

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Secretaria de Estado do Ambiente - SEA
Instituto Estadual do Ambiente - Inea

**ELABORAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS
HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

R3-A – TEMAS TÉCNICOS ESTRATÉGICOS

RT-01 – Estudos Hidrológicos e Vazões Extremas

Revisão 02

Elaboração: Fundação COPPETEC
Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente

Fevereiro de 2014

Instituto Estadual do Ambiente (Inea)
Av. Venezuela, 110 – 3º andar - Saúde
Rio de Janeiro, RJ
22.640-102

Elaboração e Execução:
Fundação COPPETEC
Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente

Todos os direitos Reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ERJ	2
3. ANÁLISE DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS EXISTENTES	8
3.1. Estudos de Regionalização de Vazões das Sub-Bacias 58 e 59 - CPRM	8
3.2. Estudos hidrológicos da Planer/Fundenor	15
3.2.1. Bacia dos rios Macaé e São João	15
3.2.2. Bacia hidrográfica contribuinte à Lagoa Feia.....	17
3.3. Estudo de Disponibilidade Hídrica da Bacia do rio Macaé - Ecologus	17
3.4. Avaliação de Disponibilidade Hídrica na RH-I: Tese de Doutorado - UFF	19
3.5. Estudo de Regionalização do Macroplano	21
3.6. Regionalização Hidrológica na Região Hidrográfica Capixaba – Rio Itabapoana..	22
3.7. Estudo de Disponibilidade Hídrica do PRH-Macaé/Ostras	24
4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS BACIAS ESTADUAIS	25
4.1. Utilização de Estudos Hidrológicos Existentes	25
4.2. Estudos Complementares	25
4.2.1. Levantamento de Dados	26
4.2.2. Análise de consistência de dados de estações fluviométricas do Inea e DNOS.....	26
4.2.3. Vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ e vazões médias de longo termo Q_{MLT}	33
4.3. Determinação da Disponibilidade nas Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHP)	37
5. VAZÕES DE CHEIA	46
5.1. Estudos de Chuvas Intensas Existentes.....	46
5.1.1. Chuvas Intensas no Brasil, Otto Pfafstetter	46
5.1.2. Estudo de Regionalização de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro, CPRM	48
5.2. Vazões de Cheia nas Principais Bacias Estaduais	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Anexo 1 – Disponibilidade de Dados de Estações da Light, ANA e do DNOS

Anexo 2 – Inventário de Estações do INEA e Análise do Número de Anos com Dados Disponíveis

Anexo 3 – Estação: André Rocha – Código: 59305088

Anexo 4 – Estação: Avenida Brasil – Código: 59305112

Anexo 5 – Estação: Avenida dos Industriários – Código: 59305090

Anexo 6 – Estação: Cachoeiras de Macacu – Código: 59235002

Anexo 7 – Estação: Estiva – Código: 59305092

Anexo 8 – Estação: Estrada do Mato Alto – Código: 59305108

Anexo 9 – Estação: Japuíba – Código: 59237000

Anexo 10 – Estação: Porto Rio do Sul – Código: 59000500

Anexo 11 – Estação: Próximo Lagoa de Cima – Código: 59002500

Anexo 12 – Estação: Quizanga – Código: 59245002

Anexo 13 – Histórico Resumido da Consistência de Dados

Anexo 14 - Estudos Hidrológicos de Vazões de Cheia

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório “Estudos hidrológicos e vazões de cheia”, elaborado no âmbito dos Estudos Estratégicos do PERHI, reúne os estudos realizados visando a avaliação da disponibilidade hídrica nas Unidades de Planejamento Hidrológico. O principal objetivo foi a determinação de vazões mínimas $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$, vazões médias de longo termo - Q_{MLT} e vazões de cheia associadas a tempos de retorno de 20 e 50 anos – Q_{20} e Q_{50} .

Para determinação da disponibilidade hídrica na bacia dos rios Itabapoana (sub-bacia 57) e Paraíba do Sul (sub-bacia 58) foram utilizados estudos de regionalização de vazões existentes. No que diz respeito à Região Litorânea (sub-bacia 59), além da utilização de estudos disponíveis, a disponibilidade foi calculada com base nas séries de vazões de postos da ANA, Inea, Light e DNOS.

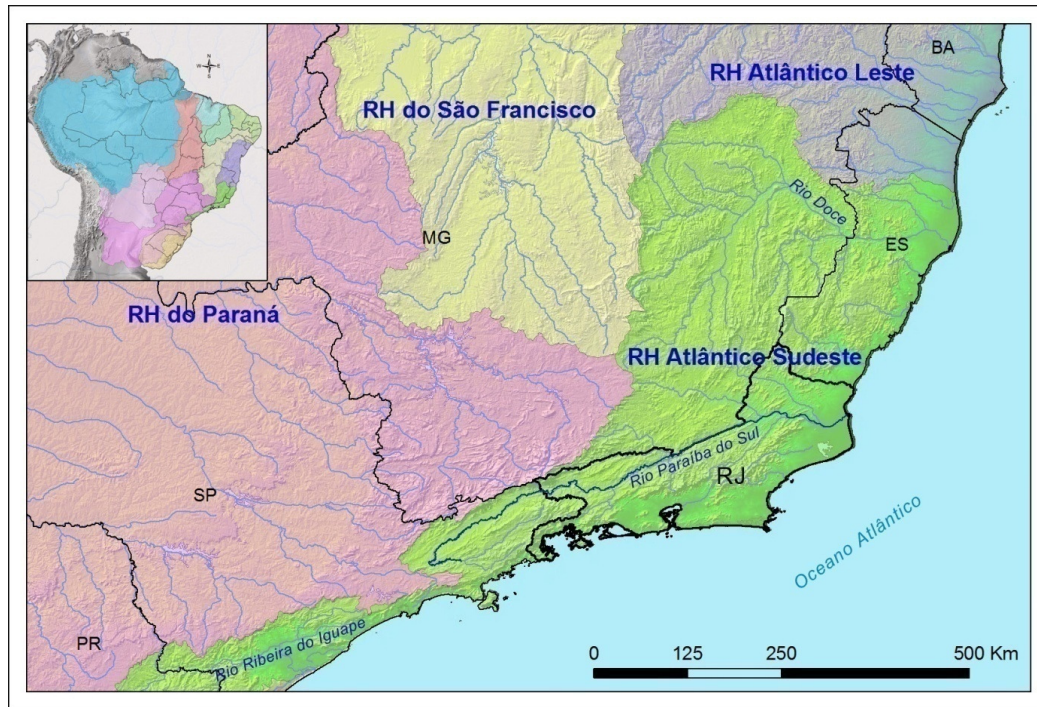
Estudos de consistência de dados foram realizados para as séries de dados de estações do Inea e DNOS, de forma a gerar as séries de vazões necessárias à determinação da disponibilidade hídrica.

Com relação às vazões extremas, foram compiladas informações de estudos já realizados, de forma a caracterizar as vazões de cheia nas bacias hidrográficas do Estado. Optou-se pela utilização desses estudos uma vez que a determinação das vazões de cheia em todas as sub-bacias selecionadas implicaria em uma grande quantidade de dados a serem trabalhados, tais como, cálculo de chuvas intensas, determinação de características fisiográficas, estimativa de tempos de concentração, caracterização do uso do solo para determinação do escoamento superficial, dentre outros. Conseqüentemente, tais estudos demandariam um prazo superior aos disponíveis para elaboração dessa atividade.

Esse documento está estruturado da seguinte forma: No capítulo 2 apresenta-se a caracterização das principais bacias do Estado. O Capítulo 3 reúne as análises realizadas dos estudos hidrológicos existentes. As etapas envolvidas na determinação da disponibilidade hídrica são apresentadas no Capítulo 4. As vazões de cheia em diversas bacias estão reunidas no Capítulo 5.

2. PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ERJ

Na Divisão Hidrográfica Nacional instituída pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o estado do Rio de Janeiro faz parte da Região Hidrográfica denominada Atlântico Sudeste (figura 2.1). Essa região compreende as bacias dos rios que deságuam no Oceano Atlântico, no trecho sudeste do país (Caracterização Ambiental, PERHI-RE-06-R0).



Fonte: Caracterização Ambiental (PERHI-RE-06-R0)

Figura 2.1 - O Estado do Rio de Janeiro na Divisão Hidrográfica Nacional

De acordo com o Atlas de monitoramento hidrológico da ANA, o estado do Rio de Janeiro, encontra-se inserido na Bacia nº 5, abrangendo em todo o seu território parte das sub-bacias 58 (Paraíba do Sul), 59 (Litorânea) e 57 (Itabapoana).

A Serra do Mar é o grande divisor de águas do Estado, dividindo a drenagem natural em duas vertentes: rio Paraíba do Sul e região litorânea.

O rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina, no estado de São Paulo, a 1.800m de altitude, e deságua no norte fluminense, no município de São João da Barra. Sua bacia tem forma alongada, com comprimento cerca de três vezes maior que a largura máxima, e distribui-se na direção leste-oeste entre as serras do Mar e da Mantiqueira. Sua bacia estende-se na Região Sudeste por cerca de 55.500km² em terras dos estados de São Paulo (13.900km²), Minas Gerais (20.700km²) e Rio de Janeiro (20.900km²).

Por atravessar três estados, o rio Paraíba do Sul é de domínialidade federal, portanto, a gestão de sua bacia é de competência da ANA. No entanto, muitos de seus afluentes e cursos d'água secundários estão localizados em território dos estados, tendo assim o domínio estadual. No trecho fluminense, destacam-se os seguintes rios estaduais: das Flores, Piabanha, Preto/Paquequer, Paquequer, Dois Rios, Grande, Bengala e Calçado.

Os rios federais que fazem parte da bacia do rio Paraíba do Sul e atravessam o território do Estado são os seguintes: Bananal, Paraibuna Mineiro, Preto, Pomba, Muriaé, Carangola e Pirai.

Já as diversas sub-bacias que compõem a região litorânea, apresentam, de forma geral, áreas de drenagem de pequeno e médio porte, e extensão relativamente pequena das cabeceiras até a foz (lagoas costeiras, baías ou oceano). Esse fato é decorrente da proximidade entre a Serra do Mar e o Litoral. Assim, os cursos d'água apresentam diferenças altimétricas elevadas, entre o trecho superior situado em encostas íngremes, e o inferior, localizado em baixadas geralmente muito urbanizadas.

A sub-bacia 59 está praticamente toda inserida em território fluminense, sendo, portanto, a maioria de seus rios de domínio exclusivamente estadual. Seus principais cursos d'água são: Guandu, Guandu-Mirim, da Guarda, São João, Macaé, Iguaçu/Sarapuí, Macacu e Macabu. Os rios federais localizados na sub-bacia 59 possuem áreas relativamente pequenas e abrangem áreas dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. São eles: Rios Mambucaba, Bracuí e Ariró.

O rio Itabapoana nasce na serra de Caparaó (MG) com o nome de rio Preto, passando para Itabapoana após a foz do rio Verde, um de seus afluentes. Da confluência com o ribeirão das Onças, até a sua foz no Oceano Atlântico, o Itabapoana separa os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.

No estado do Rio de Janeiro, a bacia do rio Itabapoana abrange uma área de 1.507,3 km², representando cerca de 40 % da área total da bacia. Por atravessar dois estados, sua dominialidade é federal, no entanto, a maioria de seus afluentes pela margem direita é de domínio do estado do Rio de Janeiro.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), através da resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013, estabeleceu a divisão do Estado em 9 Regiões Hidrográficas (figura 2.2). Essas regiões estão relacionadas na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.

Região Hidrográfica	Nome	Área (km ²)	Área relativa
RH - I	Baía da Ilha Grande	1.758,6	4,0 %
RH - II	Guandu	3.712,9	8,5 %
RH - III	Médio Paraíba do Sul	6.429,1	14,7 %
RH - IV	Piabanha	3.459,2	7,9 %
RH - V	Baía de Guanabara	4.813,6	11,0 %
RH - VI	Lagos São João	3.650,7	8,3 %
RH - VII	Dois Rios	4.462,4	10,2 %
RH - VIII	Macaé e das Ostras	2.012,9	4,6 %
RH - IX	Baixo Paraíba do Sul	13.467,6	30,8 %
Total		43.767	100,0 %

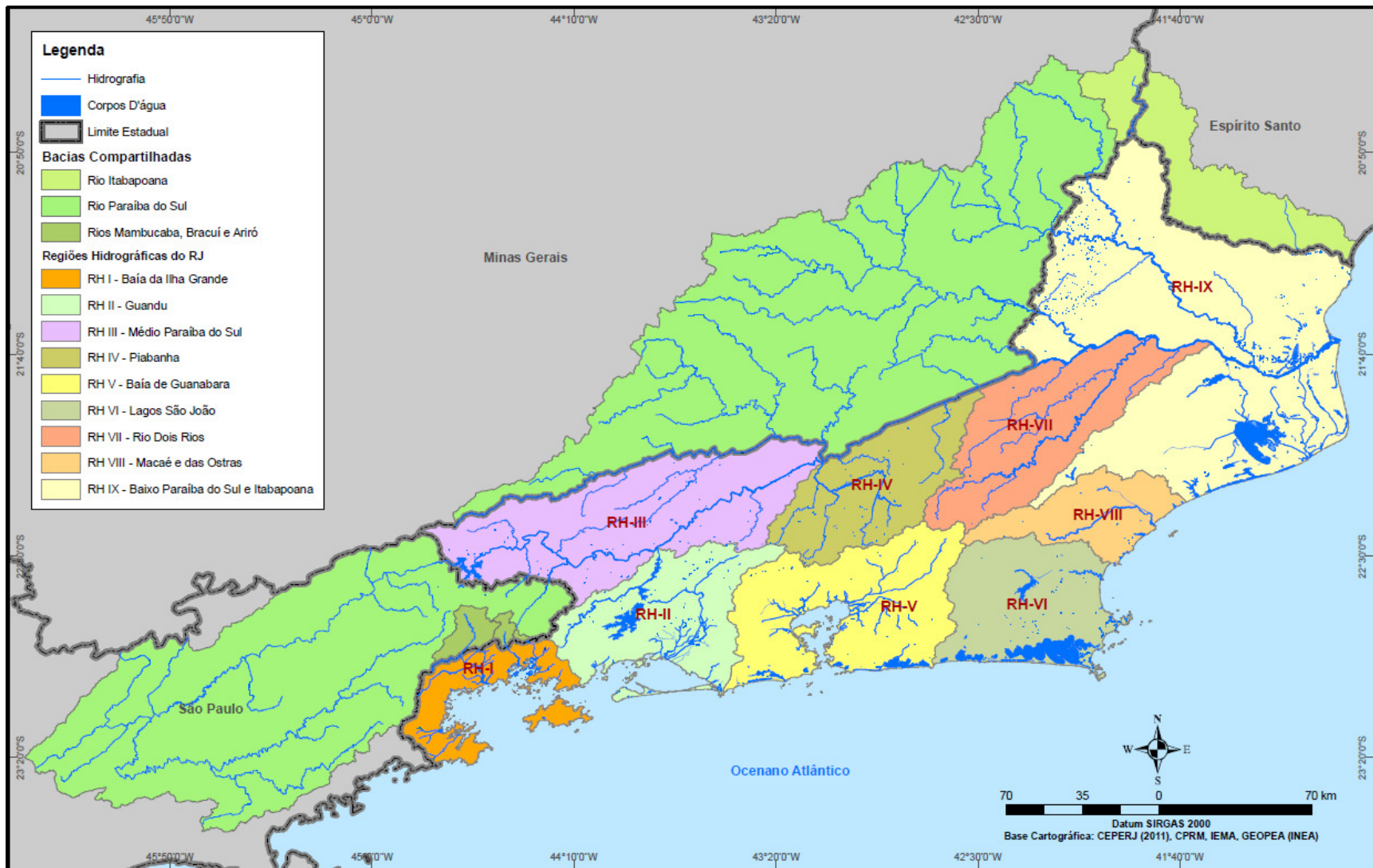


Figura 2.2 – Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro

Vale ressaltar que, dessas 9 Regiões, a metade abrange a bacia do rio Paraíba do Sul: três integralmente (RH-III, RH-IV e RH-VII), uma parcialmente (RH-IX) e a RH-II que está interligada ao rio Paraíba do Sul através do sistema de transposição de águas do Sistema Light.

A tabela 2.2 reúne os cursos d'água de dominialidade federal, as áreas de drenagem de suas bacias hidrográficas e a parcela de suas áreas em território fluminense.

Tabela 2.2 – Cursos D'água de Dominialidade Federal no Estado do Rio de Janeiro

Região Hidrográfica	Curso D'água	Área da bacia (km ²)	Área da bacia no ERJ (km ²)
RH-I	Mambucaba	738,4	355,6
	Bracuí	196,6	88,3
	Ariró	62,9	38,3
RH-II	Piraí	1.117,6	1.009,7
RH-III	Bananal	523	118,2
	Preto	3.414,2 ⁽¹⁾	1.767,9
	Paraibuna Mineiro	8.558 ⁽¹⁾	1.877,5
RH-VII	Pirapetinga	691 ⁽¹⁾	75,9
RH-IX	Muriaé	8.162 ⁽¹⁾	3.097,9
	Carangola	2.027 ⁽¹⁾	684,2
	Pomba	8.616 ⁽¹⁾	896,7
	Itabapoana	4.875	1.507,3
RH-III, RH-IV, RH-VII e RH-IX	Paraíba do Sul	55.500 ⁽¹⁾	20.829 ⁽²⁾

Obs: (1) - Fonte: Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança

(2) – Valor aproximado

As Regiões Hidrográficas foram subdivididas em Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHP), para as quais foram determinadas a disponibilidade hídrica (item 4), além das demandas e do balanço hídrico previstos no PERHI. O desenho 2.1 apresenta as UHPs definidas e as tabelas 2.3 a 2.11 reúnem as áreas de drenagem de cada uma delas.

Tabela 2.3 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-I

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-I	I-a	Paraty	704,1
	I-b	Rio Mambucaba	355,6
	I-c	Angra dos Reis	494,5
	I-d	Ilha Grande	180,3

Tabela 2.4 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-II

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-II	II-a	Rio Piraí - montante Tocos	274,7
	II-b	Rio Piraí	501,6
	II-c	Foz Rio Piraí - Rio Sacra Família	236,4
	II-d	Reservatório de Lajes	334,2
	II-e	Rio Guandu	1.059,8
	II-f	Rios Litorâneos	384,4
	II-g	Rio da Guarda	345,1
	II-h	Rio Guandu-Mirim e Rios Litorâneos	478,9

Tabela 2.5 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-III

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-III	III-a	Rio Paraíba do Sul – margem Direita (montante Santa Cecília)	1.147,3
	III-b	Rio Paraíba do Sul – Margem Esquerda (montante Santa Cecília)	1.625,6
	III-c	Rio Paraíba do Sul – Margem Direita (Santa Cecília – Piabanha)	1.059,6
	III-d	Rio Paraíba do Sul – Margem Esquerda (Santa Cecília – Paraibuna)	719,1
	III-e1	Rio Preto – Margem Direita (montante Rio das Flores)	867,4
	III-e2	Rio das Flores	653,3
	III-e3	Rio Preto – Margem Direita (Foz - Rio das Flores)	247,2
	III-f	Rio Paraibuna	109,6

Tabela 2.6 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-IV

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-IV	IV-a	Rio Piabanha	2.060,7
	IV-b	Rios Paquequer, Calçado e afluentes	1.398,5

Tabela 2.7 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-V

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-V	V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1.101,0
	V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	317,5
	V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã	335,6
	V-c1	Ilha do Governador	35,93
	V-c1	Ilha do Fundão	4,9
	V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	32,8
	V-d1	Rio Macacu	1.067,0
	V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba	1.514,5
	V-d2	Ilha de Paquetá	1,2
	V-e1	Lagoas de Niterói	49,2
	V-e2	Lagoa de Maricá	347,5

Tabela 2.8 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-VI

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-VI	VI-a1	Rio São João (montante Juturnaíba)	1.341,0
	VI-a2	Rio São João (jusante Juturnaíba)	817,5
	VI-b	Rio Una	451,0
	VI-c	Búzios, Lagoas Saquarema, Jacomé e Araruama	1.030,3

Tabela 2.9 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-VII

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-VII	VII-a	Rio Dois Rios	3.156,62
	VII-b	Ribeirão das Areias e do Quilombo	725,65
	VII-c1	Córrego do Tanque e afluentes margem direita do rio Paraíba do Sul	212,13
	VII-c2	Rio do Colégio e afluentes margem direita do Paraíba do Sul	367,97

Tabela 2.10 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-VIII

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-VIII	VIII-a1	Rio Macaé	1.790,7
	VIII-a2	Rio Imboacica	57,8
	VIII-b	Rio Jundiá	162,8

Tabela 2.11 – Unidades Hidrológicas de Planejamento na RH-IX

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)
RH-IX	IX-a1	Rio Pirapetinga, afluentes margem esquerda Rio Paraíba do Sul	170,5
	IX-a2	Valão d'Anta, afluentes margem esquerda Rio Paraíba do Sul	530,0
	IX-b	Rio Imbé	980,8
	IX-c	Rio Macabu	1.058,1
	IX-d	Lagoa Feia/Sistema Macaé-Campos	3.107,7
	IX-e	Rio Pomba	896,7
	IX-f	Rio Muriaé	3.841,2
	IX-g	Sistema Vigário/Brejos - foz Paraíba do Sul (Margem Esquerda)	1.347,8
IX-h	Rio Itabapoana	1.507,3	

3. ANÁLISE DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS EXISTENTES

Uma rede hidrometeorológica mesmo que seja densa não é capaz de suprir totalmente as necessidades de informação. Assim, são utilizados estudos de regionalização que têm a finalidade de espacializar a informação hidrológica, normalmente pontual (das estações), possibilitando a transferência de informações de uma região para outra, mesmo que não monitorada, mas considerada de comportamento hidrológico semelhante.

Diversos estudos hidrológicos visando a determinação de vazões médias (Q_{MLT}) e mínimas ($Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$, $Q_{90\%}$) tem sido desenvolvidos ao longo dos anos, a maioria deles apoiada em estudos de regionalização de vazões.

Os estudos apresentados nos itens a seguir, foram analisados com o objetivo de identificar suas principais características e limitações, de forma a selecionar aqueles que serão utilizados no PERHI para estimativa de vazões médias, máximas e mínimas.

3.1. Estudos de Regionalização de Vazões das Sub-Bacias 58 e 59 - CPRM

No estudo elaborado pela CPRM, tanto para a bacia 58 (CPRM, 2003) quanto para a bacia 59 (CPRM, 2002), foram analisadas regionalmente as séries anuais de vazões médias, máximas e mínimas (com diversas durações), as vazões correspondentes a 50% e 95% das curvas de permanência das séries diárias, além dos volumes necessários para regularizar vazões percentuais da vazão média de longo período (curvas de regularização).

O método empregado é aquele que regionaliza a curva adimensional de probabilidades, genericamente denominado de método da cheia-índice ou *index-flood*.

Como a metodologia utilizada recomenda a utilização da maior quantidade disponível de dados já consistidos, todos os dados possíveis foram coletados (disponíveis até 1999), sendo posteriormente selecionadas as estações com mais de cinco anos de vazão fluvial. Em seguida, os dados das estações foram avaliados quanto à sua qualidade, utilizando-se o critério de avaliação constante em Tucci (2000).

Na seleção das estações para a análise regional, foram empreendidos testes de independência serial (coeficiente de autocorrelação) e estacionariedade ($t - Student$ para as médias e $F - Fisher$ para as variâncias) das séries anuais de vazões médias, máximas, e mínimas de 7 dias de duração.

Na análise de regressão das variáveis de longo termo, utilizadas como fatores de adimensionalização das distribuições de probabilidades, foram consideradas como variáveis independentes ou explicativas a área de drenagem e a precipitação total anual média de cada estação.

As equações de regressão e as curvas adimensionais de probabilidades foram analisadas em conjunto para a definição das regiões homogêneas, sendo então estabelecidas as suas versões regionais, uma para cada região homogênea identificada.

Na regionalização da bacia do rio Paraíba do Sul foram estabelecidas oito regiões homogêneas, tanto para as vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ como para as vazões médias e máximas. Desse total, seis delas abrangem bacias localizadas no estado do Rio de

Janeiro. Destaca-se que as regiões V e VI foram subdivididas em duas para todas as variáveis. Já a região homogênea VIII subdividida apenas para a $Q_{7,10}$.

Os desvios entre os valores observados e calculados pela regionalização são inferiores a 20%. Apenas em poucas estações o desvio obtido supera esse valor, atingindo, no entanto, um valor máximo de 26%.

As tabelas 3.1.1 a 3.1.7 apresentadas a seguir reúnem as regiões homogêneas e as equações de regressão das vazões mínimas, médias e máximas do trecho fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul, estabelecidas no estudo de regionalização de vazões da sub-bacia 58, elaborado pela CPRM.

Tabela 3.1.1 - Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58
Regiões Homogêneas das Vazões Mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$

Região Homogênea	Trecho ou Sub-bacia
III	Curso principal, de Funil até Santa Cecília, e afluentes do trecho – os da margem esquerda excluindo Pirapetinga e Turvo e os da direita excluindo o rio da Sesmaria.
IV	Sub-bacias do rio Piabanha.
Va	Sub-bacias dos rios Preto (afluente do Paraíba Mineiro - Margem Direita), Pirapetinga e Turvo.
Vb	Sub-bacias dos rios Paraíba Mineiro até a confluência do Preto (exclusive), Pomba, Pirapetinga e Angu.
Vla	Sub-bacias dos rios Negro (Dois Rios), Paquequer.
Vlb	Sub-bacias dos rios Grande e Dois Rios.
VII	Sub-bacias do rio Muriaé.
VIII	Curso principal de Barra do Piraí até a foz.
VIII.1	Curso principal de Barra do Piraí até Três Rios.
VIII.2	Curso principal de Três Rios até a foz.

Tabela 3.1.2 – Equações de Regionalização das Vazões Mínimas $Q_{7,10}$ - Sub-Bacia 58

Região Homogênea	Equação de Regionalização	R ²	$\frac{Q_{\min,d\text{ anual}}}{Q_{\min,d}}$	Área de Validade (Km ²)
III	$Q_{\min,d} = 0,00016 A^{1,1905} P^{6,1195} d^{0,0723}$	0,999	0,727	67 a 15.991
	$Q_{\min,d} = 0,0105 A^{1,0058} d^{0,0723}$	0,997		
IV	$Q_{\min,d} = 0,0057 A^{0,8427} P^{2,4246} d^{0,0916}$	0,9813	0,6421	40 a 2.051
	$Q_{\min,d} = 0,0547 A^{0,6728} d^{0,0916}$	0,9828		
Va	$Q_{\min,d} = 0,0028 A^{1,0376} P^{1,7529} d^{0,0672}$	0,9955	0,7071	48 a 3.387
	$Q_{\min,d} = 0,0152 A^{0,9430} d^{0,0632}$	0,9899		
Vb	$Q_{\min,d} = 0,0087 A^{0,8563} P^{2,6081} d^{0,0594}$	0,9906	0,7071	318 a 8.572
	$Q_{\min,d} = 0,0287 A^{0,8448} d^{0,0576}$	0,9725		
VIa	$Q_{\min,d} = 0,0003 A^{1,1105} P^{7,9772} d^{0,0661}$	0,9639	0,6274	96 a 1.121
	$Q_{\min,d} = 0,0109 A^{0,8769} d^{0,0661}$	0,8587		
VIb	$Q_{\min,d} = 0,0024 A^{1,0053} P^{2,3865} d^{0,0627}$	0,9968	0,7359	107 a 3.113
	$Q_{\min,d} = 0,0371 A^{0,7519} d^{0,0608}$	0,9932		
VII	$Q_{\min,d} = 0,00013 A^{1,1104} P^{8,8178} d^{0,0803}$	0,9865	0,6451	151 a 7.267
	$Q_{\min,d} = 0,0137 A^{0,8488} d^{0,0803}$	0,951		
VIII.1	$Q_{\min,d} = 0,0000007 A^{1,6325} P^{6,2962} d^{0,0696}$	0,9967	0,6161	17.645 a 55.450
	$Q_{\min,d} = 0,00008 A^{1,3917} d^{0,0696}$	0,9851		
VIII.2	$Q_{\min,d} = 0,0000007 A^{1,6325} P^{6,2962} d^{0,0696}$	0,9967	0,7772	17.645 a 55.450
	$Q_{\min,d} = 0,00008 A^{1,3917} d^{0,0696}$	0,9851		

Tabela 3.1.3 – Equações de Regionalização das Vazões Mínimas $Q_{95\%}$ - Sub-Bacia 58

Região Homogênea	Equação de Regionalização	R ²	Área de Validade (Km ²)
III	$Q_{95} = 0,0006 A^{1,1496} P^{3,9122}$	0,9993	67 a 15.991
	$Q_{95} = 0,007 A^{1,0565}$	0,9992	
IV	$Q_{95} = 0,0049 A^{0,8443} P^{2,8897}$	0,9724	40 a 2.051
	$Q_{95} = 0,0721 A^{0,6422}$	0,9769	
Va	$Q_{95} = 0,0027 A^{1,0409} P^{1,9259}$	0,9979	48 a 3.387
	$Q_{95} = 0,0224 A^{0,9052}$	0,9957	
Vb	$Q_{95} = 0,0071 A^{0,8860} P^{2,5275}$	0,9901	318 a 8.572
	$Q_{95} = 0,0219 A^{0,8793}$	0,9684	
VIa	$Q_{95} = 0,0004 A^{1,0755} P^{7,6682}$	0,973	96 a 1.121
	$Q_{95} = 0,012 A^{0,8509}$	0,8525	
VIb	$Q_{95} = 0,0006 A^{1,1352} P^{3,6444}$	0,9924	107 a 3.113
	$Q_{95} = 0,0397 A^{0,7479}$	0,9845	
VII	$Q_{95} = 0,0002 A^{1,0723} P^{8,3178}$	0,9842	151 a 7.267
	$Q_{95} = 0,0170 A^{0,8256}$	0,9491	
VIII	$Q_{95} = 0,000000025 A^{1,987} P^{11,3256}$	0,9969	17.645 a 55.450
	$Q_{95} = 0,000015 A^{1,554}$	0,9626	

Tabela 3.1.4 - Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58
Regiões Homogêneas das Vazões Médias Q_{MLT}

Região Homogênea	Trecho ou Sub-bacia
III	Curso principal, de Funil até Santa Cecília, e afluentes do trecho – os da margem esquerda excluindo Pirapetinga e Turvo e os da direita excluindo o rio da Sesmaria.
IV	Sub-bacias do rio Piabanha.
Va	Sub-bacias dos rios Preto (afluente do Paraibuna Mineiro – Margem Direita), Pirapetinga e Turvo.
Vb	Sub-bacias dos rios Paraibuna Mineiro até a confluência do Preto (exclusive), Pomba, Pirapetinga e Angu.
Vla	Sub-bacias dos rios Negro (Dois Rios), Paquequer.
Vlb	Sub-bacias dos rios Grande e Dois Rios.
VII	Sub-bacias do rio Muriaé.
VIII	Curso principal de Barra do Piraí até a foz.

Tabela 3.1.5 – Equações de Regionalização das Vazões Médias Q_{MLT}
Sub-Bacia 58

Região Homogênea	Equação de Regionalização	R^2	Área de Validade (Km ²)
III	$Q_{MLT} = 0,0009 A^{1,0808} P^{5,5909}$	0,9993	67 a 15.991
	$Q_{MLT} = 0,0303 A^{0,9478}$	0,9989	
IV	$Q_{MLT} = 0,0095 A^{0,9182} P^{3,0797}$	0,9947	40 a 2.050
	$Q_{MLT} = 0,1698 A^{0,6978}$	0,9978	
V	$Q_{MLT} = 0,0099 A^{0,9812} P^{2,1243}$	0,9925	48 a 8.572
Va	$Q_{MLT} = 0,1226 A^{0,8139}$	0,9875	102 a 3.387
Vb	$Q_{MLT} = 0,035 A^{0,9324}$	0,9848	142 a 8.572
VI	$Q_{MLT} = 0,0092 A^{0,9602} P^{2,5622}$	0,9750	96 a 3.113
Vla	$Q_{MLT} = 0,0163 A^{0,9679}$	0,8846	96 a 1.121
Vlb	$Q_{MLT} = 0,1091 A^{0,7497}$	0,9452	102 a 3.113
VII	$Q_{MLT} = 0,0018 A^{1,0530} P^{6,1175}$	0,9928	151 a 7.267
	$Q_{MLT} = 0,0461 A^{0,8716}$	0,9753	
VIII	$Q_{MLT} = 0,000001 A^{1,6960} P^{5,5009}$	0,9973	17.646 a 55.450
	$Q_{MLT} = 0,0001 A^{1,4857}$	0,9886	

Tabela 3.1.6 - Regionalização de Vazões da Sub-Bacia 58
Regiões Homogêneas das Vazões de Cheia

Região Homogênea	Trecho ou Sub-bacia
III	Curso principal, de Queluz até Santa Cecília, e afluentes do trecho – os da margem direita desde jusante do rio da Sesmaria e os da margem esquerda desde jusante do rio Turvo.
IV	Sub-bacias do rio Piabanha.
Va	Sub-bacias dos rios Preto (afluente do Paraibuna Mineiro – Margem Direita) e dos rios da margem esquerda do Paraíba do Sul de Cruzeiro até o rio Turvo (inclusive).
Vb	Sub-bacias dos rios Paraibuna Mineiro até a confluência do Preto (exclusive), Pomba, Pirapetinga e Angu.
Vla	Sub-bacias dos rios Negro (Dois Rios), Paquequer.
Vlb	Sub-bacias dos rios Grande e Dois Rios.
VII	Sub-bacias do rio Muriaé.
VIII	Curso principal de Barra do Piraí até a foz.

Tabela 3.1.7 – Equações de Regionalização das Vazões de cheia - Tr = 10, 20 e 50 anos
Sub-Bacia 58

Região Homogênea	Equação de Regionalização	R ²	$\frac{Q_{\text{máx anual}}}{Q_{\text{mc}}}$	Área de Validade (Km ²)
III	$Q_{\text{MC}} = 0,0069 A^{0,8934} P^{7,6683}$	0,9972	Tr (10) = 1,3868	67 a 15.991
	$Q_{\text{MC}} = 0,8349 A^{0,7068}$	0,9937	Tr (20) = 1,5096 Tr (50) = 1,6443	
IV	$Q_{\text{MC}} = 0,2623 A^{0,7272} P^{3,1213}$	0,9857	Tr (10) = 1,5717	40 a 2.050
	$Q_{\text{MC}} = 4,7542 A^{0,5066}$	0,9637	Tr (20) = 1,8879 Tr (50) = 2,3415	
Va	$Q_{\text{MC}} = 0,1800 A^{0,8303} P^{2,0335}$	0,9884	Tr (10) = 1,4936	48 a 3.387
	$Q_{\text{MC}} = 1,2021 A^{0,7329}$	0,9697	Tr (20) = 1,6945 Tr (50) = 1,9529	
Vb	-	-	Tr (10) = 1,4936	142 a 8.572
	$Q_{\text{MC}} = 0,2406 A^{0,8907}$	0,9852	Tr (20) = 1,6945 Tr (50) = 1,9529	
Vla	$Q_{\text{MC}} = 0,0535 A^{0,8983} P^{5,0886}$	0,9557	Tr (10) = 1,6862	102 a 1.350
	$Q_{\text{MC}} = 0,5058 A^{0,7493}$	0,8919	Tr (20) = 2,0147 Tr (50) = 2,4672	
Vlb	$Q_{\text{MC}} = 0,3693 A^{0,8221} P^{0,7379}$	0,9665	Tr (10) = 1,6862	90 a 3.113
	$Q_{\text{MC}} = 0,7793 A^{0,7562}$	0,9681	Tr (20) = 2,0147 Tr (50) = 2,4672	
VII	$Q_{\text{MC}} = 0,0430 A^{0,9842} P^{3,3950}$	0,9810	Tr (10) = 1,5612	151 a 7.267
	$Q_{\text{MC}} = 0,2555 A^{0,8837}$	0,9782	Tr (20) = 1,8482 Tr (50) = 2,2534	
VIII	$Q_{\text{MC}} = 0,00012 A^{1,4654} P^{3,6854}$	0,9904	Tr (10) = 1,4853	17.645 a 55.450
			Tr (20) = 1,7206 Tr (50) = 2,042	

De uma forma geral os ajustes da regionalização de vazões da sub-bacia 58 foram bons. Observa-se que o estudo utilizou séries longas e confiáveis de um total de 176 estações fluviométricas localizadas na bacia do rio Paraíba do Sul.

Em poucas áreas foram verificadas regiões de indefinição, devido ao número reduzido de estações nos afluentes de menor área de drenagem. Esse fato ocorreu nas pequenas

sub-bacias da margem esquerda, associadas à Região V (os dois rios Pirapetinga, o Turvo e o Angu) e na bacia do rio Paquequer, associada à Região VI. A bacia do rio Negro (formador do rio Dois Rios), juntamente com a bacia do Paquequer, Região VIa, apresentou as piores correlações. Também não foi possível a definição de uma equação de regionalização para a sub-bacia do rio Xopotó, afluente ao rio Pomba, por apresentar características muito específicas, além de possuir apenas uma estação de monitoramento.

Na bacia do rio Piraí só é possível a utilização da regionalização para os trechos de cabeceira. Nos trechos de jusante, os reservatórios e bombeamentos que promovem a transposição de vazões para a bacia do rio Guandu, descaracterizam completamente a bacia do Piraí. De todas as equações definidas, as piores correlações foram obtidas para a bacia do rio Negro, afluente do rio Dois Rios.

Assim, observando as restrições e os limites de validade (áreas de drenagem), o estudo de regionalização deverá ser utilizado no PERHI para estimativa de vazões nas UHPs localizadas na bacia do rio Paraíba do Sul.

De forma a trazer mais confiabilidade às estimativas, recomenda-se que o estudo de regionalização de vazões da sub-bacia 58 seja atualizado, uma vez que já existem pelo menos 10 anos de dados a serem incorporados às séries de vazões dos postos em operação.

Com relação à região litorânea (sub-bacia 59), o estudo da CPRM definiu apenas uma única região homogênea, para todas as variáveis analisadas. Ainda assim, foi necessária a exclusão de algumas sub-bacias para as quais não há regionalização com os dados existentes: as sub-bacias dos rios Macabu e Guandu. O estudo afirma que a sub-bacia do rio Macabu deve formar uma região à parte, assim como, a transposição de vazões do Paraíba do Sul para o rio Guandu descaracteriza o regime de vazões, impossibilitando a aplicação da regionalização nesse curso d'água.

As tabelas 3.1.8 a 3.1.11 reúnem as equações de regressão das vazões mínimas, médias e máximas, estabelecidas na regionalização de vazões da sub-bacia 59, além da área de validade de cada equação.

Tabela 3.1.8 – Equações de Regionalização das Vazões Mínimas $Q_{7,10}$ Sub-Bacia 59

Equação de Regionalização	R^2	$\frac{Q_{\min,d \text{ anual}}}{Q_{\min,d}}$	Área de Validade (Km ²)
$Q_{\min,d} = 0,0118 A^{1,0168} P^{0,008} d^{0,0860}$	0,9722	0,7157	22 a 597
$Q_{\min,d} = 0,0118 A^{1,0168} d^{0,0860}$	0,9727		

Tabela 3.1.9 – Equações de Regionalização das Vazões Mínimas $Q_{95\%}$ - Sub-Bacia 59

Equação de Regionalização	R^2	Área de Validade (Km ²)
$Q_{95} = 0,0144 A^{1,003} P^{-0,1085}$	0,9713	22 a 597
$Q_{95} = 0,0131 A^{1,0023}$	0,9747	

Tabela 3.1.10 – Equações de Regionalização das Vazões Médias Q_{MLT} - Sub-Bacia 59

Equação de Regionalização	R ²	Área de Validade (Km ²)
$Q_{MLT} = 0,0211 A^{1,0196} P^{0,7917}$	0,9862	22 a 597
$Q_{MLT} = 0,0421 A^{1,0053}$	0,9768	

Tabela 3.1.11 – Equações de Regionalização de Vazões de cheia
Tr = 10, 20 e 50 anos - Sub-Bacia 59

Equação de Regionalização	R ²	$\frac{Q_{m\acute{a}x\ annual}}{Q_{mc}}$	Área de Validade (Km ²)
$Q_{MC} = 0,3482 A^{1,0206} P^{0,1733}$	0,9857	Tr (10) = 1,3868 Tr (20) = 1,5096	22 a 597
$Q_{MC} = 0,3865 A^{1,0259}$	0,9429	Tr (50) = 1,6443	

Destaca-se que as estações Quizanga e Fazenda da Posse não entraram na regressão das vazões mínimas e médias, porque seus dados não foram considerados confiáveis. No entanto, o estudo da CPRM considera que as sub-bacias desses postos fazem parte da região homogênea e que, para elas, as funções regionais são válidas. Assim, apenas um total de dez estações fluviométricas foi utilizado na regionalização de vazões. A tabela 3.1.12 mostra os desvios entre as vazões observadas e calculadas com a regionalização das vazões mínimas.

Tabela 3.1.12 - Desvios entre as vazões observadas e as vazões calculadas pela regionalização de vazões da sub-bacia 59

Código	Estação	Área (km ²)	$Q_{min,7\ -m\acute{e}dia\ obs.}$ (m ³ /s)	$Q_{min,7\ -m\acute{e}dia\ calc.}$ (m ³ /s)	Desvio %	$Q_{95\ obs.}$ (m ³ /s)	$Q_{95\ prev.}$ (m ³ /s)	Desvio %
59120000	Macaé de Cima	67	0,89	1,00	12,4	0,89	0,88	-0,8
59125000	Galdinópolis	101	1,43	1,52	6,7	1,37	1,33	-2,7
59135000	Piler	75	1,14	1,12	-1,1	1,10	0,99	-10,1
59180000	Correntezas	404	5,15	6,23	20,9	4,59	5,35	16,5
59235000	Cach. Macacu	148	2,84	2,24	-21,0	2,16	1,95	-9,5
59240000	Parque Ribeira	287	3,30	4,40	33,4	3,09	3,80	22,9
59245000	Quizanga	352	2,80	5,42	93,5	2,77	4,67	68,6
59245100	Orindi	67	0,79	1,00	26,5	0,7	0,88	26,2
59355000	Faz. Garrafas	22	0,32	0,32	2,5	0,29	0,29	-0,2
59360000	Faz. da Posse	22	0,80	0,32	-59,6	0,76	0,29	-71,0
59370000	Faz. Fortaleza	597	10,58	9,27	-12,4	9,72	7,91	-18,6
59380000	Parati	79	1,27	1,19	-7,0	1,20	1,04	-13,2

Obs: $Q_{min,7\ -m\acute{e}dia}$ – Vazão mínima média de 7 dias de duração.

Na regressão das vazões máximas não foram utilizadas as estações de Macaé de Cima, Correntezas, Quizanga e Orindi, totalizando 8 estações fluviométricas no ajuste. Da mesma forma, para suas bacias, as funções regionais também foram consideradas válidas. A tabela 3.1.13 reúne os desvios entre as vazões observadas e previstas na regionalização das vazões máximas.

Tabela 3.1.13 - Desvios entre as vazões observadas e calculadas pela regionalização de vazões máximas da sub-bacia 59

Código	Estação	Área (km ²)	Q _{MC} obs (m ³ /s)	Q _{MC} calc (m ³ /s)	Desvio %
59120000	Macaé de Cima	67	45,4	28,9	-36,4
59125000	Galdinópolis	101	50,4	44,0	-12,7
59135000	Piler	75	30,8	32,4	5,3
59180000	Correntezas	404	120	182,4	52,0
59235000	Cach. Macacu	148	51,7	65,1	26,0
59240000	Parque Ribeira	287	124	128,5	3,6
59245000	Quizanga	352	92,4	158,4	71,4
59245100	Orindi	67	16,9	28,9	70,9
59355000	Faz. Garrafas	22	8,52	9,2	8,1
59360000	Faz. da Posse	22	9,12	9,2	1,0
59370000	Faz. Fortaleza	597	278	272,4	-2,0
59380000	Parati	79	43,9	34,2	-22,1

Obs: QMC = Vazão média de cheia.

As conclusões do estudo recomendam a utilização, com restrições e de forma criteriosa, das estimativas com a regionalização de vazões, nunca para finalidades que requeiram precisão. As equações de regressão só devem ser utilizadas quando o local de interesse não dispõe de uma série histórica com pelo menos 5 anos de dados.

A utilização da regionalização de vazões da sub-bacia 59 deve se restringir às regiões onde não estejam disponíveis outros dados que tragam maior confiabilidade às estimativas de vazões. Assim, para o PERHI essa metodologia não será empregada.

Vale ressaltar que os estudos de regionalização da CPRM tanto para a sub-bacia 58 como para a sub-bacia 59 não contemplaram a determinação da vazão com 90% de permanência (Q_{90%}).

3.2. Estudos hidrológicos da Planer/Fundenor

3.2.1. Bacia dos rios Macaé e São João

No estudo de regionalização de vazões da Planer/Fundenor (2004), além dos postos operados pela ANA, foram utilizados dados de postos do DNOS já desativados (tabela 3.2.1.1). Do total, quatro estações encontram-se na bacia do rio Macaé e quatro na bacia do rio São João. Apenas quatro estações estão em operação até os dias de hoje, três no rio Macaé (59120000, 59125000 e 59135000) e uma no rio São João (59180000).

Observa-se que duas estações do DNOS utilizadas, Ponte do Baião e BR-101, possuem séries de vazões inferiores a 10 anos.

Tabela 3.2.1.1 – Estações utilizadas na Regionalização de Vazões

Código	Estação	Curso D'água	Área (km ²)	Entidade Responsável
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	66,48	ANA
59125000	Galdinópolis	Macaé	100,86	ANA
59135000	Piller	Bonito	72,98	ANA
59137100	Ponte do Baião	Macaé	654,55	DNOS
59175000	Patis	Rio São João	65,11	DNOS
59180000	Correntezas	Rio São João	405,70	ANA
59184000	BR-101	Rio São João	541,60	DNOS
59192000	Rodo Imbau	Capivari	38,30	DNOS

A regionalização de vazões considerou a vazão mínima $Q_{7,10}$, cuja equação ajustada é a seguinte:

$$Q_{7,10} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0,53 \times (0,011885 \times AD + 0,077039)$$

Onde:

AD – Área de drenagem em km².

O estudo da Planer não apresentou o cálculo dos desvios entre os dados observados (das estações) e os calculados pela regionalização. Assim, para fins de análise foram calculados e reunidos na tabela 3.2.1.2.

Tabela 3.2.1.2 - Desvios entre a $Q_{7,10}$ determinada utilizando as séries de vazões dos postos e calculada pela regionalização de vazões

Posto	Rio	Operação	Nº de anos	Área (km ²)	$Q_{7,10}$ série (m ³ /s)		$Q_{7,10}$ (m ³ /s) regio	Desvio ⁽¹⁾ (%)
					Gumbel	Weibull		
Macaé de Cima	Macaé	ANA	37	66,5	0,66	0,67	0,46	-31,4
Galdinópolis	Macaé	ANA	54	100,9	1,02	1,09	0,68	-38,0
Piler	Bonito	ANA	54	73,0	0,73	0,75	0,50	-33,3
Ponte do Baião	Macaé	DNOS	8	654,6	4,44	4,56	4,16	-8,7
Patis	São João	DNOS	11	65,1	0,33	0,39	0,45	15,6
Correntezas	São João	ANA	30	405,7	0,41	1,66	2,60	56,4
BR-101	São João	DNOS	7	541,6	2,61	2,91	3,45	18,6
Rodo Imbau	Capivari	DNOS	10	38,3	0,16	0,17	0,28	65,9

Obs: (1) - Desvio calculado considerando a $Q_{7,10}$ obtida a partir da distribuição de Weibull.

A tabela 3.2.1.2 mostra elevados desvios entre as vazões $Q_{7,10}$ calculadas utilizando as séries dos postos e pela regionalização de vazões. Apenas três postos apresentam desvios inferiores a 20% e no posto de Rodo Imbau o desvio chega a 65,9%. Destaca-se que mesmo com os elevados desvios, nenhuma das estações foi descartada das análises.

Outro ponto observado no trabalho da Planer/Fundenor (2004) diz respeito à $Q_{7,10}$ do posto de Correntezas, calculada com toda a série de dados disponível. O histórico deste posto mostra uma mudança de local durante o ano de 1983, o que acrescentou uma área

de drenagem de cerca de 100km². Assim, a utilização da série completa leva a uma redução nos valores das vazões (Q_7 , $Q_{7,10}$), aumentando com isso consideravelmente os desvios encontrados.

Assim, o estudo de regionalização da Planer realizado para a bacia do rio Macaé/São João não será utilizado no PERHI para estimativa das vazões, devido aos diversos fatores apontados anteriormente.

É importante ressaltar que as séries de dados de estações do DNOS utilizadas são maiores e mais consistentes do que as séries disponíveis no HidroWeb da ANA. Esses dados foram obtidos pela Planer no “Projeto de Irrigação e Drenagem da Cana de Açúcar na Região Norte – Fluminense”, realizados pela Sondotécnica Engenharia de Solos S.A. para Instituto do Açúcar e do Alcool – Ministério da Indústria e do Comércio em 1983.

3.2.2. Bacia hidrográfica contribuinte à Lagoa Feia

Para a regionalização de vazões da bacia hidrográfica dos rios contribuintes à lagoa Feia foram utilizados os postos de Cupim, no rio Ururaí e Macabuzinho, no rio Macabu.

Em função da escassez de dados a equação de regionalização foi definida através da relação da área de drenagem com as vazões calculadas para os postos acima mencionados. As vazões calculadas estão apresentadas na tabela 3.2.2.1.

Tabela 3.2.2.1 - Vazões obtidas no estudo da Planer/Fundenor.

Posto	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s) – Período Completo				Vazões (m ³ /s) - Período Comum (1951 - 1956 / 1968 - 1980)			
		Q _{mlt}	Q _{95%}	Q _{7,10}		Q _{mlt}	Q _{95%}	Q _{7,10}	
				Gumbell	Weibull			Gumbell	Weibull
Cupim (Ururaí)	1.307,99	32,60	7,03	3,91	3,90	32,60	7,03	3,91	3,90
Macabuzinho	626,47	14,42	2,66	1,07	1,81	13,32	2,96	1,45	1,96

Obs: Q_{mlt} – vazão média de longo termo.

O estudo da Planer considerou a série da estação de Macabuzinho no período posterior a 1949, após a implantação da UHE Macabuzinho. Nesse local há transposição de vazões para a bacia do rio São Pedro no rio Macaé, reduzindo significativamente as vazões do rio Macabu.

Assim, como os dados da estação de Macabuzinho serviram de base para elaboração do estudo de regionalização da Planer, optou-se por não utilizá-lo no PERHI.

3.3. Estudo de Disponibilidade Hídrica da Bacia do rio Macaé - Ecologus

O estudo de regionalização da Ecologus utilizou um total de cinco estações fluviométricas, três na bacia do rio Macaé, uma no rio São João e outra no rio Macabuzinho, conforme a tabela 3.3.1 a seguir.

Tabela 3.3.1 - Postos fluviométricos utilizados na regionalização de vazões

Código	Estação	Curso D'água	Área (km ²)	Período
59100000	Macabuzinho	Macabu	626	1931-1999
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	67	1967-1999
59125000	Galdinópolis	Macaé	101	1950-1999
59135000	Piler	Bonito	75	1950-1999
59180000	Correntezas	São João	404	1968-1999

Nos estudos foram realizados testes de estacionariedade nas séries de vazões de Macabuzinho e Correntezas. Esses testes identificaram diferenças nas séries de ambos os postos, devido à mudança de local, no caso da estação de Correntezas e à operação da UHE Macabuzinho a partir de 1949, no que se refere ao posto de Macabuzinho.

Assim, nos estudos de regionalização da Ecologus, foi considerada para a estação de Macabuzinho a série anterior ao início de operação da usina (1931-1949) e para a estação de Correntezas a série posterior à retificação do Rio São João (1983-2001).

A curva adimensional de probabilidade apresentou anomalia, optando-se por fazer a regionalização para vazão mínima média de sete dias de duração e 10 anos de recorrência (não foi realizada para outras durações). Isso pode ter sido provocado pelas características diferentes das bacias dos postos utilizados na regionalização.

Observa-se que, na bacia do rio Macaé, não foi usado posto com área superior a 101km². O posto com maior área de drenagem localiza-se fora da bacia (Macabuzinho com 626km²). A tabela 3.3.2 apresenta as equações de regionalização da Q_{7,10}, Q_{95%} e da vazão de cheia com 20 anos de recorrência (Q₂₀).

Vale ressaltar que os desvios entre os valores observados e calculados pela regionalização são inferiores a 20%.

Tabela 3.3.2 – Equações de regionalização - Ecologus

Vazão	Equação Recomendada	Aplicabilidade	Restrições
Q _{7,10}	$Q = 0,0026 \times A^{0,9883} \times P^{1,6080}$ Obs: Q (m ³ /s); A (km ²) e P (m)	Locais nas bacias dos Rios Macaé, Macabu, São João e Macacu com área de drenagem de 67 a 626 km ² .	Exceto nos Rios Macabu (a jusante da UHE Macabuzinho), São João (a jusante de Juturnaíba) e São Pedro (a jusante da transposição).
Q _{95%}	$Q = 0,0078 \times A^{0,9490} \times P^{0,9370}$ Obs: Q (m ³ /s); A (km ²) e P (m)		
QMC (Tr=20)	$Q = 0,4411 \times A^{0,7090} \times P^{2,2386}$ Obs: Q (m ³ /s); A (km ²) e P (m)	Locais nas bacias dos Rios Macaé, Macabu e São João com áreas de drenagem entre 67 e 626 km ² .	Exceto nos Rios Macabu (a jusante da UHE Macabuzinho) e São João (a jusante do reservatório de Juturnaíba). Para locais no Rio São Pedro, a jusante da transposição, deve-se somar 5,4m ³ /s.

Comparando-se a Q_{7,10} em Ponte do Baião calculada pela Planer (4,56 m³/s), com a Q_{7,10} em Macabuzinho calculada pela Ecologus (2,85m³/s), ambas com áreas de drenagem da

mesma ordem de grandeza, observa-se que o valor da primeira é bem maior que o da segunda. Como a regionalização de vazões da Ecologus foi realizada com a estação de Macabuzinho, no período anterior a implantação da UHE Macabuzinho, conclui-se então que os valores podem estar subdimensionados. Tal questão só poderá ser melhor avaliada com o monitoramento contínuo na bacia do rio Macaé.

O estudo da Ecologus deve ser utilizado seguindo as restrições indicadas na tabela 3.3.2, em áreas inferiores a 626 km². Assim, sua aplicação em extensões maiores de área deve ser realizada apenas quando não existirem dados na própria bacia ou em regiões vizinhas, ressaltando sempre as imprecisões que podem estar associadas a essas estimativas.

Recomenda-se que em estudos futuros, a regionalização de vazões da bacia do Macaé seja avaliada incluindo o posto de Ponte do Baião do DNOS, localizado no rio Macaé, que possui cerca de 8 anos de dados de nível d'água e 6 anos de medição de descarga. Nesse caso, poderia ser analisada a regionalização da Q_{95%} e da Q_{MLT}.

3.4. Avaliação de Disponibilidade Hídrica na RH-I: Tese de Doutorado - UFF

Na tese de doutorado de Cristiane Francisco (2004) - "Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal: o caso de Angra dos Reis, RJ" - foi realizado estudo da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas que atravessam a faixa continental de Angra dos Reis, considerando bacias com área acima de 10 km².

Para determinação da disponibilidade hídrica, foi utilizada a metodologia de regionalização de vazões para as variáveis: vazão média de longo termo (Q_{MLT}), vazão mínima média de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência (Q_{7,10}) e vazão com 95% de permanência no tempo (Q_{95%}).

Na regionalização foram utilizados "seis" postos para a determinação da curva de probabilidade da Q₇ anual adimensionalizada e "cinco" estações na regressão da Q₇ com as características físicas. O posto de Fazenda Fortaleza foi excluído da análise de regressão, pois segundo a autora, sua área de drenagem (597 km²) é três vezes maior que a do posto com a segunda maior área (Fazenda Santa Rita: 179 km²). Vale ressaltar que das cinco estações utilizadas, duas (Fazenda Santa Rita e Itapetinga) tem apenas 6 anos de dados e uma outra (Fazenda da Posse) tem 9 anos de dados.

O estudo utilizou regressão do tipo linear (simples e múltipla) e potencial (simples). As expressões das regressões utilizadas bem como as variáveis consideradas em cada uma das regressões ajustadas são apresentadas na tabela 3.4.1

Tabela 3.4.1 - Variáveis consideradas na regressão

Regressão	Variáveis	Expressão
Linear	Área projetada (km ²)	Q = a + b Área
	Precipitação (m ³ /s)	Q = a + b Prec
Potencial	Área projetada (km ²)	Q = a Área ^b
	Precipitação (m ³ /s)	Q = a Prec ^b
Linear Múltipla	Área superfície (km ²) Precipitação mínima (mm)	Q = a + b1 ÁreaS + b2 PrecM

A precipitação mínima indicada na tabela 3.4.1 refere-se aos meses com menores índices pluviométricos. A área de superfície considera a área de inclinação das encostas, incorporando assim, indiretamente, a declividade. Já a precipitação em m^3/s , inclui a área de drenagem da bacia.

A tabela 3.4.2 apresenta os coeficientes das equações de regressão ajustadas. Para determinação da $Q_{7,10}$ deve-se multiplicar o valor da Q_7 pela vazão adimensional igual a 0,75.

As tabelas 3.4.3 a 3.4.4 apresentam os desvios entre as vazões Q_7 e $Q_{95\%}$ dos postos e as calculadas com as equações de regionalização.

Tabela 3.4.2 – Coeficientes das Equações de Regionalização

Tipo	X	Q_{MLT}		Q_7		$Q_{95\%}$	
		a	b	a	b	a	b
Linear	Área (km^2)	-0,55	0,06	-0,18	0,02	-0,18	0,02
	Prec (m^3/s)	-0,29	0,92	-0,09	0,31	-0,09	0,31
Potencial	Área (km^2)	-3,95	1,23	-4,53	1,11	-4,56	1,12
	Prec (m^3/s)	-0,40	1,14	-1,31	1,03	-1,31	1,04
Linear Múltipla	ÁreaS (km^2)	-2,47	0,06	0,38	0,02	0,60	0,02
	PrecM (mm)		0,00		0,00		0,00

Obs: Q_7 – Vazão mínima média de 7 dias de duração.

Tabela 3.4.3 - Desvios entre a Q_7 das estações e a calculada com as equações de regionalização

Estação	Observado		Calculado Linear Área		Calculado Linear ppt		Calculado Múltipla	
	Q_7 (m^3/s)	Área (km^2)	Q_7 (m^3/s)	Desvio (%)	Q_7 (m^3/s)	Desvio (%)	Q_7 (m^3/s)	Desvio (%)
Faz. das Garrafas	0,3	22	0,28	-9%	0,28	-8%	0,37	19%
Faz. da Posse	0,6	35	0,55	-13%	0,53	-16%	0,62	-1%
Itapetininga	0,6	39	0,63	1%	0,65	4%	0,58	-7%
Parati	1,3	79	1,46	15%	1,42	12%	1,28	2%
Faz. Santa Rita	3,6	179	3,52	-2%	3,52	-2%	3,58	0%

Obs: Q_7 – Vazão mínima média de 7 dias de duração.

Tabela 3.4.4 - Desvios entre a $Q_{95\%}$ das estações e a $Q_{95\%}$ calculada com as equações de regionalização

Estação	Observado		Calculado Linear Área		Calculado Linear ppt		Calculado Múltipla	
	$Q_{95\%}$ (m^3/s)	Área (km^2)	$Q_{95\%}$ (m^3/s)	Desvio (%)	$Q_{95\%}$ (m^3/s)	Desvio (%)	$Q_{95\%}$ (m^3/s)	Desvio (%)
Faz. das Garrafas	0,3	22	0,28	-1%	0,29	0%	0,37	28%
Faz. da Posse	0,7	35	0,56	-24%	0,54	-27%	0,70	-5%
Itapetininga	0,7	39	0,64	-4%	0,66	0%	0,57	-14%
Parati	1,2	79	1,48	25%	1,44	22%	1,24	5%
Faz. Santa Rita	3,7	179	3,57	0%	3,57	0%	3,66	2%

É importante destacar que alguns coeficientes das equações de regressão ajustadas apresentavam erros de digitação que foram corrigidos com os dados fornecidos pela autora.

Na análise realizada observou-se também a existência de algum erro, ou nos dados de entrada ou no ajuste da regressão múltipla (área de superfície e precipitação mínima), pois as vazões ficam inconsistentes para pequenas áreas de drenagem.

Assim, de acordo com as análises realizadas, a equação de regionalização linear que utiliza a área de drenagem como variável explicativa será utilizada no PERHI para determinação das vazões $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} , obedecendo aos limites de áreas de drenagem estabelecidos no estudo. Para áreas maiores que 179 km^2 , as estimativas de vazões deverão ser feitas a partir a série do posto de Fazenda Fortaleza que possui área superior (597 km^2).

3.5. Estudo de Regionalização do Macroplano

O estudo de regionalização foi desenvolvido no âmbito do Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba, realizados pelo Consórcio ETEP-Ecologus-SM GROUP (1998). A regionalização das vazões médias de longo período foi realizada com base nos dados de nove postos situados na região de interesse, reunidos na tabela 3.5.1 apresentada a seguir.

Tabela 3.5.1 – Estações utilizadas no cálculo da regionalização da vazão média

Estação	rio	Área (km ²)	Período	Vazão Média (m ³ /s)	Chuva Média (mm/ano)
Estrada do Mato Alto	Cabuçu ou Piraquê	61,5	jan/70 a dez/86	0,5	935
Av. Brasil	Campinho	34,8	jul/69 a set/78	0,53	1289
Hotel Santa Branca	Santana	169,1	jun/54 a ago/56	3,01	1278
Ponte Santana	Santana	317,1	mai/51 a jun/53	5,65	1475
Pau Cheiroso	Guandu	674,3	jun/51 a set/56	12,01	1498
Caramujos	Poços	104,1	mai/51 a set/56	1,5	1368
Ponte Guandu	Guandu	1063,7	ago/63 a ago/71	24,1	1883
Ponte W. Luiz	Guandu-Mirim	69,5	mai/51 a jun/53	1,06	1084
Arapucaia	Mazomba	67,6	ago/51 a set/56	1,73	2007

Destaca-se que os dados referentes aos postos de Hotel Santa Branca, Ponte Santana, Pau Cheiroso, Caramujos, Ponte W. Luiz e Arapucaia foram obtidos de informações secundárias, de estudos realizados para a região.

Também é importante ressaltar que para os postos Estrada do Mato Alto e Avenida Brasil foram consideradas as vazões naturais devido ao processo atual de urbanização nessas bacias. A expressão de regionalização das vazões médias resultante é a seguinte:

$$QM = 0,4263 HM - 65,04$$

Com relação à $Q_{7,10}$, das cinco estações com séries de vazões diárias apenas 3 foram utilizadas na definição da equação de regionalização, cujas equações da distribuição log-gumbel são apresentadas na tabela 3.5.2. As estações de Sítio Percílio e Santa Cândida não foram utilizadas devido ao número reduzido de anos com dados de vazão. Para a estação Fazenda Ilha dos Mineiros, a $Q_{7,10}$ foi calculada com base em uma série de vazões naturais, cuja metodologia não foi descrita com clareza.

Tabela 3.5.2 – Estações utilizadas no cálculo da regionalização da $Q_{7,10}$

Estação	Rio	Área (km ²)	Equação Distribuição Log-Gumbel
Estr. do Mato Alto	Cabuçu	61,5	$w = 0,8209 \text{ yt} + 1,9346$
Av. Brasil	Campinho	34,8	$w = 0,7721 \text{ yt} + 2,0964$
Faz. Ilha dos Mineiros	Guandu	1.123,0	$w = 0,6896 \text{ yt} + 2,1265$
Sítio Percílio	Mazomba	10,3	(*)
Santa Cândida	Mazomba	62,4	(*)
Equação Regional			$w = 0,7547 \text{ yt} + 2,0184$

A expressão ajustada nos estudos do Macroplano é a seguinte:

$$Q_{7,10} = 0,062 Q_M - 0,018$$

Onde:

Q_M – Vazão média de longo termo (mm/ano);

H_M - Precipitação média anual (mm/ano);

$Q_{7,10}$ – Vazão mínima média de sete dias e dez anos de recorrência (mm/ano)

Cabe destacar que esse estudo não dever ser utilizado em função da metodologia adotada que resulta em baixos valores de $Q_{7,10}$ com a aplicação da equação de regionalização. Observa-se que foram utilizadas apenas três estações no estudo, com séries que possuem um número reduzido de anos com dados (inferiores a 10), alguns deles com imprecisões. Além disso, conforme mencionado anteriormente, a metodologia de cálculo das vazões naturais utilizada na estação de Fazenda Ilha dos Mineiros não está descrita com precisão.

3.6. Regionalização Hidrológica na Região Hidrográfica Capixaba – Rio Itabapoana

A regionalização hidrológica na região hidrográfica capixaba foi desenvolvida em quatro etapas. A primeira etapa compreendeu a seleção das estações e a análise dos dados descritivos, hidrológicos e físicos da bacia. Essa análise permitiu selecionar nas séries históricas um período comum de observações, denominado período-base, abrangendo 46 anos, de 1960 a 2005. Assim, foram selecionadas 30 estações fluviométricas e 49 estações pluviométricas.

Na regionalização da vazão mínima foram empregados os valores mínimos anuais de sete dias de duração das séries fluviométricas. Na regionalização da vazão média de longo período foram utilizados os valores correspondentes à média das vazões médias diárias anuais. Com relação aos dados de chuva, foram utilizados os valores correspondentes à média do total anual para as duas variáveis.

Na regionalização da vazão máxima foram empregados os valores máximos diários anuais das séries históricas fluviais. Para os dados pluviais, foram utilizados os valores correspondentes ao semestre mais chuvoso de cada ano.

A segunda etapa do estudo correspondeu ao cálculo da precipitação média nas sub-bacias, por meio do polígono de *Thiessen*. Já a terceira etapa compreendeu a identificação das regiões hidrológicamente homogêneas, utilizando-se para isso dois critérios diferentes. O primeiro baseado na análise da distribuição de frequência em papel

probabilístico das vazões adimensionalizadas de cada estação e o segundo na análise do ajuste do modelo de regressão múltipla das vazões médias com as características físicas e climáticas das sub-bacias. Os resultados da aplicação da metodologia levaram a divisão da região em três. A sub-bacia do rio Itabapoana está localizada na sub-região III.

Na quarta etapa foi realizada a aplicação de dois métodos de regionalização de vazão. O primeiro compreende a regionalização da vazão com determinado risco e o segundo a regionalização de uma curva adimensional de frequência e o fator de adimensionalização.

Os resultados da aplicação dos métodos de regionalização na região III indicaram o segundo método como o mais representativo para $Q_{7,10}$ e vazões máximas, por apresentar melhor ajustamento.

A tabela 3.6.1 apresenta o modelo selecionado para a região III da vazão específica mínima de sete dias de duração e 10 anos de recorrência – $q_{7,10}$ (L/s.km²), da vazão específica média de longo período – q_{mlp} , da vazão específica com 95% de permanência – q_{95} (m³/s.km²) e os respectivos coeficientes de ajustamento. A tabela 3.6.2 reúne a equação de regionalização das vazões específicas máximas associadas a diversas recorrências (m³/s.km²).

Como a regionalização da Região Hidrográfica Capixaba utilizou séries longas e confiáveis e obteve coeficientes de ajuste adequados, optou-se pela sua utilização no PERHI, obedecendo aos limites de área de drenagem estabelecidos no estudo.

Tabela 3.6.1 – Equações de regionalização das vazões específicas $q_{7,10}$ e q_{95} e da q_{mlp}

Modelo	R ²
$q_{7,10} = 5,3460.A^{-0,0420}$	0,94
$q_{mlp} = 2,86E-12. A^{-0,0114} . Pma^{3,1227}$	0,99
$q_{95} = (0,0251+0,0047.A)/A$	0,98

Tabela 3.6.2 – Equações de regionalização das vazões específicas máximas

Modelo	R ²
$q_5 = 5,62E-07. A^{-0,1148} . Pmax^{2,9912}$	0,94
$q_{10} = 6,77E-07. A^{-0,1148} . Pmax^{2,9912}$	0,94
$q_{20} = 7,86E-07. A^{-0,1148} . Pmax^{2,9912}$	0,94
$q_{50} = 9,28E-07. A^{-0,1148} . Pmax^{2,9912}$	0,94

3.7. Estudo de Disponibilidade Hídrica do PRH-Macaé/Ostras

No estudo realizado no âmbito do PRH Macaé/Ostras, a estimativa da disponibilidade hídrica na bacia foi realizada com base em séries histórica de dados hidrológicos de estações de monitoramento, utilizando um modelo hidrológico distribuído, do tipo chuva-vazão, denominado MGB-IPH.

O MGB-IPH foi calibrado considerando quatro etapas. Na primeira foi realizada uma estimativa dos valores dos parâmetros com base em informações publicadas na literatura e em experiência adquirida pela equipe técnica na aplicação do modelo em bacias semelhantes. Na segunda etapa, foi realizada uma calibração manual, na qual os valores dos parâmetros foram alterados e os hidrogramas resultantes comparados aos hidrogramas observados nos postos fluviométricos. Na etapa seguinte o modelo foi acoplado a um algoritmo automático de otimização, denominado MOCOM-UA. Na etapa final, já na fase de verificação, os resultados do modelo foram comparados com as vazões mensais disponibilizadas de rede fluviométrica complementar.

O modelo foi calibrado com dados de chuva e de vazão, para o período entre 1971 a 1990. Com relação as séries de vazão, foram utilizados dados dos postos fluviométricos de Galdinópolis, Macaé de Cima e Piller, localizados no trecho de cabeceira e de Ponte do Baião localizado no trecho médio da bacia.

A etapa de verificação foi realizada com dados no período de 1991 a 2011, utilizando os mesmos postos fluviométricos considerados na calibração, com exceção de Ponte do Baião que não possui dados no período. Adicionalmente, foram utilizados dados de vazão em intervalo de tempo diário do posto fluviométrico Jusante BR101 no período de 2000 a 2011.

Após a verificação, o MGB-IPH foi aplicado para o período de 1950 a 2011, gerando séries de vazão para os 723 trechos de rio em que a rede de drenagem da bacia foi dividida. Para cada um destes trechos foram calculadas as vazões $Q_{média}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$, apresentadas na tabela 3.6.1 para diversos locais das bacias dos rios Macaé, das Ostras e lagoa de Imboacica.

Tabela 3.6.1
Estudo de Disponibilidade Hídrica PRH-Macaé/das Ostras - $Q_{média}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$

Rio	Local	Área (km ²)	$Q_{média}$ (m ³ /s)	$Q_{90\%}$ (m ³ /s)	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)
Macaé	Foz	1712	47,2	13,9	11,4	8,4
	Jusante São Pedro	1416	42,2	12,4	10,2	7,7
	Br-101	927	30,4	9,2	7,6	5,8
Sana	Barra do Sana	110	3,2	0,8	0,6	0,4
São Pedro	Montante Br-101	373	9,6	2,4	1,9	1,2
	Foz	478	11,5	3,1	2,3	1,6
Lagoa Imboacica	Foz	46,4	0,88	0,16	0,11	0,03
das Ostras	Foz	171	4,51	1,27	0,96	0,63

Assim, o estudo realizado no âmbito do PRH-Macaé/das Ostras foi utilizado no PERHI para cálculo da disponibilidade hídrica nas UHPs inseridas na RH-VIII.

4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA NAS BACIAS ESTADUAIS

Para determinação da disponibilidade hídrica nas bacias estaduais foram adotadas duas abordagens. A primeira consistiu na utilização de estudos hidrológicos existentes para cálculo das vazões na região litorânea e nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Itabapoana.

A segunda abordagem compreendeu a complementação da base de dados existente, com a elaboração de estudos específicos para as séries de postos fluviométricos situados na região litorânea do Estado.

4.1. Utilização de Estudos Hidrológicos Existentes

A análise dos estudos existentes (item 3) mostrou que o estudo de regionalização de vazões elaborado pela CPRM para a bacia do rio Paraíba do Sul (sub-bacia 58) é uma ferramenta eficiente e útil para determinação da disponibilidade hídrica. Ainda que esteja desatualizado, pois seus dados de origem não contemplam os últimos dez anos, a maioria das séries utilizadas possui mais de 20 anos de informações. Assim, esse estudo foi utilizado nas UHPs localizadas na bacia do Paraíba do Sul.

Vale ressaltar que a CPRM está atualizando a regionalização das vazões mínimas $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$. Assim que os novos estudos estiverem concluídos, a disponibilidade hídrica calculada no âmbito do PERHI deverá ser revisada.

Para a bacia do rio Itabapoana foi utilizado o estudo de regionalização hidrológica na região hidrográfica capixaba, descrito no item 3.6.

Muito embora existam hoje estudos de regionalização de vazões já realizados para as bacias da região litorânea do Estado (sub-bacia 59), a ausência de monitoramento contínuo dos cursos d'água ao longo do tempo e a inadequada distribuição espacial da rede de estações são as principais dificuldades para determinação da disponibilidade hídrica. Como resultado, independente da técnica utilizada, esses estudos produzem, em geral, estimativas imprecisas que refletem as lacunas de monitoramento nessas bacias.

Mesmo com algumas limitações observadas, também foram utilizadas algumas equações de regionalização definidas nesses estudos com exceção do trabalho elaborado pela CPRM para a sub-bacia 59 e pela Planer/Fudenor.

4.2. Estudos Complementares

Para complementar a base de dados disponível foram elaborados estudos específicos para as séries históricas de vazões de postos operados pela ANA, Light, Inea e DNOS. Os estudos realizados compreenderam:

- Atualização dos cálculos das vazões mínimas $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$, $Q_{95\%}$ e da vazão média de longo termo (Q_{MLT}) das estações da ANA e da Light.
- Estudo de consistência de dados de estações fluviométricas do Inea e DNOS, em operação ou desativadas, selecionadas de acordo com a disponibilidade de dados, confiabilidade das informações e áreas de drenagem.
- Determinação de séries de vazões médias diárias das estações fluviométricas selecionadas do Inea e DNOS.
- Determinação das vazões mínimas $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e da Q_{MLT} das estações selecionadas do Inea e DNOS.

Os estudos de consistência de dados e as vazões mínimas e médias calculadas para os postos do Inea, DNOS, Light e ANA são apresentados no próximo item (4.2).

Com as vazões calculadas, tanto de estações da ANA e Light como do Inea e DNOS, a disponibilidade hídrica em algumas UHPs foi determinada com base na relação entre áreas de drenagem das bacias e de postos selecionados.

4.2.1. Levantamento de Dados

O levantamento de dados fluviométricos da rede de estações em operação e desativadas, localizadas no Estado, foi realizado através de pesquisa dos dados nos *sites* de Instituições responsáveis por estações fluviométricas.

Os dados de todas as estações da ANA, no estado do Rio de Janeiro, foram levantados no sistema *HidroWeb* da ANA e posteriormente inseridos no Banco de Dados Hidro, de forma a obter informações mais ágeis e confiáveis a respeito das séries históricas. Além da ANA, foram pesquisados dados de instituições que também operam postos fluviométricos.

A disponibilidade de dados de estações da ANA, do DNOS e da Light na sub-bacia 59 é apresentada no Anexo 1.

- Dados disponibilizados pelo Inea

O Inea disponibilizou as seguintes informações: estudo do CTHIDRO que avalia a rede de estações hidrometeorológicas e de qualidade da água do Estado; arquivo com a lista de estações em operação pelo Inea; banco de dados do Inea em formato “Hidro”, com dados de todas as estações do Inea (em operação e desativadas); relação das estações do Inea cuja operação está em fase de licitação.

Também foram disponibilizados diversos dados e informações, tais como, dados de resumos de medições de descarga líquida, leituras de níveis d’água, curvas-chave e vazões, em formato de planilhas, de diversos períodos, inclusive da fase em que as estações da Serla foram operadas pela empresa Cohidro (1998 a 2001 e 2004 a 2006).

O Anexo 2 reúne o inventário com todas as informações disponíveis de estações do Inea, inclusive os dados da fase de operação da Cohidro.

4.2.2. Análise de consistência de dados de estações fluviométricas do Inea e DNOS

A análise de consistência de dados de estações do Inea e do DNOS compreendeu as seguintes etapas: escolha de estações, análise de níveis d’água das estações, análise de medições de descarga, definição de curva-chave, determinação e análise das séries de vazões. Essas etapas são detalhadas nos itens a seguir.

Destaca-se que o trabalho de análise de consistência de dados foi difícil de ser realizado, uma vez que os dados são deficientes e as informações escassas. Assim, os resultados aqui encontrados devem ser tomados com certo cuidado, dado as inevitáveis imprecisões nos cálculos.

4.2.2.1. Escolha das estações utilizadas

Os dados fluviométricos das estações do Inea e DNOS foram analisados preliminarmente, com o objetivo de escolher as estações cujos dados seriam utilizados na determinação da disponibilidade hídrica. Assim, para cada estação foi avaliado o número de anos com dados completos de observação, sobre os quais seria possível a determinação de vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$.

O cálculo do número de anos teve como base os seguintes aspectos:

- Nas séries de níveis d'água utilizadas para determinação da $Q_{7,10}$, um ano foi considerado com falhas de observação quando essas ocorreram no período de maio a setembro.
- Nas séries de níveis d'água utilizadas para determinação da $Q_{95\%}$, um ano foi considerado com falhas de observação quando essas ocorreram no período de janeiro a dezembro.
- Um ano de observações foi contabilizado como completo quando não houve falhas de níveis d'água, conforme mencionado anteriormente e quando existiam medições de descarga no período.

Vale ressaltar que nessa análise preliminar um ano foi considerado completo quando ocorreram falhas de nível d'água inferiores a cinco dias. No entanto, a avaliação da possibilidade de preenchimento dessas falhas só foi realizada nas análises de consistência de dados.

O Anexo 2 reúne as análises realizadas e o número de anos de dados completos em cada estação.

Na escolha das estações a serem utilizadas foram considerados os seguintes critérios: número de anos completos superior a 5, áreas de drenagem maiores que 15 km^2 , representatividade e abrangência. As estações selecionadas estão apresentadas na tabela 4.2.2.1.1.

Tabela 4.2.2.1.1 - Relação das estações fluviométricas selecionadas

Código	Estação	Área (km ²)	Rio	Disponibilidade	
				Med. Descarga	Nível d'água
59305088	André Rocha	31	Grande	fev/1969 a jan/1979	jan/1969 a out/1980
59305112	Av. Brasil	33	Campinho	jul/1969 a set/1978 *uma medição em mar/2001	jul/1969 a ago/1978
59305090	Av. dos Industriários	20	Tindiba	jan/1969 a mai/1981 jan/1983 a abr/1989 jan a dez/2005 set/2008 a set/2010	dez/1968 a jun/2010
59235002	Cachoeiras de Macacu	154	Macacu	jan/1976 a mai/1981 jan/1983 a dez/1983 dez/1985; jan/1986 a mar/1989; mar/2008 a abr/2011	nov/1976 a mai/2010
59242000	Duas Barras	82	Guapiaçu	jan/1976 a mai/1981 jan/1983 a mai/1983 jan/1985 a mar/1989 mai/2008 a abr/2011	out/1976 a jun/2010

Código	Estação	Área (km ²)	Rio	Disponibilidade	
				Med. Descarga	Nível d'água
59305092	Estiva	47	Grande	jan/1969 a mar/1981	jan/1969 a mai/1981
59305108	Estrada do Mato Alto	60	Cabuçu	jul/1969 a out/1976 mai/1978 a mai/1981 mar/1983 a abr/1989	jul/1969 a out/1997
59237000	Japuíba	256	Macacu	nov/1976 a mai/1981 jan/1983 a dez/1983 jan/1984 a mar/1989 mar/2008 a nov/2011	mai/976 a mai/2010
59000500	Porto Rio do Sul	708	Imbe	fev/1968 a abr/1980	fev/1968 a jun/1980
59002500	Próximo Lagoa de Cima	1010	Ururai	jan/1968 a mai/1980	jan/1968 a jun/1980
59245002	Quizanga	355	Guapiaçu	nov/1976 a mai/1981 jan/1983 a Nov/1983 dez/1985 a mar/1989 mai/2008 a abr/2011	nov/1976 a mai/2010

Obs: As estações Porto Rio do Sul e Próximo Lagoa de Cima são de responsabilidade do DNOS e as demais do Inea.

A estação Duas Barras foi escolhida como apoio na consistência dos dados da estação Quizanga, pois ambas estão localizadas no mesmo rio.

4.2.2.2. Análise de níveis d'água

A análise dos níveis d'água das 10 estações fluviométricas selecionadas foi realizada com base na comparação, quando possível, nos linigramas de estações vizinhas, localizadas no mesmo curso d'água. Para auxiliar nas análises também foram utilizados dados diários de postos pluviométricos representativos das bacias de drenagem das estações fluviométricas em análise. A tabela 4.2.2.2.1 apresenta as estações de base e de apoio utilizadas nas análises.

Tabela 4.2.2.2.1 – Estações de apoio utilizadas nas análises de consistência de dados

Estação de Base	Estação Fluviométrica de Apoio	Estação Pluviométrica de Apoio
Japuíba	Cachoeira de Macacu	Japuíba (código: 2242014)
Cachoeira de Macacu	Japuíba	Japuíba (código: 2242014)
Quizanga	Duas Barras	Represa do Paraíso (código: 2242012)
André Rocha	Estiva	Sabóia Lima (código: 2243076)
Estiva	André Rocha	Sabóia Lima (código: 2243076)
Avenida dos Industriários	-	Eletrobrás (código: 2243083)
Avenida Brasil	-	Realengo 4DR (código: 2243088)
Estrada do Mato Alto	-	Campo Grande - 7DR (código: 2243089)
Próximo Lagoa de Cima	-	Campos – Ponte Municipal (código: 2141044)
Porto Rio do Sul	-	-

De uma forma geral, observa-se que os dados disponíveis não sofreram qualquer tipo de análise de consistência anterior, apresentando erros grosseiros, imprecisões, períodos duvidosos e muitas falhas nas observações.

Outro aspecto identificado foi a mudança de zero nas régua linimétricas, refletida pelas mudanças bruscas nas cotas de nível d'água. Como não existe histórico de operação das estações, essa identificação, quando possível, tornou-se importante instrumento nas definições de curva-chave.

Inicialmente, os linigramas das estações foram inspecionados para eliminação de erros grosseiros nas observações, muitos dos quais foram originados por problemas de digitação ou por leituras de observação com diferenças de 1m.

As falhas nas séries de dados foram preenchidas em períodos inferiores a 5 dias, sem ocorrência de fortes chuvas e quando se encontravam nas descidas ou subidas dos hidrogramas. O preenchimento foi realizado por correlação com dados de estação vizinha (de apoio) quando possível ou por média entre as observações do intervalo de tempo anterior e posterior, observando os dados de chuva do posto próximo à estação de base.

Os Anexos 3 a 12 reúnem para cada estação os gráficos com os linigramas resultantes da análise de consistência de dados.

4.2.2.3. Determinação de curvas-chave

Na análise de consistência dos dados de medição de descarga foram plotados os gráficos NA x Vazão, NA x Área e NA x Velocidade, de forma a verificar a existência de erros grosseiros nas observações. Esses gráficos são apresentados nos Anexos 3 a 12.

Quando o dado foi considerado duvidoso, o nível d'água da medição de descarga foi comparado ao nível d'água lido pelo observador na mesma data. Sempre que possível os erros grosseiros foram corrigidos ou eliminados do ajuste da curva-chave.

Destaca-se o alto grau de dispersão nas medições de descarga observado na maioria das estações. Outro ponto importante a ser ressaltado é o elevado número de medições de descarga realizadas por ano, principalmente nas décadas de 70 e 80. Em algumas estações esse número chegou a 215 medições em 1 ano, muitas das quais realizadas no mesmo dia ou em dias subsequentes e díspares entre si.

Esses aspectos juntamente com a ausência de histórico das estações fizeram dos ajustes das curvas-chave um processo longo e trabalhoso. O histórico é de extrema importância, pois indica toda e qualquer alteração na estação, tais como, mudanças de régua, deslocamentos, reinstalações, assoreamentos, influências de nível de maré ou de lagoa. Assim, sem as informações necessárias não foi possível concluir a origem das dispersões observadas nas medições.

Para definição das curvas-chave foram ajustadas equações do tipo potencial e polinomial, escolhendo-se sempre a que resultava em menores desvios entre a vazão calculada e observada, melhor coeficiente de determinação (R^2) e o melhor ajuste visual da linha de tendência aos dados medidos.

É importante observar que o ajuste das equações foi realizado privilegiando sempre as vazões mínimas e que as vazões máximas foram obtidas pela extrapolação das curvas ajustadas.

As curvas-chave, os desvios entre as vazões observadas e calculadas com a curva-chave e os pontos excluídos das análises estão apresentadas nos Anexos 3 a 12, por estação. As equações das curvas-chave definidas para cada estação são apresentadas nas tabelas 4.2.2.3.1 a 4.2.2.3.10.

Tabela 4.2.2.3.1 - Equações da curva-chave para a estação André Rocha

Período	Equação da curva-chave
1969 - 1971	Sem ajuste
1972 - 1975	$Q = 26,7671 (H - 0,05)^{2,0488}$
1976 - 1979	$Q = 43,3749 H^{2,594}$

Tabela 4.2.2.3.2 - Equações da curva-chave para a estação Avenida Brasil

Período	Equação da curva-chave
1969 - 1971	$Q = 3,938 (H+0,05)^{2,2941}$
05/1972 - 09/1972	$Q = 3,8593H^2 + 0,9563 H - 0,2481$
16/09/1972 - 23/01/1973	$Q = 0,9877 H^2 + 1,3585 H - 0,7704$
24/01/1973 - 1978	$Q = 2,4529 H^2 + 0,7523 H - 0,0335 \quad (H \leq 0,9m)$

Tabela 4.2.2.3.3 - Equações da curva-chave para a estação Avenida dos Industriários

Período	Equação da curva-chave
1969 - 04/1971	$Q = 4,0605 (H + 0,15)^{2,3143}$
04/1971 - 1973	Sem ajuste
1974 - 1984	$Q = 6,9263 H^2 - 1,1891 H + 0,3197$
1985 - 1987	Sem ajuste
1988 - 1989	$Q = 0,3851 (H + 0,5)^{8,4531}$
2005 - 2008	$Q = 13,13 H^2 - 9,1542 H + 1,585$

Tabela 4.2.2.3.4 - Equações da curva-chave para a estação Cachoeiras de Macacu

Período	Equação da curva-chave
07/01/1977 a 30/11/1977	$Q = 15,08H^2 - 0,2309H - 1,7194$
07/12/1977 - 25/11/1978	$Q = 17,398H^2 + 6,5876H - 0,8425$
29/11/1978 - 24/01/1979	$Q = 21,118 (H + 0,35)^{3,2605}$
07/02/1979 - 30/07/1979	$Q = 23,1364 (H + 0,6)^{3,4247}$
06/08/1979 - 27/12/1979	$Q = 0,750053 (H + 0,4)^{6,0606}$
09/01/1980 - 27/08/1980	$Q = 1,141682 (H + 0,5)^{5,25486}$
10/1980 - 1983	$Q = 0,8725 (H + 0,8)^{4,787}$
1985 - 1989	$Q = 10,365H^2 + 15,761H - 0,1822$
1998 - 2002	$Q = 40,5058 (H)^{1,5753}$
2005 - 2011	$Q = 40,9444 (H+0,15)^{2,0153}$

Tabela 4.2.2.3.5 - Equações da curva-chave para a estação Estiva

Período	Equação da curva-chave
1970 - 02/1971	$Q = 4,8152(H+0,089)^{1,7547}$
03/1971 - 12/1971	$Q = 0,9240 (H+0,6)^{3,2279}$
1972 - 03/1978	$Q = 2,593H^2 + 7,2538H - 0,8165$
04/1978 - 1981	$Q = 0,7861 (H+0,7)^{2,5227}$

Tabela 4.2.2.3.6 - Equações da curva-chave para a estação Estrada do Mato Alto

Período	Equação da curva-chave
03/1975 - 1984	$Q = 8,4376 (H - 0,5)^{2,9727}$
1985 - 1989	$Q = 11,2083 (H-0,75)^{1,8322}$

Tabela 4.2.2.3.7 - Equações da curva-chave para a estação Japuíba

Período	Equação da curva-chave
1976 - 1977	$Q = 14,078H^2 - 25,317H + 9,4863$
1978	$Q = 12,56H^2 - 18,633H + 6,9573$
1979	$Q = 13,813H^2 - 14,074H + 3,4648$
1980	$Q = 14,7434 (H-0,2)^{1,7665}$
1981 - 02/1983	$Q = 0,4903 (H + 1,2)^{4,1477}$
03/1983 - 01/1984	$Q = 22,1813 (H - 1,37)^{1,7892}$
12/1984 - 01/1987	$Q = 10,676H^2 + 2,3181H + 2,7092$
02 a 05/1987 - 01/1988	$Q = 2,4689 (H + 0,95)^{2,8019}$
1988 - 1989	$Q = 11,159H^2 + 7,1665H + 1,6083$
1998 - 2001	$Q = 7,6783H^2 + 4,7131H - 0,4772$
2002 - 2005	$Q = 10,926H^2 + 7,8583H - 2,7272$
2008 - 2010	$Q = 5,0962H^2 + 15,294H - 2,4137$

Tabela 4.2.2.3.8 - Equação da curva-chave para a estação Porto Rio do Sul

Período	Equação da curva-chave
1968 - 1980	$Q = 1,78E-8H^4 - 1,4578E-5H^3 + 0,004484H^2 - 0,4144H + 14,9229$

Tabela 4.2.2.3.9 - Equação da curva-chave para a estação Próximo Lagoa de Cima

Período	Equação da curva-chave
1968 - 1980	$Q = 5E-10 H^4 + 1,47E-08 H^3 + 8,59E-05 H^2 + 0,2035 H + 4,7751$

Tabela 4.2.2.3.10 - Equações da curva-chave para a estação Quizanga

Período	Equação da curva-chave
1976 - 10/1977	$Q = -1,5822H^3 + 12,258H^2 + 6,0258H + 4,5316$
11/1977 - 1978	$Q = 14,446 (H - 0,4)^{1,2689}$
1979	$Q = 13,825 H^{1,5356}$
1980 - 1981	$Q = 3,6029H^2 + 15,456H - 1,3736$
1983	$Q = 1,2516H^2 + 15,939H + 1,8667$
1985 - 1986	$Q = 2,3997H^2 + 7,3573H - 3,3809$
1987 - 1989	$Q = 8,4959 (H - 0,1)^{1,5063}$
1998 - 2001	$Q = 0,0889H^4 - 1,1541H^3 + 5,2169H^2 + 5,2381H + 2,074$
2008 - 2010	$Q = 4,3008H^2 + 3,1761H + 2,3429$

4.2.2.4. Análise das séries de vazões

Com as curvas-chave ajustadas e a série consistida de níveis d'água médios diários foram geradas as séries de vazões diárias para as dez estações. Os hidrogramas determinados para as estações analisadas estão apresentadas nos Anexos 3 ao 12.

Os hidrogramas foram inspecionados visualmente de forma a verificar possíveis imprecisões nos ajustes da curva-chave. Assim, sempre que alguma inconsistência foi observada na série de vazões, o ajuste da curva-chave foi reavaliado para o período identificado.

O Anexo 13 reúne um resumo da análise de consistência de dados realizada para cada estação. A tabela 4.2.2.4.1 apresenta o número de anos e o período com dados para determinação a $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$.

Tabela 4.2.2.4.1 – Número de anos e período com dados para determinação da $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$.

Código	Estação	Nº de anos com dados		Período de dados utilizados	
		$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$	$Q_{7,10}$	$Q_{95\%}$
59305088	André Rocha	8	7	-	1972; 1974-1979
59305112	Av. Brasil	6	7	-	1970; 1971; 1973-1977
59305090	Av. dos Industriários	8	8	-	1970; 1974-1980
59235002	Cachoeira de Macacu	12	8	1977; 1978; 1980; 1982; 1986; 1987; 1989; 1990; 2005; 2008; 2009; 2011	1977; 1978; 1980; 1982; 1986; 1987; 2008; 2011
59305092	Estiva	9	7	-	1972-1976; 1978; 1979
59305112	Estrada do Mato Alto	7	6	-	1975-1980
59237000	Japuíba	11	7	1976; 1978-1980; 1982; 1983; 1986; 1989; 2000; 2009; 2010	1978-1980; 1983; 1986; 2000; 2010
59000500	Porto Rio do Sul	11	11	1969-1979	1969-1979
59002500	Próximo Lagoa de Cima	11	11	1969-1979	1969-1979
59245002	Quizanga	12	10	1977-1981; 1983- 1987; 1999; 2000; 2008-2009	1977-1981; 1983- 1985; 1999; 2000

4.2.3. Vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{95\%}$ e vazões médias de longo termo Q_{MLT}

Com as séries de vazões determinadas para cada estação da ANA, Light (estação de Lídice), DNOS e Inea, localizadas no desenho 4.2.3.1, foi possível o cálculo das vazões mínimas $Q_{7,10}$, $Q_{90\%}$, e $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} . As etapas a seguir mostram a metodologia e os resultados obtidos.

Vale ressaltar que os dados de estações do Inea relativos aos anos que apresentaram falhas e imprecisões nas observações, não foram considerados no cálculo das vazões conforme mencionado anteriormente.

4.2.3.1. Determinação da $Q_{7,10}$

A vazão mínima média de 7 dias de duração e 10 anos de período de retorno ($Q_{7,10}$) é utilizada em estudos de qualidade da água em rios, bem como nos processos de outorga, para o estabelecimento da vazão mínima a ser mantida nos cursos d'água após o uso da água.

A $Q_{7,10}$ é calculada para as séries de vazões médias diárias de estações fluviométricas disponíveis na bacia. Na ausência de dados pode ser utilizado método de regionalização de vazões.

O processo de cálculo da $Q_{7,10}$ das séries de vazões médias diárias deve seguir as seguintes etapas básicas:

- Cálculo dos Q_7 anuais (mínimos das médias móveis de sete dias de duração), listando-os e classificando-os para que seja possível a determinação de suas posições de locação.
- Cálculo do ajuste de mínimos através de distribuição de probabilidades. Podem ser utilizadas, dentre outras, as distribuições de Gumbel, adaptada para trabalhar com mínimos, e de Weibull, conforme a publicação “Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, disponível no *site* da Eletrobrás.
- Cálculo de estatísticas extremas da série histórica de vazões (máximo, média e mínimo), cálculo de desvios médios quadráticos e coeficientes de correlação entre a amostra e os ajustes realizados através da distribuição de probabilidades.
- Elaboração de gráfico com o ajuste das vazões mínimas de 7 dias de duração a diversos tempos de recorrência.

A tabela 4.2.3.1.1 apresenta as vazões $Q_{7,10}$ calculadas para cada estação do Inea e DNOS, com série de dados de no mínimo 10 anos completos na estiagem (maio a setembro). Assim, não foi possível calcular a $Q_{7,10}$ para todas as estações escolhidas pois alguns anos estavam com muitas falhas.

A tabela 4.2.3.1.2 apresenta as vazões $Q_{7,10}$ calculadas para as estações da ANA localizadas no estado.

Tabela 4.2.3.1.1 - $Q_{7,10}$ calculada para cada estação do Inea e DNOS

Código	Estação	Rio	Área (km ²)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)
59305088	André Rocha	Grande	31,0	-
59305112	Av. Brasil	Campinho	33,0	-
59305090	Av. dos Industriários	Tindiba	20,0	-
59235002	Cachoeiras de Macacu	Macacu	154,0	1,29
59305092	Estiva	Grande	47,0	-
59305108	Estr. do Mato Alto	Cabuçu	60,0	-
59237000	Japuíba	Macacu	256,0	2,28
59000500	Porto Rio do Sul	Imbe	708,0	3,67
59002500	Próx Lagoa de Cima	Ururáí	1.010,0	4,04
59245002	Quizanga	Guapiaçu	355,0	2,45

Tabela 4.2.3.1.2 - $Q_{7,10}$ calculada para cada estação da ANA e da Light

Código	Nome	Rio	Área (km ²)	Período de Dados	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)
58338000	Fazenda Santana	do Braço	134	jan/52 a dez/61	1,18
58335000	Lídice ⁽¹⁾	Piraí	108	jan/52 a dez/95	0,98
59100000	Macabuzinho	Macabu	630,0	jan/31 a dez/49	3,23
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	67,0	jan/68 a dez/05	0,62
59125000	Galdinópolis	Macaé	104,0	jan/51 a dez/05	1,10
59135000	Piller	Bonito	71,0	jan/51 a dez/05	0,73
59181000	Correntezas	São João	404,0	jan/83 a dez/07	2,74
59235000	Cach. de Macacu	Macacu	151,0	jan/32 a dez/78	1,28
59240000	Parque Ribeira	Macacu	289,0	jan/70 a dez/05	1,83
59245000	Quizanga	Guapiaçu	353,0	jan/70 a dez/78	1,76
59245100	Orindi	Iconha	47,0	jan/70 a dez/78	0,27
59355000	Faz. das Garrafas	Mambucaba	21,0	jan/79 a dez/05	0,23
59360000	Faz. da Posse	Mambucaba	21,0	jan/68 a dez/77	0,65
59370000	Faz. Fortaleza	Mambucaba	635,0	jan/36 a dez/05	7,64
59380000	Parati	Pereque-Açu	79,0	jan/63 a dez/04	0,80

Obs: (1) – Estação da Light.

4.2.3.2. Determinação da $Q_{95\%}$

A curva de permanência reflete, a partir da análise de frequência da série de vazões, a probabilidade de uma determinada vazão ser igualada ou ultrapassada.

O comportamento da curva reflete a distribuição das vazões ao longo do tempo, sendo muito dependente das características de regularização natural do rio. Normalmente a curva de permanência apresenta três partes: extremo superior, trecho médio e extremo inferior. Geralmente nos extremos da curva existem inflexões marcantes que retratam o comportamento da vazão máxima e das estiagens extremas, enquanto o trecho médio representa a faixa dominante de vazões no rio.

A curva de permanência pode ser estabelecida com base em valores diários, semanais ou mensais para todo o período da série histórica disponível, ou ainda, se necessário, para cada mês do ano.

Para determinação da curva de permanência, as vazões diárias devem ser ordenadas de forma decrescente, aplicando-se ou não intervalos de classe, acumulando-se as frequências no sentido da maior vazão para a menor, para obtenção das abscissas da curva. A curva de permanência relaciona a vazão e a frequência com a qual os valores ocorreram ao longo do tempo, maiores ou iguais ao valor da ordenada.

As vazões com 90% e 95% de permanência no tempo são apresentadas na tabela 4.2.3.2.1 das estações do Inea e do DNOS selecionadas. A tabela 4.2.3.2.2 reúne as vazões $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$ das estações da ANA.

Tabela 4.2.3.2.1 - $Q_{95\%}$ das estações do Inea e DNOS

Código	Estação	Rio	Área (km ²)	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)	$Q_{90\%}$ (m ³ /s)
59305088	André Rocha	Grande	31,0	0,08	0,13
59305112	Av. Brasil	Campinho	33,0	0,29	0,31
59305090	Av. dos Industriários	Tindiba	20,0	0,30	0,32
59235002	Cachoeiras de Macacu	Macacu	154,0	1,89	2,24
59305092	Estiva	Grande	47,0	0,33	0,41
59305108	Estr. do Mato Alto	Cabuçu	60,0	0,29	0,34
59237000	Japuiba	Macacu	256,0	3,69	4,25
59000500	Porto Rio do Sul	Imbé	708,0	5,07	6,00
59002500	Próx. Lagoa de Cima	Ururai	1.010,0	5,79	7,64
59245002	Quizanga	Guapiaçu	355,0	3,67	4,48

Tabela 4.2.3.2.2 - $Q_{95\%}$ das estações da ANA e da Light

Código	Nome	Rio	Área (km ²)	Período de Dados	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)	$Q_{90\%}$ (m ³ /s)
58338000	Fazenda Santana	do Braço	134	jan/52 a dez/61	2,10	2,60
58335000	Lídice ⁽¹⁾	Pirai	108	jan/52 a dez/95	1,45	1,76
59100000	Macabuzinho	Macabu	630,0	jan/31 a dez/49	5,40	6,15
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	67,0	jan/68 a dez/05	0,87	0,96
59125000	Galdinópolis	Macaé	104,0	jan/51 a dez/05	1,44	1,61
59135000	Piller	Bonito	71,0	jan/51 a dez/05	1,10	1,33
59181000	Correntezas	São João	404,0	jan/83 a dez/07	4,82	5,58
59235000	Cach. de Macacu	Macacu	151,0	jan/32 a dez/78	2,15	2,66
59240000	Parque Ribeira	Macacu	289,0	jan/70 a dez/05	2,57	3,17
59245000	Quizanga	Guapiaçu	353,0	jan/70 a dez/78	2,88	3,40
59245100	Orindi	Iconha	47,0	jan/70 a dez/78	0,64	0,90
59355000	Faz. das Garrafas	Mambucaba	21,0	jan/79 a dez/05	0,31	0,35
59360000	Fazenda da Posse	Mambucaba	21,0	jan/68 a dez/77	0,76	0,84
59370000	Fazenda Fortaleza	Mambucaba	635,0	jan/36 a dez/05	9,72	10,80
59380000	Parati	Pereque-Açu	79,0	jan/63 a dez/04	1,08	1,28

Obs: (1) – Estação da Light.

4.2.3.3. Determinação da Q_{MLT}

As vazões médias de longo termo foram calculadas considerando todo o histórico das séries de vazões disponíveis do Inea, DNOS e ANA. As tabelas 4.2.3.3.1 e 4.2.3.3.2 apresentam as vazões Q_{MLT} calculadas.

Tabela 4.2.3.3.1 – Vazões Médias de Longo Termo (Q_{MLT}) das estações do Inea e DNOS

Código	Estação	Rio	Área (km ²)	Q_{MLT} (m ³ /s)
59305088	André Rocha	Grande	31,0	0,47
59305112	Av. Brasil	Campinho	33,0	0,89
59305090	Av. dos Industriários	Tindiba	20,0	0,49
59235002	Cachoeiras de Macacu	Macacu	154,0	6,52
59305092	Estiva	Grande	47,0	0,81
59305108	Estr. do Mato Alto	Cabuçu	60,0	1,45
59237000	Japuíba	Macacu	256,0	10,82
59000500	Porto Rio do Sul	Imbé	708,0	22,01
59002500	Próx Lagoa de Cima	Ururai	1.010,0	28,29
59245002	Quizanga	Guapiaçu	355,0	11,99

Tabela 4.2.3.3.2 – Vazões Médias de Longo Termo (Q_{MLT}) das estações da ANA e Light

Código	Nome	Rio	Área (km ²)	Período de Dados	Q_{MLT} (m ³ /s)
58338000	Fazenda Santana	do Braço	134	jan/52 a dez/61	8,2
58335000	Lídice ⁽¹⁾	Piraí	108	jan/52 a dez/95	4,5
59100000	Macabuzinho	Macabu	630,0	jan/31 a dez/49	19,4
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	67,0	jan/68 a dez/05	2,6
59125000	Galdinópolis	Macaé	104,0	jan/51 a dez/05	4,3
59135000	Piller	Bonito	71,0	jan/51 a dez/05	3,5
59181000	Correntezas	São João	404,0	jan/83 a dez/07	19,4
59235000	Cach. de Macacu	Macacu	151,0	jan/32 a dez/78	8,3
59240000	Parque Ribeira	Macacu	289,0	jan/70 a dez/05	10,2
59245000	Quizanga	Guapiaçu	353,0	jan/70 a dez/78	11,4
59245100	Orindi	Iconha	47,0	jan/70 a dez/78	2,8
59355000	Faz. das Garrafas	Mambucaba	21,0	jan/79 a dez/05	0,8
59360000	Fazenda da Posse	Mambucaba	21,0	jan/68 a dez/77	1,5
59370000	Fazenda Fortaleza	Mambucaba	635,0	jan/36 a dez/05	24,9
59380000	Parati	Pereque-Açu	79,0	jan/63 a dez/04	4,2

Obs: (1) – Estação da Light.

Vale ressaltar que foi ajustada uma curva regional de vazões $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} e áreas de drenagem, utilizando dados das estações da ANA e do Inea, localizadas nos rios Macacu, Guapiaçu e Iconha. As equações ajustadas, apresentadas na tabela 4.2.3.3.3, possibilitaram a determinação da disponibilidade em algumas bacias da região hidrográfica Baía de Guanabara – RH-V.

Tabela 4.2.3.3.3 – Equações ajustadas de $Q_{7,10}$, $Q_{95\%}$ e Q_{MLT} Estações da ANA e Inea localizadas nos rios Macacu, Guapiaçu e Iconha

Variável	Equações ajustadas	R ²
$Q_{7,10}$	$Q_{7,10} = 0,0072 \text{ Área}^{0,993}$	0,9142
$Q_{95\%}$	$Q_{95\%} = 0,0334 \text{ Área}^{0,7969}$	0,9076
Q_{MLT}	$Q_{MLT} = 0,192 \text{ Área}^{0,7101}$	0,9591

4.3. Determinação da Disponibilidade nas Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHP)

A disponibilidade hídrica foi determinada para cada UHP (desenho 2.1), seguindo as metodologias descritas anteriormente nos itens 4.1 e 4.2.

Com o propósito de uniformização de informações não foram incluídas as vazões $Q_{90\%}$ no cálculo da disponibilidade hídrica, tendo em vista que os estudos de regionalização utilizados não consideram vazões com essa permanência.

As tabelas 4.3.1 a 4.3.9 reúnem a disponibilidade hídrica nas Unidades de Planejamento Hidrológico do Estado. Nessas tabelas encontra-se descrita a metodologia empregada para o cálculo das vazões em cada UHP.

É importante destacar que a disponibilidade hídrica calculada reflete a base de dados atual, caracterizada por uma grande escassez de informações, principalmente na região litorânea do Estado. À medida que novos dados estejam disponíveis, os estudos de regionalização de vazões e de disponibilidade hídrica devem ser reavaliados para melhorar as estimativas de vazões nas sub-bacias estaduais.

As precipitações médias utilizadas para o cálculo da disponibilidade hídrica em algumas UHPs foram determinadas com base no mapa de isoietas reunido no Atlas Pluviométrico do Brasil, CPRM (2011).

Tabela 4.3.1 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica da Baía de Ilha Grande – RH-I

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-I	I-a	Paraty	704,1	7,1	9,6	37,4	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico de Parati no rio Perequê-Açu (A= 79 km ²).
	I-b	Rio Mambucaba	355,6	4,3	5,4	13,9	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico Faz. Fortaleza no rio Mambucaba (A= 635 km ²) ⁽¹⁾ .
	I-c	Angra dos Reis	494,5	7,2	9,7	29,1	Regionalização Tese de doutorado da UFF (item 3.4) ⁽²⁾ .
	I-d	Ilha Grande	180,3	-	-	-	-

Obs.: (1) – Área obtida no Sistema Hidroweb da ANA. (2) – O limite de aplicação do estudo corresponde à área de 179 km². Portanto as vazões calculadas para a UHP foram extrapoladas.

Tabela 4.3.2 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Guandu - RH-II

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-II	II-a	Rio Piraí - montante Tocos	274,7	2,5	3,7	11,5	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico de Lídice no rio Piraí (A = 108 km ²).
	II-b	Rio Piraí	501,6	4,6	6,7	20,9	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico de Lídice no rio Piraí (A = 108 km ²).
	II-c	Foz Rio Piraí - Rio Sacra Família	236,4	-	1	-	Vazão de referência adotada pela ANA.
	II-d	Reservatório de Lajes	334,2	-	-	-	Disponibilidade Mínima igual a 16,5 m ³ /s. Vazão regularizada pelo reservatório de Lajes. Fonte: PERH-Guandu.
	II-e	Rio Guandu	1.059,8	-	129,3	188,6	Q _{95%} e Q _{MLT} calculadas somando a vazão mínima e média defluente da UHE Pereira Passos (120 e 160 m ³ /s) com a Q _{95%} e Q _{MLT} da área incremental (foz-UHE Pereira Passos), obtidas por relação de área com o posto de Av. Brasil no rio Campinho (A = 33 km ²).
	II-f	Rios Litorâneos	384,4	-	3,4	10,4	Q _{95%} e Q _{MLT} calculadas por relação de área de drenagem com o posto Av. Brasil no rio Campinho (A = 33 km ²).
	II-g	Rio da Guarda	345,1	-	3,0	9,3	Q _{95%} e Q _{MLT} calculadas por relação de área com o Posto Av. Brasil, rio Campinho (A= 33 km ²).
	II-h	Rio Guandu-Mirim e rios Litorâneos	478,9	-	4,21	12,9	Q _{95%} e Q _{MLT} calculadas por relação de área com o Posto Av. Brasil, rio Campinho (A= 33 km ²).

Tabela 4.3.3 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul - RH-III

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
					Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-III	III-a	Rio Paraíba do Sul – Margem Direita (montante Santa Cecília)	1.147,3	1.466	5,3	7,9	14,5	Foram calculadas as vazões do rio Bananal, maior afluente do Paraíba do Sul no trecho/margem (A= 523 km ² e P= 1466 mm) com a equação CPRM da região III (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP as vazões foram calculadas por relação de áreas de drenagem com a bacia do rio Bananal.
	III-b	Rio Paraíba do Sul – Margem Esquerda (montante Santa Cecília)	1.625,6	1.606	12,4	15,5	33,6	Foram calculadas as vazões do rio Turvo, maior afluente do Paraíba do Sul no trecho/margem (A= 410 km ² e P= 1606 mm) com a equação CPRM da região III (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP as vazões foram calculadas por relação de áreas de drenagem com a bacia do rio Turvo.
	III-c	Rio Paraíba do Sul – Margem Direita (Santa Cecília – Piabanha)	1.059,6	1.187	3,8	5,5	18,1	A vazão na UHP foi obtida por relação de áreas da UHP e da bacia incremental do Paraíba do Sul entre Santa Cecília (A= 16.616 km ²) e a confl. com o Paraibuna (A= 18.395 km ²). As vazões da área incremental foram calculadas pela diferença das vazões nesses dois pontos, as quais resultaram da utilização da equação CPRM da Região VIII.1 e VIII (variável área).
	III-d	Rio Paraíba do Sul – Margem Esquerda (Santa Cecília – Paraibuna)	719,1	1.179	2,6	3,8	12,29	A vazão na UHP foi obtida por relação de áreas da UHP e da bacia incremental do Paraíba do Sul entre Santa Cecília (A= 16.616 km ²) e a confl. com o Paraibuna (A= 18.395 km ²). As vazões da área incremental foram calculadas pela diferença das vazões nesses dois pontos, as quais resultaram da utilização da equação CPRM da Região VIII.1 e VIII (variável área).
	III-e1	Rio Preto – Margem Direita (montante rio das Flores)	867,4	1.729	7,1	9,6	24,7	As vazões do rio Preto a montante da confluência com o rio das Flores (A= 2388 km ² e P= 1760 mm), foram calculadas com a eq. CPRM da região Va e V (var. área e precipitação). As vazões na UHP foram calculadas pela relação entre as áreas da UHP e da bacia do rio Preto a montante do rio das Flores.
	III-e2	Rio das Flores	653,3	1.352	3,2	4,1	10,9	Vazões calculadas com a Equação CPRM da região Va e V (variáveis área e precipitação).
	III-e3	Rio Preto – Margem Direita (Foz - Rio das Flores)	247,2	1.220	1,3	1,6	3,4	As vazões da área incremental do rio Preto entre a foz (A= 3414 km ² e P= 1634 mm) e jusante da confluência com o rio das Flores (A= 3041 km ² e P= 1672 mm) foram calculadas pela diferença das vazões nesses dois pontos, as quais foram obtidas utilizando a eq. CPRM da região Va e V (var. área e precipitação). A vazão na UHP foi obtida pela relação de áreas da bacia incremental e da UHP.
	III-f	Rio Paraibuna	109,6	1.176	0,26	0,37	1,4	A vazão na UHP foi obtida por relação de áreas da UHP e da bacia incremental do rio Paraibuna da foz (A= 8558 km ² e P= 1531 mm) até jusante da confluência com o Preto (A= 7180 km ² e P=1580 mm). As vazões da área incremental foram calculadas pela diferença das vazões nesses dois pontos, utilizando a eq. CPRM da região Vb e V (var. área e precipitação).

Tabela 4.3.4 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Piabanha - RH-IV

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
					Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-IV	IV-a	Rio Piabanha	2.060,7	1.483	7,1	9,7	35,3	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região IV (variável área).
	IV-b	Rios Paquequer, Calçado	1.398,5	1.331	6,1	8,3	20,5	As vazões do rio Paquequer (A= 770,8 km ² e P= 1331 mm) foram calculadas com a equação da CPRM - região VI e VIa (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP (627,7 km ²) as vazões foram calculadas por relação entre as áreas de drenagem do rio Paquequer e das demais bacias.

Tabela 4.3.5 – Disponibilidade Hídrica nas Principais nas UHPs - Região Hidrográfica Baía de Guanabara - RH-V

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-V	V-a	Rios Iguaçu e Saracuruna	1.101,0	7,6	10,2	33,7	Para o rio Iguaçu (720 km ²) as vazões foram calculadas com a equação regional dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu ⁽¹⁾ (tabela 4.2.3.3.3). As vazões do rio Saracuruna foram calculadas por relação de áreas com a bacia do Iguaçu. A soma das vazões das duas bacias resulta na vazão da UHP.
	V-b	Lagoa de Jacarepaguá e Marapendi	317,5	-	2,2	5,5	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km ²).
	V-c1	Rios Pavuna-Meriti, Faria-Timbó e Maracanã	335,6	-	2,4	5,8	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km ²).
	V-c2	Lagoa Rodrigo de Freitas	32,8	-	0,23	0,57	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km ²).
	V-d1	Rio Macacu	1.067,0	7,3	8,6	27,1	Vazões calculadas com a equação regional da bacia dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu ⁽¹⁾ (tabela 4.2.3.3.3).
	V-d2	Rios Guapimirim, Caceribu e Guaxindiba	1.514,5	10,5	15,6	54,8	Para os rios Caceribu (812 km ²), Guaxindiba (171 km ²), Roncador (132 km ²), Suruí (85 km ²) e Iriri (20 km ²) as vazões foram calculadas com a equação regional dos rios Guapiaçu, Macacu e Orindiaçu (tabela 4.2.3.3.3). As vazões da área restante da UHP (295 km ²) foram calculadas por relação de áreas com a bacia do Guaxindiba. A soma das vazões resulta na vazão da UHP.
	V-e1	Lagoas de Niterói	49,2	-	0,35	0,85	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km ²).
	V-e2	Lagoa de Maricá	347,5	-	2,4	6,0	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Estiva no rio Grande (A = 47 km ²).

Obs.: (1) - O limite de aplicação da equação corresponde à área de 353km². Portanto, as vazões calculadas foram extrapoladas.

Tabela 4.3.6 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Lagos de São João - RH-VI

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-VI	VI-a1	Rio São João (montante Juturnaíba)	1.341,0	9,1	16,0	64,4	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Correntezas no rio São João (A = 404 km ²).
	VI-a2	Rio São João (jusante Juturnaíba)	817,5	5,5	9,8	39,3	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Correntezas no rio São João (A = 404 km ²).
	VI-b	Rio Una	451,0	3,1	5,4	21,7	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Correntezas no rio São João (A = 404 km ²).
	VI-c	Búzios, Lagoas Saquarema, Jaconé e Araruama	1.030,3	7,0	12,3	49,5	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto de Correntezas no rio São João (A = 404 km ²).

Tabela 4.3.7 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Rio Dois Rios - RH-VII

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
					Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-VII	VII-a	Rio Dois Rios	3.156,6	1.331	13,0	16,0	45,8	Vazões calculadas pela Equação da CPRM da região VI e VIb (variáveis área e precipitação).
	VII-b	Ribeirão das Areias e do Quilombo	725,7	1.186	1,2	1,7	8,1	As vazões do rib. das Areias (A=409,5 km ² e P= 1186 mm) foram calculadas com a equação CPRM - região VI e VIa (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP (316,2 km ²) as vazões foram calculadas por relação de áreas do rib. das Areias e das demais bacias.
	VII-c1	Córrego do Tanque e afluentes Margem Direita do Paraíba do Sul	212,1	1.060	0,12	0,18	1,9	As vazões do cór. do Tanque (A= 69 km ² e P= 1060 mm) foram calculadas com a equação CPRM - região VI e VIa (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP (143,1 km ²) as vazões foram calculadas por relação de áreas do cór. do Tanque e das demais bacias.
	VII-c2	Rio do Colégio e afluentes Margem Direita do Paraíba do Sul	368,0	1.200	0,61	0,88	4,4	As vazões do rio do Colégio (A= 203,8 km ² e P= 1200 mm) foram calculadas com a equação CPRM - região VI e VIa (variáveis área e precipitação). Para as demais bacias da UHP (164,2 km ²) as vazões foram calculadas por relação de áreas do rio do Colégio e das demais bacias.

Tabela 4.3.8 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Macaé e das Ostras - RH-VIII

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-VIII	VIII-a1	Rio Macaé	1.790,7	8,8	11,9	49,4	Vazões na UHP determinadas com base na relação de áreas com os valores obtidos para o rio Macaé (Área= 1712 km ²) no PRH-Macaé.
	VIII-a2	Rio Imboacica	57,8	0,04	0,14	1,1	Vazões na UHP determinadas com base na relação de áreas com os valores obtidos para a Lagoa de Imboacica (Área= 46,4 km ²) no PRH-Macaé.
	VIII-b	Rio Jundiá / das Ostras	162,8	0,60	0,91	4,3	Vazões na UHP determinadas com base na relação de áreas com os valores obtidos para a foz do rio das Ostras (Área= 171 km ²) no PRH-Macaé.

Tabela 4.3.9 – Disponibilidade Hídrica nas UHPs - Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul - RH- IX

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
					Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-IX	IX-a1	Rio Pirapetinga, afluentes Margem Esquerda Paraíba do Sul	170,5	1.150	0,50	0,65	1,8	A vazão na UHP foi obtida por relação de áreas da UHP e da bacia incremental do Pirapetinga entre a foz (A= 691 km ² e P= 1190 mm) e a divisa c/ MG (A= 561 km ² e P= 1207 mm). As vazões da área incremental foram calculadas pela diferença das vazões nesses dois pontos, utilizando a equação CPRM da região Vb e V (var. área e precipitação).
	IX-a2	Valão d'Anta, afluentes Margem Esquerda Paraíba do Sul	530	1.049	1,5	2,0	5,7	A vazão na UHP foi obtida por relação de áreas da UHP e da bacia incremental do rio Pirapetinga entre a foz, conforme UHP IX-a1.
	IX-b	Rio Imbé	980,8	1.268	5,1	7,0	30,5	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto Porto do Rio Sul no rio Imbé (A = 708 km ²).
	IX-c	Rio Macabu	1.058,10	1.335	5,4	9,1	32,6	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o posto Macabuzinho no rio Macabu (A = 630 km ²).
	IX-d	Lagoa Feia / Sistema Macaé-Campos	3.107,70	950	-	-	-	-
	IX-e	Rio Pomba	896,7	1.158	1,71	2,42	9,4	A vazão na UHP foi calculada pela diferença entre as vazões na foz (A= 8616 km ² e P= 1381 mm) e na divisa com MG (A= 7719 km ² e P= 1409 mm), utilizando a equação CPRM da Região Vb e V (variáveis área e precipitação).

Região Hidrográfica	UHP	Nome UHP	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)			Metodologia
					Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
	IX-f	Rio Muriaé	3.841,20	1.143	4,5	5,9	36,5	A vazão do rio Muriaé foi calculada pela diferença entre as vazões na foz (A= 8162 km ² e P= 1253 mm) e na divisa c/ MG (A= 2978 km ² e P= 1370 mm), utilizando a equação CPRM da Região VII (var. área e precipitação).
	IX-g	Sistema Vigário/Brejos - foz Paraíba do Sul (Margem Esquerda)	1.347,80	938	-	-	-	-
	IX-h	Rio Itabapoana	1.507,3	1.164	5,6	7,1	14,7	As vazões do rio Itabapoana na foz (A= 2388 km ² e P= 1760 mm) foram calculadas pela regionalização de vazões da região hidrográfica capixaba (item 3.6). As vazões na UHP foram calculadas por relação de áreas de drenagem da UHP e do rio Itabapoana na foz.

A tabela 4.3.10 apresenta as disponibilidades hídricas calculadas na foz e na divisa dos rios Federais localizados no Estado do Rio de Janeiro.

Para cálculo das vazões dos rios Bananal, Preto, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba, Carangola e Muriaé, foram utilizadas precipitações médias determinadas a partir das seguintes informações:

1) dados de precipitação média nas bacias de postos fluviométricos localizados nas proximidades da foz ou da divisa desses rios, indicadas no estudo de regionalização de vazões da CPRM.

2) chuvas médias das UHPs (tabelas 4.3.4, 4.3.5, 4.3.8 e 4.3.10).

A precipitação média na foz ou na Divisa foi calculada a partir de média ponderada com a área de drenagem. O quadro a seguir reúne as precipitações médias utilizadas para cálculo das vazões na foz e na divisa em cada um dos cursos d'água.

Rio	Prec. Média Foz (mm)	Prec. Média Divisa (mm)
Bananal	1466	1466
Preto	1634	-
Paraibuna	1531	1580
Pirapetinga	1190	1207
Muriaé	1253	1370
Carangola	1308	1308
Pomba	1381	1407

Tabela 4.3.10 – Disponibilidade Hídrica nas Bacias Federais

Região Hidrográfica	Curso D'água	Área Foz (km ²)	Área Divisa ERJ (km ²)	Vazões Foz (m ³ /s)			Vazões Divisa ERJ (m ³ /s)			Metodologia
				Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	Q _{7,10}	Q _{95%}	Q _{MLT}	
RH-I	Mambucaba	738,4	382,8	8,9	11,3	29,0	4,6	5,9	15,0	Vazões calculadas por relação de área com o Posto Faz. Fortaleza, rio Mambucaba (A=635 km ²).
	Bracuí	196,6	108,3	2,8	3,8	11,2	1,4	2,0	5,9	Regionalização Tese Doutorado UFF (item 3.4).
	Ariró	62,9	24,6	0,8	1,1	3,2	0,2	0,3	0,9	Regionalização Tese Doutorado UFF (item 3.4).
RH-II	Piraí	1.117,6 ⁽¹⁾	105,0	-	1	-	1,0	1,4	4,4	Vazão de referência na foz fornecida pela ANA. Vazões calculadas por relação de área com o Posto de Lídice no rio Piraí (A = 108 km ²).
RH-III	Bananal	523	404,8	2,4	3,58	6,63	1,77	2,66	5,02	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região III (variáveis área e precipitação).
	Preto	3.414,2 ⁽¹⁾	1.646,3 ⁽³⁾	24,7	33,1	82,3	13,2 ⁽²⁾	17,8 ⁽²⁾	43,4 ⁽²⁾	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região Va e V (variáveis área e precipitação).
	Paraibuna	8.558	7.148,2 ⁽⁴⁾	44,7	63,5	176,6	41,4	58,6	158,3	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região Vb e V (variáveis área e precipitação).
RH-IX	Pirapetinga	691 ⁽¹⁾	615,1 ⁽³⁾	2,8	3,6	8,8	2,2	3,3	8,0	A vazão do Pirapetinga em MG foi calculada somando-se a vazão na divisa (A= 561 km ² e P= 1207 mm) com a vazão do restante da área mineira da bacia (A= 54,3 km ²), usando a eq. CPRM - região Vb e V (área e precipitação).
	Muriaé	8.162 ⁽¹⁾	2.978 ⁽¹⁾	15,8	20,4	92,7	11,3	14,6	56,2	Vazões calculadas pela eq. CPRM da Região VII (variáveis área e precipitação).
	Carangola	2.027 ⁽¹⁾	1.343	4,9	6,6	28,2	3,1	4,2	18,3	Vazões calculadas pela eq. CPRM da Região VII (variáveis área e precipitação).
	Pomba	8.616 ⁽¹⁾	7.719	35,2	49,2	142,8	33,5	46,8	133,4	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região Vb e V (variáveis área e precipitação).
	Itabapoana	4.875	3.368	18,2	22,9	47,5	12,6 ⁽²⁾	15,8 ⁽²⁾	32,8 ⁽²⁾	Vazões calculadas pela regionalização da região hidrográfica capixaba (item 3.6).
RH-III, RH-IV, RH-VII e RH-IX	Paraíba do Sul	55.500 ⁽¹⁾	-	-	367,9	-	-	-	-	Vazão de referência na foz fornecida pela ANA.

Obs: (1) - Fonte: Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança. (2) - Calculada pela diferença entre as vazões na foz e as vazões na UHP.
(3) – Área da bacia em Minas Gerais. (4) – Área da bacia do Paraibuna na Divisa com MG, a jusante da confluência com o rio Preto.

5. VAZÕES DE CHEIA

Nesse item são reunidos os estudos de chuvas intensas disponíveis para determinação de vazões de cheia em bacias localizadas no estado do Rio de Janeiro. Também são apresentadas as vazões de cheias associadas a tempos de retorno de 20 e 50 anos, para bacias localizadas nas regiões hidrográficas do estado. As vazões de cheia foram obtidas a partir de regionalização de vazões e de diversos estudos já realizados nas bacias estaduais.

5.1. Estudos de Chuvas Intensas Existentes

Para análise das chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro estão disponíveis os seguintes estudos:

- Chuvas Intensas no Brasil, Otto Pfafstetter, Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) – Ministério do Interior, 1957.
- Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) – Ministério de Minas e Energia, 2001.

Esses estudos, detalhados nos itens a seguir, são importantes ferramentas para determinação de vazões de cheia nas bacias hidrográficas estaduais.

5.1.1. Chuvas Intensas no Brasil, Otto Pfafstetter

O Engenheiro Otto Pfafstetter, no estudo “Chuvas Intensas no Brasil” (1957), ajustou para 98 estações pluviográficas e pluviométricas, pertencentes à rede do antigo Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET), equações de chuvas intensas para durações variando de 5 minutos a 48 horas.

As equações ajustadas têm a seguinte expressão geral:

$$P = \left[T^{\left(\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma} \right)} \right] \cdot [at + b \cdot \log(1 + ct)]$$

Onde:

P - precipitação máxima, em mm;

T - tempo de recorrência, em anos;

β - valores que dependem da duração da precipitação;

a, b, c, γ - valores constantes para cada posto.

Os valores dos parâmetros β , a, b, c, γ referentes às estações pluviométricas localizadas no estado do Rio de Janeiro, constam tabela 5.1.1.1 enquanto que os valores de α são apresentados na tabela 5.1.1.2.

Tabela 5.1.1.1 – Equação de chuvas intensas de Otto Pfafstetter - Parâmetros β , a, b, c, γ
Postos de pluviométricos localizados no estado do Rio de Janeiro

Postos (Rio de Janeiro)	β				a	B	c	γ
	5 min	15 min	30 min	1 h a 6 d				
Alto Itatiaia	0,08	0,08	0,08	0,08	0,7	26	20	0,25
Alto Teresópolis	0,00	0,08	0,08	0,08	0,8	41	10	0,25
Bangu	0,00	0,12	0,12	0,12	0,1	30	20	0,25
Cabo Frio	0,16	0,20	0,20	0,12	0,2	20	20	0,25
Campos	0,12	0,12	0,12	0,08	0,2	27	20	0,25
Ipanema	-0,04	0,12	0,12	0,20	0,0	35	10	0,25
Jacarepaguá	-0,08	0,08	0,12	0,12	0,2	29	20	0,25
Jardim Botânico	-0,08	0,08	0,12	0,12	0,4	39	10	0,25
Km. 47 - Rod. P. Dutra	0,00	0,08	0,16	0,20	0,3	28	20	0,25
Niterói	0,08	0,12	0,12	0,12	0,2	27	20	0,25
Nova Friburgo	-0,08	0,08	0,08	0,08	0,4	28	20	0,25
Petrópolis	-0,08	0,12	0,12	0,08	0,3	41	10	0,25
Pinheiral (Piraí)	0,08	0,12	0,16	0,04	0,4	19	60	0,25
Praça XV	0,00	0,20	0,20	0,20	0,2	29	20	0,25
Praça Saens Peña	-0,04	0,12	0,16	0,16	0,2	31	20	0,25
Resende	0,04	0,08	0,08	0,08	0,3	31	20	0,25
Santa Cruz	0,00	0,08	0,08	0,16	0,4	26	20	0,25
Santa Maria Madalena	-0,08	0,04	0,04	0,00	0,4	24	20	0,25
Teresópolis	0,08	0,08	0,04	0,12	0,3	36	10	0,25
Vassouras	0,08	0,08	0,08	0,08	0,4	19	60	0,25
Volta Redonda	0,12	0,12	0,12	0,12	0,2	30	20	0,25

Tabela 5.1.1.2 - Valores de α no fator de probabilidade

Duração	α	Duração	α
5 min	0,108	14 h	0,174
15 min	0,122	24 h	0,170
30 min	0,138	48 h	0,166
1 h	0,156	3 d	0,160
2 h	0,166	4 d	0,156
4 h	0,174	6 d	0,152
8 h	0,176		

5.1.2. Estudo de Regionalização de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro, CPRM

O estudo de chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro foi elaborado a partir de dados de 44 estações pluviográficas distribuídas ao longo de todo o território estadual. Este estudo teve a finalidade de determinar curvas IDF regionais, válidas para regiões homogêneas previamente estabelecidas. As regiões homogêneas e suas respectivas estações pluviográficas são mostradas na figura 5.1.2.1.

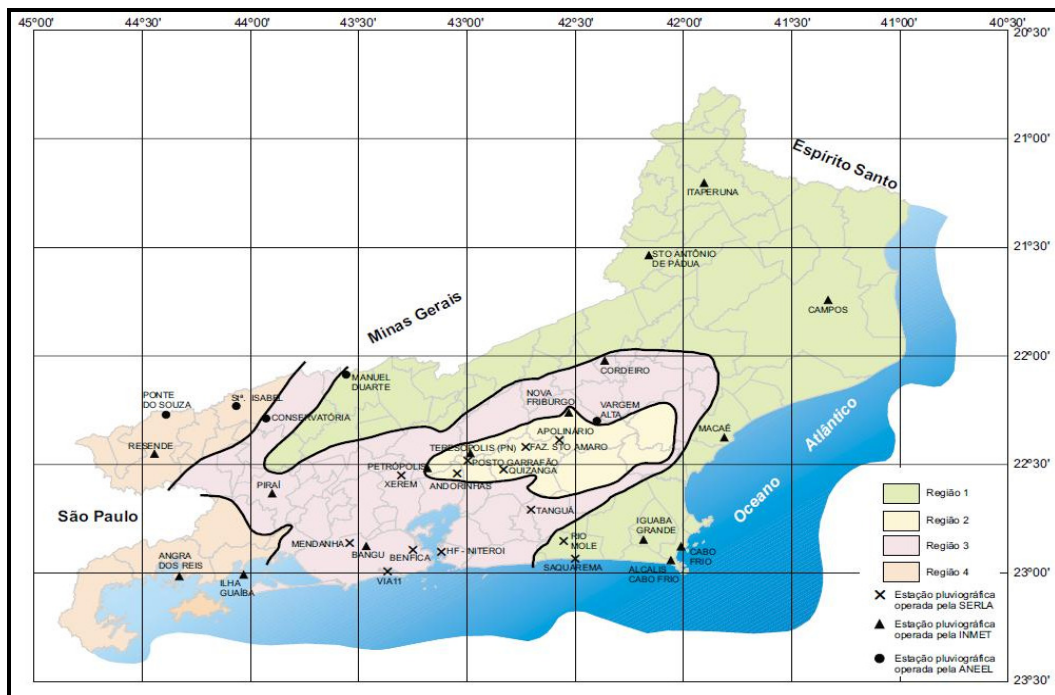


Figura 5.1.2.1 - Regiões Homogêneas do Estudo de Chuvas Intensas, (CPRM, 2001)

A metodologia empregada no estabelecimento dessas curvas regionais compreendeu:

- Leituras de pluviogramas e obtenção de séries de duração parcial de alturas pluviométricas superiores a determinados valores de referência, para durações de 5, 10, 15, 30 e 45 min e de 1, 2, 3, 4, 8, 14 e 24 horas.
- Definição preliminar das regiões homogêneas.
- Análise de consistência de dados através da aplicação da estatística “medida de discordância” da estação em relação ao padrão regional, baseada em momentos-L.
- Verificação do grau de heterogeneidade regional através da comparação da variabilidade da razão dos momentos-L amostrais de uma estação com aquela esperada de uma região homogênea. Validação das regiões homogêneas.
- Seleção das distribuições de frequências regionais através do ajuste das distribuições Logística Generalizada, Generalizada de Valores Extremos, Generalizada de Pareto, Generalizada Normal e *Pearson* tipo III, estimando seus parâmetros a partir dos momentos-L regionais. Aplicação do teste de aderência (Z^{DIST}) para verificar o ajuste entre a distribuição candidata e os dados regionais.

- Definição da distribuição regional anual e dos quantis adimensionais para as durações “d” levantadas e período de retorno “T” desejados.
- Definição do “*index-flood*” através de modelo de regressão entre a intensidade média de uma determinada duração, a duração da precipitação e a precipitação média anual no local.
- Análise de frequência regional, através do método de regionalização da curva adimensional de frequências denominado utilizando momentos-L.

As equações IDF para cada região homogênea têm a seguinte expressão:

$$\hat{i}_{T,d,j} = \bar{i}_d \cdot \mu_{T,d}$$

Onde:

$\hat{i}_{T,d,j}$ - estimativa da intensidade de chuva, em mm/h, de duração “d” em minutos, no local J, associado ao período de retorno T , em anos;

\bar{i}_d - *index-flood* de cada estação, estimado através de modelo de regressão de \bar{i}_d com a duração “d” e a precipitação média anual;

$\mu_{T,d}$ - representa os quantis adimensionais de frequência, válidos para cada região homogênea, associados a “d” e “T”.

Para cada região homogênea do estado do Rio de Janeiro, o modelo de regressão resultante tem as seguintes expressões gerais:

Região 1:

$$\hat{i}_{T,d,j} = 44,880 \cdot d^{-0,385} \cdot P_j^{0,244} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1h$$

$$\hat{i}_{T,d,j} = 81,432 \cdot d^{-0,771} \cdot P_j^{0,371} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 1h \leq d \leq 24h$$

Região 2:

$$\hat{i}_{T,d,j} = 39,445 \cdot d^{-0,339} \cdot P_j^{0,234} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1h$$

$$\hat{i}_{T,d,j} = 16,204 \cdot d^{-0,761} \cdot P_j^{0,364} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 1h \leq d \leq 24h$$

Região 3:

$$\hat{i}_{T,d,j} = 36,301 \cdot d^{-0,392} \cdot P_j^{0,276} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1h$$

$$\hat{i}_{T,d,j} = 85,264 \cdot d^{-0,789} \cdot P_j^{0,367} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 1h \leq d \leq 24h$$

Região 4:

$$\hat{i}_{T,d,j} = 44,880 \cdot d^{-0,385} \cdot P_j^{0,244} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 5 \text{ min} \leq d < 1h$$

$$\hat{i}_{T,d,j} = 81,432 \cdot d^{-0,771} \cdot P_j^{0,371} \cdot \mu_{T,d} \quad \text{para } T \leq 100 \text{ e } 1h \leq d \leq 24h$$

Onde P_j é a precipitação média anual, em mm, no local j , dentro da região homogênea.

Os quantis adimensionais de frequência regionais anuais válidos para as regiões homogêneas do estado do Rio de Janeiro são apresentados nas tabelas 5.1.2.1 a 5.1.2.4, a seguir:

Tabela 5.1.2.1 - Quantis adimensionais regionais anuais $\mu_{T,d}$ - Região homogênea 1

Duração (min)	Duração (horas)	Tempo de recorrência em anos						
		2	5	10	20	50	75	100
5	0.083	0,8618	1,1000	1,2616	1,4451	1,7444	1,9043	2,0301
10	0.167	0,8470	1,1117	1,2901	1,4918	1,8193	1,9937	2,1307
15	0.25	0,8433	1,1059	1,2896	1,5019	1,8550	2,0465	2,1984
30	0.50	0,8356	1,1223	1,3142	1,5301	1,8794	2,0647	2,2101
45	0.75	0,8341	1,1249	1,3188	1,5365	1,8876	2,0735	2,2192
60	1	0,8322	1,1201	1,3166	1,5404	1,9068	2,1031	2,2578
120	2	0,8212	1,1076	1,3181	1,5689	1,9994	2,2385	2,4306
180	3	0,8210	1,1055	1,3158	1,5671	2,0001	2,2412	2,4352
240	4	0,8207	1,1128	1,3244	1,5741	1,9986	2,2327	2,4200
480	8	0,8260	1,1161	1,3206	1,5579	1,9543	2,1700	2,3413
840	14	0,8271	1,1205	1,3236	1,5567	1,9418	2,1495	2,3138
1440	24	0,8225	1,1318	1,3393	1,5733	1,9525	2,1540	2,3121

Tabela 5.1.2.2. - Quantis Adimensionais Regionais Anuais $\mu_{T,d}$ - Região homogênea 2

Duração (min)	Duração (horas)	Tempo de recorrência em anos						
		2	5	10	20	50	75	100
5	0.083	0,9948	1,1711	1,3211	1,5013	1,8049	1,9697	2,1002
10	0.167	1,0041	1,1526	1,2692	1,4011	1,6087	1,7155	1,7979
15	0.25	1,0274	1,1906	1,2962	1,3998	1,5388	1,6020	1,6475
30	0.50	1,0214	1,2121	1,3457	1,4843	1,6827	1,7775	1,8477
45	0.75	1,0205	1,2397	1,3972	1,5637	1,8071	1,9254	2,0137
60	1	1,0197	1,2489	1,4151	1,5923	1,8536	1,9813	2,0771
120	2	1,0328	1,2693	1,4294	1,5915	1,8172	1,9226	1,9998
180	3	1,0211	1,2658	1,4438	1,6337	1,9142	2,0515	2,1545
240	4	1,0181	1,2734	1,4626	1,6675	1,9750	2,1275	2,2426
480	8	1,0063	1,2807	1,4979	1,7450	2,1366	2,3393	2,4959
840	14	1,0061	1,2880	1,5112	1,7650	2,1673	2,3756	2,5365
1440	24	1,0152	1,2862	1,4917	1,7178	2,0636	2,2375	2,3699

Tabela 5.1.2.3 - Quantis Adimensionais Regionais Anuais $\mu_{T,d}$ Região Homogênea 3

Duração (min)	Duração (horas)	Tempo de recorrência em anos						
		2	5	10	20	50	75	100
5	0.083	0,9478	1,1173	1,2668	1,4579	1,8077	2,0110	2,1781
10	0.167	0,9711	1,1354	1,2572	1,3953	1,6175	1,7344	1,8256
15	0.25	0,9645	1,1512	1,2924	1,4550	1,7205	1,8619	1,9729
30	0.50	0,9550	1,1668	1,3325	1,5275	1,8538	2,0308	2,1710
45	0.75	0,9477	1,1858	1,3737	1,5963	1,9713	2,1758	2,3383
60	1	0,9532	1,1811	1,3578	1,5648	1,9088	2,0946	2,2415
120	2	0,9377	1,1845	1,3873	1,6344	2,0634	2,3028	2,4955
180	3	0,9339	1,1866	1,3977	1,6577	2,1147	2,3721	2,5802
240	4	0,9309	1,1857	1,4005	1,6668	2,1380	2,4049	2,6213
480	8	0,9176	1,1907	1,4296	1,7334	2,2862	2,6058	2,8680
840	14	0,9142	1,1983	1,4479	1,7663	2,3477	2,6848	2,9616
1440	24	0,9146	1,2144	1,4719	1,7951	2,3752	2,7071	2,9778

Tabela 5.1.2.4 - Quantis Adimensionais Regionais Anuais $\mu_{T,d}$ Região Homogênea 4

Duração (min)	Duração (horas)	Tempo de recorrência em anos						
		2	5	10	20	50	75	100
5	0.083	0,8819	1,0771	1,2151	1,3758	1,6449	1,7916	1,9083
10	0.167	0,8924	1,0661	1,1923	1,3417	1,5964	1,7371	1,8498
15	0.25	0,8914	1,0781	1,2053	1,3500	1,5868	1,7316	1,8135
30	0.50	0,8890	1,0801	1,2104	1,3587	1,6011	1,7310	1,8332
45	0.75	0,8829	1,0973	1,2328	1,3803	1,6103	1,7291	1,8209
60	1	0,8737	1,0988	1,2464	1,4104	1,6722	1,8097	1,9170
120	2	0,8691	1,1118	1,2636	1,4104	1,6722	1,8097	1,9170
180	3	0,8489	1,1165	1,2921	1,4875	1,7996	1,9637	2,0917
240	4	0,8485	1,1056	1,2830	1,4865	1,8219	2,0025	2,1453
480	8	0,8496	1,1118	1,2878	1,4862	1,8077	1,9785	2,1126
840	14	0,8579	1,1065	1,2729	1,4602	1,7630	1,9238	2,0498
1440	24	0,8603	1,1043	1,2675	1,4509	1,7473	1,9045	2,0277

5.2. Vazões de Cheia nas Principais Bacias Estaduais

As vazões máximas associadas a tempos de recorrência de 20 e 50 anos foram obtidas de estudos já realizados para diversas bacias hidrográficas.

Para a bacia do rio Paraíba do Sul (RH-III, RH-IV, RH-VII e RH-IX) foi utilizado o estudo de regionalização de vazões elaborado pela CPRM, apresentado anteriormente no item 3.1.

Para a região litorânea (RH-I, RH-II, RH-V, RH-VI, RH-VIII e RH-IX), não foi possível a utilização do estudo de regionalização da CPRM, por apresentar apenas uma única região homogênea, o que poderia resultar em estimativas imprecisas. Assim, para algumas bacias localizadas nessa região as vazões de cheia foram determinadas com base em estudos estatísticos de vazões máximas anuais observadas em estações fluviométricas operadas pela ANA e Light.

A tabela 5.2.1 reúne as vazões com tempo de retorno de 20 e 50 anos de postos operados pela ANA e Light.

**Tabela 5.2.1 - Vazões de Cheia para Tempos de Retorno de 20 e 50 anos
Estações fluviométricas da ANA e da Light**

Código	Nome	Rio	Área (km ²)	Período de Dados	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)
58338000	Fazenda Santana	do Braço	134	jan/52 a dez/61	175,9	201,6
58335000	Lídice ⁽¹⁾	Piraí	108	jan/52 a dez/95	126,0	152,5
59100000	Macabuzinho	Macabu	630,0	jan/31 a dez/49	111,3	121,5
59120000	Macaé de Cima	Macaé de Cima	67,0	jan/68 a dez/05	87,4	106,6
59125000	Galdinópolis	Macaé	104,0	jan/51 a dez/05	77,0	91,0
59135000	Piller	Bonito	71,0	jan/51 a dez/05	58,2	69,0
59181000	Correntezas	São João	404,0	jan/83 a dez/07	295,8	343,4
59235000	Cach. de Macacu	Macacu	151,0	jan/32 a dez/78	81,4	93,0
59240000	Parque Ribeira	Macacu	289,0	jan/70 a dez/05	227,2	282,9
59245000	Quizanga	Guapiaçu	353,0	jan/70 a dez/78	136,2	155,6
59245100	Orindi	Iconha	47,0	jan/70 a dez/78	24,3	27,0
59355000	Fazenda das Garrafas	Mambucaba	21,0	jan/79 a dez/05	13,2	16,2
59360000	Fazenda da Posse	Mambucaba	21,0	jan/68 a dez/77	13,8	15,8
59370000	Fazenda Fortaleza	Mambucaba	635,0	jan/36 a dez/05	551,9	664,1
59380000	Parati	Pereque-Açu	79,0	jan/63 a dez/04	84,1	100,7

Obs: (1) – Estação da Light.

Observa-se que não foram realizados estudos estatísticos para as séries de vazões das estações do Inea e do DNOS, em decorrência de:

- Insuficiência de medições de descargas durante as cheias que permitissem a definição precisa do ramo alto das curvas chave.
- Inexistência de informações sobre o histórico das estações, seção transversal e marcas de cheia para subsidiar a obtenção indireta de vazões máximas e/ou estudos de extrapolação do ramo superior das curvas chave.

Devido à escassez de postos fluviométricos com séries longas e confiáveis, as vazões de cheia também foram obtidas de estudos já realizados em bacias hidrográficas, descritos no Anexo 14. De forma geral, esses estudos utilizam métodos de transformação de chuva em vazão.

As tabelas 5.2.2 a 5.2.10 apresentam por Região hidrográfica e bacia, as vazões de cheia para tempos de retorno de 20 e 50 anos, onde foi possível a sua determinação.

É importante ressaltar que as vazões de cheias apresentadas nas tabelas 5.2.2 a 5.2.10 têm a finalidade de caracterizar as cheias nas principais bacias do Estado e não substituem estudos específicos para dimensionamento de obras de engenharia ou solicitações de outorga.

Os estudos de vazões de cheia devem ser elaborados de forma minuciosa, com aplicação de pelo menos um dos métodos a seguir:

- Estudo estatístico das séries de vazões máximas diárias de postos fluviométricos.
- Métodos de transformação de chuva em vazão, incluindo a análise de chuvas intensas: definição da curva “I-D-F” e “P-D-F” e avaliação da distribuição temporal e espacial das precipitações.

Tabela 5.2.2 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-I

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
			Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-I	Perequê-Açu	111,4	203,7	243,8	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do projeto UERJ/Prefeitura Municipal de Paraty (2011), (Anexo 14).
	Rio Mambucaba	738,4	641,8	772,2	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico Fazenda Fortaleza no rio Mambucaba (A= 635 km ²).

Tabela 5.2.3 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-II

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
			Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-II	Rio Pirai - montante Tocos	274,7	320,5	387,89	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto fluviométrico de Lídice no rio Pirai (A = 108 km ²).
	Rio Poços	240,6	215,0	339,7	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/FURNAS (2004), (Anexo 14).
	Rio Santana	318,5	274,5	470,0	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/FURNAS (2004), (Anexo 14).
	Rio São Pedro	99,9	126,0	215,7	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/FURNAS (2004), (Anexo 14).
	Guandu-Mirim	170	289	-	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/FURNAS (2004), (Anexo 14).

Tabela 5.2.4 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-III

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
				Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-III	Preto	3.414,2 ⁽¹⁾	1.634	710,6	819,0	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região III (variáveis área e precipitação).
	Paraibuna	8.558 ⁽¹⁾	1.531	1296,9	1494,7	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região III (variáveis área e precipitação).
	Bananal	523,2	-	443,7	643,4	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto HD/Inea (2011), (Anexo 14).
	Barra Mansa	103,1	-	278,13	329,52	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto HD/Inea (2011), (Anexo 14).

Obs: (1) - Fonte: Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança.

Tabela 5.2.5 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-IV

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
				Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-IV	Rio Piabanha	2.060,7	1.483	435,4	540,0	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região IV (variáveis área e precipitação).
	Rio Paquequer	757,90	1.331	178,3	218,4	Vazões calculadas pela Equação da CPRM região VIa (variáveis área e precipitação).

Tabela 5.2.6 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-V

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
			Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-V	Macacu	459,2	357	518	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/PETROBRAS (2008), (Anexo 14).
	Caceribu	392,1	314	435	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/PETROBRAS (2008), (Anexo 14).
	Guapiaçu	573,9	267	433	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/PETROBRAS (2008), (Anexo 14).
	Iguá	105,7	155	210	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/PETROBRAS (2008), (Anexo 14).
	Botas	118,9	60,3	63,8	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/INEA (2010), (Anexo 14).
	Sarapuí	161,5	191,6	184,1	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto COPPETEC/INEA (2010), (Anexo 14).
	Alcântara	103,8	307,54	414,85	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto SANETAL (2010), (Anexo 14).

Tabela 5.2.7 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-VI

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
			Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-VI	Rio São João (posto Correntezas)	404,0	295,8	343,4	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto de Correntezas no rio São João (A = 404 km ²).

Tabela 5.2.8 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-VII

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
				Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-VII	Rio Dois Rios	3.156,6	1.331	691,7	847,1	Vazões calculadas pela Equação da CPRM da região VIb (variáveis área e precipitação).
	Rio Negro	1.156,3	1.208	159,1	194,9	Vazões calculadas pela Equação da CPRM da região VIa (variáveis área e precipitação).
	Rio Grande	2.000,3	1.426	506,3	620,0	Vazões calculadas pela Equação da CPRM da região VIa (variáveis área e precipitação).

Obs: A precipitação média na bacia do rio Negro refere-se à bacia do posto de Barra do rio Negro e da bacia do rio Grande à bacia do posto de Pimentel (CPRM, 2002)

Tabela 5.2.9 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH-VIII

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
			Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-VIII	Rio Macaé em Ponte do Baião	659 ⁽¹⁾	148,6	-	Vazões obtidas do estudo hidrológico realizado no âmbito do Projeto Ecologus/EL PASO (2004), (Item 3.3).

Obs: (1) – área de drenagem obtida no diagnóstico das disponibilidades hídricas da região hidrográfica Macaé e das Ostras, realizado no âmbito do PRH-Macaé e das Ostras.

Tabela 5.2.10 – Vazões de Cheia para Recorrências de 20 e 50 anos em Bacias da RH- IX

Região Hidrográfica	Rio	Área (km ²)	Chuva Média (mm)	Vazões (m ³ /s)		Metodologia
				Q ₂₀	Q ₅₀	
RH-IX	Rio Pirapetinga	691 ⁽¹⁾	1.190	137,9	159,0	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região Vb (variável área).
	Rio Macabu	1.058,1	-	186,9	204,1	Vazões calculadas por relação de área de drenagem com o Posto Macabuzinho no rio Macabu (A = 630 km ²).
	Rio Pomba	8616 ⁽¹⁾	1.381	1.304,7	1.503,7	Vazões calculadas pela Equação CPRM da região Vb (variável área).
	Rio Muriaé	8.162 ⁽¹⁾	1.250	1.200,1	1.463,2	Vazões calculadas pela Equação CPRM da Região VII (variáveis área e precipitação).

Obs: (1) - Fonte: Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cohidro - Projeto de Retificação e Canalização dos Rios da Bacia de Sepetiba - Estudos Hidrológicos. 1992.

Cohidro/Inea. Estudos e Projetos para Controle de Inundações e Recuperação Ambiental no Município de Teresópolis-RJ, 2011.

Concremat/Inea. Estudo Hidrológico e Hidráulico para Recuperação Emergencial de Pontes, 2012.

Consórcio ETEP-Ecologus-SM GROUP. Macroplano de Gestão e Saneamento Ambiental da Bacia da Baía de Sepetiba. (1998).

Consórcio Macaé/Ostras (ENGEPLUS/ÁGUA & SOLO) / INEA, "Relatório do Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas da região hidrográfica Macaé e das Ostras (RD-04)", PRH-Macaé/Ostras, Outubro de 2013

Coppetec/Furnas. Captação de Água pela UTE Santa Cruz no contexto da Bacia do Rio Guandu: Relatório Final. Projeto P&D, Rio de Janeiro, 2004.

Coppetec/Inea. Plano Diretor de Recursos Hídricos, Controle de Inundações e Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Iguçu/Sarapuí, 2010.

Coppetec/Petrobras. Estudo das Bacias Hidrográficas da Área de Influência do Comperj, 2008.

CPRM. Atlas Pluviométrico do Brasil. Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Biodiversidade. Versão 2.0. Atualizada em novembro de 2011.

CPRM. Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 58. Fevereiro de 2003.

CPRM. Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 59. Novembro de 2002.

Ecologus/EL PASO. Estudo de disponibilidade hídrica da bacia do rio Macaé. Relatório Final. Março de 2004.

Euclides, H. P., Ferreira, P. A., Filho, R. F. F., Santos, A. P., Regionalização hidrológica na região hidrográfica capixaba, compreendida entre os limites da bacia do rio Doce e do rio Itabapoana. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste.

FRANCISO, CRISTIANE NUNES - Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal: o caso de Angra dos Reis, RJ. Programa de Pós-Graduação em Geociências/UFF, 178f. Niterói, 2004.

HD/Inea. Estudos e Projetos para Controle de Cheias e Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Bananal em Barra Mansa - RJ, 2011.

HD/Inea. Estudos para Controle de Cheias e Recuperação Ambiental das Bacias do Rio Barra Mansa e Córrego Vila Elmira - Município de Barra Mansa – RJ, 2011.

PFAFSTETTER, O., Chuvas Intensas no Brasil, 2ª edição, Rio de Janeiro, DNOS,1982, 426p.

Planer/Fundenor. Estudos Hidrológicos/Determinação de vazões para obtenção de outorga de água nas bacias hidrográficas de interesse do Programa Moeda Verde Rio Cana. Outubro de 2004.

Sanetal/Inea. Estudo Hidrológico da Bacia dos Rios Alcântara, Imboaçú, Mutondo, Brandoas e Bomba. 2010.

TUCCI, C. E. M.- Regionalização das Vazões - Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel - IPH – UFRGS. Porto alegre, 2000.

Uerj/Prefeitura Municipal de Paraty, Plano Municipal de Saneamento Básico da Prefeitura Municipal de Paraty. Parecer técnico com base em estudo hidrológico de cheias e estudo hidráulico do trecho urbano do rio Perequê- Açú e do canal Jabaquara – Paraty - RJ. Maio, 2011.