



#### 4.1.4.2.4 - Análise de Frequência de Cheias

Para a realização dos estudos de frequência de cheia, procurou-se, do mesmo modo que procedido com relação à definição das séries mensais, utilizar todo o conjunto de dados disponíveis. Assim, foram apropriados os dados de vazões máximas anuais nas três estações fluviométricas de interesse, ou seja, Itaicí, Ibitirama e Rive.

Verificou-se que os valores máximos registrados nos boletins recebidos da ANEEL correspondiam ora a leituras de régua médias diárias, ora a leituras máximas diárias, dando origem a séries heterogêneas. Por este motivo, optou-se por trabalhar sempre com as vazões médias diárias.

A **Tabela 4.1.4.13**, a seguir, apresenta as séries de vazões médias diárias máximas anuais apropriadas para os três locais estudados. A apropriação foi feita considerando o ano hidrológico de outubro a setembro. No quadro, cada ano hidrológico é identificado pelo ano em que se inicia o período chuvoso.

Ao final da **Tabela 4.1.4.13** são apresentadas algumas estatísticas obtidas para o período total disponível de cada local e para o período comum de observações, de 1961/62 a 1998/99.



**Tabela 4.1.4.13 - Vazões Médias Diárias Máximas Anuais nos Postos Fluviométricos (m<sup>3</sup>/s).**

ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA	ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA
1935	205			1967	807	114	120
1936	447			1968	227	61,8	135
1937	390			1969	367	83,2	119
1938	891			1970	309	98,5	173
1939	261			1971	628	91,5	149
1940	363			1972	384		96,4
1941	436			1973	167	55,5	65,3
1942	621			1974	232	64	91,6
1943	857			1975	364	64,7	
1944	637			1976	368	130	90,5
1945	206			1977	308	71	129
1946	266			1978	875	210	193
1947	298			1979	497	193	138
1948	679			1980	239	70,5	115
1949	309			1981	738	154	194
1950	682			1982	300	81,6	90,5
1951	576			1983	300	95,9	125
1952	365		56,5	1984	751	151	151
1953	220		83,7	1985	278	82,2	76,6
1954	268		120	1986	357	78,7	104
1955	111		125	1987	322	103	63,6
1956	971		139	1988	275	103	68,9
1957	511		214	1989	482	71,4	187,3
1958	141		53	1990	957	168	150
1959	614		252	1991	236	100	127
1960	467		182	1992	406	150	130
1961	141	62,2	202	1993	525	154	88,9
1962	260	111	85,5	1994	287	107	172
1963	202	60,3	82,1	1995	999	232	101
1964	240	69,2		1996	1116	229	191
1965	306	56,4	123	1997	401	95,7	90,7
1966	404	120	93	1998	466	119	91,7
Estatística para o Período Histórico				Média	442	110	125
				Máxima	1116	232	252
				Mínima	111	55,5	53,0
				Assimetria	1,043	1,139	0,668
Estatística para o Período Comum				Média	435	110	122
				Máxima	1116	232	202
				Mínima	141	55,5	63,6
				Assimetria	1,343	1,139	0,538

Obs: cada ano hidrológico está identificado pelo primeiro ano da cheia, ou seja: 1998/99 → 1998



- Análise de Frequência de Cheias nos Postos Fluviométricos

A grande diferença de comportamento dos dois braços formadores do rio Itapemirim, já percebida em termos de vazões médias, ficou muito mais acentuada no caso das vazões máximas anuais, conforme pode ser visto na **Tabela 4.1.4.14**, tanto para o período completo das séries quanto para o período comum, fato que dificultou a aplicação de um procedimento regular de regionalização.

Mesmo assim, para orientar melhor a escolha do método de transferência das vazões máximas anuais para o local do aproveitamento, foi procedida a análise de frequência de cheias para os três postos disponíveis. A partir dos dados listados na **Tabela 4.1.4.14**, e considerando que as assimetrias amostrais calculadas são muito próximas à unidade, foi ajustada a distribuição de Gumbel a cada uma das amostras, seguindo orientação das Diretrizes para Projeto de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Os resultados obtidos estão apresentados, de forma tabular, na **Tabela 4.1.4.14**, a seguir.

**Tabela 4.1.4.14** - Análise de Frequência de Vazões Médias Diárias Máximas Anuais.

Tempo de Recorrência Anos	Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)		
	Ibitirama	Itaicí	Rive
2	117	102	403
5	159	145	616
10	186	173	757
25	212	200	893
50	246	236	1068
100	271	262	1200
1000	355	349	1634
10000	439	436	2068

- Frequência de Cheias nos Locais das Barragens

Para determinação das vazões de cheia associadas a diferentes tempos de recorrência nos locais das duas barragens, a primeira metodologia imaginada foi transferir para



estes locais os valores obtidos na análise de frequência de cheias nos postos fluviométricos de Itaicí (Braço Norte Esquerdo) e Ibitirama (Braço Norte Direito), corrigidos pelas respectivas relações entre as áreas de drenagem.

Para o cálculo das vazões de cheia da barragem de geração, no Braço Direito, esta metodologia se revelou satisfatória, sendo os resultados apresentados na **Tabela 4.1.4.15**.

Para transformar as vazões médias diárias em vazões instantâneas máximas, calculou-se um coeficiente de majoração através da expressão de Fuller, qual seja:

$$K = 1 + \frac{2,66}{\text{Área}^{0,3}}$$

Para a área de drenagem de Santa Fé-Geração, 509 km<sup>2</sup>, este coeficiente é 1,41.

**Tabela 4.1.4.15 - Vazões Máximas Anuais em Santa Fé – Barragem de Geração.**

Tempo de Recorrência (anos)	Vazão Específica em Ibitirama (l/s/km <sup>2</sup> )	Máxima Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Máxima Vazão Instantânea (m <sup>3</sup> /s)
2	345,4	176	248
5	466,6	238	335
10	546,9	278	393
20	623,9	318	448
50	723,6	368	519
100	798,3	406	573
1000	1045,1	532	750
10000	1291,5	657	927

As vazões de cheia resultantes da análise de frequência no posto de Itaicí, no Braço Esquerdo, o mais próximo da barragem de derivação, foram muito baixas, inferiores inclusive às vazões calculadas para Ibitirama, no Braço Direito, que tem um terço da área de drenagem. Uma possível explicação para esta discrepância seria o regime de chuvas diferenciado nas duas bacias, em virtude de suas características orográficas.



Infelizmente o conjunto de dados disponíveis não é, ainda, suficiente para explicar adequadamente esta aparente inconsistência.

De modo a não comprometer a segurança da barragem de derivação, as vazões máximas médias anuais em Santa Fé - Derivação foram calculadas tomando-se, para cada tempo de recorrência, a vazão específica média entre as calculadas para Itaicí e para Rive.

A **Tabela 4.1.4.16** apresenta a marcha de cálculo das vazões de cheia no rio Braço Norte Esquerdo, na barragem de Santa Fé-Derivação. Para transformar as vazões médias diárias em vazões instantâneas máximas, calculou-se um coeficiente de majoração através da expressão de Fuller. Para a área de drenagem de Santa Fé-Derivação, 1.448 km<sup>2</sup>, este coeficiente é 1,30.

**Tabela 4.1.4.16 - Vazões Máximas Anuais em Santa Fé – Barragem de Derivação.**

Tempo de Recorrência (anos)	Vazão Específica Média Rive-Itaicí (l/s/km <sup>2</sup> )	Máxima Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Máxima Vazão Instantânea (m <sup>3</sup> /s)
2	139,8	202	263
5	208,5	302	393
10	254,1	368	478
20	297,7	431	560
50	354,2	513	667
100	396,6	574	747
1000	536,5	777	1010
10000	676,2	979	1273

#### 4.1.4.2.5 - Vazões Extremas Durante a Estiagem

- Vazões Máximas



Para caracterizar os riscos associados às operações de desvio do rio, foi desenvolvido um estudo das vazões máximas durante a estiagem. Para este estudo, foi adotada metodologia similar à já empregada nos estudos de cheia, no item precedente.

Foram apropriadas as séries de vazões máximas ocorridas anualmente no período de Maio a Outubro, nos postos fluviométricos de Ibitirama, Itaicí e Rive.

A **Tabela 4.1.4.17** apresenta as séries de vazões máximas apropriadas para os três postos, considerando o período de estiagem definido, juntamente com as principais estatísticas calculadas.

**Tabela 4.1.4.17** - Vazões Médias de Sete Dias Máximas Anuais (m<sup>3</sup>/s).

ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA	ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA
1936	41,6			1968	141	40,3	64,7
1937	58,1			1969	96,9	21,9	63,7
1938	61,5			1970	106	65,7	49,5
1939	22			1971	187	-	62,1
1940	51,5			1972	76,7	38,1	32,4
1941	82,1			1973	167	55,5	52,4
1942	38,8			1974	68,6	29,2	26,5
1943	72,4			1975	80,2	28,2	53,9
1944	89,2			1976	76,8	24,4	44,5
1945	62,4			1977	64,6	26,9	43,7
1946	72,4			1978	118	25,1	37,1
1947	81,1			1979	63	28,7	24,5
1948	41,6			1980	112	26,9	15,9
1949	306			1981	143	29,9	62,8
1950	34,7			1982	47,4	22,6	18,3
1951	42,3			1983	300	67,3	125
1952	52,3			1984	184	48,4	50,7
1953	47,6		16,6	1985	100	48,9	60,3
1954	43,1		21,2	1986	71,9	23,4	17
1955	27,7		22,2	1987	35	17,1	9,3
1956	21		28,6	1988	64,1	31,4	16,2
1957	79,1		30,8	1989	48,9	26,3	21,1
1958	76,2		53	1990	262	94	53,9
1959	84,1		9,8	1991	76,4	33,5	25,4
1960	43,8		7,4	1992	109	49,2	34,8
1961	44,6		16,5	1993	51,2	31,6	20,9
1962	57,3	21,9	21,8	1994	78,2	38,8	44,4
1963	24,2	10	8,5	1995	48,2	51,5	54,5
1964	89,2	48,9	26,2	1996	80,0	43,0	35,7
1965	171	51,2	51,2	1997	77,2	61,4	35,7
1966	59,8	41,2	18,3	1998	75,4	43,5	34,8
1967	46	20,4	14,1				
Estatística para o Período Histórico				Média	84,7	38,0	35,6
				Máxima	306	94	125
				Mínima	21	10	7,4
Estatística para o Período Comum				Média	98,8	38,0	38,7
				Máxima	300	94	125



				Mínima	24,2	10	8,5
--	--	--	--	--------	------	----	-----

Foram ajustadas diversas distribuições de probabilidade às três amostras de vazões máximas apropriadas. A distribuição que apresentou melhor qualidade de ajuste, medido pela estatística de Kolmogorov-Smirnov, foi a Log-Pearson tipo 3, tendo sido a escolhida. A **Tabela 4.1.4.18** apresenta os resultados obtidos para diferentes tempos de recorrência.

**Tabela 4.1.4.18** - Análise de Freqüência de Vazões Máximas na Estiagem.

Tempo de Recorrência Anos	Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)		
	Ibitirama	Itaicí	Rive
2	30,5	35,1	68,2
5	50,6	50,5	113
10	65,1	60,6	152
20	79,4	70,1	195
25	84,1	73,1	210
50	98,7	82,3	262
100	114	91,3	322

A definição das vazões associadas a cada tempo de recorrência nos locais das duas barragens do aproveitamento de Santa Fé foi feita empregando-se a mesma metodologia já adotada no cálculo das vazões de cheia, ou seja:

- para o Braço Norte Direito (Barragem de Geração), tomou-se, para cada tempo de recorrência, a vazão específica associada aos valores calculados para o posto fluirométrico de Ibitirama.
- para o Braço Norte Esquerdo (Barragem de Derivação), tomou-se, para cada tempo de recorrência, a vazão específica média entre as calculadas para os postos fluirométricos de Itaicí e Rive.



- para se obter as vazões máximas instantâneas, as vazões máximas médias diárias foram multiplicadas pelo coeficiente de Fuller: 1,30 para a barragem de derivação e 1,41 para a barragem de geração.

A **Tabela 4.1.4.19** apresenta a marcha de cálculo das vazões máximas médias diárias e instantâneas do rio Braço Norte Esquerdo em Santa Fé Derivação, para diversos tempos de recorrência, durante o período de estiagem.

**Tabela 4.1.4.19** - Vazões Máximas em Santa Fé Derivação Durante a Estiagem (maio-outubro).

Tempo de Recorrência (anos)	Vazão Específica Média Itaicí-Rive (l/s/km <sup>2</sup> )	Máxima Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Máxima Vazão Instantânea (m <sup>3</sup> /s)
2	32,3	46,7	60,7
5	49,8	72,1	93,7
10	63,4	91,8	119
20	77,7	112	146
25	82,5	119	155
50	98,7	143	186
100	116,5	169	219

A **Tabela 4.1.4.20** apresenta a marcha de cálculo das vazões máximas médias diárias e instantâneas do rio Braço Norte Direito em Santa Fé Geração, para diversos tempos de recorrência, durante o período de estiagem.

**Tabela 4.1.4.20** - Vazões Máximas em Santa Fé Geração Durante a Estiagem (maio-outubro).

Tempo de Recorrência (anos)	Vazão Específica Média Itaicí-Rive (l/s/km <sup>2</sup> )	Máxima Vazão Média Diária (m <sup>3</sup> /s)	Máxima Vazão Instantânea (m <sup>3</sup> /s)
2	89,7	45,7	64,4
5	148,8	75,8	107
10	191,5	97,5	137
20	233,5	119	168
25	247,4	126	178



50	290,3	148	208
100	335,3	171	241

- Vazões Mínimas

Foi realizado um estudo de vazões mínimas anuais, tendo o objetivo de subsidiar o estabelecimento de uma descarga ecológica a ser mantida a jusante do barramento. O critério recomendado pelas Diretrizes para Projeto de Pequenas Centrais Hidrelétricas para a definição desta descarga residual, a ser aplicado na falta de valores estabelecidos com base em demandas ambientais, exige o conhecimento da vazão de abastecimento,  $Q_{7,10}$ , que representa a menor média de sete dias consecutivos, com tempo de recorrência de 10 anos.

Assim, foi realizado um estudo de regionalização da vazão de abastecimento, tomando por base os dados diários dos três postos fluviométricos de referência: Ibitirama, Itaicí e Rive. A **Tabela 4.1.4.21** apresenta os valores de vazões mínimas de sete dias apropriados para os três postos.



**Tabela 4.1.4.21 - Vazões Médias de Sete Dias Mínimas Anuais (m<sup>3</sup>/s)**

ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA	ANO	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA
1936	9,6			1968	18,9	6,4	3,4
1937	12,3			1969	10,1	4,8	2,0
1938	14,0			1970	16,2	7,6	3,5
1939	7,8			1971	11,7	-	2,0
1940	11,1			1972	14,5	6,8	3,0
1941	18,5			1973	15,6	7,9	2,8
1942	16,2			1974	10,7	4,8	2,0
1943	18,3			1975	10,8	6,2	1,9
1944	13,0			1976	8,8	4,8	2,0
1945	15,6			1977	11,3	6,5	2,1
1946	14,2			1978	13,0	7,6	3,2
1947	13,4			1979	16,0	8,7	3,4
1948	11,5			1980	13,7	7,6	3,5
1949	17,5			1981	9,8	4,9	2,3
1950	12,6			1982	13,0	6,6	2,9
1951	9,9			1983	17,1	9,4	2,7
1952	16,8			1984	13,6	7,6	2,6
1953	11,3		2,4	1985	22,4	10,3	3,6
1954	8,9		1,7	1986	9,4	4,7	2,0
1955	3,6		1,5	1987	10,7	5,4	2,2
1956	3,0		0,9	1988	11,1	4,4	2,1
1957	8,1		1,6	1989	11,9	5,6	2,4
1958	15,7		3,2	1990	10,2	5,4	1,9
1959	8,5		1,6	1991	16,1	9,3	3,2
1960	12,9		2,0	1992	17,0	8,6	3,2
1961	9,5		1,8	1993	10,2	7,0	1,8
1962	11,7	4,5	2,2	1994	12,0	11,6	2,7
1963	7,3	4,4	1,6	1995	7,4	11,2	1,3
1964	14,0	5,7	2,6	1996	12,2	15,0	1,8
1965	15,9	4,1	2,7	1997	14,3	6,1	2,6
1966	12,5	2,5	2,7	1998	11,5	4,9	2,1
1967	11,1	5,7	2,3				

Com base nestes dados, foi realizada uma análise de frequência para determinação do valor de  $Q_{7,10}$  em cada local. A única série que cobre o período crítico, durante a década de 1950, é a série de Rive. Buscando se ter vazões mínimas correspondentes a um período mais longo também nas estações de Itaicí e Ibitirama, os valores obtidos nas análises de frequência para estes dois locais no período comum de observação (1962-1998) foram corrigidos com base na série de Rive, multiplicando-se os valores obtidos para o período comum pela relação 8,6/9,7.



Os resultados obtidos encontram-se apresentados na **Tabela 4.1.4.22**, onde empregou-se a seguinte terminologia:

$Q_{7,10}$  - vazão mínima de sete dias com TR=10 anos

$q_{7,10}$  - vazão específica mínima de sete dias com TR=10 anos

**Tabela 4.1.4.22 - Determinação da Vazão de Abastecimento.**

	RIVE	ITAICÍ	IBITIRAMA
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	2217	1040	340
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s) – Período Disponível	8,6	4,5	1,6
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s) – Período Comum (62-98)	9,7	4,5	1,8
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s) – Valor Adotado	8,6	3,99	1,60
$q_{7,10}$ (l/s/km <sup>2</sup> ) – Valor Adotado	3,88	3,84	4,70

Com base nestes resultados, as vazões de abastecimento de qualquer local da bacia do rio Itapemirim em estudo podem ser calculadas, aplicando-se o resultado de Ibitirama ao Braço Direito, de Itaicí ao Braço Esquerdo e de Rive ao próprio Itapemirim, a jusante da confluência.

A vazão de abastecimento no local da barragem de Santa Fé Derivação pode ser calculada a partir da vazão específica de Itaicí, ou seja:  $Q_{7,10}$  (Santa Fé Derivação) =  $3,84 \times 1448 / 1000 = 5,56 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Da mesma forma, a vazão de abastecimento no local da barragem de Santa Fé Geração pode ser calculada a partir da vazão específica de Ibitirama, ou seja:  $Q_{7,10}$  (Santa Fé Geração) =  $4,70 \times 509 / 1000 = 2,39 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.1.4.2.6 - Vida Útil e Assoreamento

Não existem dados sedimentométricos históricos disponíveis na bacia do rio Itapemirim. Nos estudos de inventário foram realizadas algumas medições de descarga



sólida na bacia do rio Itapemirim, sendo que três delas na PCH Santa Fé, uma em cada local de interesse.

Para suprir esta lacuna de informações, foram programadas medições de descarga sólida nos rios Braço Norte Direito, Braço Norte Esquerdo e Itapemirim, realizadas durante a campanha hidrométrica do Projeto Básico. Foram realizadas seis medições, cujos resultados encontram-se apresentados na **Tabela 4.1.4.23**, a seguir (valores datados de 2000), juntamente com os resultados dos estudos de Inventário (datados de 1999).

**Tabela 4.1.4.23** - Medições de Descarga Sólida em Suspensão no rio Itapemirim.

Local (#)	Data	Vazão Líquida (M <sup>3</sup> /S)	Concentração (Mg/L)	Vazão Sólida (T/Dia)
São Simão – Casa de Força	14-02-00	20,3	32,3	56,7
Santa Fé – Derivação (*)	23-03-99	16,8	4	5,8
Santa Fé – Derivação	10-02-00	29	34,5	86,4
Santa Fé – Derivação	17-02-00	18,5	22,8	36,4
Fumaça (*)	19-03-99	18	6	9,3
Fumaça	09-02-00	23,68	35,8	73,2
Santa Fé – Geração (*)	23-03-99	13,3	1	1,1
Santa Fé – Geração	08-02-00	63,06	30,2	164,5
Santa Fé – Geração	16-02-00	32,97	21,6	61,5
Santa Fé – Casa de Força (*)	23-03-99	38,8	9	30,2
Nossa Senhora das Graças (*)	16-02-99	36,6	7	22,1

(#) – locais de aproveitamentos inventariados pela ESCELSA no rio Itapemirim

(\*) – medições realizadas nos estudos de inventário

Assim, apesar do reduzido número de medições disponíveis, optou-se por realizar uma análise local do comportamento sedimetométrico da bacia. As medições apresentadas na **Tabela 4.1.4.23** foram lançadas em um gráfico, dando origem a uma curva-chave de sedimentos em suspensão preliminar, foi uma expressão analítica aos pontos medidos, associando as descargas sólidas em suspensão às descargas líquidas em trânsito e com o auxílio desta expressão e da série de vazões médias mensais no local



do aproveitamento, foram determinadas as séries de vazões sólidas em suspensão afluentes aos dois reservatórios.

A **Figura 4.1.4.12** apresenta o Perfil de Partição de Queda dos aproveitamentos hidrelétricos previstos no Rio Norte Braço Direito e Rio Norte Braço Esquerdo.

A série afluente ao reservatório de derivação apresentou uma média de 16.150 t/ano, enquanto que para o reservatório de geração a média encontrada foi de 6.700 t/ano. Admitindo-se que a descarga sólida por arrasto representa cerca de 20% da descarga em suspensão, tem-se que as descargas sólidas totais afluentes aos reservatórios apresentam médias de 19.400 t/ano e 8.040 t/ano, respectivamente.

Admitindo-se para o sedimento um peso específico de 1,06 t/m<sup>3</sup>, pode-se estimar o volume de sólidos que aporta anualmente aos reservatórios em 18.300 m<sup>3</sup>/ano, para a barragem de derivação, e 7.600 m<sup>3</sup>/s, para a barragem de geração. Considerando que a ocupação da bacia e a utilização do solo são variáveis dinâmicas, pode-se admitir, para efeito de segurança, um aumento da produção de sedimentos na bacia de 100%, devido ao crescimento de práticas inadequadas de uso do solo. Neste caso o volume de sedimentos afluente ao reservatório atingiria 38.800 m<sup>3</sup>/ano e 16.080 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente.

- Assoreamento do reservatório de derivação

O reservatório da barragem de derivação possui um volume total muito reduzido (4,89 Hm<sup>3</sup>), apenas 0,07% do volume de água afluente médio anual (750,00 Hm<sup>3</sup>). Nem todo o volume de sedimentos que afluui ao reservatório fica nele retido. Para se calcular a parcela de sedimentos efetivamente retida no reservatório, denominada eficiência de retenção, foi empregada a curva de Churchill, obtida de Annandale (1987) obtendo assim que o sedimento que sai do reservatório corresponde a 35%, sendo depositado 65%, ou seja, 25.220,00 m<sup>3</sup>/ano.

A soleira da tomada d'água do túnel de derivação encontra-se assentada na El. 187,00m, abaixo da qual existe um volume de 913.110,00 m<sup>3</sup>. Admitindo-se uma



deposição anual constante de 25.220,00 m<sup>3</sup> de sólidos no reservatório e sua sedimentação em camadas planas, estima-se que só após 36 anos de operação o sedimento estará alcançando a tomada d'água.

Esta avaliação é conservadora, tendo em vista que a capacidade de retenção do reservatório diminui, à medida que seu volume vai sendo comprometido pelo sedimento, fazendo com que os volumes anuais retidos sejam cada vez menores.

Considerando esta ressalva, foi mantido um septo na entrada do canal de acesso ao túnel de derivação, com crista na El. 190,00m, buscando assim retardar o acesso do sedimento à tomada d'água.

- Assoreamento do reservatório de geração

O reservatório da barragem de geração possui também um volume total muito reduzido (3,09 Hm<sup>3</sup>), 0,07% do volume de água afluente médio anual (458,00 Hm<sup>3</sup>). Aplicou-se a mesma metodologia descrita no item precedente para avaliar sua capacidade de retenção, tendo-se concluído que 70% do sedimento afluente é retido no reservatório, ou seja, 11.260,00 m<sup>3</sup>/ano.

A soleira da tomada d'água do túnel de geração encontra-se assentada na El. 186,00m, abaixo da qual existe um volume de apenas 168.000,00 m<sup>3</sup>. Admitindo-se uma deposição anual constante de 11.260,00 m<sup>3</sup> de sólidos no reservatório e sua sedimentação em camadas planas, estima-se que em apenas 15 anos de operação o sedimento estará alcançando a tomada d'água.

Considerando este resultado, foi introduzido um descarregador de fundo junto à tomada d'água, que pode promover a remoção local do sedimento. A manutenção da vida útil deste reservatório está condicionada à operação freqüente deste dispositivo.



**Figura 4.1.4.12 – Perfil Longitudinal – Partição de Queda.**



#### 4.1.4.2.7 – Usos d’água

Em termos gerais, os usos da água abarcam as atividades humanas em seu conjunto. Neste sentido, a água pode servir para consumo ou como insumo em algum processo produtivo. Os principais usos da água na bacia do rio Itapemirim são consumo doméstico, usos em atividades comerciais, criação de animais, atividades pecuárias e agrícolas, produção industrial, geração de energia hidroelétrica, exploração Mineral, fins recreativos e paisagísticos, além de transporte.

A principal concentração urbana no rio Itapemirim dentro da área de influência do empreendimento é a Sede do Município de Alegre que lança seus efluentes domésticos *in natura* no rio Alegre que desemboca no rio Itapemirim.

O principal uso das águas na área do empreendimento é para a dessedentação de animais domésticos, principalmente o gado de corte e de leite, irrigação de culturas de subsistência, além da diluição de efluentes domésticos do Distrito de São João do Norte, que lança os mesmos *in natura*, no rio Norte Braço Direito e o Distrito de Anutiba que lança seus efluentes *in natura* no córrego Lambari Frio, que consequentemente desemboca no rio Norte Braço Esquerdo. O uso para consumo humano é feito a partir de poços cacimbas e captação de águas de nascentes. Temos ainda outros usos como paisagismo, diluição de efluentes domésticos de residências localizadas as margens dos rios Norte Braço Direito e Braço Esquerdo, diluição de efluentes de lavagens de pociegas e currais e pesca amadora.

#### 4.1.4.2.8 – Qualidade da Água

Para inventariar a qualidade das águas na área de influência direta do empreendimento foram coletadas amostras de água no período de 17/02/00 a 20/06/2000, durante o desenvolvimento do projeto básico e no dia 01/10/2005, durante a atualização dos dados do estudo ambiental. Os parâmetros analisados foram pH, cor, turbidez, condutividade elétrica, acidez total, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, alcalinidade de



bicarbonato, dureza total, dureza de cálcio, cloretos, sulfatos, nitratos ferro total, ferro solúvel, manganês, fósforo, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais sedimentáveis, sólidos totais solúveis, Esteptococos fecais, Coliformes fecais e Coliformes totais. A seguir serão descritos a localização dos pontos de monitoramento e a metodologia para coleta das amostras de águas superficiais da área da PCH Santa Fé.

Cabe ressaltar que o Art. 42, Capítulo VI Disposições Finais e Transitórias, da Resolução CONAMA Nº357 de 2005, prevê que “enquanto não aprovado os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2...”, sendo assim para idealizar o respectivo inventário que se segue, águas da bacia do rio Itapemirim serão classificadas como classe 2 em conformidade com a legislação ambiental vigente.

- Pontos de Monitoramento

Para realização do inventário e respectiva caracterização da qualidade das águas na área do empreendimento, foram escolhidos 03 pontos de amostragem com as seguintes localizações:

- **MAS 01** – Ponto de Monitoramento de Água Superficial 01 – PCH Santa Fé Barragem de Derivação – N 7.711.732 E 239.985 DATUM SAD 69 MC 29°;
- **MAS 02** – Ponto de Monitoramento de Água Superficial 02 – PCH Santa Fé Barragem de Geração – N 7.709.448 E 238. 162 DATUM SAD 69 MC 29°;
- **MAS 03** – Ponto de Monitoramento de Água Superficial 03 – PCH Santa Fé Trecho de Vazão Residual – N 7.708.710 E 238.650 DATUM SAD 69 MC 29°.

A **Figura 4.1.4.13** apresenta os respectivos pontos de monitoramento das águas superficiais utilizados para caracterizar a qualidade das águas na área de influência direta do empreendimento.



**Figura 4.1.4.13 – Mapa de localização dos Pontos de Monitoramento das Águas Superficiais.**



- Metodologia

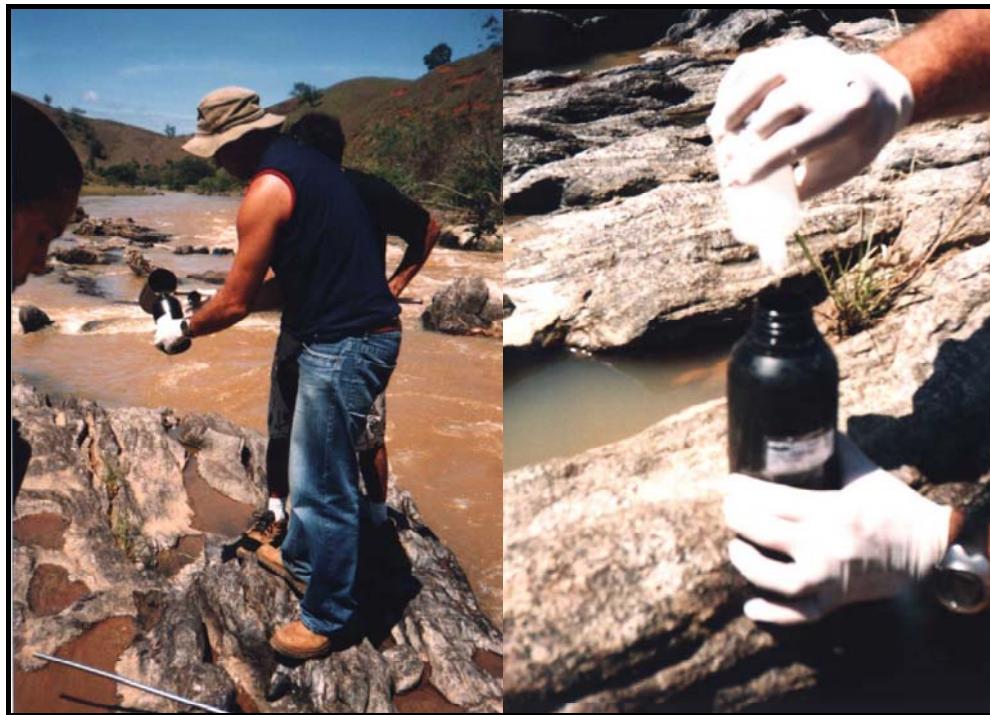
As amostras foram coletadas e preservadas, segundo método 1060 do Standard Methods 20th Edition. Também foram utilizados como referência os procedimentos de amostragem segundo Normas Cetesb. Os pontos de monitoramento foram demarcados com GPS GARMYN. A coleta foi feita com um “coletor de aço inox” e estocado em frascos de polietileno e frascos vidro, devidamente tampados e etiquetados com informações do código da amostra e ponto de amostragem, sendo imediatamente refrigeradas e armazenadas a temperatura de 4 °C e imediatamente encaminhadas ao laboratório de análises físico-químicas e bacteriológicas, conforme apresentam as **Figuras 4.1.4.14, 4.1.4.15, 4.1.4.16, 4.1.4.17, 4.1.4.18 e 4.1.4.19**. Cabe ressaltar que durante a coleta das amostras no ano de 2005 houve grande precipitação pluviométrica na região da bacia do rio Itapemirim, sendo observado que os rios e córregos da região estavam com um grande volume de água.



**Figura 4.1.4.14** - Material utilizado para coleta de água nos pontos de amostragem MAS 01, MAS 02 e MAS 03, na área de influencia da PCH Santa Fé.



**Figura 4.1.4.15** - Coleta de água no ponto de amostragem MAS 01, PCH Santa Fé Barragem de Derivação – N 7.711.732 E 239.985 DATUM SAD 69 MC 29°.



**Figura 4.1.4.16** - Coleta de água no ponto de amostragem MAS 02, PCH Santa Fé  
Barragem de Geração – N 7.709.448 E 238. 162 DATUM SAD 69 MC 29°.



**Figura 4.1.4.17** - Coleta de água no ponto de amostragem MAS 03, PCH Santa Fé  
Trecho de Vazão Residual – N 7.708.710 E 238.650 DATUM SAD 69 MC 29°.



**Figura 4.1.4.18** – Conservação das amostras de água superficial para análise laboratorial.



**Figura 4.1.4.19** – Refrigeração das amostras de água superficial coletadas na PCH Santa Fé, município de Alegre/ES.



- Resultados

As **Tabelas 4.1.4.24, 4.1.4.25 e 4.1.4.26** apresentam os resultados das campanhas realizadas nos anos 2000 e 2005 e os respectivos limites estabelecidos pela Classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 4.1.4.24 – Resultados das análises laboratoriais, referentes às campanhas de monitoramento da qualidade da água – Santa Fé Derivação.**

Parâmetro	17/02/00	27/03/00	20/06/00	01/10/05	CONAMA 357/05
pH	7,15	7,06	7,01	6,00	<b>6,0 a 9,0</b>
Cor (mg Pt/l)	33,00	6,00	3,00	9,58	<b>Até 75</b>
Turbidez (UNT)	26,93	90,21	16,55	10,80	<b>Até 100</b>
Condutividade (S/cm)	39,65	34,80	40,26	27,20	-
Acidez Total (mg/l)	2,32	3,24	4,46	30,00	-
Alcalinidade de Bicarbonato (mg/l)	16,00	14,50	15,00	285,00	-
Dureza total (mg/l)	12,94	14,46	12,55	17,00	-
Dureza de cálcio (mg/l)	6,97	-	8,53	11,90	-
Cloreto (mg/l)	2,26	2,26	2,67	12,50	<b>250</b>
Sulfatos (mg/l)	1,60	4,41	0,71	44,72	<b>250</b>
Nitratos (mg/l)	0,30	1,95	1,77	0,58	<b>10,0</b>
Ferro total (mg/l)	3,65	5,28	1,59	0,30	-
Ferro solúvel (mg/l)	0,59	0,47	0,11	0,30	<b>0,3</b>
Manganês solúvel (mg/l)	<0,05	0,06	<0,05	0,04	<b>0,1</b>
OD (mg/l)	-	-	8,30	9,40	<b>Não inferior a 5,0</b>
Estreptococos Fecais (NMP/100 ml)	2.600	2.300	2.300		-
Coliformes Totais (NMP/ 100ml)	-	12.000	5.100		-
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	700	4.200	590	320,00	<b>1.000</b>
Nitrogênio Total (mg/l)	-	-	0,57	<0,01	<b>3,7</b>
Fósforo Total (mg/l)	-	-	0,038	<0,01	<b>Até 0,050</b>
Sólidos Totais (mg/l)	-	-	67,90	70,87	-
Sólidos em Suspensão (mg/l)	-	-	13	2,87	-
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	-	-	<0,10	<1,00	-
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	-	-	54,90	68,00	-



**Tabela 4.1.4.25 – Resultados das análises laboratoriais, referentes às campanhas de monitoramento da qualidade da água – Santa Fé Geração.**

Parâmetro	17/02/00	27/03/00	20/06/00	01/10/05	CONAMA 357/05
PH	7,20	7,07	7,06	6,00	<b>6,0 a 9,0</b>
Cor (mg Pt/l)	28,00	7,00	5,00	7,96	<b>Até 75</b>
Turbidez (UNT)	25,75	74,77	9,63	18,50	<b>Até 100</b>
Condutividade (S/cm)	28,23	29,60	31,50	28,60	-
Acidez Total (mg/l)	2,32	2,78	6,44	30,00	-
Alcalinidade de Bicarbonato (mg/l)	11,00	13,50	16,50	437,50	-
Dureza total (mg/l)	8,96	12,97	17,57	8,00	-
Dureza de cálcio (mg/l)	5,47	-	7,03	7,00	-
Cloreto (mg/l)	1,51	2,26	1,87	7,10	<b>250</b>
Sulfato (mg/l)	1,02	4,17	1,00	33,08	<b>250</b>
Nitrato (mg/l)	0,21	0,33	1,43	0,76	<b>10,0</b>
Ferro total (mg/l)	2,95	5,74	0,93	3,12	-
Ferro solúvel (mg/l)	0,32	0,38	0,11	3,12	<b>0,3</b>
Manganês solúvel (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<b>0,1</b>
OD (mg/l)	-	-	8,30	9,60	<b>Não inferior a 5,0</b>
Estreptococos Fecais (NMP/100 ml)	2.200	1.500	7.200		-
Coliformes Totais (NMP/100ml)	-	1.400	3.400		-
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	2.300	3.700	2.500	200	<b>1.000</b>
Nitrogênio Total (mg/l)	-	-	0,42	<0,01	<b>3,7</b>
Fósforo Total (mg/l)	-	-	0,017	<0,01	<b>Até 0,050</b>
Sólidos Totais (mg/l)	-	-	51,00	159,58	-
Sólidos em Suspensão (mg/l)	-	-	8,00	3,58	-
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	-	-	<0,10	<0,01	-
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	-	-	43,00	156,00	-



**Tabela 4.1.4.26 – Resultados das análises laboratoriais, referentes às campanhas de monitoramento da qualidade da água – Santa Fé Trecho de Vazão Residual.**

Parâmetro	01/10/05	CONAMA 357/05
PH	6,00	<b>6,0 a 9,0</b>
Cor (mg Pt/l)	1,57	<b>Até 75</b>
Turbidez (UNT)	12,20	<b>Até 100</b>
Condutividade (S/cm)	24,30	-
Acidez Total (mg/l)	30,00	-
Alcalinidade de Bicarbonato (mg/l)	220,00	-
Dureza total (mg/l)	11,00	-
Dureza de cálcio (mg/l)	7,00	-
Cloretos (mg/l)	8,88	<b>250</b>
Sulfatos (mg/l)	31,50	<b>250</b>
Nitratos (mg/l)	0,64	<b>10,0</b>
Ferro total (mg/l)	2,33	-
Ferro solúvel (mg/l)	2,33	<b>0,3</b>
Manganês solúvel (mg/l)	<0,01	<b>0,1</b>
OD (mg/l)	9,50	<b>Não inferior a 5,0</b>
Estreptococos Fecais (NMP/100 ml)		-
Coliformes Totais (NMP/100ml)		-
Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	180,00	<b>1.000</b>
Nitrogênio Total (mg/l)	<0,01	<b>3,7</b>
Fósforo Total (mg/l)	<0,01	<b>Até 0,050</b>
Sólidos Totais (mg/l)	41,25	-
Sólidos em Suspensão (mg/l)	1,25	-
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	<0,01	-
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	40,00	-

- Análise dos resultados e conclusão

A poluição das águas na área de influência direta do futuro empreendimento tem como origem diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, oriundos das moradias que margeiam os rios e córregos da região, o deflúvio superficial urbano, originado nos Distritos de São João do Norte e Anutiba e o deflúvio superficial agrícola, originado pelo uso de defensivos agrícolas e fertilizantes na agropecuária e agricultura,



estando, portanto associada ao tipo de uso e ocupação do solo. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carream, sendo que os esgotos domésticos apresentam, compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias.

Em geral, o deflúvio superficial urbano contém todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, os materiais acumulados em valas, bueiros, etc., são arrastados pelas águas pluviais para os cursos d'água superficiais, constituindo uma fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente for a limpeza pública do município.

O deflúvio superficial agrícola tem características diferentes. Seus efeitos dependem muito das práticas agrícolas utilizadas em área da bacia do rio Itapemirim e da época do ano em que se realizam as preparações do terreno para o plantio, a aplicação de defensivos agrícolas e a colheita. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando da ocorrência de chuvas, principalmente nas áreas rurais que margeiam todo o empreendimento. As diferentes formas de aporte tornam, na prática, inexequível a análise sistemática de todos os poluentes que possam estar presentes nas águas superficiais.

Em face às considerações supra e após os resultados apresentados nas **Tabelas 4.1.4.24, 4.1.4.25 e 4.1.4.26** acima podemos concluir que o parâmetro ferro solúvel está acima dos limites preconizados na Resolução CONAMA nº 357/05 para as coletas de água realizadas na área do empreendimento nos meses de fevereiro e março do ano 2000 nos pontos de monitoramento MAS 01 (barragem de derivação) e MAS 02 (barragem de geração), e no mês de outubro de 2005 para os pontos de monitoramento MAS 02 (barragem de geração) e MAS 03 (trecho de vazão residual). O parâmetro Coliformes Fecais está acima do limite do preconizado pela legislação ambiental vigente no ponto MAS 01(barragem de derivação) para o mês de março de 2000 e no ponto MAS 02 (barragem de geração) nos meses de fevereiro, março e junho de 2000. Cabe ressaltar que os valores altos de Coliformes Fecais no ponto de monitoramento MAS 02 (barragem de geração), pode ter sido influenciado pelo distrito de São João do norte que lança seus efluentes *in natura* nas águas do rio Norte Braço



Direito e que no ano de 2005 esses valores não foram identificados devidos aos altos índices pluviométricos que assolararam a região durante a campanha.

Cabe ressaltar que nesse relatório não estão sendo realizadas análises estatísticas, pois os resultados dos principais indicadores de qualidade de água não permitem esta interpretação mais abrangente. Esta avaliação deverá ser prevista ao longo dos primeiros 5 anos, após a instalação do empreendimento, permitindo interpretar o comportamento destes principais parâmetros ao longo do tempo e espaço, reafirmando a proposta deste trabalho que é a divulgação do inventário de informações de maneira a auxiliar significativamente as ações de gestão e de tomada de decisão, para uso dos recursos hídricos da área de influência direta do empreendimento.

#### 4.1.4.2.9 – Estudos e Projetos Existentes

O aproveitamento do potencial energético e a avaliação dos recursos hídricos das bacias do Estado do Espírito Santo vem sendo extensivamente estudados desde a década de 1950, em diversos graus de aprofundamento.

Em 1966 a empresa, Engenharia Gallioli LTDA, realizou um Estudo Global dos Recursos Hidráulicos, abrangendo os seguintes rios; Itapemirim, Novo, Benevente, Jucu e São Mateus.

Em 1999 a ESCELSA contratou os serviços da ENGEVIX Engenharia para execução de um novo estudo desenvolvido para ELETROBRÁS/ANEEL, denominado “Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias Hidrográficas do Espírito Santo”.

Como restrição energética considerou-se que os aproveitamentos com potência instalada inferior a 5 MW não seriam considerados nas alternativas de participação de queda.

Nesta fase foram selecionadas, a princípio, 14 alternativas de aproveitamento para todas as bacias e analisadas cinco alternativas nos Estudos Finais de Inventário na bacia do rio Itapemirim, sendo três aproveitamentos no rio Braço Norte Esquerdo e dois no rio Braço Norte Direito.