

## 12. ESTUDOS BÁSICOS E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID

### 12.1. MEIO FÍSICO

#### 12.1.1. Recursos Hídricos

##### 12.1.1.1. Disponibilidade Hídrica de Superfície

O regime de vazões do rio Ribeira é influenciado pelo clima úmido, altas temperaturas, baixa evaporação, cobertura vegetal e litologia, que favorecem o escoamento subsuperficial da água, propiciando uma densa rede de drenagem. O rio apresenta um comportamento típico de correntes tropicais, com cheias no período de verão, podendo, em certas ocasiões, comportar-se como uma corrente subtropical, com duas ou mais cheias, principal e secundária, no outono e primavera.

No Quadro 12.1.1/01 é apresentada a rede de estações fluviométricas de interesse para os estudos, selecionadas de forma a cobrir o curso do rio Ribeira até a localidade de Ribeira. Na Figura 11.1.1/01 do texto de Clima e Condições Meteorológicas do Capítulo 11, estão espacializados os postos pluviométricos e fluviométrico de interesse.

Dentro da área de influência direta consideraram-se sete estações fluviométricas, sendo três no curso do rio Ribeira e quatro em seus afluentes. A jusante do local planejado para a construção do eixo da barragem de Tijuco Alto foram selecionadas duas estações, ambas situadas no curso do rio Ribeira.

A coleta de dados contemplou as séries históricas de dados diários de vazões registradas nas estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica, obtidas das operadoras: Agência Nacional de Águas – ANA e Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE.

**QUADRO 12.1.1/01 - REDE DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DE INTERESSE**

Código ANA	Código DAEE	Estação	Curso d'água	Oper.	Lat.	Long.	Ar. Dren. (km <sup>2</sup> )	Início oper.
81107000	-	Foz do São Sebastião	Ribeira de Iguape	ANA	24º 54'	49º 27'	2761	Set-78
81125000	-	Turvo	Turvo	ANA	24º 45'	49º 20'	392	Ago-45
81135000	-	Balsa do Cerro Azul	Ribeira de Iguape	ANA	24º 47'	49º 16'	4570	Mai-30
81140000	-	Cerro Azul	Ponta Grossa	ANA	24º 49'	49º 16'	435	Ago-30
81169500	6F-001	Catas Altas	Catas Altas	DAEE	24º 37'	49º 03'	652	Jan-72
81200000	-	Capela da Ribeira	Ribeira de Iguape	ANA	24º 39'	49º 00'	7252	Out-36
81205000	5F-005R	Ribeira	Ribeira de Iguape	DAEE	24º 39'	49º 00'	7465	Mar-62

Com o objetivo de se obter coerência e uniformidade nos resultados dos estudos, procedeu-se a uma revisão das áreas das bacias hidrográficas contribuintes, principalmente daquelas utilizadas como referência para as análises. Desta forma, considerou-se em uma mesma base cartográfica a disposição dos elementos de área o que inclui as parcelas contribuintes ao eixo de Tijuco Alto e as estações fluviométricas consideradas nestas análises, que tiveram as suas áreas de drenagem respectivas redefinidas para efeito de verificação.

A delimitação das bacias hidrográficas contribuintes foi efetuada sobre as cartas topográficas da Fundação IBGE, na escala 1.250.000.

No Quadro 12.1.1/02 estão indicadas as áreas das bacias hidrográficas contribuintes das estações fluviométricas. Verifica-se que a área relativa à estação fluviométrica de Foz do São Sebastião diverge sensivelmente do valor oficial, apresentando uma diferença de área de drenagem, para maior, da ordem de 12,6%.

**QUADRO 12.1.1/02 - REVISÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS CONTRIBUINTES**

Código ANA	Estação	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )		Diferença (%)
		Oficial	CNEC	
81107000	Foz do São Sebastião	2.761	3.160	12,63%
81135000	Balsa do Cerro Azul	4.570	4.543	-0,59%
-	UHE Tijuco Alto	6.369	6.340	-0,45%
-	PCH Ribeira (Eixo Jusante)	-	7.057	-
81200000	Capela da Ribeira	7.252	7.248	-0,05%

No Quadro 12.1.1/03 são apresentados os valores das vazões médias mensais observadas nas estações implantadas nos tributários do rio Ribeira e no Quadro 12.1.1/04, as vazões registradas no curso do rio Ribeira. As vazões são expressas em l/s/km<sup>2</sup>, o que permite analisar individualmente a produção hídrica de cada estação.

**QUADRO 12.1.1/03 - VAZÕES MÉDIAS MENSIS NOS TRIBUTÁRIOS (l/s/km<sup>2</sup>)**

Mês	Turvo	Cerro Azul	Catas Altas
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	392	435	652
Jan	23,84	14,73	21,55
Fev	16,09	15,53	22,09
Mar	16,95	12,65	18,36
Abr	15,58	10,70	14,66
Mai	14,15	11,60	16,46
Jun	14,95	11,80	16,77
Jul	14,23	11,89	14,83
Ago	13,47	10,39	13,40
Set	13,15	12,07	17,42
Out	13,96	12,73	17,31
Nov	13,11	11,58	14,22
Dez	12,97	12,24	16,24
<b>Média</b>	<b>15,20</b>	<b>12,32</b>	<b>16,94</b>

**QUADRO 12.1.1/04 - VAZÕES MÉDIAS MENSIS NO CURSO DO RIO RIBEIRA (l/s/km<sup>2</sup>)**

Mês	Foz do São Sebastião	Balsa do Cerro Azul	Capela da Ribeira
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	3.160	4.543	7.248
Jan	25,10	20,07	19,85
Fev	23,68	20,93	20,04
Mar	21,94	17,97	17,31
Abr	17,41	14,21	13,83
Mai	21,25	14,63	14,83
Jun	19,74	14,81	15,33
Jul	19,70	15,55	14,86
Ago	15,95	13,67	13,16
Set	20,29	16,24	15,31
Out	22,87	17,29	16,35
Nov	18,57	15,19	14,67
Dez	19,69	15,73	15,07
<b>Média</b>	<b>20,51</b>	<b>16,36</b>	<b>15,88</b>

De forma geral observa-se um comportamento sazonal pouco acentuado durante o ano, com vazões máximas incidindo entre os meses de janeiro e fevereiro e mínimas, geralmente, no mês de agosto.

Dentre os dados registrados nos tributários afluentes do rio Ribeira, a estação de Catas Altas, situada no rio Cata Altas, sobressai-se em termos de produção hídrica, sendo observados valores médios anuais da ordem de 16,94 l/s/km<sup>2</sup>. Menores valores são registrados na estação de Cerro Azul com vazão específica de 12,32 l/s/km<sup>2</sup>.

Nas estações fluviométricas implantadas ao longo do curso do rio Ribeira, observa-se uma tendência natural de redução progressiva da produção hídrica à medida que aumenta a área da bacia hidrográfica contribuinte, com valores de vazões específicas variando de 20,51 l/s/km<sup>2</sup> na estação Foz de São Sebastião (3.160 km<sup>2</sup>) a 15,88 l/s/km<sup>2</sup> registrados em Capela da Ribeira (7.248 km<sup>2</sup>).

Na Figura 12.1.1/01 são apresentados os histogramas respectivos.

Considerando-se a estação fluviométrica de Capela da Ribeira, como representativa das vazões afluentes ao eixo projetado da barragem de Tijuco Alto, são apresentados no Quadro 12.1.1/05 os valores das vazões médias mensais mínimas, médias e máximas registradas ao longo de sua série histórica.

**ENTRA FIGURA 12.1.1/01 – HISTOGRAMAS DAS VAZÕES MÉDIAS MENSAIS AO LONGO DO RIO RIBEIRA**

**QUADRO 12.1.1/05 - VAZÕES MÉDIAS MENSIS EM CAPELA DA RIBEIRA**

<b>Mês</b>	<b>Mínima (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Média (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>
Jan	39,8	143,9	569,0
Fev	54,7	145,2	331,0
Mar	61,7	125,5	365,0
Abr	45,3	100,2	358,0
Mai	39,0	107,4	371,0
Jun	52,2	111,1	500,0
Jul	45,8	107,7	380,0
Ago	39,6	95,4	247,0
Set	42,6	111,0	379,0
Out	39,5	118,5	458,0
Nov	42,0	106,3	278,0
Dez	40,2	109,2	252,0
<b>Ano</b>	<b>39,0</b>	<b>115,1</b>	<b>569,0</b>

Baseado no histórico de vazões médias mensais observadas na estação de Capela da Ribeira (1936 a 2002), verifica-se que o ano de 1998 foi o mais úmido e 1949 o mais seco, com valores médios mensais de 265,6 m<sup>3</sup>/s e 51,5 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

A máxima cheia diária foi registrada em 24 de janeiro de 1997, quando se alcançou uma vazão de 2.726 m<sup>3</sup>/s, do contrário, a mínima vazão diária, registrada em 15 de janeiro de 1945, foi uma vazão de 30,8 m<sup>3</sup>/s. Verifica-se, ainda, que o regime de vazões do rio Ribeira não se limita a apresentar cheias nos meses mais chuvosos, podendo ocorrer em qualquer época do ano.

O rio Ribeira apresenta uma disponibilidade hídrica superficial significativa, resultado do regime de precipitações atuantes com alta incidência de chuvas na região de cabeceiras e da baixa ocupação ainda presente na área da bacia. Desta forma, o regime de vazões apresenta um comportamento sazonal pouco acentuado, não sendo geralmente observado ao longo do ano um período com característica nitidamente seca.

#### a) Vazões Máximas

Para a determinação das vazões máximas de projeto no local destinado à construção da barragem da UHE de Tijuco Alto, para diversas recorrências, procedeu-se o cálculo dos principais parâmetros estatísticos das vazões máximas médias anuais, obtidas a partir de séries de descargas diárias naturais registradas na estação fluviométrica de Capela da Ribeira.

A série histórica de vazão, observada na estação Capela da Ribeira, apresenta um período contínuo de observação diária entre 20 de outubro de 1936 e 31 de outubro de 2002, o que perfaz um período de observação de 66 anos.

Baseado nesta série histórica de dados pesquisou-se os valores das vazões máximas diárias ocorridas em cada ano hidrológico, definido como o período que compreende os meses de setembro a agosto. Ressalta-se que as vazões máximas utilizadas referem-se ao maior valor das duas leituras diárias realizadas, respectivamente, às 7 e 17 horas.

Dispostas em ordem decrescente são apresentados no Quadro 12.1.1/06 os valores das vazões máximas anuais e as respectivas determinações da média, desvio padrão e do coeficiente de assimetria da amostra.

**QUADRO 12.1.1/06 - VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS NA ESTAÇÃO DE CAPELA DA RIBEIRA**

Ordem	Ano hidrológico		Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)
1	1996	1997	2.726
2	1937	1938	2.620
3	2001	2002	2.034
4	1982	1983	1.736
5	1998	1999	1.735
6	1994	1995	1.569
7	1997	1998	1.400
8	1980	1981	1.199
9	1989	1990	1.172
10	1956	1957	1.171
11	1957	1958	1.171
12	1986	1987	1.168
13	1953	1954	1.166
14	1962	1963	1.136
15	1946	1947	1.087
16	1981	1982	1.062
17	1983	1984	1.049
18	1964	1965	1.006
19	1987	1988	1.003
20	1969	1970	996
21	1971	1972	994
22	1972	1973	907
23	2000	2001	893
24	1960	1961	885
25	1999	2000	876
26	1991	1992	851
27	1970	1971	842
28	1945	1946	835
29	1947	1948	821
30	1951	1952	789
31	1949	1950	784
32	1975	1976	777
33	1940	1941	764
34	1963	1964	749
35	1936	1937	748
36	1965	1966	703
37	1993	1994	700
38	1974	1975	660
39	1959	1960	656
40	1992	1993	646
41	1944	1945	635
42	1973	1974	626
43	1967	1968	612
44	1995	1996	576
45	1979	1980	573
46	1990	1991	570
47	1941	1942	557
48	1984	1985	531
49	1988	1989	517
50	1954	1955	512
51	1955	1956	510
52	1976	1977	473
53	1966	1967	446
54	1950	1951	438
55	1968	1969	433
56	1978	1979	428
57	1938	1939	424
58	1939	1940	424
59	1977	1978	419
60	1952	1953	403
61	1961	1962	371
62	1985	1986	333
63	1958	1959	329
64	1943	1944	316
65	1942	1943	203
66	1948	1949	157
<b>Média</b>			<b>847,0</b>
<b>Desvio Padrão</b>			<b>496,7</b>
<b>Coefficiente de Assimetria</b>			<b>1,82</b>

O coeficiente de assimetria resultou superior a 1,5, que é uma condição para se optar pelo ajuste da distribuição Exponencial, seguindo a metodologia recomendada pela ELETROBRÁS, que consiste em utilizar o ajuste das distribuições de Gumbel ou exponencial, dependendo do valor obtido para o coeficiente de assimetria da série. Para coeficientes maiores que 1,5 é recomendada a distribuição exponencial, em caso contrário à distribuição de Gumbel.

Considerando-se os parâmetros obtidos, no Quadro 12.1.1/07 são apresentadas as vazões máximas de projeto associadas a diversos períodos de retorno já transferidos para o local do eixo de Tijuco Alto. A transferência de vazões para o eixo de Tijuco Alto foi realizada através da relação entre as áreas de drenagem do local do eixo do aproveitamento (6.340 km<sup>2</sup>), e da estação fluviométrica de Capela da Ribeira (7.248 km<sup>2</sup>), que resulta um coeficiente multiplicativo igual a 0,874724. Para efeito comparativo, são apresentados, também, os valores de vazões máximas de projeto considerando-se a aplicação da distribuição de Gumbel.

**QUADRO 12.1.1/07 - VAZÕES MÁXIMAS DE PROJETO EM TIJUCO ALTO**

Tr (anos)	Vazões de Projeto	
	Gumbel (m <sup>3</sup> /s)	Exponencial (m <sup>3</sup> /s)
2	669,3	607,6
5	1052,8	1006,0
10	1307,7	1306,7
25	1628,5	1705,1
50	1867,5	2005,9
100	2103,5	2307,7
200	2338,6	2608,5
500	2650,3	3005,9
1.000	2884,4	3306,7
2.000	3120,5	3608,5
5.000	3430,2	4006,9
10.000	3665,3	4307,7

**b) Vazões Mínimas**

As vazões de estiagem foram estimadas através de um estudo estatístico das mínimas médias móveis para duração de 7 dias consecutivos, selecionadas em cada ano, obtidas a partir da série histórica de vazões diárias observadas na Estação Fluviométrica de Capela da Ribeira. No Quadro 12.1.1/08 é apresentada a amostra de dados de vazões mínimas resultantes da pesquisa.

Através da aplicação da distribuição estatística de Gumbel, calculou-se a vazão mínima de 7 dias consecutivos e período de retorno de dez anos ( $Q_{7,10}$ ), o que resultou no valor de 35,4 m<sup>3</sup>/s.

Para o local projetado para a implantação do eixo da barragem, a vazão  $Q_{7,10}$  foi obtida através da relação entre as respectivas áreas de drenagem da UHE (6.340 km<sup>2</sup>) e da estação fluviométrica adotada como referência (7.248 km<sup>2</sup>), ou seja,  $Q_{7,10} = 31,0$  m<sup>3</sup>/s. A vazão sanitária adotada igual a 50% de  $Q_{7,10}$  é, portanto, 15,5 m<sup>3</sup>/s.

**QUADRO 12.1.1/08 - VAZÕES MÍNIMAS ANUAIS COM SETE DIAS DE DURAÇÃO, EM CAPELA DA RIBEIRA**

<b>Ano</b>	<b><math>Q_{\min, 7\text{dias}}</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Ano</b>	<b><math>Q_{\min, 7\text{dias}}</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>
1937	52,5	1970	60,4
1938	67,2	1971	64,3
1939	59,1	1972	73,4
1940	45,1	1973	92,4
1941	50,0	1974	66,1
1942	60,7	1975	65,1
1943	45,8	1976	95,1
1944	33,5	1977	68,1
1945	33,5	1978	51,9
1946	51,9	1979	50,5
1947	57,7	1980	72,7
1948	54,4	1981	54,7
1949	35,0	1982	54,3
1950	41,5	1983	132,6
1951	44,7	1984	79,7
1952	37,5	1985	41,7
1953	48,3	1986	52,5
1954	60,4	1987	65,7
1955	56,8	1988	51,4
1956	47,9	1989	65,1
1957	49,9	1990	87,8
1958	67,7	1991	62,4
1959	42,7	1992	61,2
1960	50,7	1993	69,8
1961	58,1	1994	69,8
1962	45,4	1995	89,1
1963	42,2	1996	99,5
1964	48,4	1997	98,3
1965	67,7	1998	111,9
1966	73,0	1999	101,0
1967	54,6	2000	71,9
1968	35,6	2001	102,8
1969	35,8		