,676
PCH Jucu Jusante	57200000	388	EDP	EDP	-20,394	-40,558
Jucuruaba	57230500	1610	ANA	DNOS	-20,417	-40,500
Aracatiba	57230800	1880	ANA	DNOS	-20,433	-40,467
Jucupitanga	57230900	1920	ANA	DNOS	-20,417	-40,400
Jaguaraçu	57231000	99,5	ANA	DNOS	-20,400	-40,383
Caçaroca	57231400	1940	ANA	DNOS	-20,406	-40,373

Tabela 2 – Disponibilidade das Estações Fluviométricas Selecionadas no Rio Jucu

Nome da Estação	1900																				
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Córrego do Galo							3															
Marechal Floriano	10																					
Jucuruaba																						2

Nome da Estação	1900																				
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
Córrego do Galo																						
Marechal Floriano					2																	
Jucuruaba	3																			3	4	

Nome da Estação	1900							2000														
	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Córrego do Galo																						
Marechal Floriano																						
Jucuruaba																						

Nome da Estação	2000			
	15	16	17	18
Córrego do Galo	2			
Marechal Floriano				
Jucuruaba	3			

Meses Completos
Meses com apenas vazões médias mensais
Meses com falhas (número de meses)

Os registros desses postos fluviométricos possibilitaram a obtenção de uma série de vazões médias mensais contínuas desde outubro de 1949 até novembro de 2018, e séries de vazões máximas e mínimas de mesma extensão, suficientes para uma confiável caracterização da hidrologia junto ao eixo selecionado.

Todas as análises foram validadas com os resultados do relatório A-062-000-00-0-RT-0008-0B, estudo de Anteprojeto realizado pela PCE Projetos e Consultorias Ltda. em 2017, em que foi analisado apenas

as estações fluviométricas Córrego do Galo e Fazenda Jucuruaba, com uma série de vazões entre os anos de 1955 a 2016.

A Figura 1 apresenta, esquematicamente, a localização dos postos adotados em relação à bacia do rio Jucu.

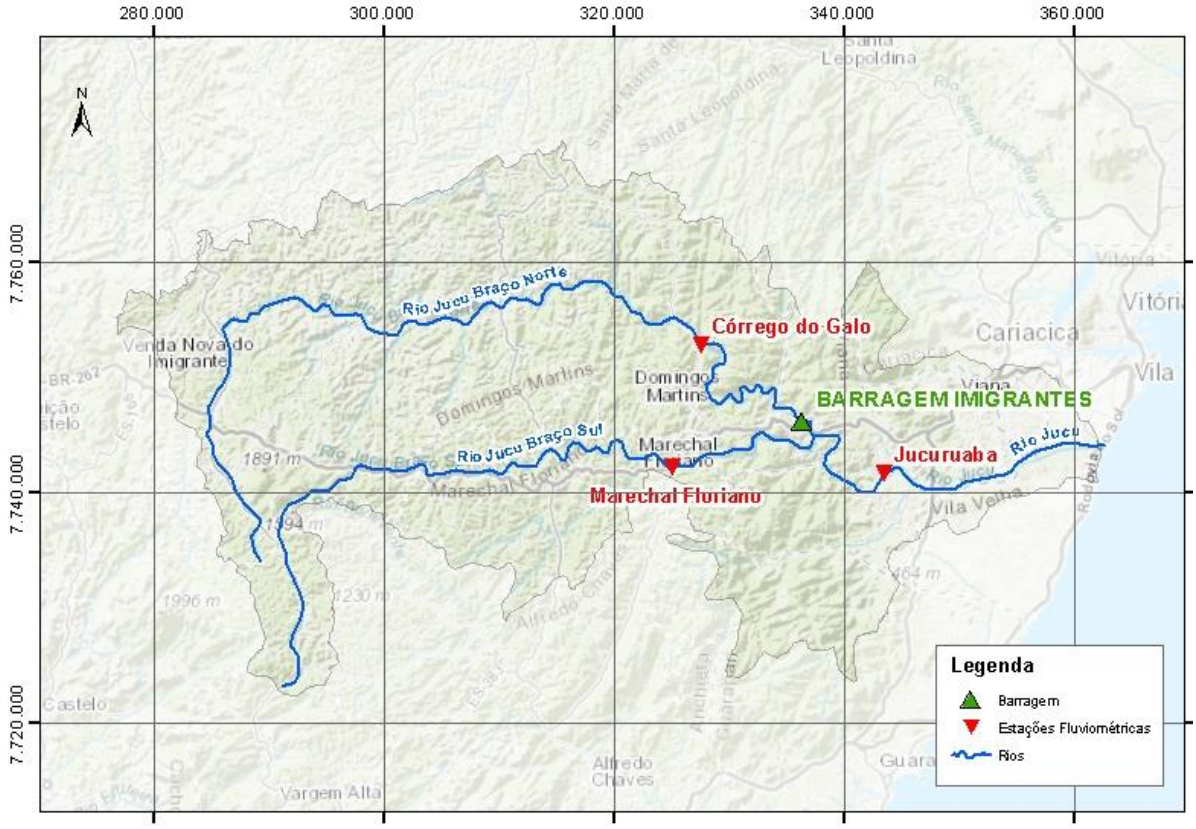


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Jucu – Localização da Barragem dos Imigrantes e Postos Fluviométricos Selecionados

Os registros dos postos fluvimétricos selecionados foram analisados em termos de curvas de descarga, fluviogramas simultâneos, permanência no tempo, e valores estatísticos característicos, análise esta que atestou a suficiente confiabilidade dos dados para os propósitos pretendidos.

As magnitudes das áreas de drenagem dos postos foram verificadas através de cartas topográficas vetoriais na escala 1:250.000, com o auxílio de imagens raster do projeto SRTM (NASA). Vários temas foram adicionados ao banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG), com o objetivo

de gerar os mapas temáticos para os atributos físicos e as componentes sínteses utilizados no presente estudo do Projeto Básico.

2.2. Definição da Série de Vazões Médias Mensais

2.2.1. Tratamento dos Dados Fluviométricos Básicos

O tratamento dos dados básicos foi feito visando o estabelecimento de séries de descargas médias diárias nas principais estações fluviométricas da bacia, a serem empregadas na geração da série de vazões médias mensais no local do aproveitamento e nos estudos de cheia e de regime fluvial.

Por isso, foram feitas as análises e consistência dos dados. Apresentam-se a seguir as análises e principais informações a respeito dos postos fluviométricos utilizados.

2.2.1.1. Posto Fluviométrico Fazenda Jucuruaba (57230000)

A estação fluviométrica Fazenda Jucuruaba (Código: 57230000), operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), situa-se no município de Viana, no rio Jucu aproximadamente 8 km a jusante da confluência dos Braços Norte e Sul, controlando uma área de drenagem de 1.625 km².

A estação apresenta séries de cotas e vazões médias diárias que compreendem o período de 01 de janeiro de 1969 a 31 de agosto de 2016, com apenas 0,19% de falhas a nível mensal. Existem dados de vazão desde janeiro de 1968, mas de acordo com o Anteprojeto (2017), foram consistidas as vazões entre janeiro de 1969 a julho de 1971, corrigindo em 1,0 m nas cotas médias diárias e vazões calculadas pela curva chave do Inventário elaborado pela Duto Engenharia Ltda em 2009. Portanto, foram

descartadas as vazões de 1968 e utilizadas as vazões do Anteprojeto, entre 1969 a 2015, sendo que a curva de descarga utilizada é a curva apresentada na Figura 2.

Nos anos seguintes, a análise da curva de descarga utilizada para a geração das vazões foi efetuada através da plotagem dos pares cota-vazão das séries diárias fornecidas entre 2016 e 2018 pelo Hidroweb – ANA. A curva é apresentada na Figura 3.

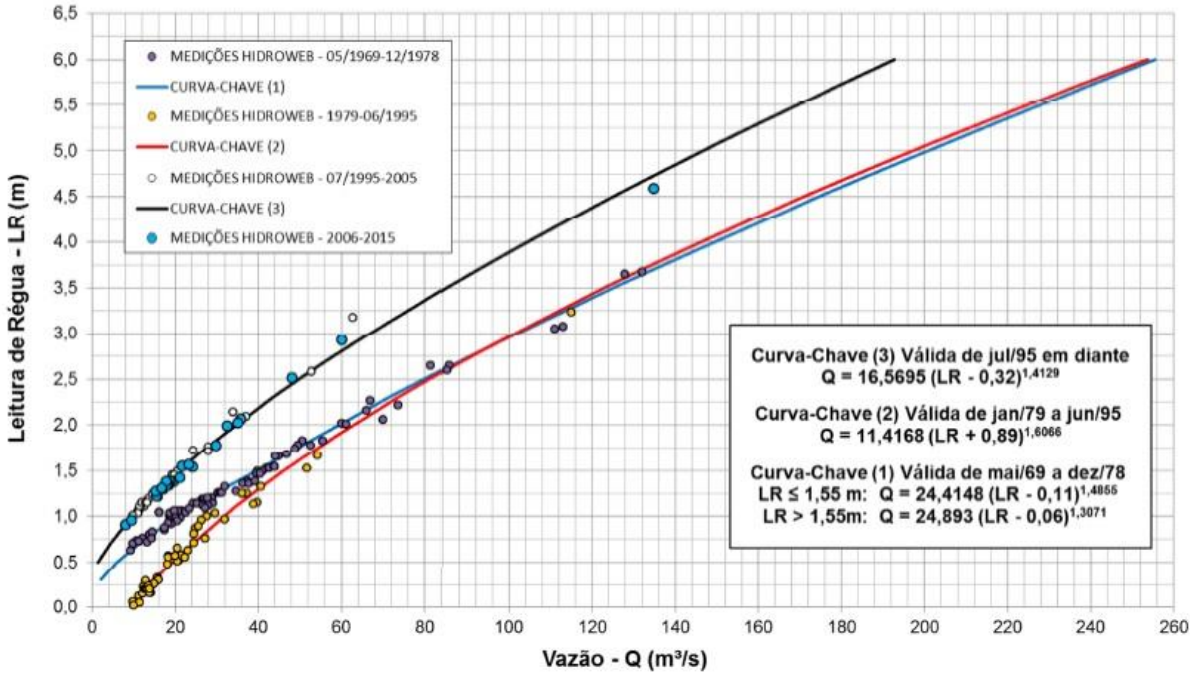


Figura 2 – Curva de Descarga do Posto Fluviométrico Fazenda Jucuruaba entre Maio/1969 a Dezembro/2015. FONTE: Anteprojeto (2017)

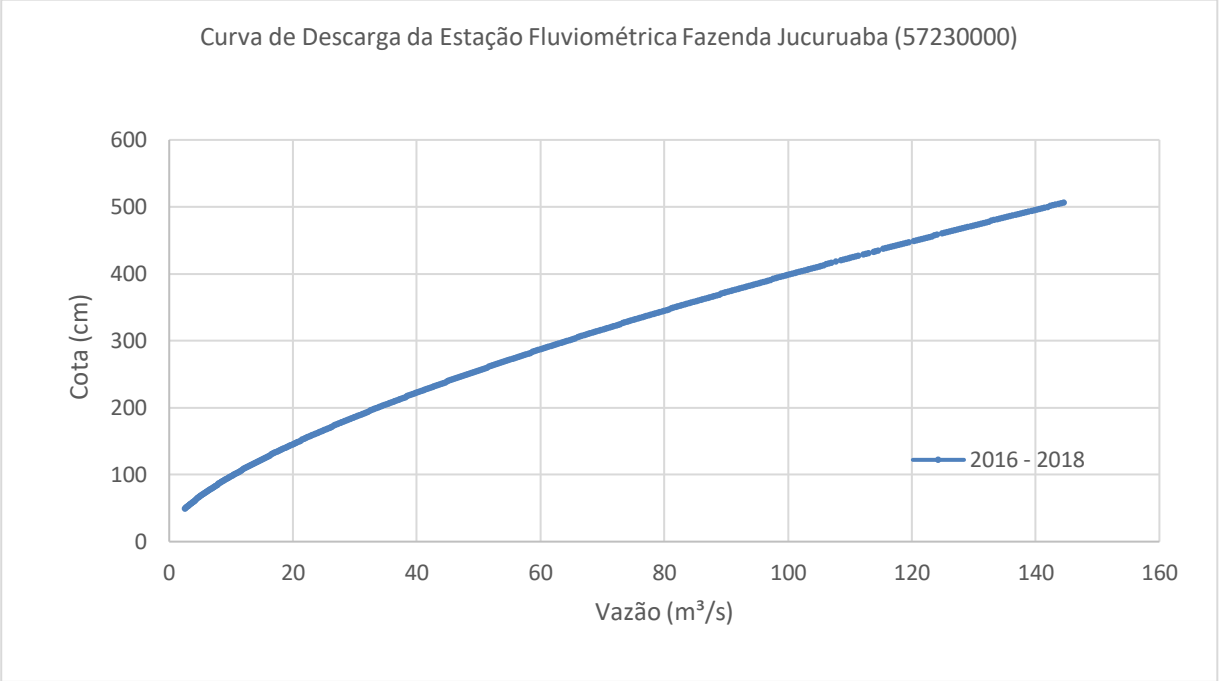


Figura 3 – Curva de Descarga do Posto Fluviométrico Fazenda Jucuruaba entre Janeiro/2016 a Outubro/2018

.

As medições de descarga efetuadas no posto fluviométrico Fazenda Jucuruaba apresentam uma tendência única e bem definida, e a curva de descarga utilizada para a geração de vazões segue satisfatoriamente essa tendência. Entre janeiro de 2016 a novembro de 2018 não foi detectado nenhuma mudança de tendência, os cálculos das vazões foram determinados por uma única curva cota-vazão.

Devido à boa qualidade dos dados disponíveis, as vazões em Fazenda Jucuruaba foram utilizadas conforme fornecidas pela Hidroweb / ANA.

A Tabela 3 apresenta a série de vazões médias mensais junto ao posto fluviométrico Fazenda Jucuruaba.

Tabela 3 – Posto Fluviométrico Fazenda Jucuruaba - Vazões Médias Mensais (m³/s)

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
1969	36,6	41,7	40,4	34,6	26,6	39,5	32	25,6	23,9	29,2	43,1	51,1	**35,4**
1970	65,5	49	36,5	35,2	27,4	24,1	34,4	30,5	28,1	40,1	77,9	54,9	**42,0**
1971	33,6	28,1	29,2	25,5	23,1	25,8	24,9	22,6	31,7	30	80,5	73	**35,7**
1972	36,6	31,8	30,6	30,4	30,1	21,2	22,1	19,5	23,3	24,6	30,8	39,9	**28,4**
1973	36,9	34,8	65,1	48,2	32,7	25,9	22,8	19,9	18,8	27,2	22,8	34,6	**32,5**
1974	46,1	32,1	41	36,9	27,1	22,1	18,2	14,8	16,5	22	21,7	27,5	**27,2**
1975	40,5	46,8	31,4	26	23,5	21,4	19,8	16,2	19,8	33,3	33,3	23,7	**28,0**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
1976	15,8	15,1	14,9	14,1	16,3	12,8	15,3	11,3	15,4	16,1	32,6	40	**18,3**
1977	33,9	19,9	17,5	18,8	18,6	14,1	12	9,4	11,2	17,5	30,7	37,3	**20,1**
1978	32,3	28,9	21,3	22,1	20,3	15,3	29,2	18,6	19,9	25,9	20,9	27,2	**23,5**
1979	63,1	101,4	59,6	46,9	33	27,1	24,7	22	20,4	18,7	26,2	36,7	**40,0**
1980	54,1	32,7	22,6	43,2	29,8	22,1	18,4	17,2	13,7	14,2	15,5	38,1	**26,8**
1981	20,9	16,9	24,9	26,3	23,7	19	15,7	16,7	15,3	18,9	44,1	32,4	**22,9**
1982	41,2	25,3	55,2	40,6	28,6	22,1	19	26,9	18	16	13,5	21,6	**27,3**
1983	50,1	33,8	23,3	29,7	27,4	20,5	17,1	14,7	26,1	45,1	57,1	66,6	**34,3**
1984	38,7	29,2	29,1	33,8	22,9	18,1	15,4	15,6	16,5	20,7	30,5	63,6	**27,8**
1985	109,9	63,4	58,9	39,3	31,2	25,1	24,2	21,5	26,6	26,6	37	47,1	**42,6**
1986	32,7	24,9	19,2	18	16,4	15,3	15,6	15	14,1	12,3	15	26,9	**18,8**
1987	25,5	19,1	33,6	28	18,5	16,6	13,7	11,3	12,7	11,6	45,4	42,2	**23,2**
1988	39,4	24,5	24,2	21,9	16,6	14,8	13,3	13	13,1	20,5	21,7	22	**20,4**
1989	17,4	14,3	23,4	17,1	14,9	15,1	11,5	12,4	10,8	10,4	23	39,5	**17,5**
1990	15,4	-	13,3	-	-	-	-	-	10,9	13,7	24,3	-	
1991	-	-	-	-	-	14,9	28,4	34,1	34,4	28,7	21,5	34,9	**16,4**
1992	37,5	31,8	18,2	21,1	23,1	21,7	30,9	22,1	19,4	27,7	93,1	-	
1993	-	-	-	36,1	-	25,5	18,9	17,3	15,8	15,6	14,6	30,8	
1994	68,6	25,5	68,4	45,6	46	30,3	24,8	19,6	16,7	17	18,6	29,9	**34,3**
1995	15,4	13,7	14,6	18,8	14,5	10,6	12	11,3	9,9	12,9	29,3	50,9	**17,8**
1996	38	17,2	16,7	14,9	14,1	12,4	10	9	14,3	15,9	68,4	52,3	**23,6**
1997	48,4	27,1	50,9	32,4	24,5	18,8	15,9	14,3	14,2	18,7	26,6	51,9	**28,6**
1998	28,8	25	19,8	19,7	15,1	13,5	12,4	13,7	10,3	15,9	34,3	29,9	**19,9**
1999	29	13,5	20,1	16,8	12,9	16	13,2	12,8	11,8	14,3	39,8	42,4	**20,2**
2000	32,2	33,6	29,3	29,5	19,7	17,3	14,3	12,2	14,9	12,4	39,7	50,7	**25,5**
2001	30,8	20,8	17,1	13,7	12,5	11,9	10,4	10,4	12,9	20,6	67,2	39,4	**22,3**
2002	44,9	35	26,9	21,2	18,9	15,6	15,9	13,6	20,9	13,1	18,8	28,8	**22,8**
2003	62,9	21,7	18,9	18	14	10,9	11,4	10,3	8,8	9,5	10	28,7	**18,8**
2004	52,1	45,7	45,5	40,7	24,6	21,4	19	17,1	11,9	12,5	13,9	39,7	**28,7**
2005	30	50,5	80,7	32,5	30,7	48,8	29	20,1	20,2	16,3	40,7	56,6	**38,0**
2006	32,5	18,4	49,2	39,2	22,9	19,9	17,5	14,5	15,6	19,8	44,2	50,7	**28,7**
2007	63,5	47,4	25,8	24	18,5	15,5	13,5	11,9	12,8	11,6	15,6	16,5	**23,1**
2008	12,5	39,3	36,9	28,7	18	13,1	11,5	8,8	8,3	11,7	52,1	56,6	**24,8**
2009	84,9	37,2	34,8	62,5	29,8	24	20,4	16,9	14,3	31,4	45,8	42,5	**37,0**
2010	19	13	35,6	28,9	21,2	16	17,8	11,8	9,3	10,6	27,5	32,5	**20,3**
2011	40	14,4	75,9	45	30,3	21	16,8	13,7	12,7	18,1	30,9	61	**31,7**
2012	83,4	28	22	21,3	21,2	20,6	13,4	28,9	18,9	13,1	35,3	34,1	**28,4**
2013	23,9	29,4	39,5	43,6	24,7	21,4	17,1	13,4	12,7	14,8	23,3	95,9	**30,0**
2014	40,2	23,8	19,1	28,7	16,8	13,9	14,2	15,8	10,5	11,5	14,8	17,2	**18,9**
2015	5,2	8,4	12,1	9,5	15,3	13,3	10,7	8,4	-	-	-	15,8	
2016	20,3	13,1	11,9	6,9	6,4	6,5	6,1	4,9	4,3	7,0	18,6	23,9	**10,8**

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
2017	7,9	8,8	6,1	8,1	9,6	8,6	14,0	10,3	7,7	6,8	12,0	38,8	**11,6**
2018	12,5	30,5	26,7	38,4	34,9	21,6	14,3	13,5	11,4	12,0	12,6		
Mín.	**5,2**	**8,4**	**6,1**	**6,9**	**6,4**	**6,5**	**6,1**	**4,9**	**4,3**	**6,8**	**10,0**	**15,8**	**10,8**
Média	**38,6**	**29,5**	**32,0**	**28,8**	**22,3**	**19,2**	**17,8**	**16,0**	**16,0**	**18,7**	**33,0**	**40,4**	**26,1**
Máx.	**109,9**	**101,4**	**80,7**	**62,5**	**46,0**	**48,8**	**34,4**	**34,1**	**34,4**	**45,1**	**93,1**	**95,9**	**42,6**

2.2.1.2. Posto Fluviométrico Marechal Floriano (57190000)

O posto fluviométrico Marechal Floriano está localizado no rio Jucu – Braço Sul e apresenta séries de cotas e vazões médias diárias que compreendem o período de novembro de 1949 a dezembro de 1990, com 17,2% de falhas dos dados.

As medições de descarga líquida, em número de 259, compreendem o período de 15 de outubro de 1949 a 07 de dezembro de 1990. A análise da curva de descarga utilizada para a geração das vazões foi efetuada através da plotagem dos pares cota-vazão das séries diárias fornecidas, juntamente com os pares provenientes das campanhas de medição de descarga entre 1949 e 1990.

As medições de descarga efetuadas no posto fluviométrico Marechal Floriano apresentam uma tendência única e bem definida, e a curva de descarga utilizada para a geração de vazões segue satisfatoriamente essa tendência.

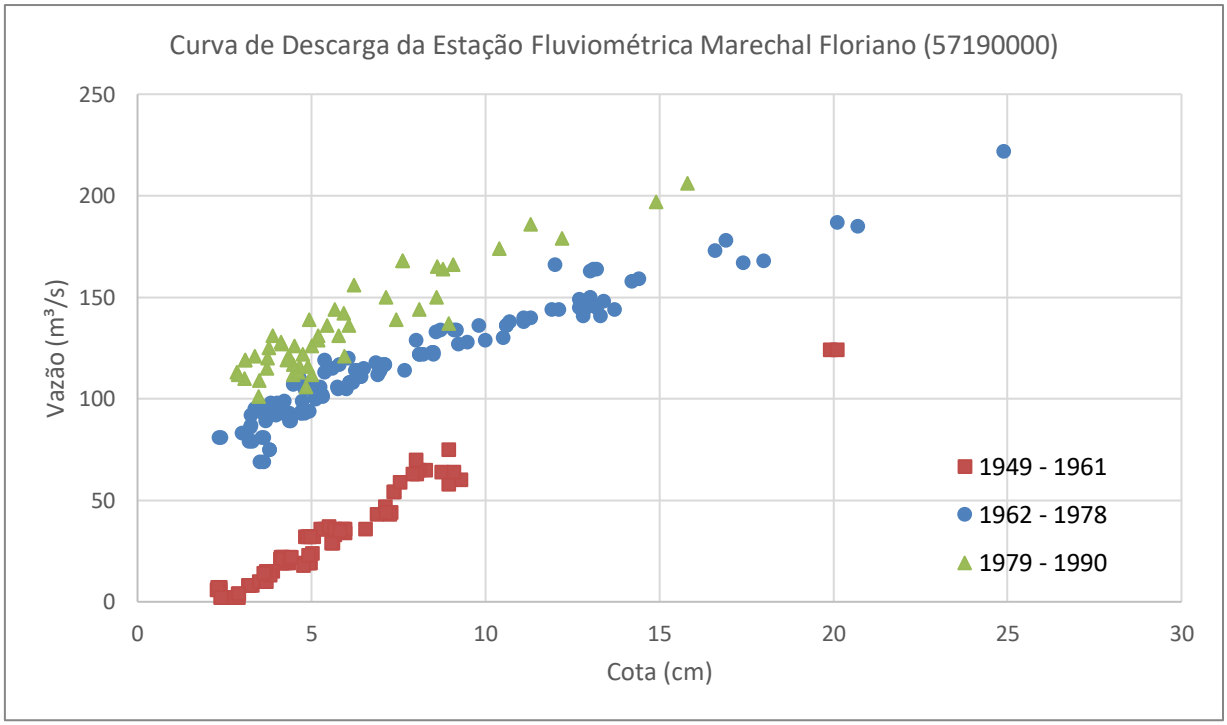


Figura 4 – Curva de Descarga do Posto Fluviométrico Marechal Floriano entre Outubro/1949 a Dezembro/1990

Mesmo que aparentemente houveram duas modificações nas posições de régua, as descargas mostraram-se confiáveis e devido à boa qualidade dos dados disponíveis, as vazões em Marechal Floriano foram utilizadas conforme fornecidas pela ANA/Hidroweb.

A Tabela 4 apresenta a série de vazões médias mensais junto ao posto fluviométrico Marechal Floriano.

Tabela 4 – Posto Fluviométrico Marechal Floriano - Vazões Médias Mensais (m³/s)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1949	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,54	11,3	
1950	9,75	7,38	6,78	6,63	5,88	5,97	5,17	4,12	3,7	3,52	7,38	7,91	**6,2**
1951	4,78	6,03	10,3	6,51	5,55	7,3	5,1	5,31	3,84	3,82	3,27	6,4	**5,7**
1952	11	11,2	10,5	7,41	5,77	5,3	5,83	5,44	5,25	4,16	6,1	11,1	**7,4**
1953	8,14	9,19	7,05	6,63	5,9	5,39	4,41	3,63	3,57	3,35	7,31	9,14	**6,1**
1954	7,15	4,07	3,26	5,83	5,08	3,47	3,62	3,26	3,34	3,24	3,32	5,07	**4,2**
1955	4,85	3,67	3,1	5,93	5,29	3,37	2,62	2,1	2,1	3,24	8,19	7	**4,3**
1956	4,11	2,88	6,46	3,38	2,88	2,98	2,57	3,3	2,63	3,39	6,71	10,6	**4,3**
1957	13,2	7,84	12,4	8,3	10,3	8,77	6,17	5,27	5,21	5,36	7,7	22	**9,4**
1958	8,89	9,26	7,53	11,3	8,25	6,88	7,06	5,32	5,54	5,81	7,46	6,4	**7,5**
1959	7,26	4,6	7,63	5,34	4,93	3,94	3,72	3,06	3,73	5,9	7,83	13,5	**6,0**
1960	15,1	11,6	30,6	16,8	11,2	9,59	9,35	7,86	6,64	6,36	8,73	7,6	**11,8**
1961	12,3	15,6	9,66	8,03	7,65	7,38	6,74	5,19	4,33	4	-	3,84	
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1967	5,68	6,26	7,81	7,2	7,2	5,32	5,06	3,97	3,42	3,05	4,4	8,36	**5,6**
1968	9,79	9,27	14,7	9,18	6,67	5,91	5,69	5,56	6,66	6,99	6,19	6,08	**7,7**
1969	6,97	7,82	7,4	7,4	5,25	7,98	6,07	4,85	4,45	5,63	9,14	9,85	**6,9**
1970	14,2	10,1	7,99	8,28	6,07	5,35	7,7	6,34	5,7	7,99	15,3	10,9	**8,8**
1971	7,41	6,25	6,8	5,95	5,75	5,63	5,58	4,99	6,3	6,42	17,7	16,3	**7,9**
1972	9,05	7,79	8,51	8,45	8,11	6,16	6,65	4,97	5,74	6,02	7,46	9,89	**7,4**
1973	9,98	8,89	13,5	10,7	8,42	6,85	5,82	4,83	4,62	7,41	6,16	7,98	**7,9**
1974	10,7	7,17	8,71	8,82	6,69	5,67	5,09	4,21	4,01	5,28	4,6	6,64	**6,5**
1975	9,15	8,99	7,2	6,52	6,61	5,95	5,51	4,35	5,5	8,53	-	-	
1976	4,65	4,98	4,91	4,46	5,1	3,57	4,43	3,2	4,67	4,57	8,66	10,9	**5,3**
1977	7,97	4,7	5,14	5,64	5,16	4,28	3,79	3,34	3,66	4,71	7,11	8,54	**5,3**
1978	7,94	7,34	5,54	5,65	5,01	4,2	6,01	4,39	4,46	5,67	4,97	6,55	**5,6**
1979	11,9	18,6	13,3	10,9	9,02	7,8	6,98	6,21	5,59	5,28	6,13	7,97	**9,1**
1980	9,81	7,05	5,09	8,85	6,92	5,6	4,59	4,42	3,62	3,73	4,43	8,96	**6,1**
1981	6,01	5,3	7,15	6,74	6,33	5,31	4,85	4,26	3,37	4,48	8,75	6,8	**5,8**
1982	8,25	5,76	12,5	9,49	6,35	5,14	4,48	6,01	4,23	3,84	3,4	4,75	**6,2**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1983	8,27	5,51	4,83	7,34	6,55	4,87	4,01	3,74	5,47	8,24	11,1	11,8	**6,8**
1984	8,94	8,05	8,94	10,1	7,15	6,08	5,05	4,94	4,77	5,39	7,6	12,3	**7,4**
1985	18,8	14,1	15,5	12,6	10,8	9	8,55	7,5	8,05	7,56	8,62	9,66	**10,9**
1986	7,29	5,76	4,74	4,93	4,48	4,12	4,29	3,89	3,87	3,46	4,17	5,38	**4,7**
1987	5,25	4,22	7,72	6,88	5,19	4,56	3,57	3,18	3,51	3,27	7,89	-	
1988	8,83	6,47	6,56	6,88	5,21	4,7	4,38	4,01	3,51	5,29	5,3	5,25	**5,5**
1989	4,36	3,84	5,53	4,5	4,17	4,39	3,62	3,71	3,35	3,15	5,05	6,75	**4,4**
1990	3,63	4,39	3,88	3,19	2,98	2,71	3,12	2,9	3,5	3,81	5,33	4,59	**3,7**
Mín.	**3,6**	**2,9**	**3,1**	**3,2**	**2,9**	**2,7**	**2,6**	**2,1**	**2,1**	**3,1**	**3,3**	**3,8**	**3,7**
Média	**8,6**	**7,6**	**8,6**	**7,6**	**6,4**	**5,6**	**5,2**	**4,5**	**4,5**	**5,1**	**7,2**	**8,8**	**6,6**
Máx.	**18,8**	**18,6**	**30,6**	**16,8**	**11,2**	**9,6**	**9,4**	**7,9**	**8,1**	**8,5**	**17,7**	**22,0**	**11,8**

2.2.1.3. Posto Fluviométrico Córrego do Galo (57170000)

O posto fluviométrico Córrego do Galo está localizado no rio Jucu – Braço Norte e é o posto que está mais próximo da Barragem Imigrantes. Apresenta a melhor série de cotas e vazões médias diárias dos três postos fluviométricos selecionados. Compreendem o período de abril de 1955 a agosto de 2018, com apenas 0,53% de falhas dos dados.

Não há medições de descarga líquida disponível no Hidroweb / ANA, portanto, foram utilizadas as curvas de descarga fornecidas pelo Anteprojeto (2017) entre 1955 a 2015.

As medições de descarga efetuadas no posto fluviométrico Córrego do Galo apresentam uma tendência única e bem definida, e as curvas de descarga utilizadas para a geração de vazões seguem satisfatoriamente essa tendência, como podem ser observados nas Figura 5 e Figura 6.

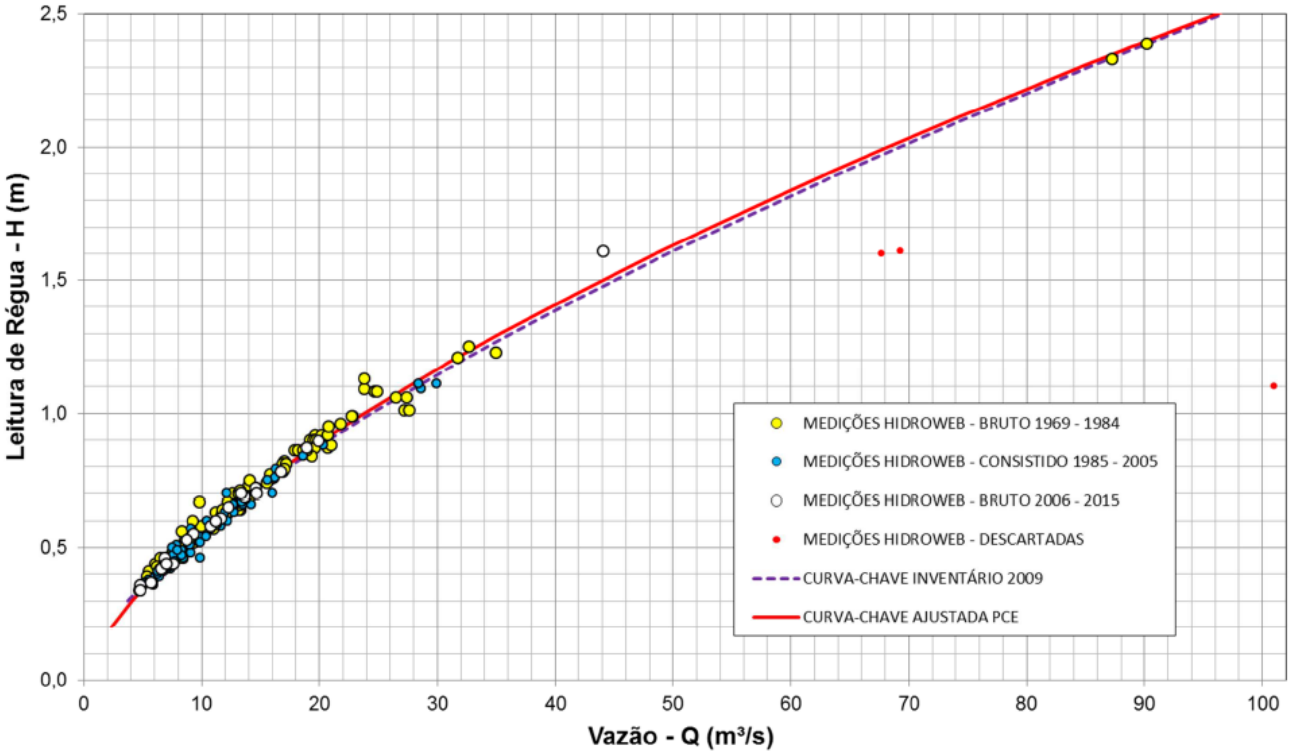


Figura 5 – Curva de Descarga do Posto Fluviométrico Córrego do Galo entre Maio/1969 a Novembro/2015. FONTE: Anteprojeto (2017)

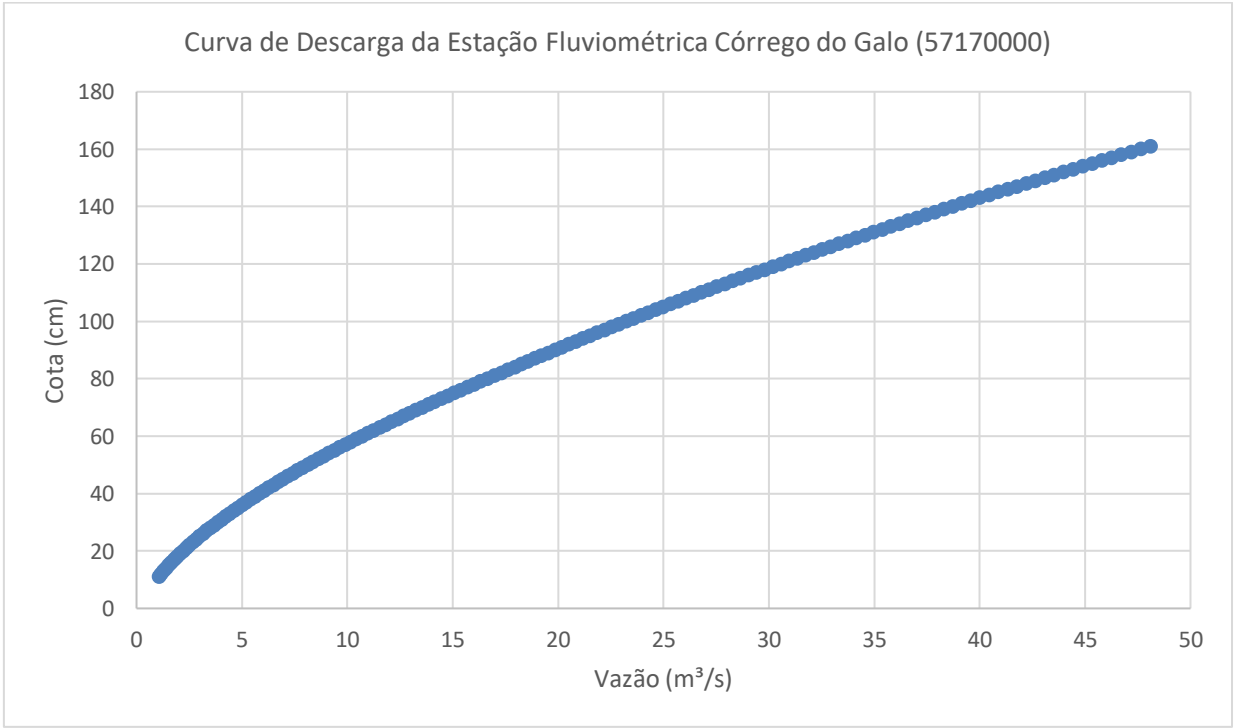


Figura 6 – Curva de Descarga do Posto Fluviométrico Córrego do Galo entre Janeiro/2016 a Novembro/2018.

O comportamento das vazões médias diárias entre 2016 a 2018, época mais recente que não abrange o Anteprojeto, está no fluviograma da Figura 7.

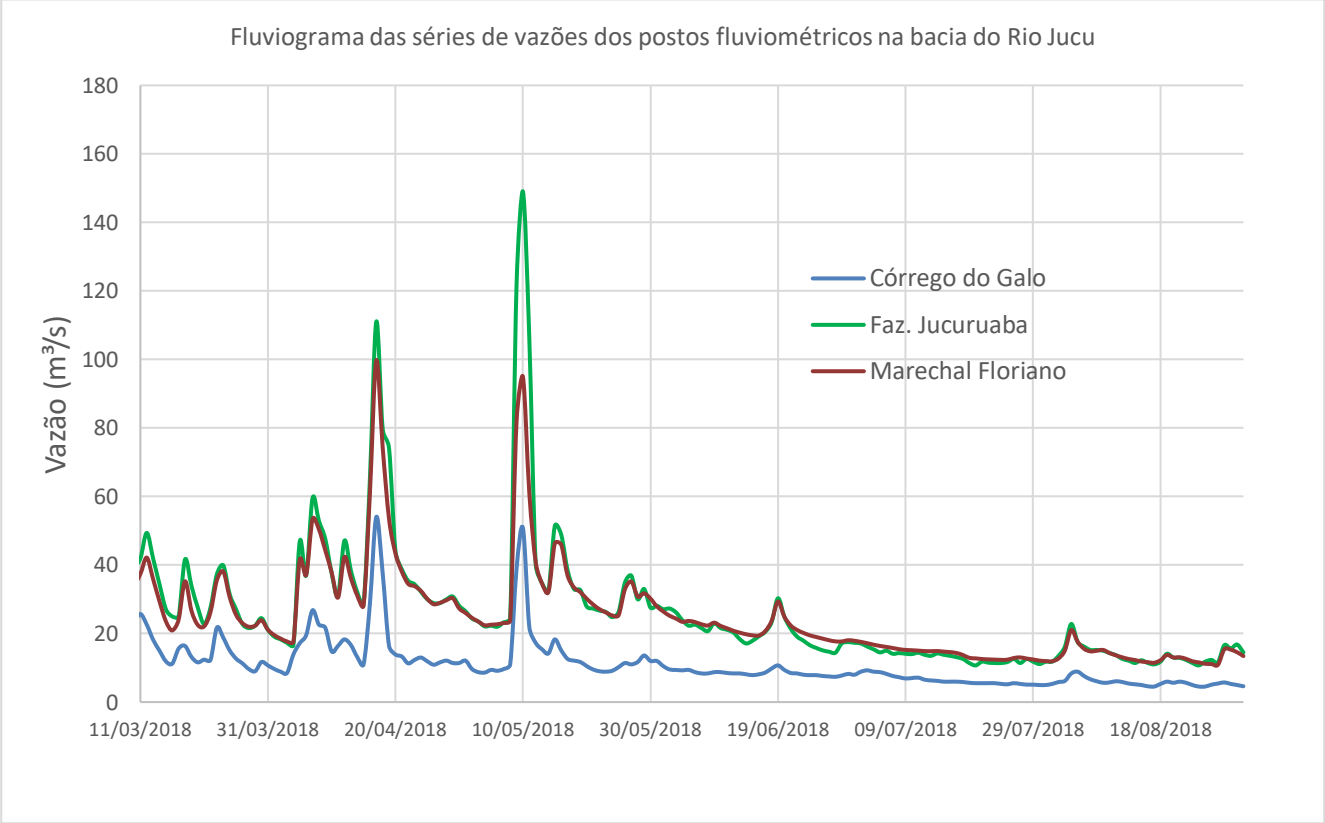


Figura 7 – Fluviograma dos postos fluviométricos selecionados entre Janeiro/2016 a Novembro/2018.

2.2.2. Série de Vazões Médias Mensais no Eixo de Interesse

Para determinar as séries de vazões médias mensais junto ao eixo de interesse, foram reconstituídas todas as séries de vazões com falhas no posto fluviométrico mais próximo do Eixo de Interesse, que é o posto fluviométrico Córrego do Galo (57170000). A reconstituição foi elaborada através de regressões estabelecidas com as vazões médias mensais dos demais postos. A ordem de aplicação dessas regressões foi da maior para a menor correlação obtida.

Não ocorreram vazões incrementais negativas entre os postos fluviométricos e não foram necessárias correções através de interpolação linear em função da área de drenagem.

Assim, como pode ser observado na Tabela 5, foram determinadas todas as vazões médias mensais no período de outubro de 1949 a novembro de 2018. Portanto, foi possível reconstituir uma série com 69 anos hidrológicos.

Tabela 5 – Posto Fluviométrico Córrego do Galo - Vazões Médias Mensais sem falhas (m³/s)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
1949										14,5	13,0	16,8	
1950	14,7	11,3	10,5	10,3	9,2	9,3	8,1	6,6	6,0	5,7	11,3	12,0	**9,6**
1951	7,6	9,4	15,5	10,1	8,7	11,2	8,0	8,3	6,2	6,1	5,3	9,9	**8,9**
1952	16,4	16,7	15,8	11,4	9,0	8,3	9,1	8,5	8,3	6,6	9,5	16,6	**11,4**
1953	12,4	13,9	10,8	10,3	9,2	8,5	7,0	5,8	5,8	5,4	11,2	13,8	**9,5**
1954	11,0	6,5	5,3	9,0	7,9	5,6	5,8	5,3	5,4	5,2	5,4	8,0	**6,7**
1955	7,6	5,9	5,0	7,3	6,4	5,2	4,0	3,8	3,0	5,8	15,5	14,6	**7,0**
1956	8,1	5,8	6,9	4,9	5,7	5,4	5,6	5,1	4,4	7,1	12,0	52,5	**10,3**
1957	29,9	10,8	16,1	13,2	13,1	12,1	9,0	7,5	6,8	5,9	7,4	21,2	**12,7**
1958	12,3	11,6	12,2	14,0	12,2	9,2	10,3	7,3	7,4	8,8	11,9	8,8	**10,5**
1959	13,7	6,5	17,6	9,5	8,9	6,8	6,6	6,0	6,4	8,7	13,5	27,9	**11,0**
1960	29,0	19,7	68,7	28,8	19,7	16,1	15,2	13,6	11,4	10,3	17,1	15,1	**22,1**
1961	29,0	21,2	16,4	13,7	12,3	11,9	9,6	8,5	7,5	7,2	8,8	8,9	**12,9**
1962	20,7	17,3	11,2	7,8	7,6	7,0	6,7	5,6	5,4	9,5	10,0	20,8	**10,8**
1963	10,0	12,0	7,3	6,4	5,5	6,3	5,0	5,2	5,0	5,3	6,3	5,8	**6,7**
1964	13,9	13,8	14,1	19,9	9,6	8,2	9,0	9,0	6,1	14,7	13,2	22,2	**12,8**
1965	26,1	21,6	17,5	16,5	13,8	11,8	11,2	9,6	8,6	11,0	27,7	12,7	**15,7**
1966	14,7	9,1	9,0	10,1	9,4	8,3	8,4	7,1	6,8	10,6	16,0	13,5	**10,2**
1967	11,9	15,8	15,9	12,7	13,2	9,3	9,0	7,4	6,9	6,6	12,3	21,3	**11,9**
1968	22,1	21,5	23,7	17,3	12,0	10,9	10,1	10,5	16,6	13,7	13,0	12,8	**15,3**
1969	14,0	16,8	12,2	10,5	9,3	13,5	10,0	8,5	7,6	8,8	18,3	22,1	**12,6**
1970	31,8	21,2	14,6	14,9	11,2	9,6	12,3	10,8	10,4	15,8	34,1	29,3	**18,0**
1971	13,6	13,1	14,9	10,9	9,9	10,2	10,3	9,2	10,3	11,9	33,8	30,9	**14,9**
1972	16,4	15,0	14,4	14,7	13,6	10,6	11,3	9,0	10,8	12,0	17,4	22,5	**14,0**
1973	16,7	15,1	40,7	26,5	18,3	15,1	13,0	11,2	10,4	16,2	15,2	25,0	**18,6**
1974	27,6	21,4	26,7	21,6	16,0	12,9	11,4	9,9	9,2	15,6	13,9	19,9	**17,2**
1975	27,6	26,7	18,1	15,2	13,5	12,4	11,7	9,1	11,0	18,2	19,7	13,4	**16,4**
1976	9,4	8,2	8,4	8,1	8,1	6,3	7,5	6,0	8,6	8,6	17,7	22,2	**9,9**
1977	14,5	8,5	7,8	10,2	9,1	7,0	6,1	5,1	6,3	8,3	16,8	18,9	**9,9**
1978	17,3	15,1	11,7	11,3	10,9	8,5	13,7	9,3	8,9	12,9	10,5	13,5	**12,0**
1979	35,7	54,7	36,4	27,7	19,9	16,5	14,3	13,5	12,4	11,8	18,8	25,8	**23,9**
1980	36,6	22,2	14,6	25,4	17,4	14,0	12,1	11,3	9,7	9,7	10,4	26,0	**17,5**
1981	12,4	11,8	15,1	16,9	13,4	11,6	10,0	10,8	8,1	10,3	32,1	17,0	**14,1**
1982	24,0	13,6	28,4	22,0	15,7	12,9	11,5	13,5	10,2	9,3	8,2	12,3	**15,1**
1983	25,1	17,6	12,1	14,1	12,0	9,5	8,2	7,0	10,6	16,1	21,4	26,7	**15,0**
1984	16,7	12,9	14,1	15,6	10,7	8,7	7,6	7,9	8,4	10,5	17,1	33,3	**13,6**
1985	55,3	32,4	28,9	19,4	16,8	14,1	13,7	12,9	13,8	16,6	21,6	26,8	**22,7**
1986	19,5	14,4	11,4	10,9	9,6	9,7	9,1	9,1	8,5	7,5	8,8	16,7	**11,3**
1987	19,2	12,6	20,7	17,8	11,3	10,3	8,7	7,6	8,5	6,8	18,5	18,6	**13,4**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
1988	20,4	12,3	13,9	13,1	8,9	8,6	7,5	7,0	6,4	12,1	12,1	10,4	**11,1**
1989	10,0	6,7	12,8	8,4	7,8	7,9	6,1	6,7	6,0	5,8	16,5	18,7	**9,4**
1990	7,6	8,1	8,1	8,7	6,2	4,6	8,2	8,1	4,5	5,6	9,9	10,3	**7,5**
1991	24,7	15,4	18,3	13,6	10,2	9,2	12,4	16,8	16,2	14,0	11,0	14,4	**14,7**
1992	14,2	13,2	9,4	10,0	8,8	9,2	15,1	10,5	9,7	12,4	31,8	26,1	**14,2**
1993	23,1	14,0	13,2	14,6	12,2	11,3	9,1	8,9	8,4	8,3	7,8	15,8	**12,2**
1994	33,4	12,5	28,5	18,8	17,3	13,4	11,5	9,5	8,5	8,8	10,1	15,3	**15,6**
1995	8,9	7,0	7,8	10,0	7,5	6,2	6,6	6,1	5,0	7,0	14,3	26,3	**9,4**
1996	19,9	10,3	8,6	9,2	8,7	7,4	6,1	5,6	7,4	9,8	28,5	24,7	**12,2**
1997	26,7	15,4	28,3	18,7	14,4	11,6	9,7	8,8	8,9	12,3	13,2	22,4	**15,9**
1998	16,0	15,5	12,2	11,2	9,4	7,9	7,5	8,2	5,7	9,2	18,1	18,2	**11,6**
1999	19,0	8,2	12,0	10,1	7,7	7,9	7,2	6,7	6,0	7,1	18,0	18,4	**10,7**
2000	14,8	16,0	14,0	11,4	9,1	8,4	7,2	6,3	7,2	5,4	15,2	25,2	**11,7**
2001	13,5	9,5	8,9	8,0	6,9	6,6	5,6	5,4	6,9	9,2	31,0	19,1	**10,9**
2002	24,3	17,0	13,0	10,8	9,8	8,1	8,0	6,9	10,2	6,7	10,3	17,2	**11,9**
2003	35,1	12,4	11,3	10,0	8,2	6,6	6,5	6,1	5,5	5,8	6,4	13,9	**10,7**
2004	24,9	26,0	23,4	20,0	12,9	12,1	10,8	9,0	6,9	7,6	7,6	20,2	**15,1**
2005	18,0	29,5	38,7	17,1	16,8	20,1	14,7	11,1	11,9	11,4	23,0	30,6	**20,2**
2006	17,6	10,9	28,6	19,8	13,0	11,8	10,5	9,1	10,3	13,0	23,1	26,9	**16,2**
2007	31,2	27,5	15,1	15,0	11,7	10,0	9,0	8,0	8,3	7,6	9,5	10,6	**13,6**
2008	8,5	19,4	20,3	17,1	10,4	8,2	7,3	5,9	5,5	7,0	21,6	27,2	**13,2**
2009	44,0	19,2	18,6	26,1	14,6	13,5	11,5	10,0	8,9	18,3	19,0	27,6	**19,3**
2010	12,6	9,2	17,9	16,6	12,3	9,6	9,5	7,4	6,1	7,3	16,6	16,8	**11,8**
2011	20,5	9,6	36,2	19,8	13,3	11,0	9,6	7,9	7,7	9,3	19,2	32,9	**16,4**
2012	34,6	13,4	11,3	11,5	11,4	10,9	8,2	13,0	9,0	7,1	19,1	14,3	**13,7**
2013	14,1	16,8	18,6	21,0	12,2	10,7	8,8	7,5	6,8	8,0	10,5	48,8	**15,3**
2014	18,1	12,2	10,4	14,9	9,8	8,3	8,5	8,3	6,0	6,8	9,7	10,3	**10,3**
2015	3,9	6,2	8,1	6,3	8,4	7,2	6,2	5,1	4,1	2,9	4,1	7,3	**5,8**
2016	12,3	6,0	5,8	3,2	3,0	3,5	3,3	2,4	2,4	3,1	9,7	15,5	**5,9**
2017	5,0	6,7	4,3	4,7	5,4	5,0	6,6	4,7	2,9	3,1	7,8	28,3	**7,0**
2018	6,7	17,5	14,5	17,0	14,1	8,6	6,4	5,7	5,3	5,6			**10,1**
Mín.	**3,9**	**5,8**	**4,3**	**3,2**	**3,0**	**3,5**	**3,3**	**2,4**	**2,4**	**2,9**	**4,1**	**5,8**	**3,7**
Média	**19,3**	**14,9**	**16,6**	**14,0**	**11,0**	**9,7**	**9,1**	**8,2**	**7,9**	**9,3**	**15,2**	**19,9**	**12,9**
Máx.	**55,3**	**54,7**	**68,7**	**28,8**	**19,9**	**20,1**	**15,2**	**16,8**	**16,6**	**18,3**	**34,1**	**52,5**	**33,4**

A série de vazões no local do eixo da Barragem Imigrante foi obtida a partir da transferência da série de vazões médias diárias da estação Córrego do Galo, pela relação de suas áreas de drenagem, 1.146 km² e 976 km², respectivamente. Assim empregou-se o coeficiente multiplicador de 1,1742 para determinação da série de vazões médias diárias no local do aproveitamento, para o período de 1949 a 2018.

A Tabela 6 a seguir apresenta a série de vazões médias mensais (1949 a 2018) no eixo considerado da Barragem Imigrantes com as principais estatísticas mensais calculadas.

Tabela 6 –Vazões Médias Mensais no Eixo de Interesse (m³/s)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
1949										17,1	15,3	19,8	
1950	17,3	13,3	12,3	12,1	10,8	10,9	9,6	7,7	7,0	6,7	13,2	14,1	**11,2**
1951	8,9	11,0	18,2	11,8	10,2	13,2	9,4	9,8	7,2	7,2	6,2	11,6	**10,4**
1952	19,3	19,6	18,5	13,4	10,6	9,8	10,7	10,0	9,7	7,8	11,1	19,4	**13,3**
1953	14,6	16,4	12,7	12,0	10,8	9,9	8,2	6,9	6,8	6,4	13,1	16,2	**11,2**
1954	12,9	7,6	6,2	10,6	9,3	6,6	6,8	6,2	6,3	6,2	6,3	9,3	**7,9**
1955	8,9	6,9	5,9	8,6	7,5	6,1	4,7	4,4	3,5	6,8	18,2	17,2	**8,2**
1956	9,5	6,8	8,1	5,8	6,6	6,4	6,5	6,0	5,2	8,3	14,1	61,6	**12,1**
1957	35,1	12,6	18,9	15,5	15,3	14,2	10,6	8,8	8,0	6,9	8,7	24,9	**15,0**
1958	14,4	13,6	14,4	16,4	14,3	10,7	12,1	8,5	8,7	10,4	14,0	10,4	**12,3**
1959	16,1	7,7	20,6	11,1	10,4	8,0	7,7	7,0	7,5	10,3	15,8	32,8	**12,9**
1960	34,0	23,2	80,6	33,8	23,2	18,9	17,8	16,0	13,4	12,1	20,1	17,7	**25,9**
1961	34,1	24,8	19,3	16,1	14,4	13,9	11,3	9,9	8,9	8,5	10,3	10,4	**15,2**
1962	24,3	20,3	13,1	9,2	8,9	8,3	7,8	6,5	6,3	11,2	11,8	24,4	**12,7**
1963	11,8	14,1	8,6	7,5	6,4	7,4	5,9	6,1	5,9	6,3	7,4	6,8	**7,8**
1964	16,3	16,2	16,6	23,3	11,3	9,6	10,6	10,6	7,2	17,2	15,5	26,1	**15,0**
1965	30,7	25,3	20,6	19,4	16,2	13,8	13,1	11,2	10,1	12,9	32,5	15,0	**18,4**
1966	17,2	10,7	10,6	11,8	11,0	9,7	9,9	8,3	8,0	12,5	18,8	15,8	**12,0**
1967	13,9	18,6	18,7	14,9	15,5	10,9	10,6	8,6	8,1	7,8	14,5	25,0	**13,9**
1968	25,9	25,3	27,8	20,3	14,1	12,8	11,9	12,4	19,5	16,0	15,3	15,0	**18,0**
1969	16,4	19,7	14,4	12,3	10,9	15,9	11,8	10,0	9,0	10,3	21,4	26,0	**14,8**
1970	37,3	24,9	17,1	17,4	13,2	11,3	14,5	12,7	12,2	18,5	40,0	34,4	**21,1**
1971	16,0	15,4	17,5	12,8	11,6	11,9	12,1	10,9	12,1	14,0	39,7	36,3	**17,5**
1972	19,3	17,6	16,9	17,2	15,9	12,5	13,3	10,5	12,7	14,1	20,4	26,4	**16,4**
1973	19,6	17,7	47,7	31,1	21,5	17,7	15,3	13,2	12,2	19,0	17,9	29,3	**21,8**
1974	32,4	25,1	31,3	25,3	18,8	15,1	13,4	11,6	10,8	18,3	16,3	23,4	**20,2**
1975	32,5	31,3	21,3	17,8	15,8	14,6	13,7	10,7	12,9	21,4	23,1	15,7	**19,2**
1976	11,0	9,6	9,9	9,5	9,5	7,4	8,9	7,0	10,1	10,1	20,8	26,1	**11,7**
1977	17,1	10,0	9,1	12,0	10,7	8,2	7,1	6,0	7,4	9,7	19,7	22,2	**11,6**
1978	20,3	17,7	13,8	13,3	12,8	10,0	16,0	10,9	10,5	15,2	12,4	15,8	**14,1**
1979	41,9	64,2	42,7	32,5	23,3	19,3	16,8	15,8	14,6	13,8	22,0	30,4	**28,1**
1980	42,9	26,1	17,1	29,8	20,4	16,5	14,2	13,3	11,4	11,4	12,2	30,5	**20,5**
1981	14,6	13,8	17,7	19,9	15,7	13,6	11,7	12,6	9,5	12,1	37,6	20,0	**16,6**
1982	28,2	16,0	33,4	25,9	18,4	15,1	13,5	15,9	12,0	10,9	9,7	14,5	**17,8**
1983	29,5	20,6	14,2	16,5	14,0	11,2	9,7	8,3	12,4	18,9	25,1	31,3	**17,6**
1984	19,6	15,1	16,6	18,3	12,6	10,2	8,9	9,2	9,8	12,3	20,1	39,1	**16,0**

1985	64,9	38,0	33,9	22,8	19,7	16,6	16,1	15,2	16,2	19,5	25,4	31,4	**26,6**
1986	22,9	16,9	13,4	12,8	11,3	11,4	10,7	10,7	9,9	8,8	10,3	19,6	**13,2**
1987	22,6	14,7	24,3	20,9	13,3	12,1	10,2	8,9	10,0	8,0	21,7	21,9	**15,7**
1988	24,0	14,4	16,3	15,4	10,5	10,0	8,8	8,2	7,5	14,2	14,2	12,2	**13,0**
1989	11,7	7,9	15,0	9,8	9,2	9,3	7,2	7,8	7,1	6,8	19,4	22,0	**11,1**
1990	9,0	9,6	9,5	10,2	7,3	5,3	9,7	9,5	5,3	6,5	11,6	12,1	**8,8**
1991	28,9	18,1	21,5	16,0	12,0	10,8	14,6	19,7	19,0	16,4	13,0	16,9	**17,2**
1992	16,6	15,5	11,0	11,7	10,4	10,8	17,8	12,3	11,4	14,6	37,3	30,7	**16,7**
1993	27,1	16,4	15,5	17,1	14,3	13,2	10,6	10,5	9,9	9,7	9,2	18,6	**14,3**
1994	39,2	14,7	33,5	22,0	20,3	15,7	13,5	11,2	9,9	10,3	11,8	17,9	**18,3**
1995	10,4	8,2	9,2	11,7	8,8	7,3	7,8	7,2	5,9	8,2	16,8	30,9	**11,0**
1996	23,4	12,1	10,1	10,9	10,2	8,7	7,1	6,6	8,6	11,5	33,4	29,0	**14,3**
1997	31,4	18,0	33,2	21,9	16,9	13,6	11,4	10,4	10,5	14,4	15,5	26,3	**18,6**
1998	18,8	18,2	14,3	13,1	11,0	9,3	8,8	9,6	6,8	10,8	21,3	21,4	**13,6**
1999	22,3	9,7	14,1	11,9	9,0	9,3	8,5	7,9	7,0	8,4	21,1	21,6	**12,6**
2000	17,4	18,8	16,5	13,4	10,7	9,9	8,5	7,4	8,4	6,3	17,9	29,6	**13,7**
2001	15,9	11,2	10,4	9,4	8,1	7,7	6,5	6,4	8,1	10,8	36,4	22,4	**12,8**
2002	28,5	19,9	15,3	12,7	11,5	9,6	9,4	8,1	12,0	7,8	12,1	20,2	**13,9**
2003	41,2	14,6	13,2	11,8	9,7	7,8	7,7	7,2	6,4	6,8	7,5	16,3	**12,5**
2004	29,2	30,5	27,5	23,5	15,2	14,3	12,6	10,6	8,1	9,0	9,0	23,7	**17,8**
2005	21,1	34,6	45,4	20,1	19,8	23,6	17,2	13,1	14,0	13,4	27,0	36,0	**23,8**
2006	20,7	12,8	33,5	23,3	15,3	13,9	12,3	10,7	12,1	15,3	27,1	31,6	**19,0**
2007	36,6	32,3	17,7	17,6	13,8	11,8	10,5	9,4	9,7	8,9	11,2	12,5	**16,0**
2008	10,0	22,8	23,8	20,0	12,2	9,6	8,6	7,0	6,5	8,2	25,4	31,9	**15,5**
2009	51,6	22,6	21,9	30,7	17,2	15,9	13,5	11,8	10,4	21,5	22,4	32,4	**22,6**
2010	14,8	10,8	21,0	19,5	14,5	11,3	11,2	8,7	7,1	8,6	19,5	19,7	**13,9**
2011	24,1	11,3	42,5	23,3	15,6	12,9	11,3	9,3	9,0	10,9	22,6	38,6	**19,3**
2012	40,6	15,8	13,3	13,6	13,3	12,7	9,7	15,3	10,6	8,3	22,4	16,7	**16,0**
2013	16,6	19,7	21,8	24,6	14,4	12,5	10,3	8,8	8,0	9,4	12,3	57,2	**18,0**
2014	21,3	14,3	12,3	17,5	11,5	9,7	10,0	9,7	7,1	8,0	11,4	12,1	**12,1**
2015	4,6	7,3	9,5	7,4	9,9	8,5	7,3	6,0	4,8	3,4	4,9	8,6	**6,8**
2016	14,4	7,1	6,8	3,7	3,6	4,1	3,8	2,8	2,8	3,7	11,4	18,2	**6,9**
2017	5,8	7,9	5,0	5,5	6,3	5,9	7,8	5,5	3,4	3,7	9,1	33,3	**8,3**
2018	7,9	20,6	17,1	19,9	16,5	10,1	7,6	6,7	6,3	6,6			**11,9**
Mín.	**4,6**	**6,8**	**5,0**	**3,7**	**3,6**	**4,1**	**3,8**	**2,8**	**2,8**	**3,4**	**4,9**	**6,8**	**4,4**
Média	**22,6**	**17,5**	**19,4**	**16,4**	**13,0**	**11,4**	**10,6**	**9,6**	**9,2**	**11,0**	**17,9**	**23,3**	**15,2**
Máx.	**64,9**	**64,2**	**80,6**	**33,8**	**23,3**	**23,6**	**17,8**	**19,7**	**19,5**	**21,5**	**40,0**	**61,6**	**39,2**

A partir das séries geradas, foi possível traçar as curvas de permanência de vazões médias mensais para os locais barráveis deste inventário, que são apresentadas na Figura 8, cujos valores mais notáveis estão também indicados.

Permanência (%)	Vazão (m³/s)
5%	33,2
10%	26,0
20%	20,0
25%	18,4
30%	16,9
40%	14,6
50%	12,8
60%	11,3
70%	10,0
80%	8,8
90%	7,1
95%	6,3

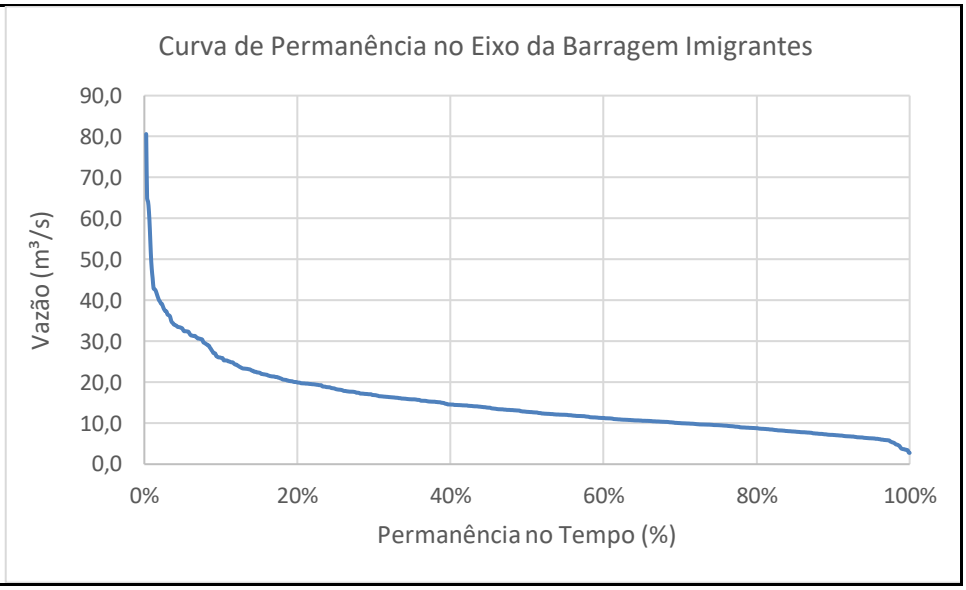


Figura 8 – Curva de Permanência no Eixo da Barragem Imigrantes

2.3. VAZÕES MÁXIMAS

Para a realização dos estudos de frequência de cheia foi utilizado, assim como na definição das séries de vazões mensais, o posto Córrego do Galo no rio Jucu – Braço Norte (57170000). A série de vazões máximas no local do eixo da Barragem Imigrante foi obtida a partir da transferência da série de vazões máximas anuais da estação Córrego do Galo, pela relação de suas áreas de drenagem, 1.146 km² e 976 km², respectivamente. Assim empregou-se o coeficiente multiplicador de 1,1742 para determinação da série de vazões médias diárias no local do aproveitamento, para o período de 1949 a 2018.

O Tabela 7 –Vazões Máximas Anuais no Eixo de Interesse (m³/s), a seguir, apresenta as séries de vazões médias diárias máximas anuais apropriadas para o local estudado. Foi considerado o ano hidrológico, ou seja, de outubro a setembro, tomando-se o cuidado de que diferentes valores máximos obtidos para diferentes anos não representassem um mesmo evento hidrológico.

Tabela 7 –Vazões Máximas Anuais no Eixo de Interesse (m³/s)

Ano Hidrológico	Série	Ano Hidrológico	Série	Ano Hidrológico	Série
1949-1950	39,0	**1972-1973**	143,3	**1995-1996**	91,9
1950-1951	36,0	**1973-1974**	88,8	**1996-1997**	90,1
1951-1952	48,7	**1974-1975**	86,3	**1997-1998**	67,9
1952-1953	52,4	**1975-1976**	43,2	**1998-1999**	98,3
1953-1954	39,9	**1976-1977**	58,9	**1999-2000**	53,0
1954-1955	19,2	**1977-1978**	52,5	**2000-2001**	73,7
1955-1956	39,2	**1978-1979**	163,2	**2001-2002**	103,4

Ano Hidrológico	Série	Ano Hidrológico	Série	Ano Hidrológico	Série
1956-1957	185,5	**1979-1980**	124,5	**2002-2003**	83,8
1957-1958	33,1	**1980-1981**	68,5	**2003-2004**	72,0
1958-1959	34,1	**1981-1982**	75,5	**2004-2005**	88,2
1959-1960	312,3	**1982-1983**	62,5	**2005-2006**	65,0
1960-1961	93,8	**1983-1984**	71,4	**2006-2007**	73,2
1961-1962	53,0	**1984-1985**	109,3	**2007-2008**	65,0
1962-1963	46,7	**1985-1986**	51,4	**2008-2009**	116,7
1963-1964	72,6	**1986-1987**	61,2	**2009-2010**	145,6
1964-1965	92,5	**1987-1988**	64,0	**2010-2011**	91,4
1965-1966	93,2	**1988-1989**	38,3	**2011-2012**	93,2
1966-1967	54,0	**1989-1990**	55,2	**2012-2013**	80,2
1967-1968	70,2	**1990-1991**	65,0	**2013-2014**	136,2
1968-1969	55,7	**1991-1992**	40,7	**2014-2015**	45,7
1969-1970	98,9	**1992-1993**	66,2	**2015-2016**	45,4
1970-1971	87,6	**1993-1994**	91,9	**2016-2017**	54,4
1971-1972	101,4	**1994-1995**	39,2	**2017-2018**	96,5

Observa-se que ocorreu uma ocorrência de uma cheia extraordinária no ano hidrológico de 1959-1960, em que a vazão atingiu o valor de 312,3 m³/s. Este valor não estava presente na série de vazões máximas no estudo do Anteprojeto (2017).

As vazões máximas anuais deveriam ser plotadas em um gráfico BoxPlot através do teste sugerido por Grubbs e Beck[1]. No entanto, de acordo com a "Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil" (ANA, 2016), nos últimos anos o país vem sofrendo com eventos climáticos extremos e devido aos cuidados que devemos ter com as mudanças climáticas, não devemos descartar os eventos considerados "outliers".

A seguir são apresentadas algumas medidas obtidas para o período total disponível.

Tabela 8 –Medidas da série de vazões máximas anuais

Medidas da série de vazões máximas	
Média	78,42
Máximo	312,33
Mínimo	19,22
Amplitude	293,11
Mediana	70,22
Moda	65,04
Variância (s2)	1850,50
Desvio-Padrão (s)	43,01
Variável Reduzida Min (Z_{min})	-1,3761
Variável Reduzida Max (Z_{max})	5,4376

[1] Grubbs, F. and G. Beck (1972). Extension of sample size and percentage points for significance tests of outlying observations. Technometrics, 14(4)

Medidas da série de vazões máximas	
Número de Medidas:	69

Assimetria:	2,76
Distribuição de Extremos:	EXPONENCIAL

Assim, a série de vazões apresentou assimetria amostral alta, maior do que 1,5. Por este motivo, considerando as recomendações contidas no "Guia para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores", ELETROBRÁS, 1987, optou-se por empregar a distribuição Exponencial (extremos de 2 parâmetros) na análise de frequência das cheias.

Também foi seguida, pela ELETROBRÁS, a recomendação de se obter os parâmetros da distribuição probabilística Exponencial pelo método dos Momentos.

Na Tabela 9 a seguir serão apresentados os cálculos dos parâmetros das distribuições pelo método dos Momentos.

Tabela 9 – Determinação dos Parâmetros pelo Método dos Momentos

β =	43,01749
xo =	35,40147

Distribuição Exponencial					
P	**TR**	**P**	**TR**	**P**	**TR**
0,002	624,92	**0,293**	3,41	**0,631**	1,58
0,031	32,78	**0,297**	3,36	**0,644**	1,55
0,051	19,51	**0,306**	3,26	**0,649**	1,54
0,077	12,96	**0,324**	3,08	**0,665**	1,50
0,082	12,27	**0,353**	2,83	**0,665**	1,50
0,096	10,42	**0,394**	2,54	**0,672**	1,49
0,126	7,93	**0,410**	2,44	**0,673**	1,48
0,151	6,62	**0,416**	2,40	**0,689**	1,45
0,179	5,57	**0,422**	2,37	**0,734**	1,36
0,206	4,86	**0,427**	2,34	**0,768**	1,30
0,215	4,64	**0,433**	2,31	**0,788**	1,27
0,229	4,37	**0,445**	2,25	**0,792**	1,26
0,232	4,31	**0,464**	2,16	**0,834**	1,20
0,242	4,14	**0,470**	2,13	**0,883**	1,13
0,257	3,89	**0,488**	2,05	**0,900**	1,11
0,261	3,84	**0,502**	1,99	**0,915**	1,09
0,261	3,84	**0,502**	1,99	**0,915**	1,09
0,265	3,77	**0,502**	1,99	**0,920**	1,09
0,269	3,72	**0,514**	1,94	**0,935**	1,07
0,269	3,72	**0,533**	1,88	**0,986**	1,01
0,272	3,67	**0,549**	1,82	**1,032**	0,97

β =	43,01749
xo =	35,40147

Distribuição Exponencial					
P	**TR**	**P**	**TR**	**P**	**TR**
0,281	3,56	**0,579**	1,73	**1,055**	0,95
0,289	3,46	**0,624**	1,60	**1,457**	0,69

A Tabela 10 apresenta o resultado da análise de frequência de vazões máximas anuais para o eixo da Barragem Imigrantes.

Tabela 10 – Resultados da análise de frequência

Período de Retorno (anos)	Probabilidade de Excedência	Vazão (m³/s)
1	1,0000	35,4
5	0,2000	104,6
10	0,1000	134,5
20	0,0500	164,3
25	0,0400	173,9
50	0,0200	203,7
100	0,0100	233,5
200	0,0050	263,3
500	0,0020	302,7
1.000	0,0010	332,6
10.000	0,0001	431,6

Foram verificados em todos os postos os ajustes das distribuições pelo Teste Kolmogorov-Smirnov, para o nível de significância de 5% ($D\alpha=D_{5\%}$). O teste consiste em verificar se a maior valor da diferença entre a probabilidade de inexcedência da distribuição probabilística com a probabilidade de inexcedência da posição de plotagem é menor do que o valor de $D\alpha$.

A verificação está na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11- Teste de Kolmogorov-Smirnov para o nível de significância de 5%

	D5%	Máxima Diferença Absoluta	Verificação
Barragem Imigrantes	0,1637	0,0946	OK

A Figura 9 ilustra o grau de aderência da distribuição ajustada à amostra de vazões máximas anuais disponíveis.

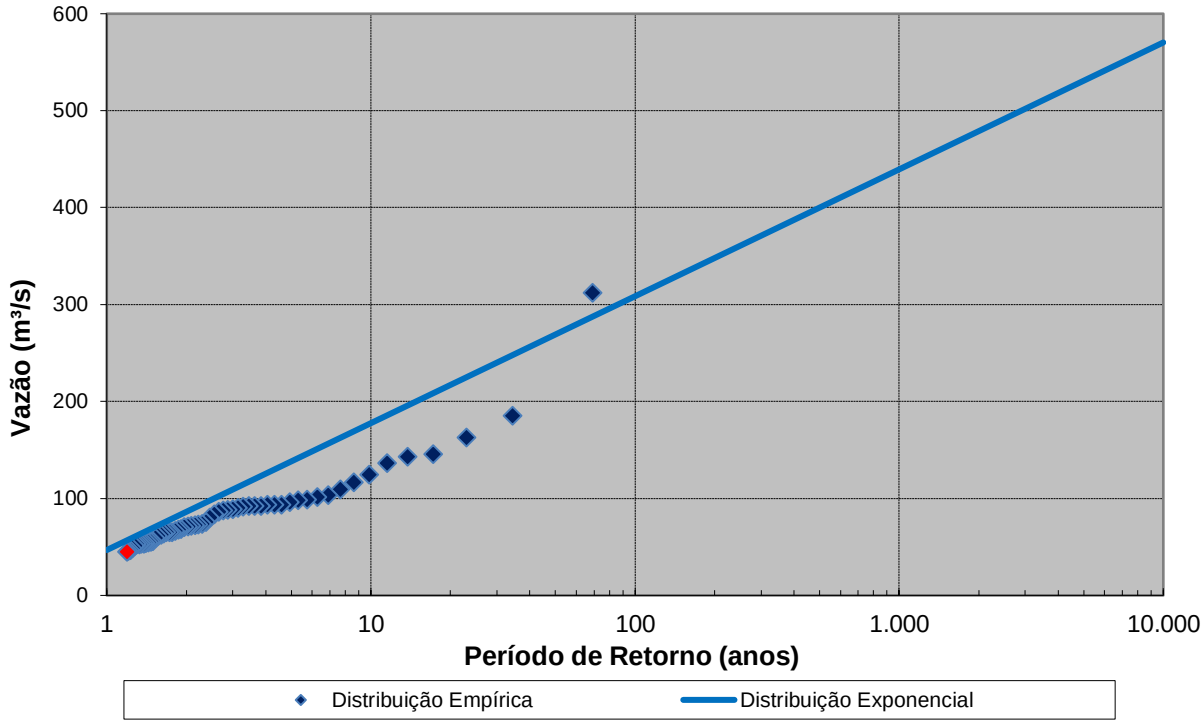


Figura 9 – Análise de Aderência da Série de Vazões Máximas da Barragem Imigrantes

Como os registros de dados dos postos fluviométricos utilizados apresentam as vazões médias resultantes de apenas duas leituras diárias, em vez de um registro contínuo, os valores obtidos para as vazões máximas médias diárias (Qmed) foram convertidos em valores máximos instantâneos (Qinst) através do coeficiente de majoração obtido da expressão empírica de Fuller (K), qual seja:

$$K = 1 + \frac{2,66}{Área^{0,3}},$$

Sendo:

$Área$: A área de drenagem do aproveitamento, em km².

Os resultados obtidos para as Vazões Máximas Instantâneas, estão apresentados no a seguir.

Tabela 12- Vazões Máximas Instantâneas

Tempo de Recorrência (anos)	Vazões Máximas Instantâneas (m³/s)
2	46,8
5	138,3
10	177,7
20	217,1

Tempo de Recorrência (anos)	Vazões Máximas Instantâneas (m³/s)
25	229,8
50	269,2
100	308,6
200	348,0
500	400,1
1.000	439,5
10.000	570,4
Área de drenagem	1.146
Fuller	1,321

2.4. VAZÕES MÍNIMAS

O estudo de vazões mínimas teve por objetivo determinar a vazão mínima residual ou ecológica a ser mantida a jusante dos aproveitamentos identificados durante o enchimento dos reservatórios ou para manutenção das condições ambientais nos trechos de vazão reduzida (TVR), em atendimento à legislação ambiental. Para isto buscou-se determinar as vazões $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ que poderão servir de referência para o cálculo da vazão mínima residual.

Para o cálculo da vazão $Q_{7,10}$ foi utilizada a metodologia recomendada pela ELETROBRÁS através da publicação "Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas". Nele, recomenda-se que as séries de vazões mínimas podem ser obtidas utilizando a menor média em sete dias consecutivos com recorrência de 10 anos em diversas distribuições estatísticas.

Para determinar dez anos de recorrência, foram utilizadas as distribuições de eventos mínimos de Weibull Tipo III e Gumbel (mínimos). Nos dois casos, as distribuições referem-se à forma assintótica limite para um conjunto de N variáveis aleatórias originais, independentes e igualmente distribuídas conforme um modelo Fx(x) de cauda inferior limitada para Weibull e exponencial para Gumbel mínimo.

Os resultados são apresentados na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Resumo dos resultados de q7

Distribuição de Weibull

TR (anos)	K (Fator de Frequencia)	q7 (m³/s)
1,0625	1,532	8,07
1,125	1,221	7,58
1,25	0,865	7,02
1,3	0,764	6,85
1,4	0,598	6,59
1,5	0,464	6,38
1,6	0,352	6,20
1,7	0,255	6,05
1,75	0,212	5,98
1,8	0,171	5,91
1,9	0,095	5,79
2	0,027	5,69
5	-0,860	4,28
10	**-1,326**	**3,54**
20	-1,699	2,95
50	-2,095	2,32
100	-2,338	1,93
200	-2,542	1,61
500	-2,764	1,26
1000	-2,902	1,04
2000	-3,018	0,85
5000	-3,144	0,65
10000	-3,222	0,53

Distribuição Gumbel

TR (anos)	q7 (m³/s)
1,0625	7,65
1,125	7,33
1,25	6,95
1,3	6,83
1,4	6,64
1,5	6,47
1,6	6,33
1,7	6,21
1,75	6,15
1,8	6,10
1,9	6,00
2	5,91
5	4,50
10	**3,57**
20	2,68
50	1,53
100	0,67
200	0,00
500	0,00
1000	0,00
2000	0,00
5000	0,00
10000	0,00

Distribuição Gumbel Ajustado

TR (anos)	q7 (m³/s)
1,0625	7,48
1,125	7,18
1,25	6,80
1,3	6,69
1,4	6,50
1,5	6,34
1,6	6,21
1,7	6,09
1,75	6,03
1,8	5,98
1,9	5,88
2	5,79
5	4,42
10	**3,52**
20	2,66
50	1,53
100	0,69
200	0,00
500	0,00
1000	0,00
2000	0,00
5000	0,00
10000	0,00

A seguir, na Figura 10 são mostrados os gráficos de ajuste, que ajudaram na seleção da distribuição Gumbel Ajustado como o mais aderente.

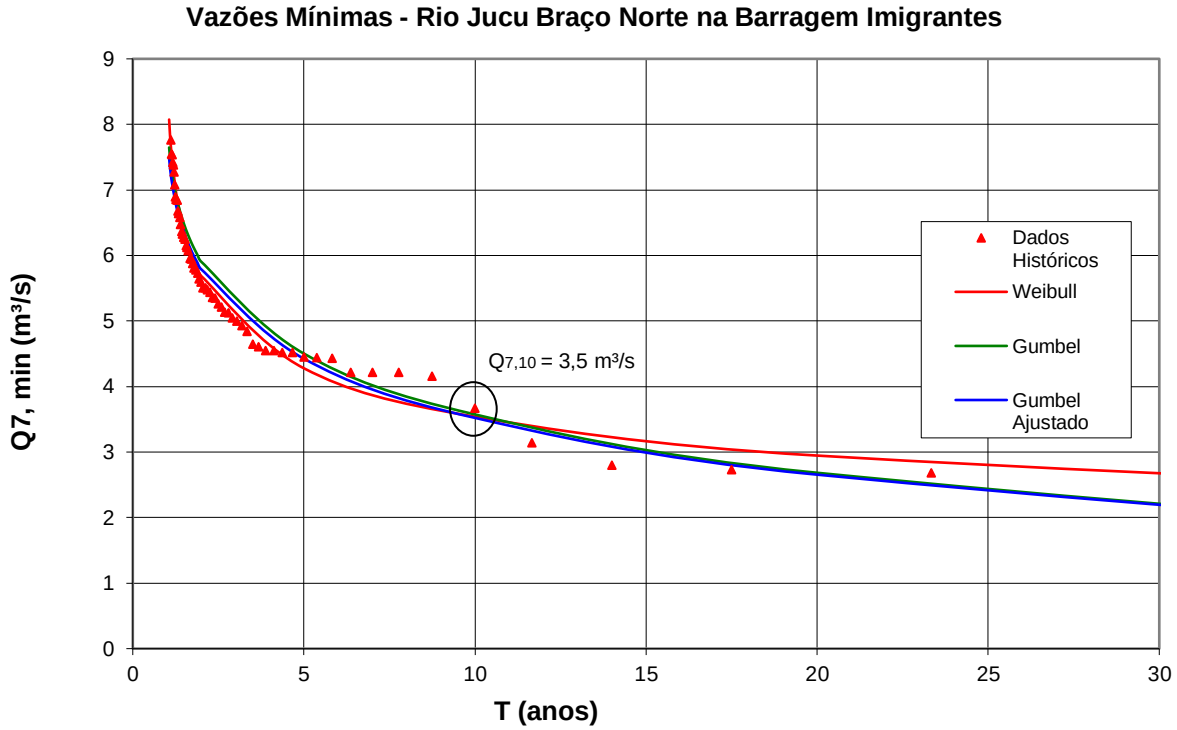


Figura 10 – Gráfico de Ajuste no eixo da Barragem Imigrantes

A Tabela 12 apresenta a vazão a ser considerada de $Q_{7,10}$ e a vazão com 95% de permanência na série diária, no eixo de interesse.

Tabela 14 - Vazões Mínimas

Sítio	$Q_{7,10}$ (m³/s)	$Q_{95\%}$ (m³/s)
Barragem Imigrantes	3,5	4,9

2.5. Estudos de Remanso

Esse estudo tem por objetivo a avaliação dos perfis de linha d'água no Rio Jucu Braço Norte sob o efeito do remanso do futuro reservatório da Barragem Imigrantes. Para tal, foi implementado um modelo matemático bidimensional, utilizando a topografia levantada ao longo do reservatório, assim como perfis de linha d'água observados in loco, que permitiram sua calibração.

Os estudos de remanso do Reservatório Imigrantes foram elaborados através do modelo hidrodinâmico HEC-RAS versão 5.0 da U.S. Army Corps of Engineers. Dado que o Rio Jucu Braço Norte possui muitos trechos com corredeiras e cachoeiras, adotou-se como condição de montante a profundidade crítica e para simulação do modelo foi utilizado o regime de escoamento misto.

A calibração do modelo foi feita de acordo com os dados fornecidos no Anteprojeto (2017), em que foram adotados as mesmas posições e numerações dos eixos, como pode ser observado na Figura 11.

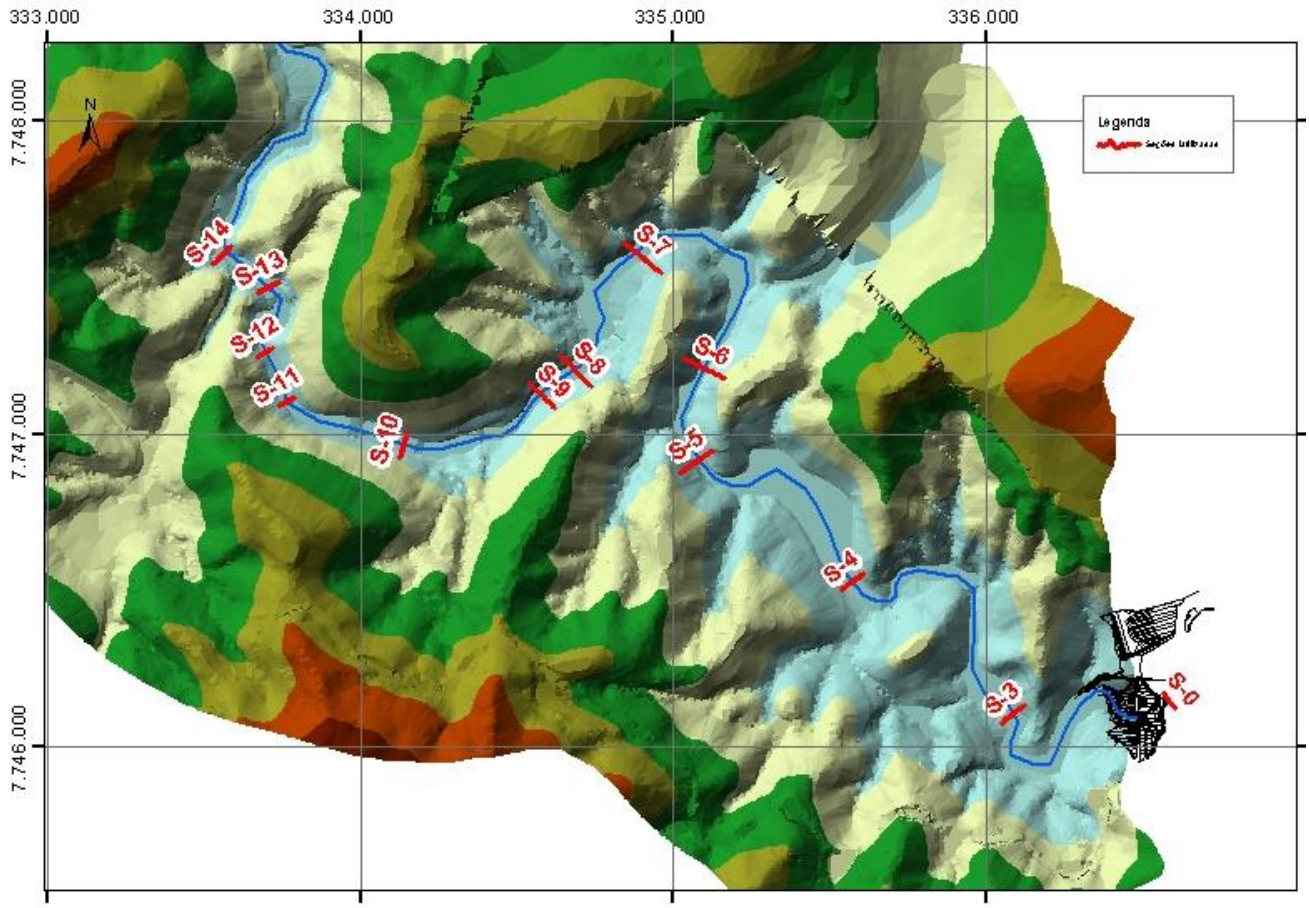


Figura 11 – Localização das seções utilizadas no modelo de remanso

Tabela 15 – Coeficientes de Manning adotados no modelo

Seção	Coeficientes de Manning			Coeficiente de Contração	Coeficiente de Expansão
	Margem Esquerda	Canal	Margem Direita		
S-14	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-13	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-12	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-11	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-10	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-9	0,035	0,032	0,035	0,3	0,5
S-8	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-7	0,03	0,031	0,03	0,3	0,5
S-6	0,035	0,027	0,035	0,3	0,5
S-5	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-4	0,035	0,03	0,035	0,3	0,5
S-3	0,035	0,027	0,035	0,3	0,5
S-0	0,035	0,027	0,035	0,3	0,5

Uma vez calibrado o modelo hidráulico, foram realizadas as simulações para as condições de nível d'água em situação natural e com o reservatório considerando 7 diferentes vazões: a média das mínimas anuais, a média de longo termo, a média das máximas anuais e as vazões de cheia associadas aos tempos de recorrência (TR) de 50, 100, 1.000, e 10.000 anos, conforme se observa na Tabela 16.

Tabela 16 – Vazões utilizados no modelo de remanso (em m³/s)

Q_{MedMin}	Q_{MLT}	Q_{MedMax}	TR=50	TR=100	TR=1000	TR=10000
7,04	12,91	66,79	269,2	308,6	439,5	570,4

Da mesma forma que foi simulado no Anteprojeto, para a simulação com o reservatório, os valores do "n" de Manning adotados foram os mesmos resultantes da calibração. A curva cota-descarga aplicado no modelo é o mesmo apresentado no capítulo 3.

A seguir são apresentados os resultados das simulações com as vazões acima mencionados.

Tabela 17 – Resultados com os níveis de remanso

	Q_{MedMin}	Q_{MLT}	Q_{MedMax}	TR=50	TR=100	TR=1000	TR=10000
S-0	71,54	71,79	72,64	74,84	75,28	76,29	76,53
S-3	71,95	72,32	73,64	76,51	77,02	78,24	78,66
S-4	81,57	81,83	82,75	85,11	85,58	86,66	86,97

	Q_{MedMin}	Q_{MLT}	Q_{MedMax}	TR=50	TR=100	TR=1000	TR=10000
S-5	84,27	84,66	86,13	89,09	89,61	90,83	91,22
S-6	90,18	90,27	90,80	93,37	93,85	92,70	93,18
S-7	96,61	96,87	97,84	100,33	100,81	101,96	102,32
S-8	101,60	101,85	102,81	105,21	105,69	106,81	107,15
S-9	101,89	102,25	103,49	106,20	106,68	107,78	108,05
S-10	111,58	111,85	112,82	115,29	115,77	116,91	117,26
S-11	120,17	120,24	120,64	123,01	123,46	122,22	122,63
S-12	120,56	120,74	121,55	124,12	124,56	123,32	123,75
S-13	122,81	123,07	123,99	126,42	126,88	126,72	127,04
S-14	122,00	122,36	123,64	126,31	126,80	127,85	128,25

A geometria do escoamento do modelo hidrodinâmico é apresentada na Figura 12 a seguir.

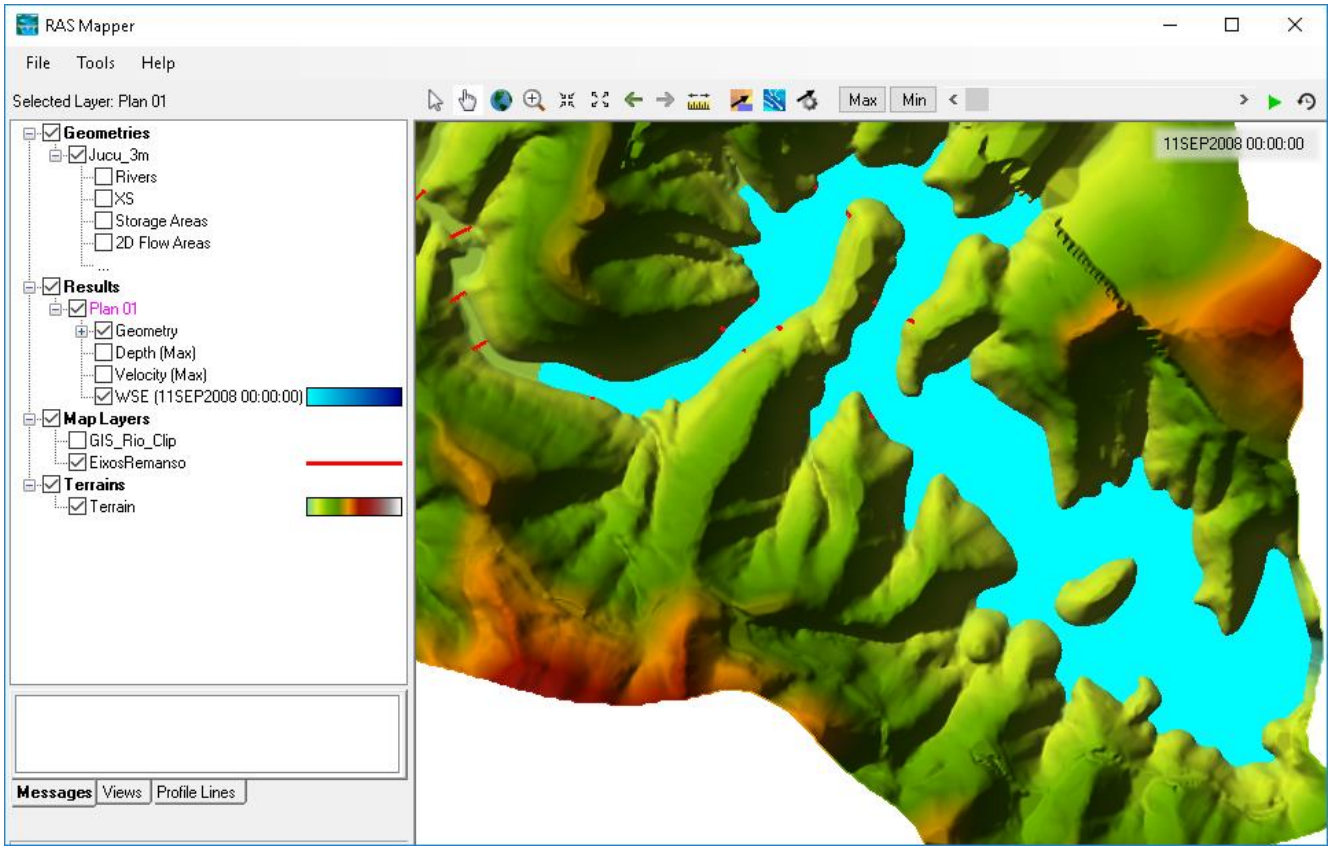


Figura 12 – Geometria do escoamento do modelo hidrodinâmico

3. SISTEMA EXTRAVASOR

3.1. OBJETIVO

Este item tem como objetivo apresentar a verificação hidráulica do sistema extravasor da Barragem Imigrantes, tomando como ponto de partida algumas das características geométricas daquele apresentado no relatório do Anteprojeto da Barragem do Rio Jucu (A-062-000-00-0-RT-0008-0B).

3.2. Verificação do Sistema Extravasor

O sistema extravasor verificado manteve o conceito apresentado no Anteprojeto, ou seja, canal de aproximação, soleira do tipo Creager clássico, escada hidráulica e bacia de dissipação do Tipo I USBR com "end-sill", todavia algumas das variáveis de projeto foram revisadas para adequar à vazão de projeto recalculada no âmbito deste estudo. A Tabela 18 apresenta os parâmetros utilizados para a determinação da geometria da soleira.

Tabela 18 – Parâmetros de projeto para a soleira do vertedor.

Item	Valor	Unidade
Tipo de soleira	Creager Clássico	-
El. Soleira	120,00	m
NA Máximo Maximorum	121,30	m
Hmáx	1,30	m
Hd	1,55	m
θ_b	45,0	graus
P	8,5	m
Cd	2,18	m^-0.5/s
P/Hd	5,48	-
Qd (TR10.000 anos)	570,4	m³/s
Lef	135,54	m
Ka	0,171	
L	140,00	m
Hmáx/Hd	0,84	

É importante notar que foi considerada a vazão de projeto aquela decorrente de uma cheia decamilenar, e que se manteve a elevação do NA Máximo Maximorum a constante do Anteprojeto, uma vez que se admitiu que nesta etapa houve extensa discussão em relação à máxima sobrelevação que o reservatório poderá alcançar, tendo em vista as condições do entorno da estrutura. Assim sendo, considerou-se que o Hmáx seria igual a 1,3 m.

A carga cinética não foi considerada, dado que a relação P/Hd é maior que 1,33, a carga de projeto empregada é de 1,55 m, obedecendo assim à restrição de que Hmáx/Hd deve ser inferior a 1,33. O cálculo do comprimento da soleira do vertedor foi obtida a partir da seguinte relação:

- $L_{ef} = {Q}/{H_d^{1,5} * C_d}$

- $L = L_{ef} + 2 * (K_a)$

As características geométricas da soleira do extravasor estão apresentadas na Tabela 19 cujas equações empregadas estão ilustradas na Figura 13. O ponto de tangência calculado corresponde às coordenadas X=1,70 e Y=-0,92.

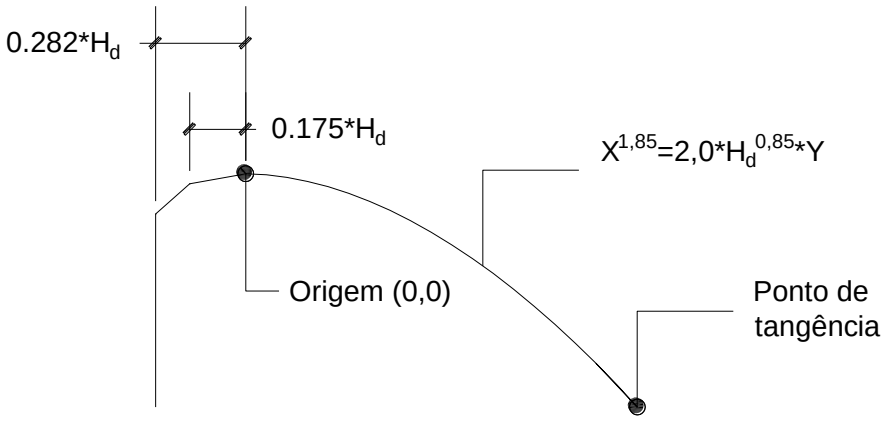


Figura 13 – Equação para a obtenção das características geométricas da soleira.

Tabela 19 – Coordenadas da geometria da soleira.

X	Y
-0.271	-0.050
0.000	0.000
0.100	-0.005
0.500	-0.096
1.000	-0.344
1.500	-0.729
1.600	-0.822
1.700	-0.919

A partir das características acima mencionadas foi calculada a curva cota-descarga do vertedor, que está apresentada na Figura 14 e na Tabela 20, com base na formulação do "Small Dams":

- $Q = C * H_e^{1,5} * L_{ef}$
- $L_{ef} = L - 2 * (K_a + N * K_p) * H_e$

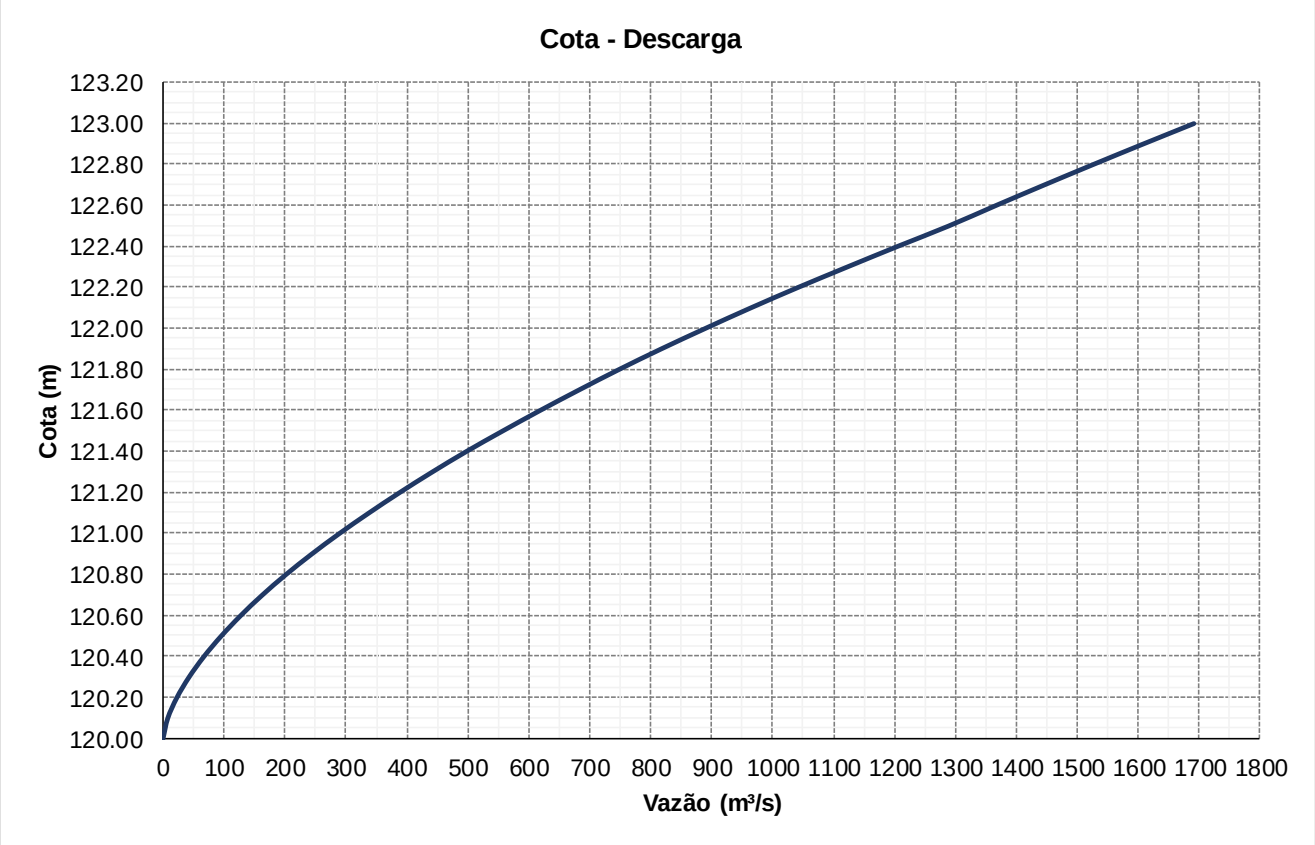


Figura 14 – Curva cota-descarga.

Tabela 20 – Curva cota-descarga.

NA (m)	He (m)	Lef (m)	C (m^-0.5/s)	Ka	Q (m³/s)	He/Hd
120	0	140,00	1,745	0,01	0,00	0,00
120,1	0,1	140,00	1,762	0,02	7,80	0,06
120,2	0,2	139,98	1,811	0,04	22,67	0,13
120,3	0,3	139,97	1,854	0,05	42,64	0,19
120,4	0,4	139,95	1,891	0,06	66,95	0,26
120,5	0,5	139,92	1,927	0,08	95,31	0,32
120,6	0,6	139,90	1,957	0,09	127,24	0,39
120,7	0,7	139,86	1,985	0,10	162,61	0,45
120,8	0,8	139,83	2,013	0,11	201,44	0,52
120,9	0,9	139,79	2,041	0,12	243,65	0,58
121	1	139,74	2,068	0,13	288,94	0,65
121,1	1,1	139,70	2,092	0,14	337,18	0,71
121,2	1,2	139,65	2,113	0,15	387,87	0,77
121,3	1,3	139,60	2,132	0,15	441,16	0,84
121,4	1,4	139,55	2,150	0,16	497,07	0,90
121,5	1,5	139,50	2,172	0,17	556,53	0,97
121,6	1,6	139,44	2,189	0,17	617,82	1,03
121,7	1,7	139,39	2,206	0,18	681,59	1,10

NA (m)	He (m)	Lef (m)	C (m^-0.5/s)	Ka	Q (m³/s)	He/Hd
121,8	1,8	139,33	2,221	0,18	747,26	1,16
121,9	1,9	139,28	2,238	0,19	816,23	1,23
122	2	139,22	2,256	0,19	888,50	1,29
122,1	2,1	139,17	2,274	0,20	962,92	1,35
122,2	2,2	139,12	2,292	0,20	1040,54	1,42
122,3	2,3	139,06	2,312	0,20	1121,35	1,48
122,4	2,4	139,01	2,329	0,21	1203,56	1,55
122,5	2,5	138,96	2,344	0,21	1287,72	1,61
122,6	2,6	138,92	2,344	0,21	1365,28	1,68
122,7	2,7	138,87	2,344	0,21	1444,33	1,74
122,8	2,8	138,83	2,344	0,21	1524,84	1,81
122,9	2,9	138,79	2,344	0,21	1606,80	1,87
123	3	138,75	2,344	0,21	1690,18	1,94

A escada hidráulica foi dimensionada para o regime deslizante sob turbilhões ("Skimming Flow"), considerando as seguintes premissas:

- Altura do degrau (S) = 0,90 m;
- Comprimento do degrau (l) = 0,72 m;
- Inclinação (θ) = 1:0,8 (V:H);
- Número de degraus (n) = 10;
- El. soleira = 120,00 m;
- El. crista = 123,00 m;
- El. bacia de dissipação = 109,00 m
- Hdam = 12,00 m.

A Figura 15 apresenta dos diferentes regimes de escoamento e aquele em que a escada deste projeto se encontra – Skimming flow, Tipo A, no qual o perfil do escoamento sobre os degraus é paralelo ao pseudo fundo formado.

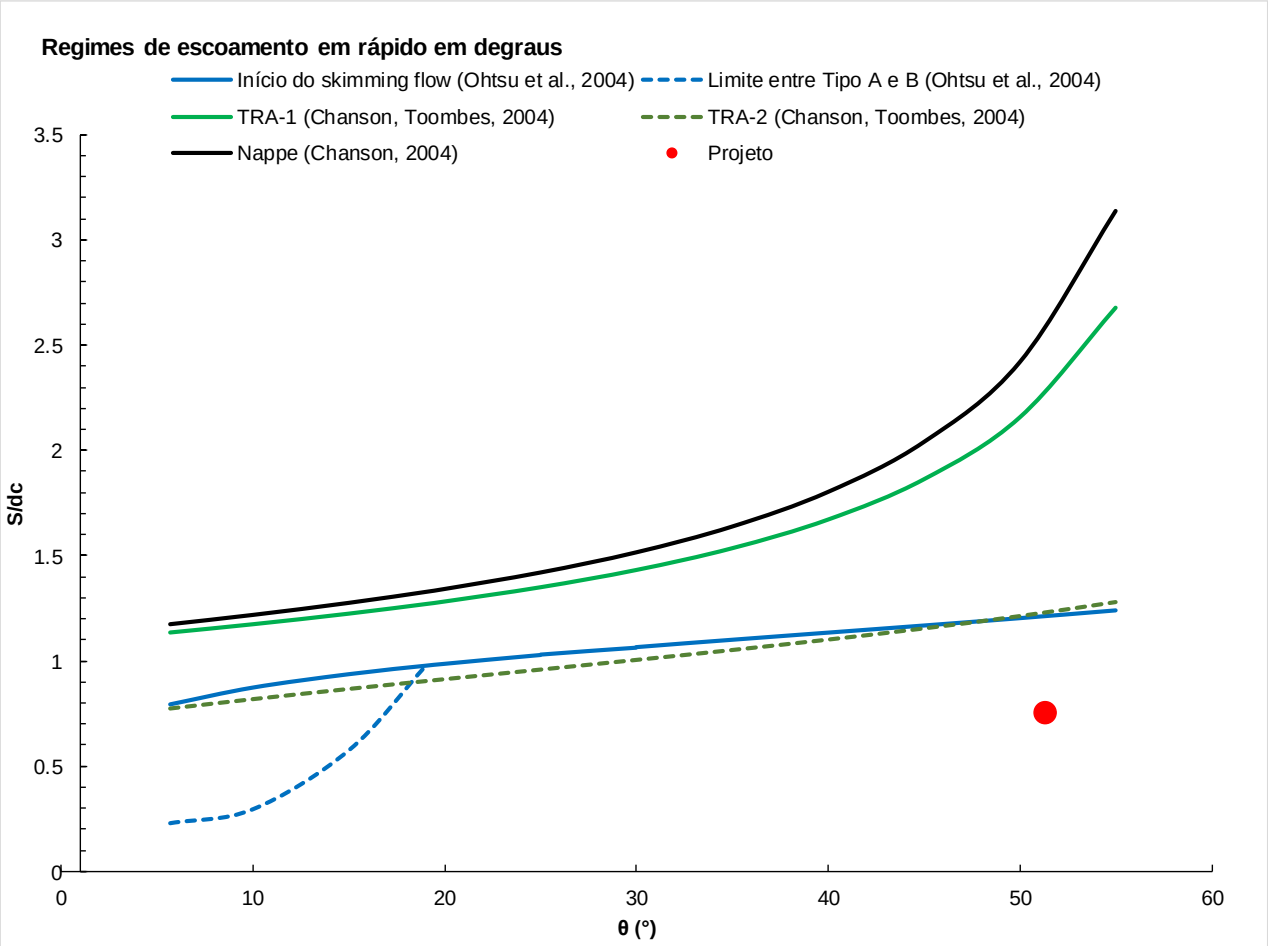


Figura 15 – Regimes de escoamento no rápido em degraus.

Com base na formulação descrita em Ohtsu, I., Yasuda, Y., Takahashi, M. (2004) para o escoamento deslizante sob turbilhões, calculou-se a altura da parede ao longo do rápido, que deve ser de aproximadamente 1,30 m. A bacia de dissipação foi calculada considerando-se a do Tipo I do USBR, com end-sill. A altura conjugada de montante foi obtida a partir da formulação de Boes, Hager (2003), e é igual a 0,38 m, a altura conjugada de jusante é igual a 2,80 m. O comprimento da bacia é de 16,70 m e sua largura é de 140,00 m. A Figura 16 apresenta um croqui do sistema extravasor verificado.

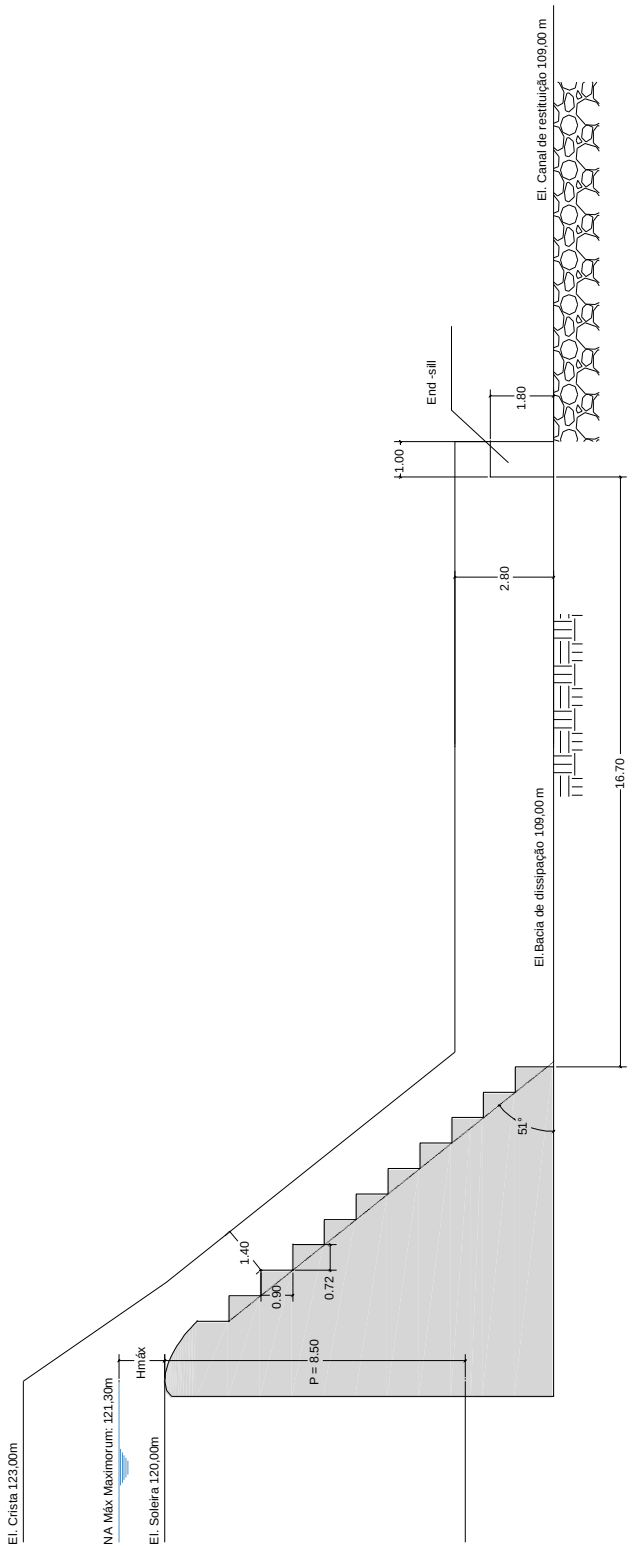


Figura 16 – Croqui do sistema extravasor