



# PRH-BIG

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE

## RCE

### RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS

NOVEMBRO - 2019

Rio Jurumirim/Campo Alegre,  
na Região da Serra d'Água  
Angra dos Reis - RJ

Apoio:



Acompanhamento:



Execução:



Realização:





---

## APRESENTAÇÃO

Este Relatório de Cenários Estratégicos para a Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande, foi elaborado pela Profill Engenharia e Ambiente SA, para a execução técnica da ELABORAÇÃO DO PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH BIG), pertencente à Região Hidrográfica I (RH-I) do Estado do Rio de Janeiro.

Ela tem por base a proposta técnica apresentada no processo licitatório realizado junto ao INEA e está orientado de modo a atender o termo de referência e a Lei Nº 9.433/97, a Resolução do CNRH Nº 145/2012 e a Lei Estadual Nº 3.239/99, considerando o conteúdo legalmente exigido e as especificidades da RH-I.

Novembro de 2019



Revisão	Data	Descrição	Detalhamento
01	22/11/2019	Revisão 01	Segunda versão enviada ao GTA
00	05/08/2019	Revisão 00	Primeira versão enviada ao Inea

RCE – Relatórios de Cenários Estratégicos

**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE  
(PRH-BIG)**

**Revisão:**

**01**

**Data:**

**22/11/2019**

Realização:



Acompanhamento:



Comitê de Bacia  
Hidrográfica da  
Baía da Ilha Grande

Execução:



Apoio:





## SUMÁRIO

<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>17</b>
<b>2. INTRODUÇÃO: ORIENTAÇÕES DO TERMO DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>20</b>
<b>3. CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DO BRASIL 2035 .....</b>	<b>22</b>
3.1. DIMENSÕES NOS CENÁRIOS BRASIL 2035 .....	23
3.1.1. Dimensão político-institucional .....	23
3.1.2. Dimensão territorial .....	23
3.1.3. Dimensão econômica.....	23
3.1.4. Dimensão social.....	24
3.1.5. Dimensão ambiental e de recursos hídricos.....	25
3.2. CENÁRIOS PARA O BRASIL 2035.....	25
3.2.1. Cenário “Vai Levando” .....	25
3.2.2. Cenário “Crescer é o Lema” .....	26
3.2.3. Cenário “Novo Pacto Social”: .....	27
3.2.4. Cenário “Construção”:.....	28
<b>4. CENÁRIOS PARA O PRH-BIG .....</b>	<b>30</b>
4.1. CENÁRIO “ÁGUAS REVOLTAS”: PROJEÇÃO DO CENÁRIO “VAI LEVANDO” SOBRE A RH-I. ....	30
4.2. CENÁRIO “ÁGUAS DEGRADADAS”: PROJEÇÃO DO CENÁRIO “CRESCER É O LEMA” SOBRE A RH-I.....	32
4.3. CENÁRIO “ÁGUAS PROTEGIDAS”: PROJEÇÃO DOS CENÁRIOS “NOVO PACTO SOCIAL’ OU “CONSTRUÇÃO” SOBRE A RH-I. ....	34
<b>5. VARIÁVEIS CORRELACIONADAS COM AS DEMANDAS HÍDRICAS CONSUNTIVAS NA     RH-I    36</b>	
5.1. POPULAÇÃO URBANA .....	42
5.2. POPULAÇÃO RURAL.....	43
5.3. DINÂMICA POPULACIONAL URBANA E RURAL .....	44
5.4. INDÚSTRIA E MINERAÇÃO .....	45
5.5. SERVIÇOS: USOS NÃO CONSUNTIVOS .....	48
5.6. AGROPECUÁRIA: DEMANDA HÍDRICA NA PECUÁRIA, ÁREA IRRIGADA E VALOR ADICIONADO.....	50
<b>6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A URBANIZAÇÃO NAS BACIAS DA RH-I.....</b>	<b>54</b>
6.1. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E AS CONSEQUENTES RESTRIÇÕES À URBANIZAÇÃO DA RH-I.....	54



6.2.	DENSIDADE POPULACIONAL URBANA .....	56
6.3.	OBRAS QUE TENDEM A ACELERAR O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....	58
6.3.1.	Construção da Usina Nuclear Angra 3 .....	59
6.3.2.	Duplicação da rodovia BR 101 - Rio-Santos .....	59
6.3.3.	Estaleiro Brasfels .....	60
6.3.4.	Distribuição da população .....	61
<b>7.</b>	<b>PROJEÇÃO DAS VARIÁVEIS NOS CENÁRIOS PROSPECTADOS .....</b>	<b>65</b>
7.1.	POPULAÇÃO URBANA .....	65
7.1.1.	Função logística de crescimento populacional .....	66
7.1.2.	Cenário “Águas Revoltas” .....	68
7.1.3.	Cenário “Águas Degradadas”.....	73
7.1.4.	Cenário “Águas Protegidas”.....	77
7.2.	POPULAÇÃO RURAL.....	82
7.3.	INDÚSTRIA.....	83
7.3.1.	Cenário Águas Revoltas.....	86
7.3.2.	Cenário Águas Degradadas .....	86
7.3.3.	Cenário Águas Protegidas .....	87
7.4.	MINERAÇÃO .....	89
7.5.	AQUICULTURA .....	90
7.6.	CRIAÇÃO ANIMAL.....	92
7.1.	IRRIGAÇÃO.....	97
<b>8.</b>	<b>RESUMO: HIPÓTESES ADOTADAS PARA PROJEÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE AFETAM A APROPRIAÇÃO DE ÁGUA NA RH-I.....</b>	<b>99</b>
<b>9.</b>	<b>CONDIÇÕES ATUAIS E FUTURAS DE BALANÇO HÍDRICO .....</b>	<b>100</b>
9.1.	DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE.....	100
9.1.	RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO NOS PONTOS DE CONTROLE .....	103
9.1.1.	Cenário desconsiderando a implementação da Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.....	103
9.1.2.	Cenário alternativo considerando a implementação da Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.....	107
9.2.	RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO EM TODOS OS TRECHOS.....	109
<b>10.</b>	<b>CONDIÇÕES ATUAIS E FUTURAS DE QUALIDADE DA ÁGUA .....</b>	<b>114</b>
10.1.	PROJEÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS NOS CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS .....	114



10.1.1.	Revisão das Estações de Tratamento de Efluentes e projetos existentes de acordo com os planos de saneamento .....	114
10.1.2.	Projeções das cargas potencial e lançada nos cenários socioeconômicos ....	116
10.2.	DESCRIÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE .....	119
10.3.	RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	123
10.4.	RESULTADOS DA MODELAGEM QUALITATIVA ATUAL E CENÁRIOS FUTUROS NOS PONTOS DE CONTROLE .....	131
10.5.	RESULTADOS DA MODELAGEM QUALITATIVA EM TODOS OS TRECHOS ...	134
<b>11.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>147</b>
<b>12.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>148</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Unidade Hidrológicas de Planejamento	18
Figura 1.2 – Trechos de rio e minibacias obtidas	19
Figura 3.1 – Lógica dos cenários para o Brasil 2035.	22
Figura 4.1 – Cenários para a RH-I	30
Figura 5.1 – Distribuição das demandas setoriais totais entre os setores usuários de água.	37
Figura 5.2 – Distribuição das demandas hídricas entre as UHPs da RH-I.	38
Figura 5.3 – Evolução da população urbana.	40
Figura 5.4 – Evolução da população rural.	41
Figura 5.5 – Composição da população total em termos de condição urbana ou rural (%) na RH-I em 2018.	45
Figura 5.6 – Evolução dos Valores Adicionados Brutos da Indústria.	47
Figura 5.7 – Evolução dos Valores Adicionados Brutos dos Serviços.	49
Figura 5.8 – Evolução da demanda hídrica animal.	51
Figura 5.9 – Evolução do VAB Agropecuário.	52
Figura 6.1 – Classificação das áreas contidas em cada UHP por nível de restrição de uso.	56
Figura 6.2 – Densidades populacionais atuais (2018) em cada UHP.	57
Figura 6.3 – Incremento populacional por UHP.	64
Figura 7.1 – Ciclo de produção na pecuária bovina.	96
Figura 9.1 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2025.	104
Figura 9.2 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2030.	104
Figura 9.3 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.	105
Figura 9.4 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2025.	106



Figura 9.5 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2030.	106
Figura 9.6 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.	107
Figura 9.7. Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.	108
Figura 9.8. Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.	108
Figura 10.1. Projeções da população urbana total e atendida por tratamento de esgotos na RH-I	116
Figura 10.2. Projeções de carga potencial e lançada de matéria orgânica de acordo com os cenários socioeconômicos	118
Figura 10.3. Projeções de carga potencial e lançada de fósforo total de acordo com os cenários socioeconômicos	118
Figura 10.4. Projeções de carga potencial e lançada de coliformes de acordo com os cenários socioeconômicos	119
Figura 10.5 - Esquema de representação do modelo de qualidade da água: a) representação dos trechos em relação ao ordenamento; b) representação das principais variáveis de simulação por microbacia	120
Figura 10.6 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade das águas continentais.	123
Figura 10.7 – Distribuição dos valores observados de DBO ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.	124
Figura 10.8 – Distribuição dos valores observados de OD ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.	124
Figura 10.9 – Distribuição dos valores observados de fósforo total ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.	125





Figura 10.10 – Distribuição dos valores observados de coliformes termotolerantes ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água. 125

Figura 10.11 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: DBO. 132

Figura 10.12 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: OD. 132

Figura 10.13 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: fósforo total. 133

Figura 10.14 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: coliformes termotolerantes. 133



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Unidades Hidrológicas de Planejamento	17
Quadro 5.1 – Demandas hídricas estimadas para as UHPs da RH-I.	36
Quadro 5.2 – Usos de água na criação animal.	39
Quadro 5.3 – Percentuais de participação dos royalties de petróleo e do gás natural nas receitas dos municípios da RH-I.	43
Quadro 5.4 – Relações percentuais entre a população urbana e a população rural nas UHPs em 2018.	45
Quadro 5.5 – Áreas irrigadas na RH-I, por UHP, de acordo com diferentes estimativas e projeções (ha).	53
Quadro 6.1 – Classificação das áreas contidas em cada UHP por nível de restrição de uso (km <sup>2</sup> ).	55
Quadro 6.2 – Classificação das áreas urbanizadas e urbanizáveis nas bacias RH-I, por UHP (km <sup>2</sup> ).	56
Quadro 6.3 – Densidade média da população urbana na Região Metropolitana de São Paulo.	58
Quadro 6.4 – Evolução da ocupação do solo no município de Angra dos Reis entre 1985 e 2016.	58
Quadro 6.5 – Mão de obra empregada na construção da Usina Nuclear de Angra 3 no pico anual.	59
Quadro 6.6 – Empregos gerados por cada obra.	62
Quadro 6.7 – Distribuição dos empregos gerados por UHP.	63
Quadro 7.1 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Revoltas”.	69
Quadro 7.2 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Revoltas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.	71
Quadro 7.3 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Revoltas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.	72
Quadro 7.4 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Degradadas”.	74
Quadro 7.5 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Degradadas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.	75



Quadro 7.6 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Degradadas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.	76
Quadro 7.7 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Protegidas”.	79
Quadro 7.8 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Protegidas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.	80
Quadro 7.9 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Protegidas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.	81
Quadro 7.10 – Projeção da população rural em todos os cenários.	83
Quadro 7.11 – Características dos Cenários Econômicos Nacionais do EPE (2018).	84
Quadro 7.12 – Taxas de crescimento dos macrossetores econômicos em cada cenário do EPE (2018).	85
Quadro 7.13 – Taxas de crescimento das demandas hídricas industriais na RH-I.	86
Quadro 7.14 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Revoltas”.	86
Quadro 7.15 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Degradadas”.	87
Quadro 7.16 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Protegidas”.	88
Quadro 7.17 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Revoltas”.	89
Quadro 7.18 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Degradadas”.	89
Quadro 7.19 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Protegidas”.	90
Quadro 7.20 – Taxas de crescimento das demandas hídricas na aquicultura na RH-I.	90
Quadro 7.21 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Revoltas”.	91
Quadro 7.22 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Degradadas” e “Águas Protegidas”	91
Quadro 7.23 – Valores estimados para as demandas hídricas da criação animal com base nos valores históricos dos rebanhos (l/s).	93
Quadro 7.24 – Valores projetados das demandas hídricas da criação de animal pela versão AAA do algoritmo de suavização exponencial (l/s), de 2000 a 2020, para todos os cenários.	94
Quadro 7.25 – Valores projetados das demandas hídricas da criação de animal pela versão AAA do algoritmo de suavização exponencial (l/s), de 2021 a 2040, para todos os cenários.	95



Quadro 7.26 – Projeção das demandas hídricas de criação animal para todos os Cenários, nas cenas de consideradas (l/s).	96
Quadro 7.27 – Projeção das áreas irrigadas em todos os cenários (ha).	98
Quadro 8.1 – Hipóteses adotadas em cada cenário para projeção das variáveis que afetam a apropriação de água na RH-I.	99
Quadro 9.1 – Relação dos Pontos de Controle definidos para a RH-I	101
Quadro 9.2 – Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados.	109
Quadro 10.1 – Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo	122



## LISTA DE MAPAS

Mapa 9.1 - Mapa de localização dos Pontos de Controle propostos para a análise dos balanços. .....	102
Mapa 9.2 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário Atual (2018).....	110
Mapa 9.3 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Protegidas (2040).....	111
Mapa 9.4 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Revoltas (2040).....	112
Mapa 9.5 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Degradadas (2040).....	113
Mapa 10.1 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: DBO. .....	127
Mapa 10.2 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: OD. .....	128
Mapa 10.3 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: Fósforo total. ....	129
Mapa 10.4 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: Coliformes termotolerantes. ....	130
Mapa 10.5 - Cena 2040 – Águas Protegidas: Resultados da simulação da qualidade da água – DBO. ....	135
Mapa 10.6 - Cena 2040 – Águas Protegidas: Resultados da simulação da qualidade da água – Fósforo total. ....	136
Mapa 10.7 - Cena 2040 – Águas Protegidas: Resultados da simulação da qualidade da água – Coliformes termotolerantes. ....	137
Mapa 10.8 - Cena 2040 – Águas Protegidas: Resultados da simulação da qualidade da água – OD.....	138
Mapa 10.9 - Cena 2040 – Águas Degradadas: Resultados da simulação da qualidade da água – DBO. ....	139
Mapa 10.10 - Cena 2040 – Águas Degradadas: Resultados da simulação da qualidade da água – Fósforo total. ....	140



---

Mapa 10.11 - Cena 2040 – Águas Degradadas: Resultados da simulação da qualidade da água – Coliformes termotolerantes.....	141
Mapa 10.12 - Cena 2040 – Águas Degradadas: Resultados da simulação da qualidade da água – OD.....	142
Mapa 10.13 - Cena 2040 – Águas Revoltas: Resultados da simulação da qualidade da água – DBO. ....	143
Mapa 10.14 - Cena 2040 – Águas Revoltas: Resultados da simulação da qualidade da água – Fósforo total. ....	144
Mapa 10.15 - Cena 2040 – Águas Revoltas: Resultados da simulação da qualidade da água – Coliformes termotolerantes. ....	145
Mapa 10.16 - Cena 2040 – Águas Revoltas: Resultados da simulação da qualidade da água – OD.....	146



## LISTA DE SIGLAS

- ANA** - Agência Nacional das Águas
- CNAAA** - Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
- CNRH** - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DLSP** - Dívida Líquida do Setor Público
- EPE** - Empresa de Pesquisa Energética
- ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto
- ETS** - Exponencial Triple Smoothing
- HGE** - Hidrologia de Grande Escala
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICH** - Índice de Comprometimento Hídrico
- IPEA** - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- Inea** - Instituto Estadual do Ambiente
- MDE** - Modelo Digital de Elevação
- MME** - Ministério de Minas e Energia
- NMP** - Número Mais Provável
- PDI** - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
- PIB** - Produto Interno Bruto
- PRH-BIG** - Plano de Recursos Hídricos da Baía de Ilha Grande
- RH-I** - Região Hidrográfica I (Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande)
- RJ** - Rio de Janeiro
- RMSP** - Região Metropolitana de São Paulo
- SIG** - Sistema de Informações Geográficas
- SGRH** - Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- TEBIG** - Terminal Marítimo da Baía da Ilha Grande



**TGCA** - Taxa Geométrica de Crescimento Populacional Anual

**TR** - Termo de Referência

**UC** - Unidade de Conservação

**UHP** - Unidade de Planejamento Hídrico

**OD** - Oxigênio Dissolvido

**VAB** - Valor Adicionado Bruto





## 1. ANTECEDENTES

Este relatório possui como fontes principais de informações os relatórios RD07, que apresenta as disponibilidades hídricas, e o RD08, que traz os resultados para as demandas hídricas. A partir de uma lógica não compartimentada de produção das informações para os produtos, os resultados do RD07, RD08 e RD09 já incorporam as disponibilidades e demandas utilizadas para a modelagem do balanço hídrico.

Os resultados de disponibilidades estão espacializados no RD07, basicamente, sobre duas unidades espaciais: Unidades Hidrológicas de Planejamento (UHPs) e as minibacias - trechos de rio. Já os de demanda estão espacializados, de forma consolidada no RD08, por UHP, o que traz para a etapa de balanço hídrico a alocação dessas demandas por minibacia.

A delimitação das UHPs é objeto da Nota Técnica 01, anexo do Relatório de Caracterização Física e Biótica (RD01), que resulta em 14 unidades (Quadro 1.1 e Figura 1.1). A análise apresentada no diagnóstico de disponibilidades, no diagnóstico de demandas e neste relatório apresenta o balanço hídrico para 13 das 14 UHPs, uma vez que a UHP-14 – Ilhas, que agrega as várias ilhas da baía da Ilha Grande, devido a sua fragmentação e distribuição espacial, não possibilita a replicação das metodologias propostas.

A Figura 1.1 apresenta as UHPs, tanto em seus limites interiores a RH-I, quanto em sua porção paulista, já que existem áreas de contribuintes às bacias da RH-I que estão localizadas no estado de São Paulo. O Quadro 1.1 apresenta as áreas das UHPs.

Quadro 1.1 – Unidades Hidrológicas de Planejamento

UHP	Área da UHP (km <sup>2</sup> )			
	No Estado do RJ	Na porção paulista	Total	
1	Ponta da Juatinga	144,85	0,00	144,85
2	Rio Paraty-Mirim	120,66	0,00	126,56
3	Rio Perequê-Açú	200,32	0,00	175,05
4	Rios Pequeno e Barra Grande	121,86	0,00	141,22
5	Rio Taquari	114,66	0,00	114,66
6	Rio Mambucaba	359,00	388,10	747,10
7	Rios Grataú e do Frade	76,26	0,00	76,26
8	Rio Bracuí	91,03	111,79	202,82
9	Rio Ariró	152,25	24,76	177,01
10	Rio do Meio (Japuíba)	70,79	0,00	70,79
11	Rio Jacuecanga	65,94	0,00	65,94
12	Rio Jacareí	35,72	0,00	35,72
13	Bacias da Ilha Grande	180,19	0,00	180,19
14	Ilhas	24,29	0,00	24,29
<b>TOTAL</b>		<b>1.757,81</b>	<b>524,65</b>	<b>2.282,46</b>

Fonte: Elaboração própria.



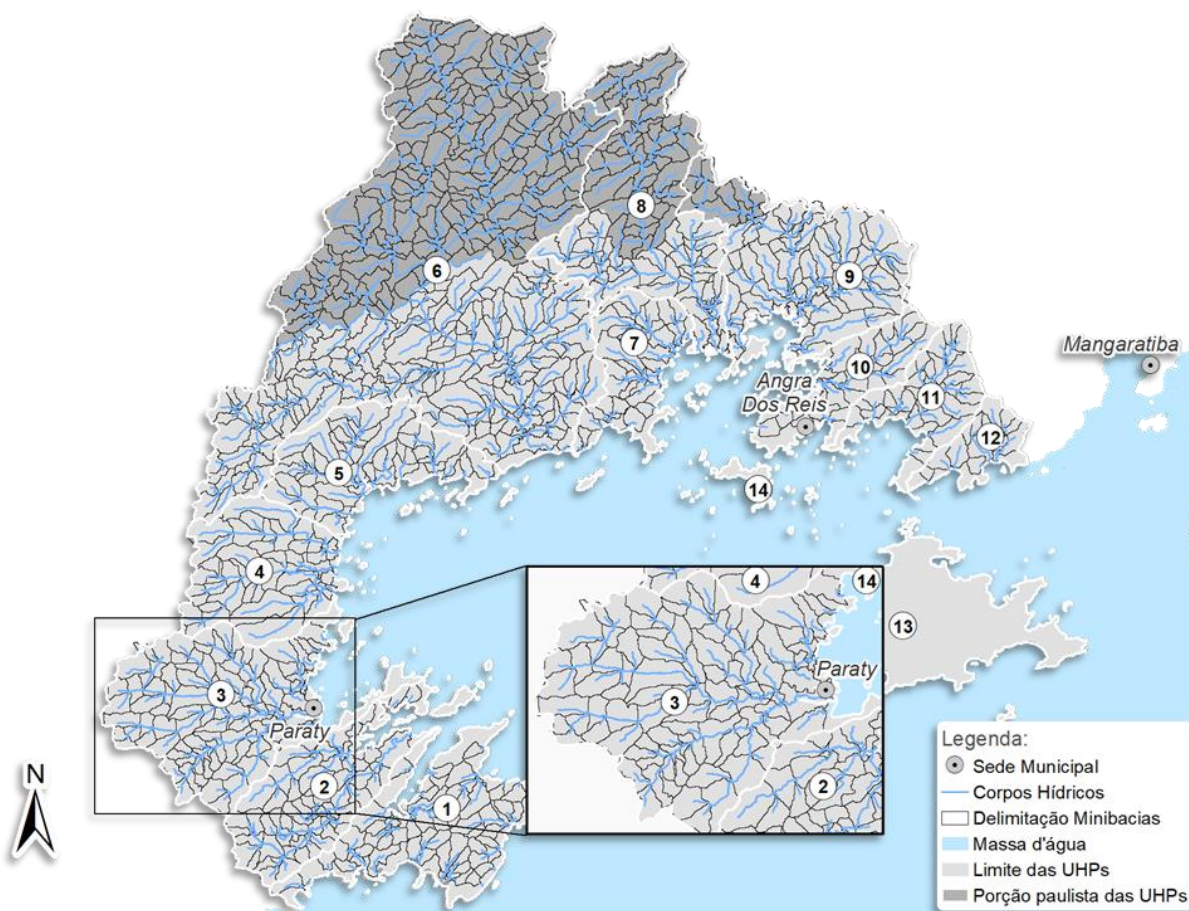
Como pode ser observado, a UHP-14 - Ilhas é a de menor área total e tem essa área dividida entre diversas ilhas que pertencem aos municípios de Angra dos Reis e Paraty. Já a UHP-13 – Bacias da Ilha Grande, apresenta a quarta maior área territorial entre as UHPs, trata-se de um território contínuo e possui corpos hídricos relevantes para a avaliação. Cabe observar que ao longo do estudo as UHPs de 1 a 12 são por vezes denominadas porção continental da RH-I, já que são, de fato, compostas por bacias continentais.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 1.1 – Unidade Hidrológicas de Planejamento

A rede hidrográfica utilizada para a geração do balanço hídrico por trecho de rio é a malha apresentada no RD07, quando da obtenção da disponibilidade hídrica, também, por trecho de rio, e que é apresentada, de forma a ilustrar os resultados já apresentados no referido relatório, na Figura 1.2, para as UHPs de 1 a 12 - porção continental. Essa figura também apresenta as minibacias, que contém cada trecho de rio.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 1.2 – Trechos de rio e minibacias obtidas

Como é explicado de maneira detalhada no RD07, os cursos hídricos foram determinados a partir de uma discretização espacial de 1 km<sup>2</sup>, baseada na utilização do MDE ALOS PALSAR para toda a área de estudo, que resultou na geração de um total de 1.082 minibacias<sup>1</sup> (uma para cada trecho de rio<sup>2</sup>), espacializadas dentro de 92 sub-bacias que drenam diretamente para o mar. Adotando-se a mesma discretização utilizada para a parte continental (referente à consideração que 1 km<sup>2</sup> de área de drenagem já seja suficiente para gerar um curso hídrico) a Ilha Grande foi compartimentada em 31 sub-bacias e 68 mini-bacias. É sobre essa rede hidrográfica que, como será detalhado nos capítulos que seguem, as demandas foram alocadas, de forma a gerar o balanço por trecho de rio.

<sup>1</sup> Minibacia é o nome dado para a menor sub-bacia considerada no âmbito de um estudo de simulação hidrológica.

<sup>2</sup> Trecho de Rio é o nome dado a um trecho de curso hídrico localizado entre duas confluências, uma confluência e uma nascente ou uma confluência e uma foz.



## 2. INTRODUÇÃO: ORIENTAÇÕES DO TERMO DE REFERÊNCIA

Este relatório apresenta os cenários prospectivos para a Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande – RH-I, com projeção das demandas hídricas consuntivas, considerando as cenas de curto (2025), médio (2030) e longo prazos (2040). Segundo o Termo de Referência, os horizontes de curto - 5 anos, médio – 10 anos e longo prazos - 20 anos servirão de marco temporal para estabelecer os cenários. Os anos 2025 (5 anos, curto prazo), 2030 (10 anos, médio prazo) e 2040 (20 anos, longo prazo) foram adotados para as cenas a serem prospectadas e analisadas. Portanto, a Cena Atual<sup>3</sup> seria o ano 2020, ponto de partida das projeções.

No que se refere aos cenários, o TR indica, no Item B – Elaboração de Cenários Estratégicos, que eles devem “estabelecer uma gama de situações, variando entre não se fazer nada para mudar as condições atuais, realizar ações factíveis de melhoria da qualidade ambiental da bacia e ordenamento do uso e ocupação do solo, até um cenário otimista ultrapassando as aspirações sociais a serem atendidas no futuro de médio e longo prazo”. Portanto, os cenários estariam vinculados a três estratégias:

1. **Estratégia fazer nada:** representando uma situação indesejável que não existe resposta gerencial à evolução dos usos de água na RH-I;
2. **Estratégia factível:** que seria aquilo que se entende o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SGRH poderia implementar para organizar o uso, controlar os eventos indesejáveis e proteger a qualidade das águas;
3. **Estratégia otimista:** na qual o SGRH se superaria, ultrapassando as aspirações sociais relacionada ao uso, controle e proteção das águas.

Por outro lado, no parágrafo seguinte, o TR dá outra interpretação aos cenários a serem prospectados, indicando que eles serão pelo menos três, “resultantes da integração entre crescimento econômico acelerado e moderado e de exigências ambientais e sociais mais ou menos intensas”; portanto, existiriam nesta combinação quatro, e não três, cenários:

---

<sup>3</sup> Na linguagem adotada da CENARIZAÇÃO PROSPECTIVA, cenários são trajetórias alternativas de eventos que de forma coerente e lógica ligam a situação corrente a futuros igualmente alternativos; cenas são momentos (p. ex.: atual, curto, médio e longo prazo) em cada cenário, pré-definidos para a realização de análises. Assim, cada cenário pode ser descrito por sua dinâmica própria e quantificado nas diferentes cenas temporais que são pré-definidas na análise. A cena atual é a situação presente.



1. Cenário de integração entre crescimento econômico **acelerado** e exigências ambientais e sociais **mais intensas**;
2. Cenário de integração entre crescimento econômico **acelerado** e exigências ambientais e sociais **menos intensas**;
3. Cenário de integração entre crescimento econômico **moderado** e exigências ambientais e sociais **mais intensas**;
4. Cenário de integração entre crescimento econômico **moderado** e exigências ambientais e sociais **menos intensas**.

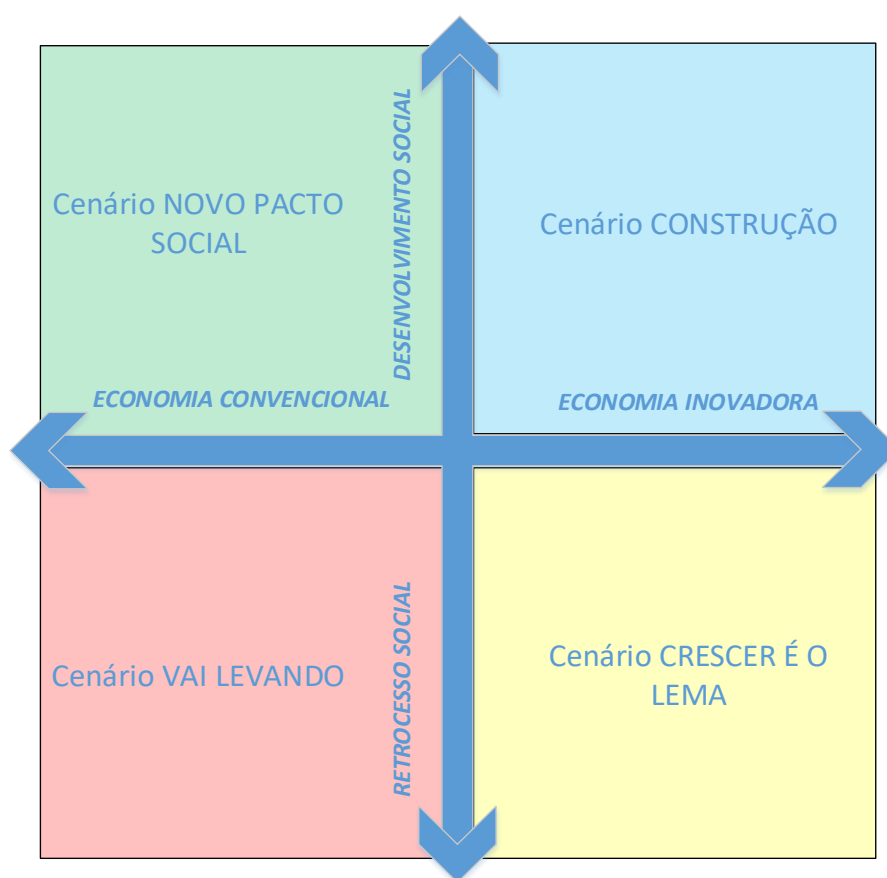
E, também, se pode observar que as orientações dos cenários baseados nas estratégias, e as orientações anteriores não convergem. E a orientação de definição de cenários tendo por base a efetividade das estratégias não é a melhor opção. Isto pois os cenários devem ser elaborados considerando as variáveis sobre as quais o SGRH não tem controle. Quanto às estratégias, elas devem ser definidas considerando as variáveis controláveis pelo SGRH. Embora se possa conceber cenários em que a capacidade do SGRH de implementar as estratégias concebidas no plano possa variar, indo de uma total incapacidade (estratégia fazer nada), até superar (estratégia otimista) a capacidade de operação reconhecida (estratégia factível), esta orientação pode ser questionada. Se existe possibilidade, na pior hipótese, do SGRH ser inerte ante as exigências da estratégia elaborada pelo plano, melhor seria não se planejar e investir os recursos assignados para elaboração de um plano no reforço da capacidade operacional do SGRH. O que parece ser mais adequado é se partir de uma capacidade operacional conhecida do SGRH e estabelecer sempre estratégias factíveis para cada cenário, os quais, por suas vezes, devem ser elaborados considerando dinâmicas alternativas para as variáveis não controláveis pelo SGRH.

O estabelecimento de estratégias fundamentadas no binômio crescimento econômico e exigências ambientais e sociais é uma abordagem que tem sido adotada na elaboração de cenários no Brasil. Uma recente prospecção, apresentada pelo IPEA (2017) como Cenários para desenvolvimento do Brasil em 2035, adotou esta linha, que pode servir de referência para os cenários da RH-I. Devido a isto, eles serão brevemente comentados a seguir.



### 3. CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO DO BRASIL 2035

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) apresentou cenários para o Brasil considerando o horizonte 2035 (IPEA, 2017). Eles são resultado da composição de duas incertezas críticas: a economia e as políticas sociais, conforme é esquematicamente ilustrado na Figura 3.1. O eixo econômico vai de uma economia convencional, sem busca de inovação e de ganhos de eficiência, a uma economia inovadora, no outro extremo. As políticas sociais vão de uma reduzida relevância à distribuição de renda e amparo social, a uma grande relevância materializada por uma rede de proteção social e programas compensatórios. Isto resulta nos quatro cenários descritos a seguir:



Fonte: Baseado em Brasil, IPEA (2017).

Figura 3.1 – Lógica dos cenários para o Brasil 2035.



### 3.1. DIMENSÕES NOS CENÁRIOS BRASIL 2035

As seguintes dimensões podem ser destacadas na concepção destes cenários:

#### 3.1.1. Dimensão político-institucional

A mais relevante incerteza crítica é se o país será capaz de constituir de um sistema de planejamento capaz de articular as ações com objetivos e diretrizes de longo e médio prazos.

#### 3.1.2. Dimensão territorial

Nesta dimensão há três questões a serem destacadas: a questão ambiental, na qual a gestão da água é sensível; a questão urbana, que envolve o saneamento básico; e o desenvolvimento regional.

#### 3.1.3. Dimensão econômica

Um ponto de destaque nesta dimensão é a reforma tributária, que estrutura a carga tributária brasileira de modo mais progressivo, nos melhores cenários. O ambiente de negócios ainda é hostil, principalmente para as pequenas e médias empresas. O *custo Brasil* é um problema a ser enfrentado, ainda que para os setores mais tradicionais da economia tenha se reduzido.

Será difícil escapar da tendência de que o Brasil continue um grande exportador de commodities (ver Caixa 3.1) no período analisado, mas são esperados avanços em áreas como agricultura orgânica, (bio)fármacos, energias renováveis, química, materiais, nutrição e saúde de base biológica. Entendem os autores do relatório do IPEA que independentemente de desvios determinados por decisões circunstanciais de governos, é na cadeia produtiva de exportação de commodities que o Brasil tem vantagens competitivas. Além disto, os próprios mercados consumidores mundial e nacional irão estimular as demais cadeias mencionadas (agricultura orgânica, (bio)fármacos, etc.) sempre em uma visão de longo prazo e que ultrapassa, portanto, mandatos governamentais.



### Caixa 3.1 – Conceito de commodities.

*Commodities* são produtos geralmente primários, que não são diferenciados de acordo com sua origem ou forma de produção. São especialmente matérias-primas ou produtos com pequeno grau de industrialização, que possuem qualidade quase uniforme, e são produzidos em grandes quantidades por muitos produtores. Estes, sozinhos, não têm capacidade de afetar o preço de comercialização, sendo este estabelecido no mercado internacional, geralmente em bolsas de mercadorias.

Devido a estas condições, os preços das *commodities* apresentam grande volatilidade, derivada das condições globais de suas ofertas e procuras. Economias que dependam demasiadamente da exportação de *commodities* experimentam, assim, grandes variabilidades. Quando aumenta a demanda mundial ocorre o aumento dos preços, atraindo grande número de produtores que aumentam a oferta, resultando na queda dos preços. Nestes momentos de queda de preços, as economias passam por consideráveis problemas, com dificuldades para toda cadeia produtiva e para a arrecadação de tributos. Esta instabilidade econômica torna as economias vulneráveis e sujeitas a crises sucessivas, que dificultam o planejamento no longo prazo.

Café, soja, cana de açúcar, proteína animal, minério de ferro e petróleo são exemplos de *commodities* de relevância para a economia brasileira. Para a RH-I o petróleo é de especial relevância para sua economia.

A vulnerabilidade externa brasileira, devido ao seu alto grau de dependência dos mercados econômicos e financeiros internacionais, continua sendo o grande risco para o desenvolvimento. Isso é evidente no que diz respeito ao mercado de *commodities*, aos produtos de alta tecnologia e à insuficiência de recursos para o financiamento de longo prazo. Além disso, as questões de ordem geopolítica e fitossanitária são fatores adicionais de vulnerabilidade do Brasil, incluindo as barreiras ambientais<sup>4</sup>.

#### 3.1.4. Dimensão social

A manutenção das desigualdades regionais no Brasil é outra marca dos cenários em que se apresentam menores índices de desenvolvimento social. Ainda, em cenários que apresentam avanços no combate às desigualdades sociais, há expressões de desigualdade territorial entre metrópoles dinâmicas e outros centros urbanos, para os quais é preciso fortalecer as conexões em redes.

---

<sup>4</sup> Barreiras ambientais: barreiras não tarifárias de cunho ambiental. Prática do mercado internacional onde o país importador exige do exportador o cumprimento de determinadas práticas de proteção ambiental, seja como forma de proteção à saúde de sua população e ambiente (ecoprotecionismo), seja como forma de impedir que flexibilizações ambientais tornem o produto importado mais competitivo em termos de preço em relação à produção interna (ecoequidade), ou simplesmente como forma de proteger o seu produtor de competidores externos mais eficientes (reserva de mercado).





### 3.1.5. Dimensão ambiental e de recursos hídricos

Os recursos hídricos e meio ambiente se apresentam como grandes oportunidades para o desenvolvimento do Brasil, mas podem também se tornar em ameaças caso não sejam aproveitadas: surgimento de pressão internacional pela universalização dos recursos hídricos<sup>5</sup>, bem como pelo não cumprimento de compromissos ambientais assumidos pelo Brasil, acarretando barreiras ambientais para as *commodities*, pauta principal das exportações.

## 3.2. CENÁRIOS PARA O BRASIL 2035

Os cenários podem ser descritos como:

### 3.2.1. Cenário “Vai Levando”

É um cenário não virtuoso, no qual permanece a cultura “curto-prazista”. O nome deriva da falta de uma estratégia de longo prazo, em que a preocupação das políticas públicas se resume em “apagar incêndios”, ou seja, em resolver problemas emergenciais que ocorrem, não sendo antecipados prospectivamente. O Estado, portanto, age reativamente e de forma descoordenada, respondendo a pressões emergenciais. O Brasil se mantém grande exportador de *commodities* e a economia sofre com a volatilidade do ambiente externo. Os sistemas públicos de educação básica e saúde permanecem com baixa qualidade, mas há ilhas de excelência no setor público e na iniciativa privada.

Há a perspectiva de uma reforma política limitada, incapaz de reverter a tendência de fragmentação social atualmente observada. Também, denuncia um arranjo federativo disfuncional, em que estados e municípios continuam sem condições de levar adiante políticas públicas sob suas responsabilidades.

As quedas nos níveis dos reservatórios geram medidas de racionamento compulsório tanto de água quanto de energia. Variabilidades ou mudanças climáticas estão entre as possíveis e polêmicas causas. Água potável se torna mais cara e objeto de tensão. O mar se converte na nova fronteira de produção de alimentos e água potável, devido à escassez de águas continentais.

São destacáveis neste cenário aspectos relacionados à violência urbana e à qualidade de vida nas metrópoles, que é bastante prejudicada, principalmente nas periferias. Esse fator, junto

---

<sup>5</sup> Pauta que visa garantir a universalização do acesso à água e ao saneamento em quantidade e qualidade adequadas para todos, independentemente da sua capacidade de pagamento.



com as condições econômicas, é uma das razões para a fuga de cérebros<sup>6</sup> que o cenário apresenta.

O ambiente é de estagnação econômica e juros altos. Os setores tradicionais da economia continuam a liderar a produção nacional, que ainda permanece como um forte exportador de *commodities* agrícolas e minerais, embora haja espaço para alguns setores mais modernos, como o aeronáutico. As políticas sociais sofrem retrocesso, com assistência fragilizada e desemprego. No médio e longo prazos, este cenário não apresenta sustentabilidade.

### 3.2.2. Cenário “Crescer é o Lema”

O crescimento econômico agregado tornou-se a prioridade dos governos brasileiros, mas os avanços não foram distribuídos a todos. Portanto, trata-se de um cenário que pode levar à constatação de crescer não é se desenvolver, considerando o desenvolvimento algo mais amplo que as métricas reveladas por indicadores agregados como o Produto Interno Bruto - PIB<sup>7</sup>. A agenda político-econômica permitiu a elevação significativa das taxas de investimentos, integrando Estado, mercado global e setor produtivo nacional. A dívida social foi relegada a segundo plano, provocando cada vez mais tensões sociais.

Nele, se prenuncia uma mudança político-institucional mais robusta, com o advento de uma nova Constituinte mais liberal sob a ótica econômica e conservadora nos costumes, formada no final da década de 2020. Ocorrem mudanças relativas no sistema de planejamento acompanhadas de alterações nas relações federativas, com maior articulação e coordenação entre a União e os demais entes federados. Há casos exemplares de sucesso de articulação via consórcios intermunicipais, que são apontados como apostas para o futuro, algo relevante na área de recursos hídricos em que estes entes têm atuado de forma efetiva, em bacias que mais avançaram na gestão de seus recursos hídricos.

Os investimentos em áreas prioritárias elevam o crescimento médio do PIB para cerca de 4% a.a. A taxa de investimento alcança taxas maiores que 22% a.a.

---

<sup>6</sup> Fuga de cérebros: fenômeno representado pela emigração de pessoas mais capacitadas – cientistas, empresários, professores – na busca de oportunidades que não encontram no Brasil.

<sup>7</sup> Por exemplo, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), órgão da ONU responsável por elaborar a medida conhecida como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), calcula o desenvolvimento em termos quantitativos e qualitativos que indicam o grau de melhoria do local, considerando indicadores que vão além do PIB, que é considerado em termos *per capita*, e agregando indicadores de longevidade e de educação.



A matriz de transporte e energia é mais diversificada, embora os custos ambientais não sejam considerados na sua devida importância. A política industrial se assenta nos setores econômicos que podem garantir vantagem competitiva ao país e em setores que teriam alto efeito multiplicador como geradores de conhecimento científico e tecnológico, e alta capacidade de agregar valor. Nisso, além da bioeconomia, ganham espaço na produção nacional os fármacos, a indústria da saúde, as tecnologias de informação e comunicações e a base industrial de defesa. Com relação à bioeconomia, ela se apresenta como uma grande oportunidade na promoção do desenvolvimento, transformando antigas *commodities* em produtos com alto valor agregado. O desenvolvimento de fármacos, por exemplo, poderá fazer crescer a demanda internacional, além de baratear o preço dos medicamentos no país. Adicionar valor agregado aos recursos naturais, que são abundantes, apresenta-se como grande oportunidade para o desenvolvimento. Porém, o Brasil pode se consolidar como líder no consumo de agrotóxicos com a maior flexibilização da legislação ambiental neste cenário.

A situação da água nas regiões metropolitanas é crítica, porque não é dada prioridade às questões de infraestrutura urbana, como abastecimento de água e rede de coleta e tratamento de esgoto.

São também destacáveis aspectos relacionados à violência urbana e à qualidade de vida nas metrópoles, que é bastante prejudicada, principalmente nas periferias. Este cenário promove a estagnação social, com aumento do desemprego e da desigualdade. Portanto, não apresenta sustentabilidade no longo prazo.

### 3.2.3. Cenário “Novo Pacto Social”:

O enfrentamento da dívida social é a prioridade dos sucessivos governos brasileiros, que se volta portanto a estratégias de desenvolvimento, e não apenas de crescimento econômico, contribuindo para que este crescimento da economia seja moderado, em relação ao cenário previamente apresentado. Os investimentos nas áreas de infraestrutura, ciência, tecnologia e inovação e novas tecnologias permaneceram associados a setores tradicionais da economia e não se disseminaram para atividades econômicas inovadoras.

Não há previsão de mudanças estruturais no atual arranjo federativo, mas avanços em temas específicos, principalmente na educação e saúde, o que necessariamente irá inserir o saneamento básico e qualidade ambiental, mas deixando áreas importantes para o desenvolvimento econômico em segundo plano.

A infraestrutura urbana recebe atenção especial dos governos. Saneamento e moradia são temas destacados. A busca do desenvolvimento sustentável é uma grande marca com a qual o



país se apresenta no cenário internacional. A recorrência de grandes estiagens nas principais bacias hidrográficas brasileiras, devido à variabilidade ou a mudanças climáticas, com as crises hídricas correlatas, gera a institucionalização de um órgão voltado às emergências ambientais.

As apostas se concentram neste cenário no reforço das políticas sociais e no resgate da dívida social brasileira, que se aprofunda no início do período. Essa escolha tem impactos no ritmo de crescimento médio do produto interno bruto (3,2% a.a.) e no investimento. O Brasil consegue alcançar 1,4% de participação no comércio internacional, com uma indústria fortalecida, mas com baixa inovação, com crescente *gap* tecnológico com relação aos países desenvolvidos.

Este cenário apresenta elementos importantes que indicam o desenvolvimento de todos os estados do país. Ele se caracteriza pelo resgate social com ênfases nas áreas de educação, saúde e na infraestrutura urbana; os investimentos nestes setores são maiores que no cenário “*Crescer é o lema*”, mas mantendo uma economia pouco inovadora. As políticas distributivas sem a sustentação de um pronunciado crescimento econômico, apresentam riscos de que no longo prazo este cenário não seja sustentável.

#### 3.2.4. Cenário “Construção”:

O Brasil avança de forma lenta para conciliar políticas ambientais, sociais e econômicas em uma estratégia de crescimento sustentável, graças aos acordos firmados entre as partes envolvidas e o fortalecimento do sistema de planejamento de longo prazo. Trata-se, assim, de um cenário que visa à promoção do desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira. Isto resulta em maior e duradoura coordenação entre os investimentos públicos e privados, na construção das bases de uma sociedade mais dinâmica e inovadora.

As mesmas mudanças relativas na dimensão político institucional do cenário “Crescer é o Lema” ocorrem neste cenário, por meio de uma mudança político-institucional mais robusta, com o advento de uma nova Constituinte, formada no final da década de 2020. Isto acarreta mudanças relativas no sistema de planejamento, com alterações nas relações federativas, gerando maior articulação e coordenação entre a União e os demais entes federados. Os consórcios intermunicipais são apontados como apostas para o futuro, reforçando o papel dos Comitês de Bacia Hidrográfica, em bacias que mais avançaram na gestão de seus recursos hídricos.

Este protagonismo dos CBHs nas soluções de conflitos de uso da água decorre da crise hídrica do período 2014-2016. Há investimentos públicos para estruturar sistemas de captação



de água de chuva em prédios públicos e redução de perdas na captação e distribuição/abastecimento. A questão urbana tem destaque neste cenário. Os setores mais beneficiados são mobilidade urbana, habitação e saneamento.

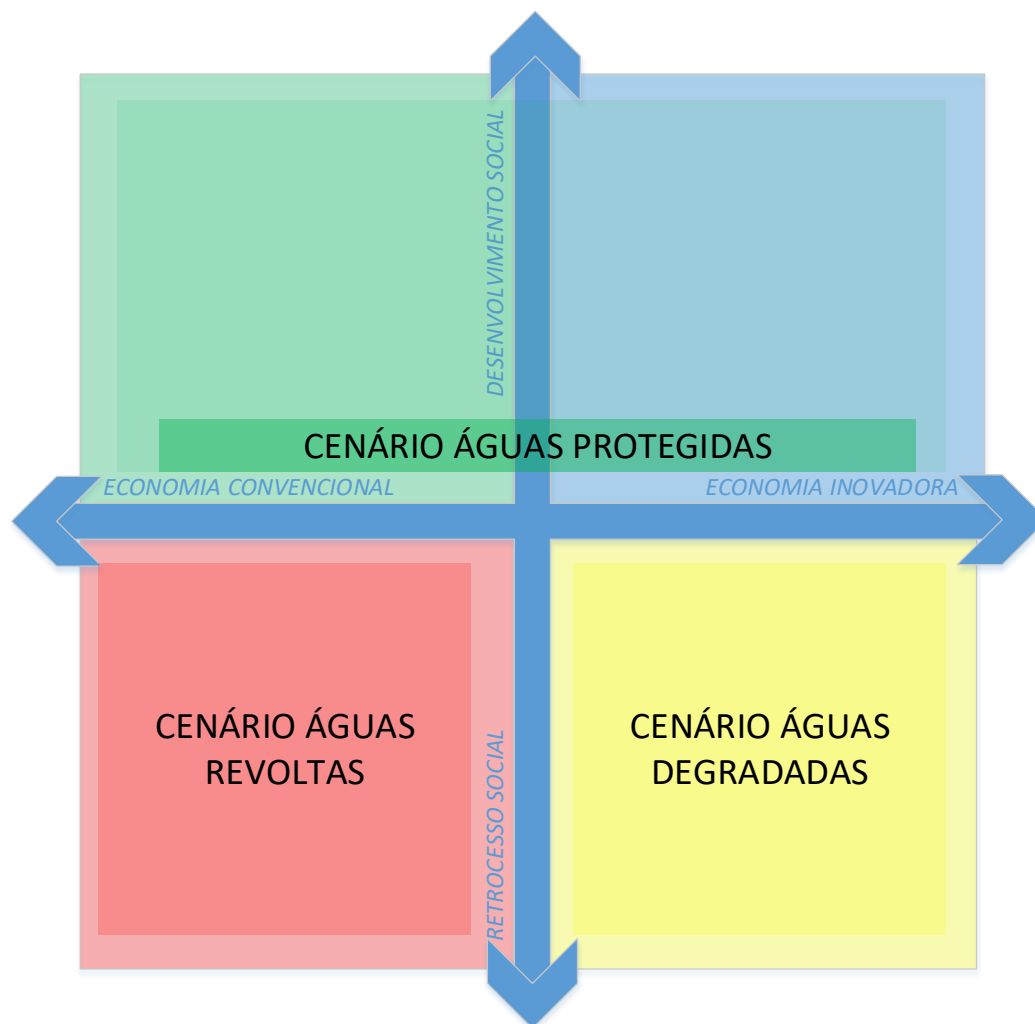
Os setores de transporte, energia, industrial e bioeconomia também são priorizados, tendo por alicerce um sistema de planejamento robustecido e em uma sociedade mais inovadora. A taxa de juros converge para a média dos países de economia madura, abrindo espaço para o investimento produtivo.

Este cenário conjuga desenvolvimento social com evolução para uma economia mais inovadora derivado de um grande pacto social que supera os confrontos políticos que ocorrem nos demais cenários. Permanecem, porém, as desigualdades regionais marcantes nos indicadores educacionais. A causa que pode ser atribuída a esta situação é que o Brasil se encontra tão atrasado na questão educacional, devido à má capacitação e baixos salários dos professores da educação básica, mal aparelhamento das escolas, especialmente no meio rural e em Estados mais atrasados, que será tarefa de várias gerações, que ultrapassa o horizonte 2035, reduzir as desigualdades regionais nos indicadores educacionais.



## 4. CENÁRIOS PARA O PRH-BIG

A projeção dos cenários nacionais, tais como concebidos pelo IPEA, sobre a RH-I, gera consequências que conformam os próprios cenários a serem considerados no PRH-BIG. Eles serão prospectados a seguir, tendo por referência o esquema apresentado na Figura 4.1.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.1 – Cenários para a RH-I

### 4.1. CENÁRIO “ÁGUAS REVOLTAS”: PROJEÇÃO DO CENÁRIO “VAI LEVANDO” SOBRE A RH-I.

Com o aumento da violência urbana em todo Estado do Rio de Janeiro a RH-I se torna um refúgio para as camadas economicamente mais abastadas, enclausuradas em condomínios com esquemas fortes de segurança. A demanda consequente por serviços pouco especializados (empregados domésticos e de serviços gerais, zeladores, pedreiros, segurança etc.) atrai população menos abastada, que é alojada nas periferias dos condomínios. Ocorre assim um



processo de densificação da ocupação urbana (habitantes urbanos/km<sup>2</sup>) acima dos índices atuais, que tende a agravar os problemas ambientais e degradar gradualmente a qualidade de vida.

A exploração do Pré-Sal é intensificada, com a participação de empresas internacionais, e torna o país autossuficiente, gerando superávits que são exportados. Isto faz com que os royalties da exploração de petróleo e gás sejam aumentados, contribuindo para a arrecadação dos Estados e municípios produtores, como os da RH-I.

É possível que em paralelo a tendência atual de privatização da prestação de serviços públicos seja intensificada, especialmente em áreas como saneamento, exploração de petróleo, manutenção de rodovias, construção e operação de presídios etc., permitindo que o Estado desloque recursos destas áreas para outras reconhecidamente de sua atribuição: segurança pública, educação básica e regulação (ambiental, econômica e legal).

Porém, os municípios ficam sujeitos às flutuações dos preços internacionais do petróleo que ora estabelecem condições favoráveis de arrecadação, tendo como consequência a expansão do quadro de funcionários públicos para atendimento às demandas de serviços públicos que permanecem nas suas atribuições de provisão, e ora geram grandes impactos nas economias municipais devido à redução de preços e da arrecadação.

Este “efeito sanfona” torna os municípios reféns de pressões econômicas diversas, dificultando sobremaneira a ordenação da ocupação do território e a fiscalização do cumprimento dos planos diretores de ordenamento territorial. Isto é agravado por uma atitude igualmente ciclotímica da União e do Estado do Rio de Janeiro na administração das Unidades de Conservação da RH-I: ora os recursos permitem uma fiscalização efetiva, para em seguida serem abandonados os protocolos devido a contingenciamentos de recursos ou a implementação de políticas mais lenientes com relação aos impactos ambientais, gerando uma imagem pública de arbitrariedade ou ineficiência, de acordo com o momento.

A cadeia produtiva de pescados encontra boa inserção nos mercados externos à RH-I, atendendo a demandas de alimentos, já que a produção de commodities exportáveis é uma das poucas oportunidades oferecidas à economia nacional, o que limita a produção de alimentos para o mercado nacional. Esta janela de oportunidades para a aquicultura, piscicultura e maricultura da RH-I intensifica os segmentos industriais que fazem parte desta cadeia produtiva, gerando incrementos do VAB Industrial superiores aos historicamente observados, com a consequente pressão nos recursos hídricos.



A consequência dos fatores acima, conjugados, é a expansão urbana com habitações populares, de forma pouco ordenada, no entorno das oportunidades de trabalho geradas pelos condomínios de alto padrão, do setor petrolífero e da indústria de alimentos. A expansão dos condomínios de alta renda, porém, é gradualmente desacelerada, devido à perda de qualidade de vida na RH-I ocasionada pelas ocupações irregulares e os impactos ambientais que são gerados.

O turismo é comprometido pela degradação ambiental e social. Ele se mantém especialmente voltado aos que têm condições materiais e financeiras de chegar a regiões de difícil acesso à maioria da população, como as ilhas e partes do litoral acessíveis apenas pelo mar, e que podem se afastar das zonas mais deterioradas do litoral, onde a violência é crescente.

A retomada da construção da Usina Nuclear Angra 3 é incerta, diante dos investimentos necessários e o cenário nacional de baixo desenvolvimento. Embora o Ministério das Minas e Energia indique que deverá estar pronta em 2026, é mais provável que sua construção se inicie após 2030, afetando a cena de longo prazo, 2040. A duplicação da BR 101 também é protelada por falta de recursos, podendo ser promovida em prazos simultâneos à retomada da construção de Angra 3.

O nome atribuído ao Cenário - “Águas Revoltas” - decorre desta flutuação das condições econômicas, influenciadas especialmente pelo preço do petróleo nos mercados internacionais, e as consequências nos municípios e nos seus controles sobre o ordenamento territorial.

#### **4.2. CENÁRIO “ÁGUAS DEGRADADAS”: PROJEÇÃO DO CENÁRIO “CRESCER É O LEMA” SOBRE A RH-I.**

Este cenário se projeta sobre a RH-I com forte apoio às suas atividades produtivas, nas cadeias de petróleo e na continuidade da implantação da Usina Angra 3, no curto prazo, atendendo aos prazos do MME de estrada em operação em 2026. Esta obra gera significativo número de empregos especialmente no entorno da UHP-7 - Rios Grataú e do Frade, onde se encontram as obras, e na UHP-6 – Rio Mambucaba, onde já existe expansão urbana ocasionada pelas obras das Usinas Angra 1 e 2. Parte significativa dos empregos diretos e parte relativamente menor dos empregos indiretos gerados pelas atividades econômicas das cadeias de combustível, pescado e energia elétrica são preenchidos por migrações. A BR 101 é duplicada facilitando o acesso à RH-I e por parte da população das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo. Isto causa aceleração do crescimento populacional em toda RH-I, acima das tendências históricas e da situação estabelecida na projeção do Cenário “Águas Revoltas”.





Esta intensificação do crescimento da população e das atividades econômicas não tem como contrapartida a necessária intensificação dos controles ambientais e da fiscalização da obediência aos planos de ordenamento territorial. Ao contrário, não apenas os controles e fiscalizações são precarizados, como as normas legais que os estabeleceram são alteradas em favor do crescimento da economia, dentro da filosofia do Cenário “Crescer é o Lema”.

Com este panorama a RH-I experimenta considerável crescimento populacional e econômico, ao preço de expressiva degradação ambiental e social. A economia, porém, se resume às atividades atualmente existentes: cadeia do petróleo e da geração de energia elétrica, que recebem estímulos, e também a do pescado, em menor grau, devido à degradação ambiental.

Esta degradação ambiental é causada pelo aumento da densidade da população nas zonas urbanas já estabelecidas e pelo avanço da expansão urbana sobre áreas rurais. A degradação social decorre da fragilização das redes de amparo social que determina a migração para a RH-I de uma leva de excluídos do sistema econômico na busca de condições de sobrevivência por meio de trabalhos eventuais ou venda de produtos com baixo valor agregado, especialmente alimentos. Esta população se fixa nas áreas periféricas, irregulares, em moradias com precárias condições de higiene, agregando à degradação social a degradação ambiental.

Os problemas de violência urbana que preexistem no Estado do Rio de Janeiro são agravados, e impactam sobremaneira a RH-I, oportunizados pela proximidade de populações com níveis extremos de afluência: os muito ricos e os muito pobres.

Todos estes aspectos - degradação social e ambiental, e violência - pressionam negativamente a atividade turística e de lazer na RH-I. Ocorre gradualmente a desvalorização das propriedades e da infraestrutura turística estabelecida. Isto determina uma migração interna de empreendimentos de maior valor das UHPs atualmente mais ocupadas, para outras ainda inexploradas. Esta migração é facilitada pela redução das restrições ambientais de ocupação das UCs. Isto agrava ainda mais o quadro de degradação da RH-I, pois as UHPs com maior ocupação na cena atual passam por um processo gradual de degradação econômica, social e ambiental; enquanto as UHPs ainda preservadas passam por um processo de ocupação que repete o histórico ocorrido nas UHPs atualmente ocupadas.

A consequência deste Cenário “Águas Degradadas”, como diz o nome, é a degradação substancial das águas localizadas nas zonas já ocupadas da RH-I, e do ambiente em seu entorno, de forma mais intensa e mais acelerada no que no Cenário “Águas Revoltas”.



### 4.3. CENÁRIO “ÁGUAS PROTEGIDAS”: PROJEÇÃO DOS CENÁRIOS “NOVO PACTO SOCIAL’ OU “CONSTRUÇÃO” SOBRE A RH-I.

Entende-se que a projeção destes dois cenários de desenvolvimento para o Brasil 2035 convirja para o mesmo cenário na RH-I. Isto se deve, em uma primeira análise, de uma inviabilidade intrínseca ao Cenário “Novo Pacto Social”, por não haver, dentro do horizonte do PRH BIG - 2040, recursos para promovê-lo, tendo por base uma economia convencional. Portanto, sua existência demanda o desenvolvimento de uma economia inovadora, aproximando-o do Cenário “Construção”. Em outras palavras, ou o Brasil promove o crescimento econômico tendo por base uma economia criativa e inovadora para enfrentamento da dívida social, ou este crescimento será levado sem as preocupações distributivas, convergindo ao cenário “Crescer é o Lema”. Na primeira hipótese, crescimento inovador e criativo com distribuição de renda, são características do Cenário “Construção” no Brasil, levando ao Cenário para a RH-I que será denominado “Águas Protegidas”.

Neste melhor cenário nacional, onde são conciliadas as políticas sociais e econômicas em uma estratégia de crescimento sustentável, a RH-I passa por um processo de desenvolvimento idealizado, tendo por base os recursos do turismo, do Pré-Sal e da produção de alimentos, baseada em pescados e na conversão das áreas de agricultura convencional em agricultura orgânica. Não ocorre, porém, expansão significativa da área agrícola, devido à pequena disponibilidade e vocação da bacia.

A expansão urbana ocorre de forma ordenada, com obediência aos Planos Diretores Municipais de Ordenamento Territorial. As restrições de ocupação das Unidades de Conservação são observadas em função de uma fiscalização atuante e competente. Devido a não ocorrerem as forças migratórias dos cenários “Águas Revoltas” e “Águas Degradadas” ocorre desaceleração do crescimento populacional urbano, sendo que a densidade de habitantes pode ser mantida em níveis menores do que nos cenários alternativos, permitindo o controle adequado dos impactos sociais e ambientais correlatos.

A construção da Usina Angra 3 ocorre como planejado, visando sua entrada em operação em 2026. Porém, graças ao gerenciamento promovido pela Eletronuclear e prefeituras municipais a mão de obra transitória atraída pelo empreendimento é alojada de forma a evitar problemas à rede de serviços públicos, que recebe inclusive investimentos para adequar a sua cobertura. Programas de capacitação de moradores da RH-I são desenvolvidos de forma a que a oferta de empregos pela usina possa ser preenchida em grande parte por mão de obra local.



A duplicação da BR 101, que ocorre ao longo da obra da usina, promove o crescimento do turismo e da fixação de pessoas que buscam lazer de final de semana na região, submetendo-se, porém, a estritos controles por parte dos poderes públicos. Impactos ambientais ocorrem devido ao aumento populacional, seja permanente, seja em temporadas. Os sistemas de ordenamento territorial serão desafiados para controlá-los. Isto gera oportunidades de emprego e renda para a população local ajudando a promover a segurança pública, embora ocorra algum comprometimento da qualidade de vida da RH-I.

A RH-I encontra no turismo e no lazer a sua vocação econômica. Embora o VAB Industrial cresça em função da geração de energia, do petróleo e das cadeias produtivas de alimentos, especialmente o pescado, os controles dos impactos ambientais reduzem suas taxas de crescimento em relação às dos demais cenários, estabelecendo menores pressões sobre os recursos hídricos e o ambiente.



## 5. VARIÁVEIS CORRELACIONADAS COM AS DEMANDAS HÍDRICAS CONSUNTIVAS NA RH-I

As demandas hídricas consuntivas das UHPs que conformam a RH-I, de acordo com o Relatório de Demandas Hídricas (RD08) elaborado para o PRH-BIG, são apresentadas no Quadro 5.1. Elas são ordenadas da maior, abastecimento público, que envolve a parte urbana e rural, para a menor, criação de animais. A UHP-14 - Ilhas não é apresentada devido ao pequeno uso destinado ao abastecimento público e ao pouco significado ou ausência das demais demandas.

Quadro 5.1 – Demandas hídricas estimadas para as UHPs da RH-I.

UHP		Demandas hídricas consuntivas por setor (l/s)						Total
		Abast. público	Indústria	Aquicultura	Mineração	Irrigação	Animais	
1	Ponta da Juatinga	48,11	10,88	-	-	-	0,17	59,16
2	Rio Paraty-Mirim	8,68	10,65	-	-	-	0,41	19,74
3	Rio Perequê-Açú	149,47	56,85	-	3,16	1,63	0,58	211,69
4	Rios Pequeno e Barra Grande	9,96	5,11	-	-	-	0,40	15,47
5	Rio Taquari	15,91	35,87	-	-	-	0,72	52,50
6	Rio Mambucaba	97,42	22,73	-	-	-	0,11	120,26
7	Rios Grataú e do Frade	131,97	27,13	-	-	-	0,35	159,45
8	Rio Bracuí	32,75	24,65	-	-	-	0,13	57,53
9	Rio Ariró	15,65	28,71	84,80	16,24	-	1,28	146,68
10	Rio do Meio (Japuiba)	606,67	73,16	-	-	5,68	0,42	685,93
11	Rio Jacuecanga	118,62	45,74	-	-	-	0,49	164,85
12	Rio Jacareí	47,10	13,08	-	-	-	0,20	60,38
13	Ilha Grande	23,15	-	-	-	-	0,08	23,23
<b>TOTAL</b>		<b>1.305,46</b>	<b>1.305,46</b>	<b>354,54</b>	<b>84,80</b>	<b>19,40</b>	<b>7,31</b>	<b>5,34</b>
<b>% da demanda total</b>		<b>73,5%</b>	<b>20,0%</b>	<b>4,8%</b>	<b>1,1%</b>	<b>0,4%</b>	<b>0,3%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria.

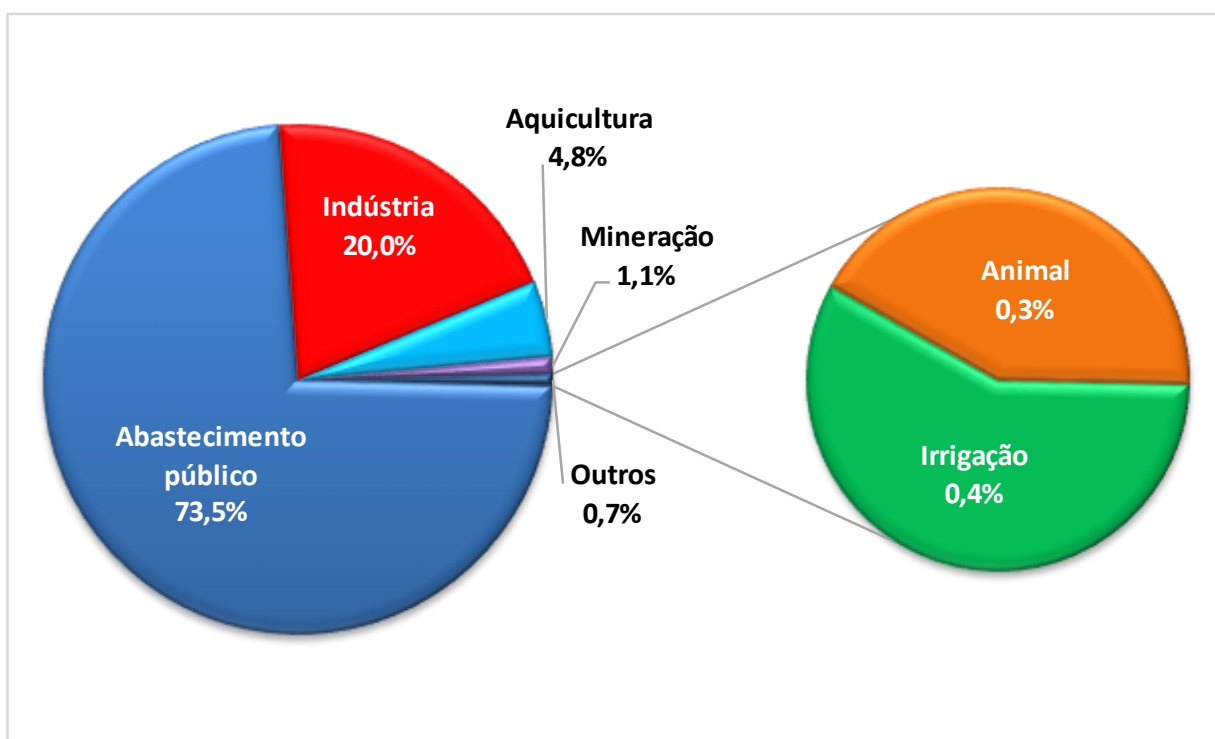
A distribuição das demandas consuntivas setoriais totais entre os setores usuários de água é apresentada na Figura 5.1. Nota-se a preponderância do abastecimento público (73,5%), seguido pelo uso industrial (20%), pela aquicultura (4,8%) e pela mineração (1,1%). Os demais setores, irrigação e criação de animais, usam menos de 1% do total, cada um.

A distribuição destas demandas hídricas consuntivas entre os setores usuários de água em cada UHP é apresentada na Figura 5.2. Nota-se que o abastecimento público prepondera na maioria das UHPs, com exceção das UHP-2 - Rio Paraty-Mirim e UHP-5 - Rio Taquari, onde a indústria é o maior usuário, e na UHP-9 - Rio Ariró, onde o maior uso é a aquicultura. Nesta mesma UHP, a mineração apresenta algum destaque. A indústria também aparece com papel importante na distribuição da demanda hídrica, recorrente em todas as UHPs à exceção da UHP-



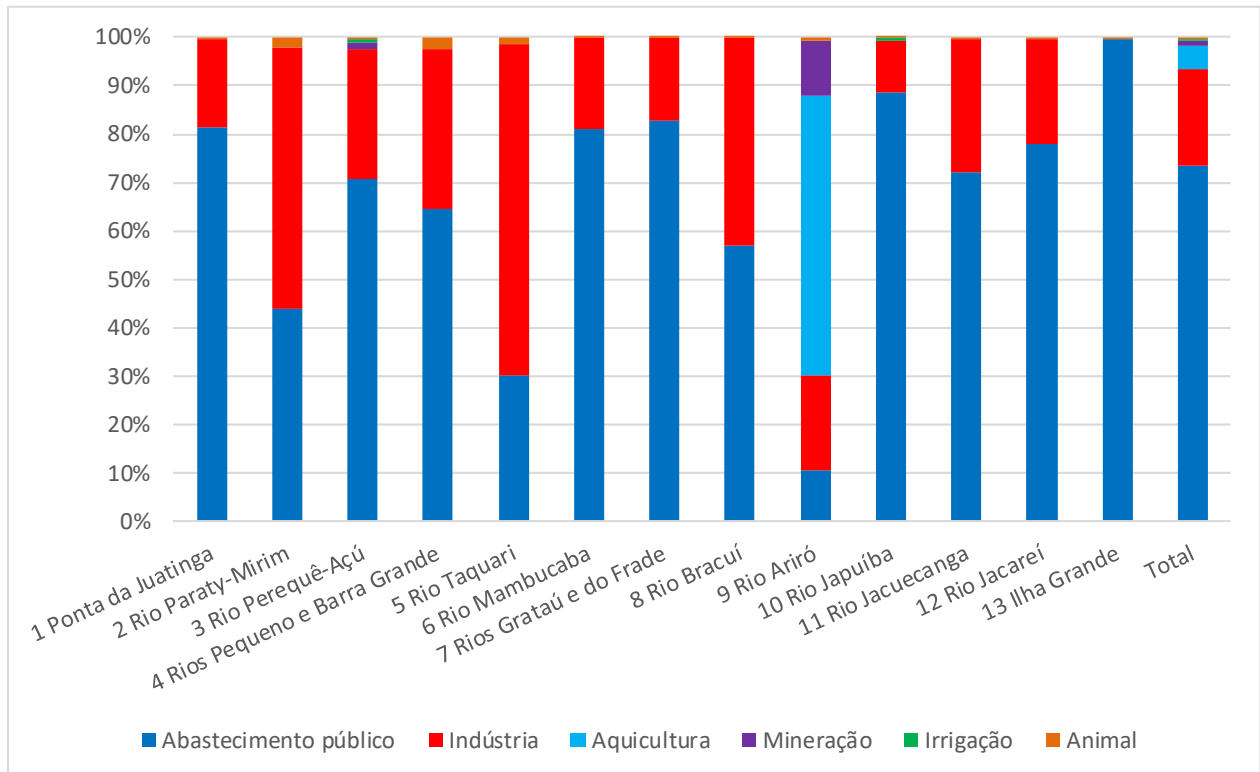
13 – Ilha Grande, e com destaque para a UHP-3 – Rio Pequerê-Açú, UHP-10 – Rio do Meio (Japuíba) e UHP-11 – Rio Jacuecanga, que apresentam os maiores valores para esse setor, proveniente de indústrias pesadas, detectáveis pela população. Nas demais UHPs as indústrias são quase que imperceptíveis pois se referem a pequenas atividades que são classificadas como industriais, como pequenos estaleiros para conserto de embarcações, juntos às várias marinas, fábricas de gelo para pescados, de alimentos e beneficiamento de produtos agrícolas e da pesca.

Portanto, para fins de avaliação dos cenários futuros de uso de água na RH-I os setores principais a serem considerados seriam o Abastecimento Público, a Indústria, a Aquicultura e a Mineração, no que se refere aos usos consuntivos de água. Eles preponderam no presente e nenhuma alteração desta situação pode razoavelmente ser prospectada no futuro.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.1 – Distribuição das demandas setoriais totais entre os setores usuários de água.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.2 – Distribuição das demandas hídricas entre as UHPs da RH-I.

Considerando esta premissa, as seguintes séries de variáveis não controláveis pelo SGRH foram analisadas nas prospecções sobre o futuro da RH-I:

1. População urbana, para as demandas de abastecimento público urbano, no período 2000-2018;
2. População rural, para as demandas de abastecimento público rural, no período 2000-2018;
3. Valor Adicionado Bruto – VAB da indústria, para o uso industrial e na mineração (indústria extrativa) de água, no período 2002-2016;
4. Valor Adicionado Bruto – VAB da agropecuária, para o uso de água na aquicultura, no período 2002-2016.

Embora seu uso seja insignificante na RH-I, foram também considerados os usos na irrigação e na criação de animais, pelo o que foram consideradas as seguintes variáveis:

5. Área irrigada, informadas no Censo Agropecuário no ano 2006, Estimativa da ANA, em 2015 e no Censo Agropecuário em 2017;
6. Demanda hídrica animal, no período 2000-2017: neste caso foram adotados os usos diários informados no Quadro 5.2, para animais terrestres; não foi considerada a maricultura, por usar água do mar e não entrar no balanço hídrico de água doce.



Quadro 5.2 – Usos de água na criação animal.

Rebanho	Bovino e Bupalino	Equino	Suíno – incluindo matrizes	Caprino e Ovino	Galináceos incluindo galinhas	Codornas
Uso de água (l/cabeça/dia)	45	40	28	6	0,4	0,2

Fonte: OLIVEIRA (2003); PALHARES (2013) e FUNARBE (2011).

Finalmente, uma última variável foi usada nas análises:

7. Valor Adicionado Bruto – VAB dos Serviços (excluindo os que se inserem no VAB da Administração Pública), para avaliar alguma tendência relacionada aos usos não-consuntivos de água, como no turismo, lazer etc., no período 2002-2016;

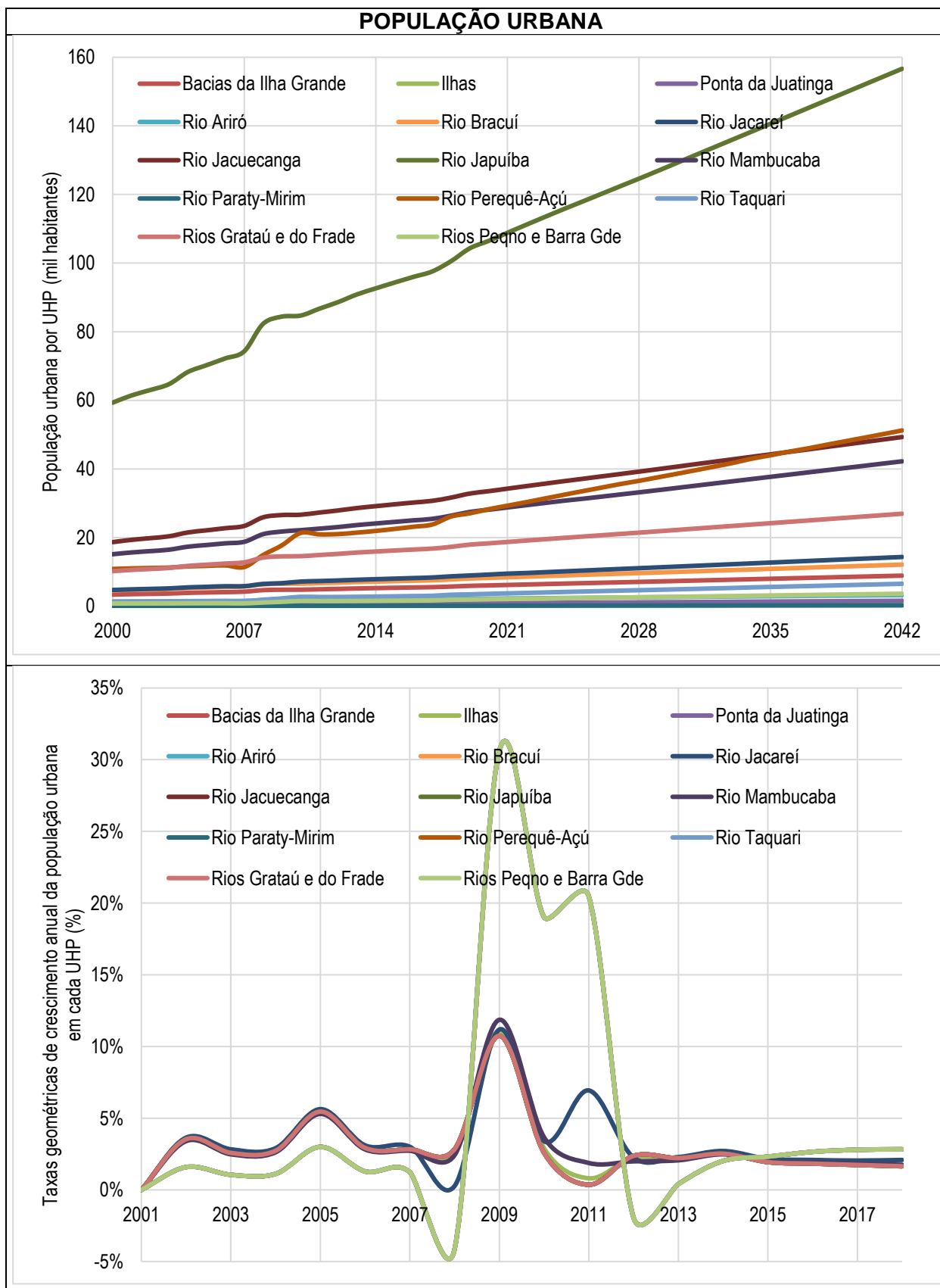
Cada variável teve seus valores históricos avaliados em cada UHP. Cabe comentar que esta abordagem tem uma fragilidade, decorrente das informações obtidas sobre cada variável serem agregadas nos três municípios da RH-I. A exceção são as populações urbanas e rurais, em que se conta com valores agregados por setores censitários, dentro de cada município. Os valores municipais foram superpostos nas UHP's tendo por base diversos critérios, a seguir apresentados:

1. População Urbana: com base nos setores censitários urbanos em cada UHP;
2. População Rural: com base nos setores censitários rurais em cada UHP;
3. VAB da Indústria e dos Serviços: Valores estimados a partir do percentual da população urbana dos setores censitários da porção continental do município por UHP;
4. VAB da Agropecuária, Área irrigada e Demanda hídrica animal: estimados a partir das áreas de pastagem do município em cada UHP<sup>8</sup>. Como não há mapa das áreas de pastagem para a porção de Mangaratiba que está fora da RH-I, o percentual de VAB agropecuário foi estimado a partir da percentagem de área dos setores censitários rurais do município da UHP.

Na Figura 5.3 são apresentadas as evoluções ao longo do tempo da população urbana e na Figura 5.4 a da população rural, por meio do número de habitantes e das Taxas Geométricas de Crescimento Anual (TGCA)<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Cabe esclarecer que as áreas de pastagem foram identificadas como tal, não se confundindo com as áreas situadas em Unidades de Conservação, que foram desconsideradas para fins de uso na agropecuária ou para urbanização, como será visto adiante.

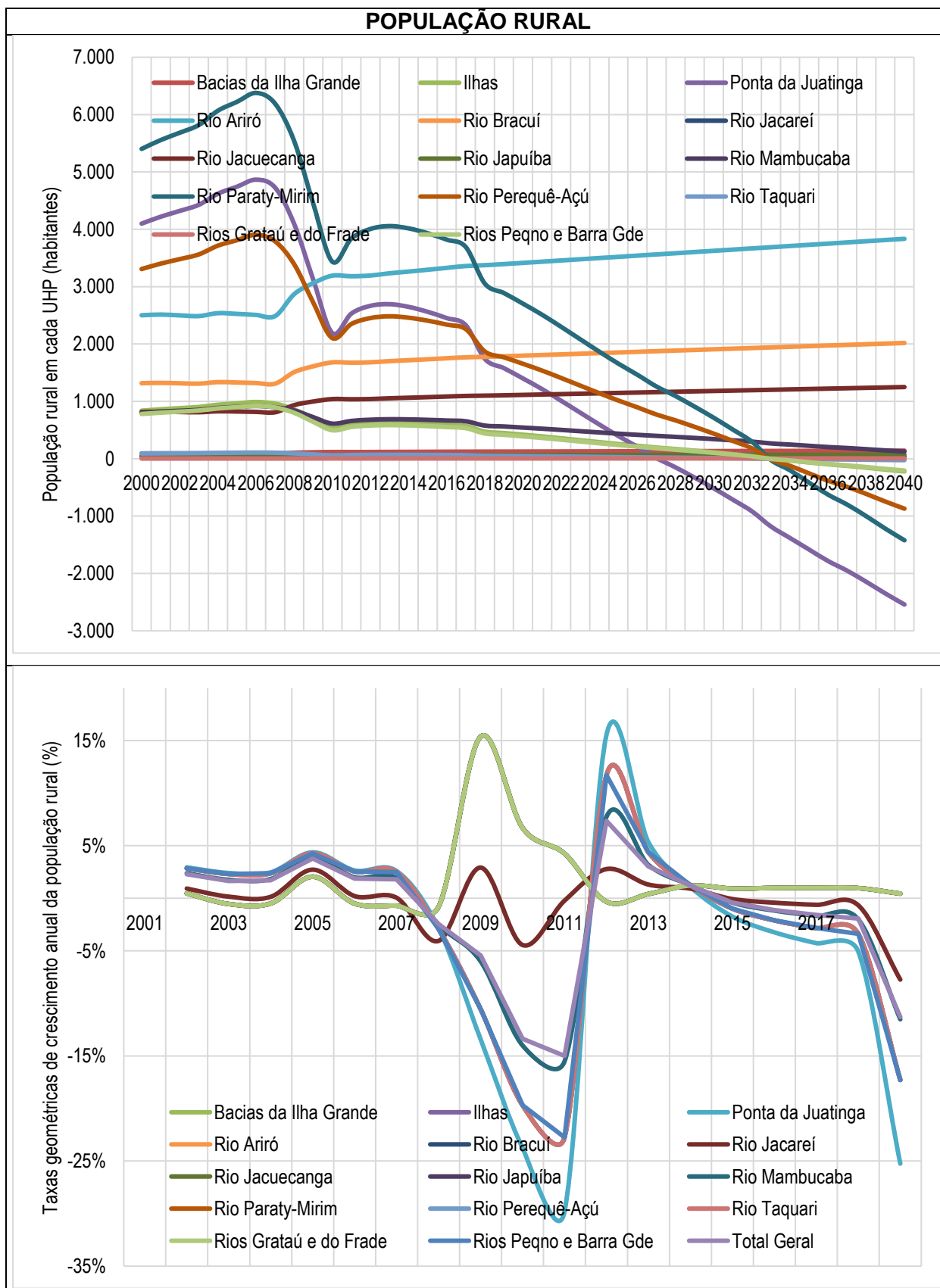
<sup>9</sup> Percentual de incremento médio **anual** da população residente em determinado espaço geográfico, no período considerado. O valor da **taxa** refere-se à média **anual** obtida para um período de anos compreendido entre dois momentos, em geral correspondentes aos censos demográficos.



Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.3 – Evolução da população urbana.





Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.4 – Evolução da população rural.



## 5.1. POPULAÇÃO URBANA

Para estas variáveis observa-se um comportamento anômalo no período 2007 a 2012. A população urbana cresce em todo período de análise (com exceção ocorrendo em algumas UHPs na fase de transição entre 2006 e 2007, e 2010 para 2011) e em todas as UHPs. As TGCAs mostram com maior clareza o que ocorreu. Sendo esta demanda hídrica a maior da RH-I, certamente será a variável mais relevante a ser considerada para elaboração dos cenários futuros.

As UHPs onde a população mais cresceu percentualmente, conforme as TGCAs, foram as da Ponta da Juatinga (UHP-1), dos Rios Paraty-Mirim (UHP-2), Perequê-Açú (UHP-3), Taquari (UHP-5) e Pequeno e Barra Grande (UHP-4). Portanto, na área de influência do município de Paraty. Em segunda colocação quanto ao crescimento, também avaliado pelas TGCAs, são as de influência do município de Angra dos Reis.

As razões para este comportamento, entre outros possíveis fatores, derivam da movimentação econômica e populacional ocasionada pelos recursos do petróleo, incluindo o do Pré-Sal. O Quadro 5.3 mostra os percentuais da participação dos royalties da exploração de petróleo e de gás natural nas receitas municipais. De 2004 a 2009 houve um acréscimo considerável destas receitas que no auge, de 2008 a 2009, correspondeu a metade das receitas do município de Paraty, e de 20% de Angra dos Reis e Mangaratiba. Além dos royalties, houve importante incremento na receita do município de Angra dos Reis por conta do ICMS gerado com o recebimento de carga de petróleo, por conta das operações do Terminal da Baía da Ilha Grande - TEBIG. Em paralelo, houve aumento dos serviços que são prestados às plataformas de extração de petróleo, o que justifica, por um lado, o aumento populacional, entre outras influências nas variáveis que estão sendo analisadas. Com os recursos oriundos desta dinâmica econômica, os municípios puderam fazer investimentos diversos que atraíram mão de obra, estimularam o turismo e geraram condições para aumento da população urbana.

Outra possibilidade vem do crescimento do PIB brasileiro no período, derivado da valorização das *commodities* e das políticas de estímulos ao consumo por parte do Governo Federal entre 2007 e 2012, especialmente nos anos 2007, 2008 e 2010: 2007 (4,92% de crescimento do PIB), 2008 (4,02%), 2009 (-1,11%), 2010 (6,49%), 2011 (2,99%) e 2012 (0,97%). Pode ter havido, portanto, um aumento na aquisição de residências para moradia permanente ou eventual (férias, fins de semana e feriado), e aumento da população urbana devido à conversão de áreas anteriormente rurais em áreas urbanas, que atraíram pessoas e mão de obra, além dos serviços diversos que são demandados por esta atividade.



Quadro 5.3 – Percentuais de participação dos royalties de petróleo e do gás natural nas receitas dos municípios da RH-I.

Anos	Angra dos Reis	Paraty	Mangaratiba
2002	9,30	13,00	9,20
2003	9,80	10,50	8,10
2004	8,10	7,90	10,00
2005	11,50	15,60	17,20
2006	11,50	22,60	19,40
2007	15,30	28,40	16,20
2008	20,20	47,40	20,30
2009	15,70	50,40	17,60
2010	14,30	45,40	18,10
2011	13,50	44,10	14,30
2012	13,90	48,30	14,30
2013	11,60	44,90	8,80
2014	10,50	44,50	10,20
2015	8,60	35,60	10,90
2016	7,20	29,80	9,60

Fonte: Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Estudos socioeconômicos dos municípios, entre 2012 e 2017.

Por outro lado, este fenômeno mostra que a economia regional, e por consequência a sua população, é fortemente influenciada por fatores externos que podem ser alterados devido a condições econômicas globais, como o preço do petróleo, capacidade de investimento das empresas de exploração, reservas dos campos petrolíferos etc. Acrescente-se igualmente o mercado imobiliário que no litoral alcança valores expressivos e gera igualmente pressões sobre a economia regional.

## 5.2. POPULAÇÃO RURAL

A população rural tem comportamento mais errático, com períodos de crescimento (2000 a 2006) e de decréscimo (2006-2010) na maioria das UHPs. O interessante é que exatamente na época associada ao crescimento destacado da população urbana é que ocorre o decréscimo mais acentuado da população rural. Isto pode ser o efeito do êxodo rural face à oferta de empregos no meio urbano e à conversão de áreas rurais em urbanas por parte dos planos Diretores Municipais.

No período mais recente dos registros, entre 2012 e 2018, ela cresce nas UHPs da Ilha Grande (UHP-13), do Rio Ariró (UHP-9), do Rio Bracuí (UHP8), do Rio Jacuecanga (UHP-11), do Rio do Meio (UHP-10), e dos Rios Grataú e Frade (UHP-7), decrescendo nas demais. Isto pode ser consequência do encarecimento das propriedades urbanas nestas UHPs, que afastou pessoas com menor poder aquisitivo e fora do mercado de trabalho, conjugado com o estabelecimento de sítios de lazer, com nível econômico mais elevado. Ocupações, portanto,



com efeitos distintos: as primeiras voltadas a produção familiar, e as segundas voltadas ao lazer ou a produtos com maior valor agregado.

### 5.3. DINÂMICA POPULACIONAL URBANA E RURAL

Inicialmente cabe destacar a relevância dispar entre as populações urbanas e rurais no que se refere às demandas hídricas. O Quadro 5.4 apresenta os valores percentuais em 2018 das populações totais em cada UHP em relação à população total da RH-I (coluna 2), o percentual em cada UHP da população urbana em relação ao total da UHP (coluna 3) e o mesmo no que se refere à população rural (coluna 4). A relação entre populações urbanas e rurais em cada UHP é ilustrada na Figura 5.5 para melhor visualização.

A população da RH-I é eminentemente urbana (93,8% do total). A população rural supera a urbana apenas nas UHPs da Ponta da Juatinga (UHP-1), do Rio Paraty-Mirim (UHP-2) e do Rio Ariró (UHP-9), sendo equivalentes na UHP-14 Ilhas. Contudo, estas UHPs representam apenas 1,03%, 1,28%, 2,2% e 0,39% da população total na RH-I. Fica assim claro que a demanda hídrica humana na RH-I é dominada pelo meio urbano.

As TGCAs da população rural apresentam comportamento anômalo no mesmo período onde o fenômeno foi verificado para a população urbana: 2007 a 2012. Com uma inversão que se destaca: as UHP-4 - Rios Pequeno e Barra Grande, e UHP-6 - Mambucaba, que apresentam menores TGCAs para população rural, são as que têm maiores TGCAs para as populações urbanas neste mesmo subperíodo de 2007 a 2012. Fica evidenciado, assim, que a população urbana aumentou, em parte, pelo êxodo rural, embora migrações externas possam ser consideradas as maiores responsáveis pelo seu crescimento.

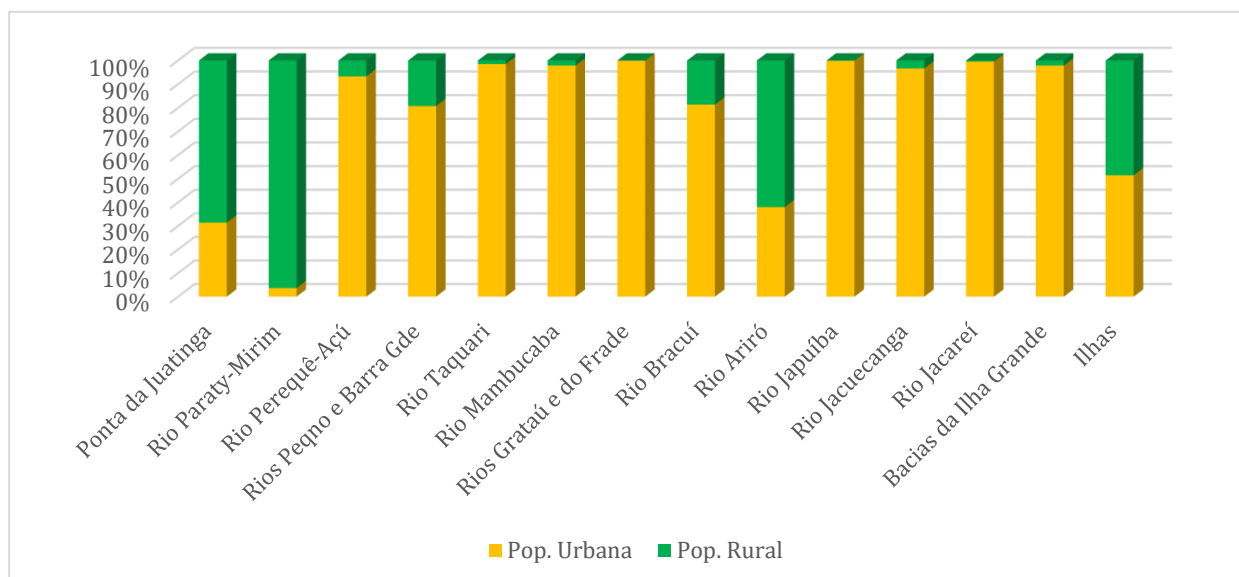
Esta explicação parcial para a dinâmica estabelecida entre a população urbana e rural diz respeito às diferenças entre seus valores. Enquanto a população urbana da RH-I em 2018 foi estimada em 232 mil habitantes, a população rural foi estimada em 15 mil, ou seja, a população urbana representa 93,8% e a rural 6,2% da população total. Desta forma, embora os cenários devam considerar a evolução da população rural, entende-se a priori que a variável de peso para os cenários será evolução da população urbana.



Quadro 5.4 – Relações percentuais entre a população urbana e a população rural nas UHPs em 2018.

UHP		População das UHPs em relação à total da RH-I (%)	População Urbana em relação à total em cada UHP (%)	População Rural em relação à total em cada UHP (%)
1	Ponta da Juatinga	1,03%	31,43%	68,57%
2	Rio Paraty-Mirim	1,28%	3,66%	96,34%
3	Rio Perequê-Açú	11,31%	93,32%	6,68%
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,93%	80,76%	19,24%
5	Rio Taquari	1,36%	98,47%	1,53%
6	Rio Mambucaba	10,89%	97,85%	2,15%
7	Rios Grataú e do Frade	6,99%	99,97%	0,03%
8	Rio Bracuí	3,86%	81,41%	18,59%
9	Rio Ariró	2,20%	38,00%	62,00%
10	Rio do Meio (Japuíba)	40,65%	99,94%	0,06%
11	Rio Jacuecanga	13,23%	96,64%	3,36%
12	Rio Jacareí	3,53%	99,56%	0,44%
13	Bacias da Ilha Grande	2,36%	97,87%	2,13%
14	Ilhas	0,39%	51,51%	48,49%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>93,76%</b>	<b>6,24%</b>

Fonte: Adaptado de IBGE.



Fonte: Adaptado de IBGE.

Figura 5.5 – Composição da população total em termos de condição urbana ou rural (%) na RH-I em 2018.

## 5.4. INDÚSTRIA E MINERAÇÃO

O VAB Industrial é composto pelas contribuições da indústria extrativa (mineração), das indústrias de transformação, da produção e distribuição de eletricidade, gás, água, esgoto e da limpeza urbana e da construção civil. Inclui também as atividades de captação, tratamento e distribuição de água, seja através de uma rede permanente de tubulações e dutos (instalações de infraestrutura) ou por outras formas de distribuição, e “atividades de produção, transmissão e distribuição de energia elétrica; de fornecimento de gás e de produção e distribuição de vapor e

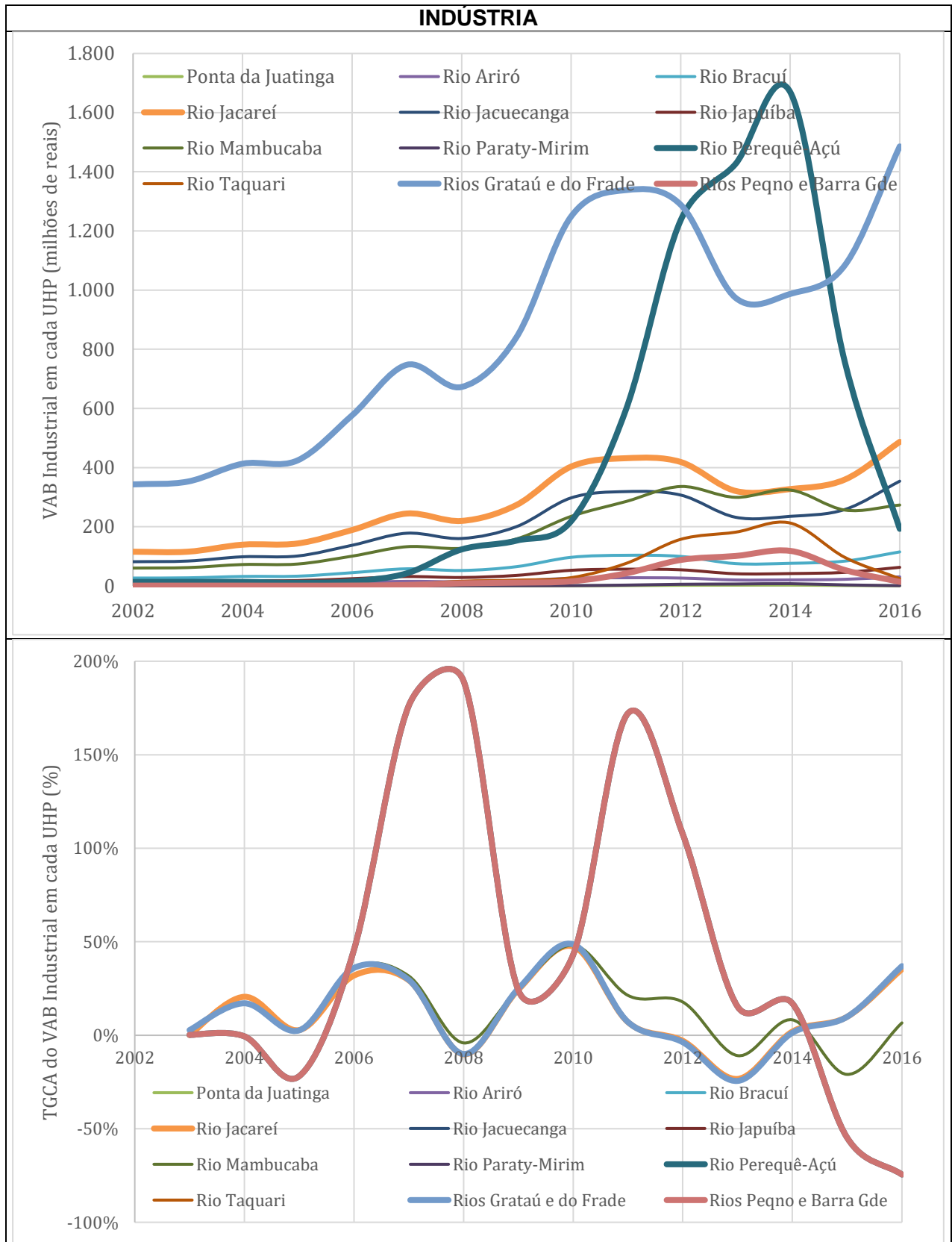


de água quente através de uma rede permanente de linhas, tubulações e dutos (instalações de infraestrutura)” (IBGE, 2018), conforme foi esclarecido no Relatório de Caracterização Socioeconômica (RD02).

Para representar estes setores econômicos foi adotado o VAB Industrial cuja evolução é mostrada na Figura 5.6. São identificadas apenas as curvas que mais se destacam, pois, o objetivo desta análise é avaliar as tendências históricas e não avaliar o que ocorre em cada UHP.

Algo fundamental para entender a variação do VAB na RH-I são as atividades do Pré-Sal, realizadas em alto mar, mas com repercussões nas atividades em terra, especialmente no que se refere aos serviços. Também, os royalties e ICMS recebidos pelos municípios da RH-I, pagos pelas empresas produtoras de petróleo e gás natural. Ambos os fatores já foram comentados.

As UHP-7 - Rios Grataú e do Frade, UHP-3 - Rio Perequê-Açu e UHP-12 - Rio Jacareí apresentam os mais altos valores conforme pode ser verificado na Figura 5.6, onde suas curvas são apresentadas por linhas mais grossas. A parte superior mostra os valores dos VABs Industriais e a parte inferior mostra as taxas de crescimento anual. O alto VAB Industrial da UHP-7 dos Rios Grataú e Frade se deve à geração de energia na usina nuclear que é a sua atividade econômica mais sobressalente. Também se destaca a presença de marinas, com diversas pequenas e médias indústrias de reparo naval e serviços voltados para atender este segmento de turismo náutico. No caso das UHPs dos Rios Perequê-Açu e Jacareí as atividades do Pré-Sal, que geram royalties para os municípios de Paraty e Mangaratiba, cujas sedes se localizam destas UHPs, explicam os valores. O gráfico inferior mostra em destaque o comportamento das taxas de crescimento do VAB Industrial das UHP localizadas no município de Paraty, que são idênticas: UHP-1 da Ponta de Juatinga, UHP-2 do Rio Paraty-Mirim, UHP-3 do Rio Pequerê-Açu, UHP-4 dos Rios Pequeno e Barra Grande e da UHP-5 do Rio Taquari. Elas apresentam crescimento com grandes flutuações, que podem ser explicadas pelo comportamento dos preços de petróleo que gerou a redução dos repasses de royalties ao município de Paraty, como mostrou o Quadro 5.3.



Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.6 – Evolução dos Valores Adicionados Brutos da Indústria.

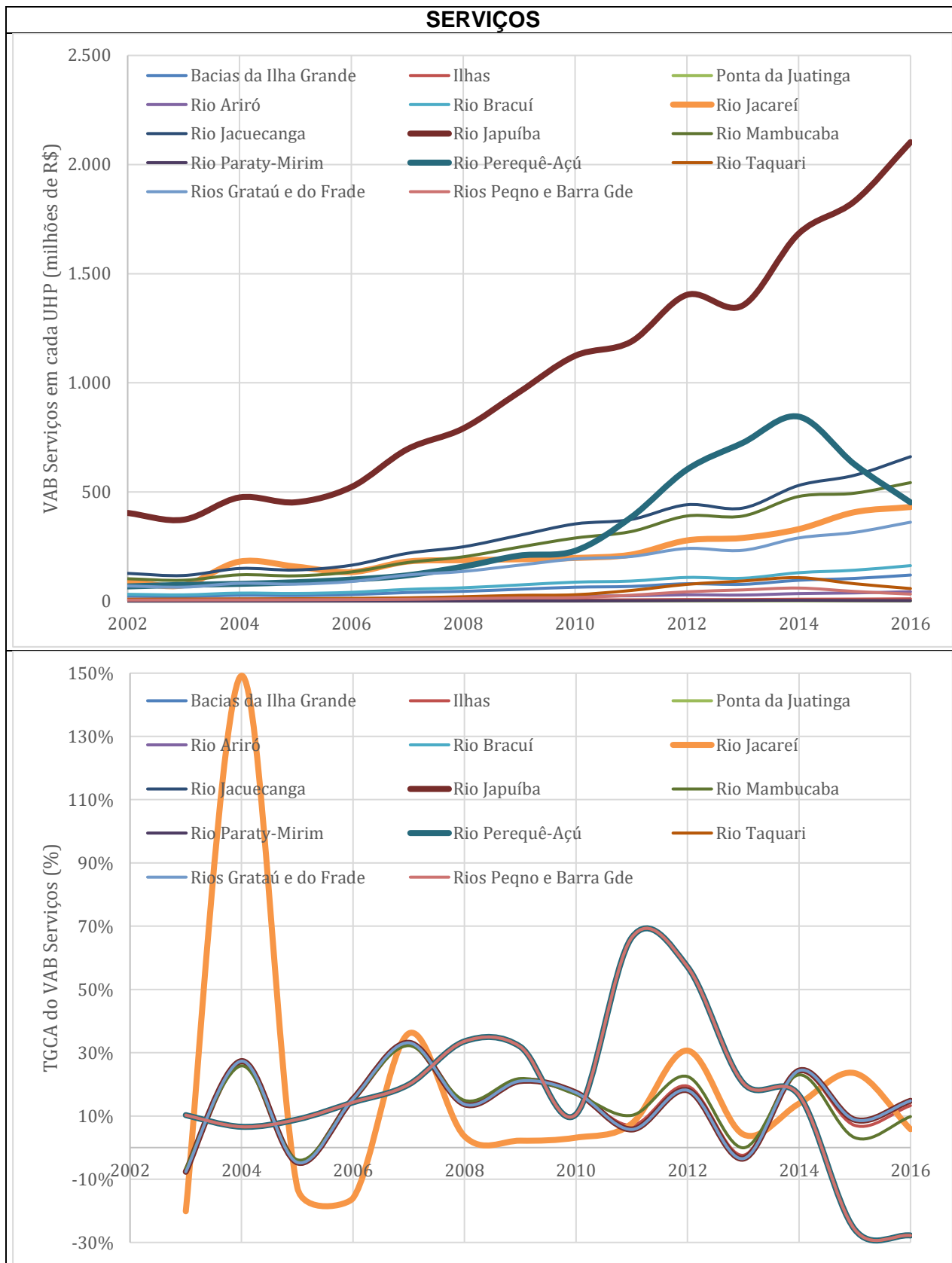


## 5.5. SERVIÇOS: USOS NÃO CONSUNTIVOS

O VAB de Serviços agrega contribuição à economia de atividades mais diversificadas: comércio e serviços de manutenção e reparação, serviços de alojamento e alimentação, transportes, armazenagem e correio, serviços de informação, intermediação financeira, seguros e previdência complementar e serviços relacionados, atividades imobiliárias e aluguéis, serviços prestados às empresas, educação mercantil, saúde mercantil e demais serviços prestados às famílias e associações civis e serviços domésticos. O VAB de Serviços, quando se refere a atividades de turismo, recreação e lazer, aponta para usos não consuntivos da água.

A Figura 5.7 mostra no gráfico superior que as UHP-10 - Rio do Meio (Japuíba) e UHP-3 – Rio Perequê-Açu, cuja representação foi realizada em linhas mais grossas, se destacam no VAB de Serviços, ante as demais. Isto é evidente pelo fato das sedes municipais de Angra dos Reis e Paraty se encontrarem nestas UHPs. No gráfico inferior estão as variações das taxas de crescimento deste agregado sendo destacado com linhas mais grossas o VAB de Serviços da UHP-1 do Rio Jacareí, especialmente entre 2003 e 2004, e as das UHPs localizadas o município de Angra dos Reis: UHP-7 dos Rios Grataú e Frade, UHP-8 do Rio Bracuí, UHP-9 do Rio Ariró, UHP 10 do Rio do Meio (Japuíba) e a UHP-11 do Rio Jacuecanga, que são idênticas, especialmente entre 2010 e 2011. A possível razão para o comportamento das VABs de Serviços destas últimas UHPs pode ter sido a retomada da construção da usina nuclear Angra 3 em 2010, que foi posteriormente paralisada em 2015.





Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.7 – Evolução dos Valores Adicionados Brutos dos Serviços.

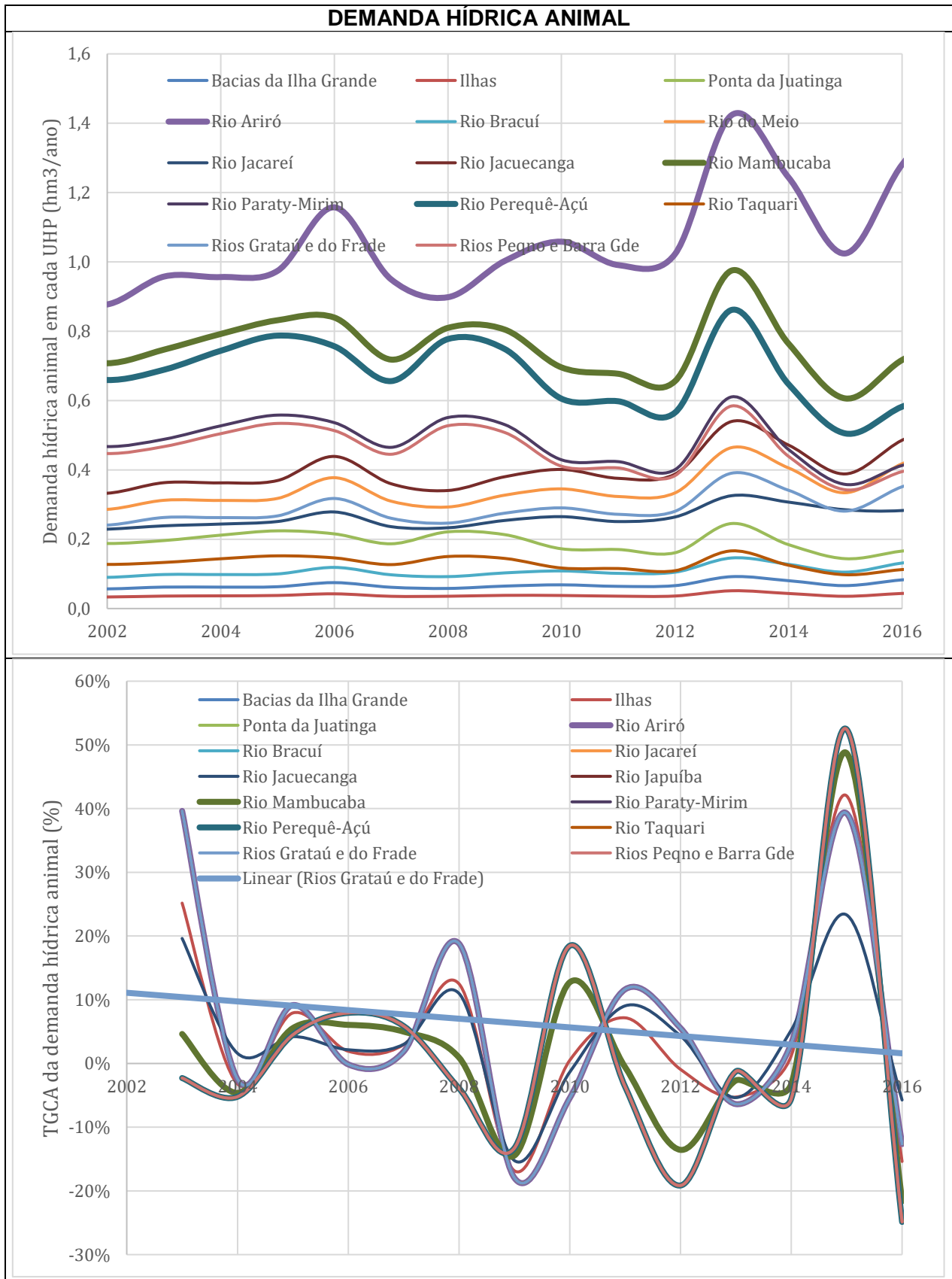


## 5.6. AGROPECUÁRIA: DEMANDA HÍDRICA NA PECUÁRIA, ÁREA IRRIGADA E VALOR ADICIONADO

As demandas hídricas para criação de animais foram estimadas e suas evoluções apresentadas na Figura 5.8. Três UHPs se destacam nos valores demandados: a UHP-9 - Rio Ariró, UHP-6 – Rio Mambucaba e UHP-3 – Rio Perequê-Açu, que possuem os maiores rebanhos bovinos, galináceos e suínos, atividades rurais de maiores destaques na RH-I. Suas curvas são destacadas em linhas mais grossas e acima das demais. As variações cíclicas dos rebanhos, e das demandas hídricas estimadas, é grande, como as figuras revelam, especialmente nas taxas de crescimento, graficadas na parte inferior.

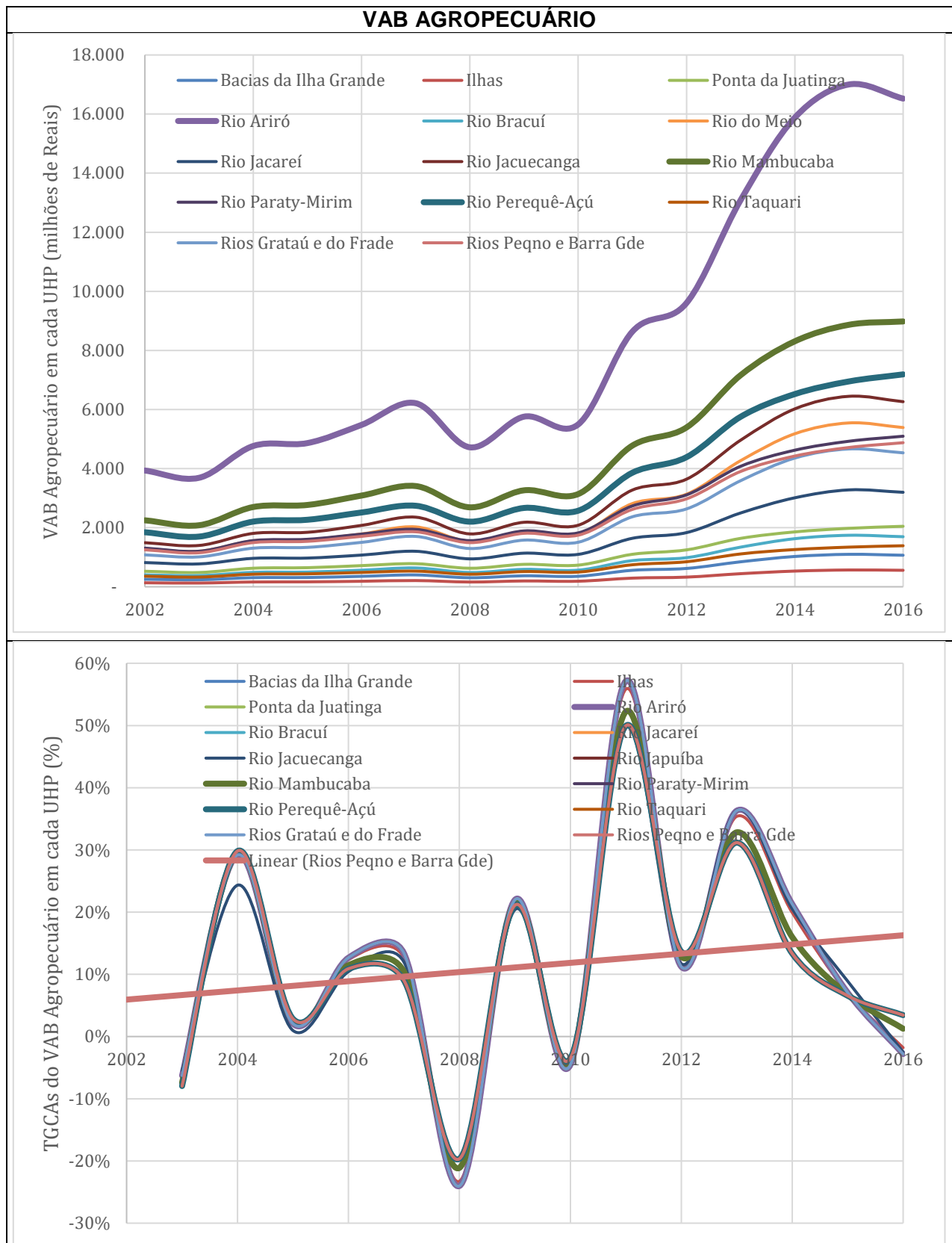
Os VABs Agropecuários, apresentados na Figura 5.9, confirmam esta tendência, embora seja demonstrado um crescimento do valor adicionado pela atividade acima do crescimento dos rebanhos. Isto fica mais claro pela linha de tendência que é sobreposta às curvas, que se refere à UHP com maior uso de água e maiores rebanhos: UHP-9 do Rio Ariró. Enquanto a tendência é de redução da demanda hídrica (Figura 5.8), embora as taxas de uso diário tenham se mantido constantes, o VAB agropecuário desta UHP aumenta (Figura 5.9). Existem duas possíveis causas para este fenômeno (redução dos rebanhos com aumento do VAB Agropecuário: maior eficiência produtiva (animais vendidos mais cedo ou mais pesados, maior quantidade de leite produzida, etc) ou aumento dos preços de mercado.

Por outro lado, a área irrigada apresenta valores díspares. Foram consideradas as informações dos Censos Agropecuários do IBGE de 2006 e de 2017, em conjunto com o levantamento da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017) para 2015 e a projeção realizada para 2030. Segundo o relatório referenciado, nestas projeções “o potencial efetivo considera apenas as áreas com aptidão de solos alta ou média; aptidão de relevo alta; qualidade logística alta (existência de escoamento da produção e de energia elétrica); exclusão de outras áreas de proteção ambiental; e classes territoriais que indicam expansão da irrigação, ou seja, combinações em que existem tanto o potencial de expansão adicional quanto a agricultura irrigada já estabelecida (remetendo à presença de infraestrutura, serviços de apoio, tecnologia, assistência técnica etc.)”. Os resultados são apresentados no Quadro 5.5.



Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.8 – Evolução da demanda hídrica animal.



Fonte: IBGE e elaboração própria.

Figura 5.9 – Evolução do VAB Agropecuário.



Quadro 5.5 – Áreas irrigadas na RH-I, por UHP, de acordo com diferentes estimativas e projeções (ha).

UHP		2006	2015	2017	2030
1	Ponta da Juatinga	1,77	1,77	6,91	2,00
2	Rio Paraty-Mirim	4,39	4,39	17,19	4,97
3	Rio Perequê-Açú	6,20	6,20	24,26	7,01
4	Rios Pequeno e Barra Grande	4,21	4,21	16,46	4,75
5	Rio Taquari	1,20	1,20	4,68	1,35
6	Rio Mambucaba	5,16	5,73	26,46	6,48
7	Rios Grataú e do Frade	-	0,87	9,50	0,98
8	Rio Bracuí	-	0,33	3,55	0,37
9	Rio Ariró	-	3,18	34,63	3,58
10	Rio do Meio (Japuíba)	-	1,04	11,29	1,17
11	Rio Jacuecanga	-	1,21	13,13	1,36
12	Rio Jacareí	1,97	2,57	11,41	2,74
13	Bacias da Ilha Grande	-	0,21	2,24	0,23
14	Ilhas	0,08	0,17	1,29	0,19
<b>TOTAL</b>		<b>24,97</b>	<b>33,07</b>	<b>183,01</b>	<b>93,14</b>

Fonte: Valores para os anos 2006 e 2017 têm origem nos Censos Agropecuários do IBGE; valores de 2015 e 2030 foram estimados pela ANA (2017).

Nota-se um considerável aumento da área irrigada entre as estimativas da ANA (2017) e o Censo Agropecuário do IBGE de 2017. Estes últimos valores recenseados são inclusive maiores que as projeções realizadas pela ANA para 2030, em todas as UHPs. Uma justificativa para isto deriva de que o estudo da ANA (2017) foi baseado em imagens de satélite e em aptidão do solo para irrigação (na projeção para 2030), o que acaba por detectar apenas irrigações de áreas maiores. O Censo Agropecuário do IBGE detecta pequenas áreas irrigadas, da agricultura familiar, que não são identificadas nas imagens usadas pela ANA, o que pode justificar os valores superiores.

Porém, cabe enfatizar que a área irrigada na BIG é muito pequena. A maior estimativa, resulta 183,01 ha em 2017 (IBGE), equivale a uma pequena fazenda. As estimativas da ANA são menores ainda. O módulo fiscal em Angra e Paraty são 16 ha. Segundo o INCRA, uma pequena propriedade rural tem até 4 módulos, o que resultaria em áreas iguais ou menores que 64 ha na região. Portanto, se toda a área irrigada estiver em uma mesma propriedade - e obviamente não está - ela teria 11,5 módulos sendo classificada como média propriedade rural. Três pequenas propriedades rurais com área máxima de 64 ha, se totalmente irrigadas, cobririam a área de 180 ha. Portanto, embora não exista individualização das áreas irrigadas, conclui-se que a irrigação na BIG é promovida em várias pequenas propriedades, com baixa tecnificação, provavelmente usando sistemas muito simples, como molhação ou sulcos. Isto determinará que a demanda hídrica deste setor, em conjunto com a demanda animal, corresponderá à menor parcela das demandas hídricas na RH-I, algo que será verificado adiante.



## 6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A URBANIZAÇÃO NAS BACIAS DA RH-I

Um plano de recursos hídricos tem a mesma natureza de um plano de ordenamento territorial, na medida que os que o elaboram analisam a ocupação do território, os usos do solo e as conseqüentes demandas sobre os corpos hídricos. O destaque para os planos de recursos hídricos é que se pretende planejar o uso, controle e a proteção das águas, cabendo aos planos de ordenamento territorial, tendo por base Zoneamentos Ecológicos-Econômicos e Ambientais, orientarem a ocupação do território. Ocupação esta que resultará em determinada demanda hídrica, por dado setor econômico, no tempo e no espaço. Neste item analisa-se um dos principais modificadores da ocupação do território da RH-I, representado pelo processo de urbanização.

### 6.1. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E AS CONSEQUENTES RESTRIÇÕES À URBANIZAÇÃO DA RH-I

Análises realizadas sobre informações apresentadas pelo INEA (2015) com relação às UCs, APPs e sobre áreas com Florestas Pioneiras, Vegetação Alta e Média, e Vegetação Secundária Inicial, permitem apresentar o Quadro 6.1, cujos valores são graficados na Figura 6.1. Um aspecto diferencial é a grande ocupação de território da RH-I por Unidades de Conservação – Ucs e Áreas de Proteção Permanente – APPs, que se estendem por 79% da área total, e pela Mata Atlântica, igualmente protegida pela lei, que representa 15,1% da área total da RH-I, algo que estabelecerá orientações e restrições à expansão do uso do solo. Apenas 6% da área total da RH-I, ou 105 km<sup>2</sup>, acha-se fora destas restrições legais, sendo permitido o uso do solo com menores restrições, embora elas possam existir. Por exemplo, existem afloramentos rochosos e corpos de água que são economicamente inadequados para ocupação; as restingas e cordões arenosos são APPs. Eliminando estas categorias, a área utilizável é reduzida ainda mais, como será verificado no Quadro 6.2.

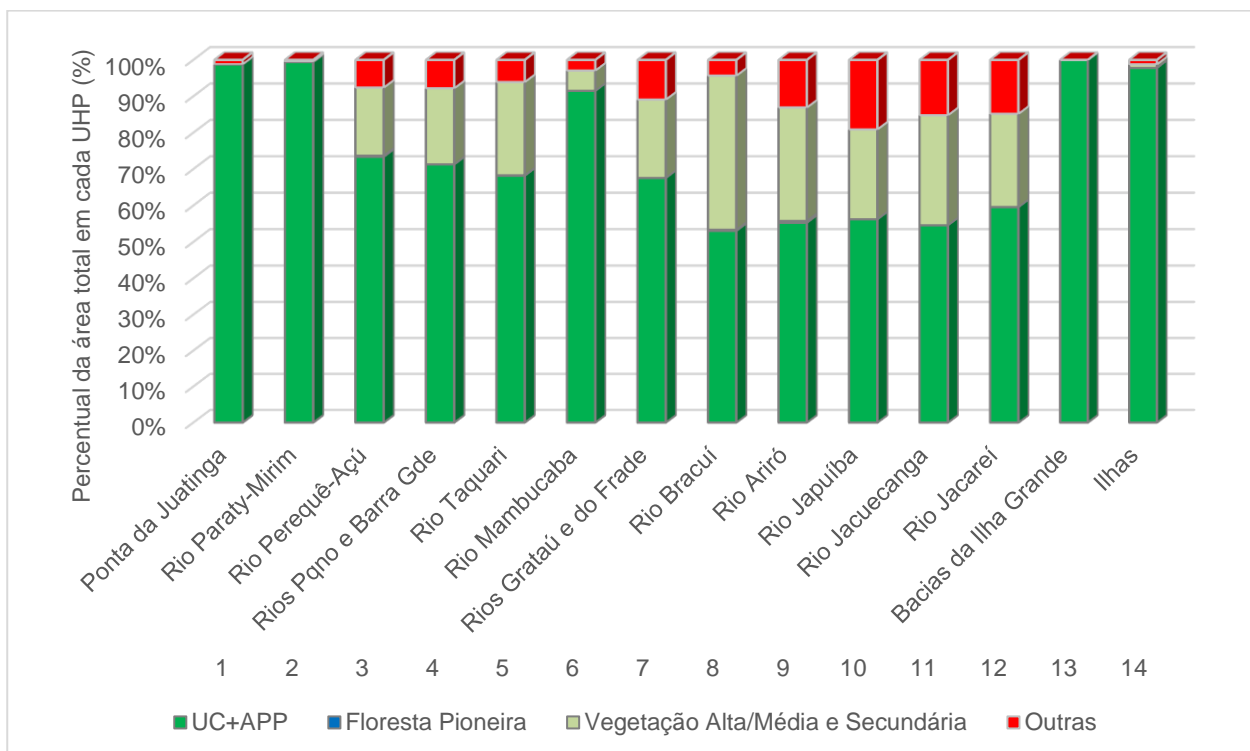


Quadro 6.1 – Classificação das áreas contidas em cada UHP por nível de restrição de uso (km<sup>2</sup>).

UHP		UC+APP	Floresta Pioneira	Vegetação Alta/Média e Secundária	Outras	Área total
1	Ponta da Juatinga	143,05	0,01	0,05	1,73	<b>144,85</b>
2	Rio Paraty-Mirim	119,05	0,01	0,12	0,56	<b>119,74</b>
3	Rio Perequê-Açú	147,98	0,60	37,70	15,31	<b>201,59</b>
4	Rios Pequeno e Barra Grande	86,87	0,01	25,43	9,49	<b>121,80</b>
5	Rio Taquari	78,03	0,09	29,30	6,95	<b>114,37</b>
6	Rio Mambucaba	328,57	0,04	19,91	10,47	<b>359,00</b>
7	Rios Grataú e do Frade	51,54	0,00	16,40	8,31	<b>76,26</b>
8	Rio Bracuí	48,31	0,25	38,55	3,92	<b>91,03</b>
9	Rio Ariró	84,68	0,74	47,73	19,99	<b>153,14</b>
10	Rio do Meio (Japuíba)	38,38	0,01	16,84	13,02	<b>68,25</b>
11	Rio Jacuecanga	36,90	-	20,42	10,27	<b>67,59</b>
12	Rio Jacareí	21,29	-	9,15	5,29	<b>35,72</b>
13	Bacias da Ilha Grande	180,19	-	-	-	<b>180,19</b>
14	Ilhas	23,76	-	0,23	0,30	<b>24,29</b>
<b>Total</b>		<b>1.388,59</b>	<b>1,77</b>	<b>261,83</b>	<b>105,61</b>	<b>1.757,81</b>
Percentuais		79%	0,10%	15%	6%	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados do INEA (2015).

Nota: UC(PI): Unidade de Conservação de Proteção Integral; UC(US): Unidade de Conservação de Uso Sustentável; VP (fora de UC): Vegetação Primária Alta ou Média fora de UC; VSI (fora de UC): Vegetação Secundária Inicial fora de UC). Fora de UC e de VP e VSI: áreas sobre as quais não existem restrições relativas a UC e a Mata Atlântica (podendo ter outros tipos de restrição).



Fonte: Elaboração própria sobre dados do INEA (2015).



Figura 6.1 – Classificação das áreas contidas em cada UHP por nível de restrição de uso.

O Quadro 6.2 esclarece a situação da ocupação urbana na RH-I. As áreas urbanizadas em 2018, fora de UCs e de APPs, eram 21,63 km<sup>2</sup>, correspondendo a 1,2% da área total da RH-I. Porém, existem também áreas urbanizadas que invadiram UCs e APPs, com 12,65 km<sup>2</sup>. Esta área corresponde a 0,7% da área total da RH-I e a 37% das áreas urbanizadas, o que revela descontrole sobre o uso destas áreas ambientalmente restritas.

Quadro 6.2 – Classificação das áreas urbanizadas e urbanizáveis nas bacias RH-I, por UHP (km<sup>2</sup>).

UHP		Áreas urbanizadas fora de UC e de APP	Áreas urbanizadas em UC ou em APP	Áreas sem restrições	Área Total	População 2018	Densidade 2018
1	Ponta da Juatinga	0,00	0,78	0,04	144,85	798	1.018
2	Rio Paraty-Mirim	-	0,07	0,05	119,74	116	1.730
3	Rio Perequê-Açú	3,37	1,31	14,86	201,59	26.117	5.581
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,15	0,04	8,72	121,80	1.852	9.944
5	Rio Taquari	0,90	0,06	5,89	114,37	3.325	3.468
6	Rio Mambucaba	4,24	0,55	9,66	359,00	26.375	5.508
7	Rios Grataú e Frade	2,09	1,03	7,13	76,26	17.292	5.550
8	Rio Bracuí	1,30	1,02	3,68	91,03	7.777	3.356
9	Rio Ariró	0,28	0,42	19,07	153,14	2.068	2.995
10	Rio do Meio (Japuíba)	5,67	2,96	12,29	68,25	100.548	11.644
11	Rio Jacuecanga	2,76	3,27	9,95	67,59	31.643	5.253
12	Rio Jacareí	0,88	0,28	5,13	35,72	8.694	7.494
13	Bacias da Ilha Grande	-	0,86	-	180,19	5.710	6.649
14	Ilhas	-	0,01	-	24,29	503	34.741
<b>Total Geral</b>		<b>21,63</b>	<b>12,65</b>	<b>96,50</b>	<b>1.757,81</b>	<b>232.818</b>	<b>6.792</b>
Percentuais		1,2%	0,7%	5,5%	100%	-	-

Fonte: Elaboração própria, baseada em dados do INEA (2015) e do IBGE (2018).

Notas: Áreas sem restrição para urbanização: situadas em regiões de pastagens ou reflorestamento.

## 6.2. DENSIDADE POPULACIONAL URBANA

A população em cada UHP é também apresentada no Quadro 6.2 o que permite calcular a densidade média da população urbana (quociente entre a população urbana e a área urbana) em cada uma. A densidade da população urbana nas bacias RH-I é em média 6.792 habitantes/km<sup>2</sup>. A maior densidade ocorre na UHP 14 – Ilhas, embora possivelmente tenha havido algum equívoco de identificação de áreas urbanas nesta UHP, que tem a menor área considerada urbana, 0,01 km<sup>2</sup>, e uma população de apenas 503 habitantes em 2018, não se constituindo uma informação relevante. A UHP - 11 do Rio do Meio (ou Japuíba), onde se encontra a sede municipal de Angra dos Reis, e a UHP-4 dos Rios Pequeno e Barra Grande, têm as densidades populacionais urbanas maiores, no entorno de 10.000 hab/km<sup>2</sup>. Neste último





caso, a razão pode ser atribuída à pequena área urbana registrada, 0,04 km<sup>2</sup>, podendo haver igualmente algum erro de classificação de imagem<sup>10</sup>.

Os valores para cada UHP são ilustrados na Figura 6.2 onde foram eliminadas as UHPs 13 – Bacias da Ilha Grande e 14 – Ilhas, devido aos pequenos valores de suas populações e áreas urbanas, havendo inclusive possibilidade de ocorrência e erros de detecção pelas imagens de satélite. O mesmo fez, e pelas mesmas causas, com relação à UHP-4 dos Rios Pequeno e Barra Grande.

A UHP-3 do Rio Pequerê-Açu, onde se encontra a sede de Paraty, é a UHP com maior densidade deste município, com quase 6.000 hab./km<sup>2</sup>. A UHP-10 do Rio do Meio (Japuíba), no município de Angra dos Reis, tem quase 12.000 hab./km<sup>2</sup>, o dobro da densidade anterior. Cabe enfatizar que os valores apresentados são médios, significando que nas UHPs existem áreas com maiores e áreas com menores densidades populacionais.

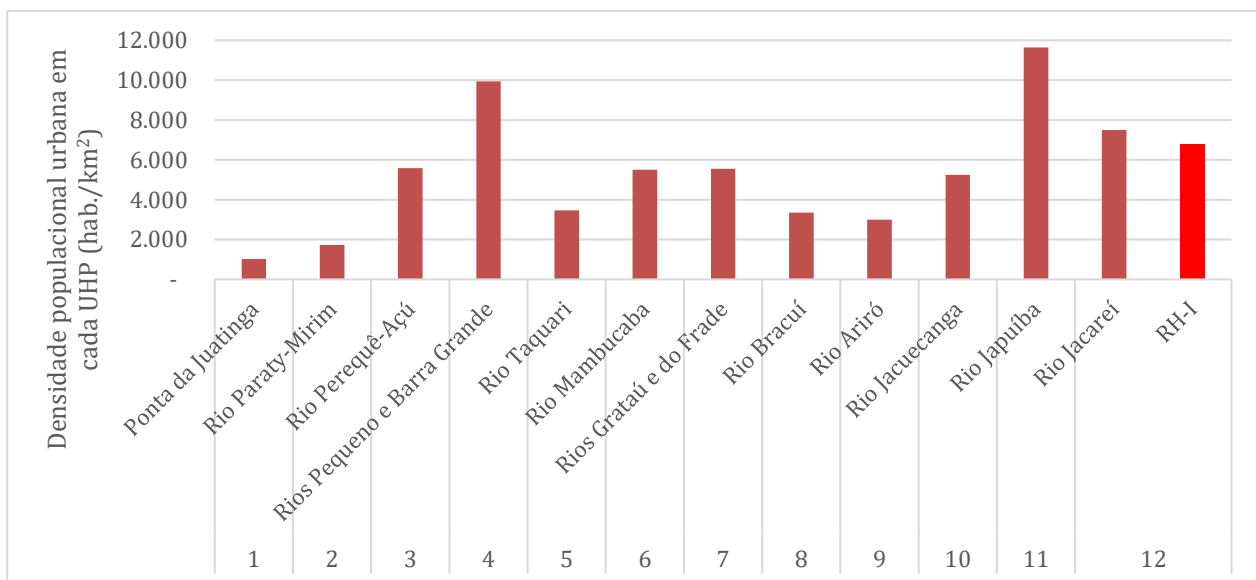


Figura 6.2 – Densidades populacionais atuais (2018) em cada UHP.

Sobre a densidade populacional urbana, Alem Sobrinho e Tsutiya (1999) elaboraram o Quadro 6.3 com as densidades na região metropolitana de São Paulo. Embora se refiram a uma realidade muito distinta da das bacias do RH-I, elas oferecem um parâmetro de comparação.

Quanto à expansão histórica da área urbanizada no município de Angra dos Reis, Figueiredo e Silva (2017), com base em imagens de satélite, apresentaram os resultados do Quadro 6.4. Verifica-se que a expansão desta área urbanizada atingiu a média de 3,86% a. a.

<sup>10</sup> Notar que as áreas urbanas foram identificadas por interpretação de imagens de satélite pelo INEA. Nos casos das UHPs com menores populações e áreas urbanizadas podem ter sido cometidos erros de interpretação. Porém, como são pequenas as populações, isto não afetará significativamente este plano.



entre 1985 e 2016, valor que se pode considerar alto, considerando que a taxa de crescimento da população fluminense entre 2010 e 2018 esteve entre 0,6 e 0,7% a.a. (enquanto a do Brasil esteve entre 0,8 e 0,9% a.a. no mesmo período) de acordo com o IBGE (2019).

Quadro 6.3 – Densidade média da população urbana na Região Metropolitana de São Paulo.

Uso do Solo a Região Metropolitana de São Paulo: valores médios	Densidade populacional de saturação (hab/km <sup>2</sup> )
Bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m <sup>2</sup>	10.000
Bairros residenciais médios, com lote padrão de 450 m <sup>2</sup>	12.000
Bairros residenciais populares, com lote padrão de 250 m <sup>2</sup>	15.000
Bairros mistos residencial-comercial da zona central, com predominância de prédios de 3 a 4 pavimentos	30.000
Bairros residenciais da zona central, com predominância de edifícios de apartamentos com 10 a 12 pavimentos	45.000
Bairros mistos residencial-comercial-industrial da zona urbana, com predominância de comércio e indústrias artesanais e leves	60.000
Bairros comerciais da zona central com predominância de edifícios de escritórios	100.000

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (1999).

Quadro 6.4 – Evolução da ocupação do solo no município de Angra dos Reis entre 1985 e 2016.

Categoria	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	TGCA
	1985		2016		%
Corpo hídrico	7,34	0,89%	4,59	0,56%	-1,50%
Área urbanizada	32,38	3,93%	104,63	12,69%	3,86%
Vegetação rasteira	125,88	15,27%	38,26	4,64%	-3,77%
Vegetação arbórea	631,51	76,59%	676,92	82,10%	0,22%
Solo exposto	27,40	3,32%	0,12	0,01%	-16,12%
<b>TOTAL</b>	<b>824,52</b>	<b>100,00%</b>	<b>824,52</b>	<b>100,00%</b>	

Fonte: FIGUEIREDO E SILVA (2017).

Valor quase idêntico, mas com sinal trocado, corresponde à categoria Vegetação Rasteira, que teve sua área reduzida em 3,77% a.a. no mesmo período. O que leva à conclusão que a área urbana avançou principalmente sobre as áreas com vegetação rasteira, que deveriam ser aquelas com atividade agrícola. As imagens de satélite também mostraram que as áreas identificadas como corpo hídrico reduziram-se a uma taxa de 1,50% a.a., algo que pode ter como causa a ocupação das margens e APP's de rios, e que as áreas de Vegetação Arbórea aumentaram a uma taxa de 0,22 a.a., sendo este último resultado interessante quanto à proteção das Unidades de Conservação que cobrem parte importante das bacias da RH-I.

### 6.3. OBRAS QUE TENDEM A ACELERAR O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Com relação à intensificação do processo de urbanização da RH-I existem três variáveis de peso representadas pela retomada da construção da Usina Nuclear de Angra 3, a duplicação da rodovia BR 101, no trecho Rio-Santos, e a retomada das operações do Estaleiro Brasfels.



Todas gerarão empregos diretos e indiretos, e pelo efeito-renda, durante a fase de construção, e operação no caso do Brasfels, que poderão atrair população interessada em empregos e atividades de serviços direta ou indiretamente relacionados, o que pode acarretar na necessidade de planejamento para evitar ocupações desordenadas de áreas. Após a obra, parte destas pessoas acaba por se fixar na região, como aconteceu no Distrito de Mambucaba, quando da construção das unidades anteriores do Complexo Nuclear.

### 6.3.1. Construção da Usina Nuclear Angra 3

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental da Usina Nuclear Angra 3 (ELETRONUCLEAR, 2006) a mão de obra diretamente empregada no pico anual durante a fase de construção é a que se apresenta no Quadro 6.5. No 5º ano ocorre a máxima concentração, com 9.100 técnicos diretamente envolvidos.

Quadro 6.5 – Mão de obra empregada na construção da Usina Nuclear de Angra 3 no pico anual.

ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
390	2010	3760	8060	9100	7110	970

Fonte: ELETRONUCLEAR (2006). Anexo 3 do Volume 5: Histograma de trabalhadores para a construção da Unidade 3 da CNAAA (Angra 3).

Para estimativa de empregos indiretos usou-se uma análise apresentada por NAJBERG e PEREIRA (2004) tendo por referência o ano 2002. Nele são destacados dois efeitos: o de empregos indiretos, ou postos de trabalho que surgem nos setores que compõem a cadeia produtiva, e o efeito-renda, que corresponde à transformação da renda dos trabalhadores e empresários em consumo, o que gera empregos, igualmente indiretos, mas não na cadeia produtiva considerada. Na Construção Civil, um aumento de produção de 10 milhões a preços médios de 2003 geraria 176 empregos diretos, 83 empregos indiretos e 271 empregos gerados pelo efeito-renda. Portanto, cerca de 2 empregos não vinculados diretamente à construção seriam gerados para cada emprego direto. Como consequência, estima-se que no pico de mão de obra a Usina Angra 3 geraria 27.300 empregos, entre diretos, indiretos e gerados pelo efeito-renda.

### 6.3.2. Duplicação da rodovia BR 101 - Rio-Santos

No que se refere à duplicação da BR 101 no trecho Rio-Santos existem dúvidas sobre o prazo, devido às dificuldades inerentes à sua construção. Elas decorrem tanto nos aspectos de ocupação de Unidades de Conservação que margeiam na região boa parte do trajeto atual, quanto pelas dificuldades inerentes à engenharia, devido à declividade e substrato rochoso. Porém, notícias de jornais apontam sobre propostas de incluir na renovação da concessão da



Via Dutra entre Rio - São Paulo a duplicação do trecho da BR 101 denominado Rio – Santos (LOBEL; WIZIACK, 2019; VENTURA, 2019).

Da divisa dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro até Mangaratiba, o trecho que corresponde a atual BR 101 tem aproximadamente 170 km, totalmente inserido na RH-I. A última publicação obtida dos custos médios gerenciais para o modal rodoviário do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT do Ministério dos Transportes, referente a julho de 2017, apresenta o custo por km de duplicação de rodovia com construção de pista nova (2 faixas) mais restauração da pista existente e do canteiro central entre R\$ 4.861.975,42 e R\$ 10.371.975,60 por km. Considerando o limite superior, devido às dificuldades inerentes à obra uma estimativa de custo para os 170 km seria de R\$ 1,76 bilhões de reais, valores referentes a 2017.

O trabalho já referenciado sobre empregos indiretos gerados por uma produção de R\$ 10 milhões na construção civil (NAJBERG e PEREIRA, 2004) teve por base o ano 2002. O índice de preços da construção civil no estado do Rio de Janeiro em julho de 2002 é R\$ 407,81, enquanto em julho de 2017, referência para o custo da duplicação da BR 101, é R\$ 1.189,00, Portanto, para retroagir para julho de 2002 o custo estimado em julho de 2017 deve-se multiplicar por 0,342986 (R\$ 407,81/R\$ 1.189,00). Portanto, tendo por base os valores de julho de 2002 o custo estimado da duplicação da BR 101 entre a divisa SP/RJ e Mangaratiba seria de R\$ 600 milhões aproximadamente. Considerando os dados de NAJBERG e PEREIRA (2004) esta obra geraria 600 empregos diretos e praticamente 1.800 empregos totais, considerando diretos, indiretos e do efeito-renda.

### 6.3.3. Estaleiro Brasfels

Segundo a página-web Portal Naval<sup>11</sup>, o Brasfels se dedica a reparos offshore e construções de grande porte, como plataformas semisubmersíveis. Ele tem capacidade de processar 50 mil t de aço por ano e de construir navios de até 300 mil toneladas de peso bruto. Operando desde 2000, entrou em crise a partir do ano 2014, reduzindo seu pessoal de cerca de 10.000 para apenas 1.400, no início de 2019. Recentemente acha-se em processo de retomada de suas operações, anunciando a contratação de 1.400 profissionais em cargos relacionados à construção civil<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Fonte: <https://www.portalnaval.com.br/estaleiros/estaleiros-brasil-regiao-estaleiro/brasfels-sa/> acesso em outubro de 2019.

<sup>12</sup> Fonte: <https://www.opetroleo.com.br/estaleiro-brasfels-joga-duro-e-contrata-1700-trabalhadores-veja-como-se-candidatar/> acesso em outubro de 2019.



É provável que os cenários com maiores dinâmicas econômicas favoreçam a retomada plena da operação do estaleiro. Contudo, deve-se observar que as contratações deverão se destinar preferencialmente a pessoal previamente empregado que foi demitido a partir de 2014, muitos dos quais permaneceram na região, por falta de alternativas de emprego no período. Entende-se, portanto, que apesar da retomada das operações resultar em significativas contribuições à economia do município de Angra dos Reis, não deverá promover alterações significativas na sua população.

#### 6.3.4. Distribuição da população

Considerando que a construção de Angra 3 e a duplicação da BR 101 seriam atividades simultâneas, haveria uma oferta de quase 30.000 empregos na região, considerando os 27.300 da Usina Nuclear, somados aos 1.800 da BR 101, resultando em 29.100. Não existem orientações para avaliar a distribuição destes empregos entre a população da RH-I e trabalhadores externos, e deles entre as UHPs. Por isto houve necessidade de se arbitrar diversos parâmetros, a seguir propostos e discutidos.

Enquanto a usina nuclear Angra 3 tem sua obra localizada na UHP-7 - Rios Grataú e Frade, as obras de duplicação da rodovia Rio-Santo estarão distribuídas ao longo de toda RH-I. Supõe-se que os empregos gerados em ambas as obras provenham em parte da própria região, e em parte de trabalhadores externos à RH-I. No caso dos empregos diretos, existe maior exigência de especialização, especialmente nas obras da Usina Nuclear. Isto eleva o percentual de trabalhadores externos que migrarão para a RH-I. No que se refere à mão de obra indireta, poderá haver maior paridade entre mão de obra interna e externa. O efeito renda, em grande parte, deverá gerar empregos na RH-I. Tendo por base estas premissas, propõe-se os valores apresentados no Quadro 6.6 para estimar a migração para a RH-I de trabalhadores em busca dos empregos gerados. Propõe-se que para ambos empreendimentos 90% dos empregos diretos, 60% dos empregos indiretos e 20% dos empregos gerados pelo efeito-renda sejam ocupados por pessoal de fora da RH-I. Com base nestes percentuais, e nas estimativas de empregos gerados, chega-se a 13.567 empregos na Usina Angra 3 e 895 na duplicação da rodovia Rio-Santos com um total de 14.462 ocupados por trabalhadores externos à RH-I.



Quadro 6.6 – Empregos gerados por cada obra.

Obra	Usina Angra 3			Rodovia BR 101 – Rio-Santos		
	Diretos	Indiretos	Renda	Diretos	Indiretos	Renda
Empregos gerados totais	9.100	4.291	14.012	600	283	924
% de mão de obra externa	90%	60%	20%	90%	60%	20%
Emp. p/mão de obra externa	8.190	2.575	2.802	540	170	185
<b>Empregos totais</b>	<b>13.567</b>			<b>895</b>		

Fonte: Elaboração própria.

Estes empregos deverão ser distribuídos entre as UHPs, onde morarão os trabalhadores e suas famílias. Para promover esta distribuição o critério adotado foi, no caso da Usina Angra 3, supor que os empregos diretos serão ocupados por pessoal que se fixará na maior parte da UHP-6 do Rio Mambucaba, onde já existe um aglomerado urbano que foi ampliado pelas obras anteriores do Complexo Nuclear. Porém, trabalharão na UHP-6 dos Rios Grataú e Frade. Por isto, será suposto que 60% do aumento populacional derivado das obras da Usina Nuclear Angra 3 ocorrerá na UHP-7 do Rio Mambucaba e 40% na UHP-6 dos Rios Grataú e Frade.

Os empregos indiretos e do efeito-renda serão distribuídos na proporção da população registrada em 2018 entre todas as UHPs, exceto a UHP-1 da Ponta da Juatinga, a UHP-2 do Rio Paraty-Mirim, a UHP-13 das Bacias da Ilha Grande e a UHP-14 das Ilhas devido às restrições de ocupação. Os empregos gerados pelo efeito-renda da Usina Angra 3 e todos os empregos gerados pela duplicação da BR 101 serão distribuídos na mesma proporção das populações de cada UHP. O Quadro 6.7 apresenta os resultados, com os empregos gerados pela Usina Angra 3 e a rodovia BR 101. Na última coluna é apresentado o aumento total da população na RH-I derivados das obras comentadas, calculado pelo número de empregos somado aos familiares que acompanham os trabalhadores.

A questão da vinda de familiares dos trabalhadores externos contratados é também sujeita a várias incertezas. Estes empreendimentos têm suas construções realizadas ao longo de vários anos. De acordo com o Quadro 6.5, a usina nuclear Angra 3 terá 7 anos de construção com pico de mão de obra nos anos 4º ao 6º. É provável que trabalhadores que migram de lugares distantes tragam suas famílias. Porém, muitos deles poderão ter origem nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, e no Vale do Paraíba do Sul, situação em que poderão optar por se deslocarem sozinhos para a região. Diante disto, supôs-se que cada trabalhador contratado externamente à RH-I traria, em média, um familiar, resultando no incremento populacional por UHP que se encontra na última coluna do Quadro 6.7, representado graficamente na Figura 6.3. O resultado é um incremento de quase 29.000 habitantes na RH-I. Esta população se concentra especialmente nas UHP-6 - Rio Mambucaba (18 mil habitantes, 68% da população em 2018),



cujo distrito foi criado exatamente em função das obras das unidades 1 e 2, e na UHP-5 dos Rios Grataú e Frade, onde é localizado o Complexo Nuclear de Angra.

Quadro 6.7 – Distribuição dos empregos gerados por UHP.

UHPs	Pop 2018	Usina Angra 3		BR 101	Empregos gerados			Incremento populacional
		Diretos	Indiretos e Renda	Diretos, Indireto e Renda	Usina	Rodovia	Total	
Ponta da Juatinga	798		-		-	-	-	-
Rio Paraty-Mirim	116		-		-	-	-	-
Rio Perequê-Açú	26.117	-	11,6%		622	104	726	1.452
Rios Peqno e Barra Gde	1.852	-	0,8%		44	7	51	103
Rio Taquari	3.325	-	1,5%		79	13	92	185
Rio Mambucaba	26.375	60%	11,7%		5.575	105	5.680	11.359
Rios Grataú e do Frade	17.292	40%	7,7%		3.655	69	3.724	7.447
Rio Bracuí	7.777	-	3,4%		185	31	216	432
Rio Ariró	2.068	-	0,9%		49	8	57	115
Rio Jacareí	8.694	-	3,9%		207	34	242	483
Rio do Meio (Japuíba)	100.548	-	44,6%		2.396	399	2.794	5.588
Rio Jacuecanga	31.643	-	14,0%		754	125	879	1.759
Bacias da Ilha Grande	5.710	-	-		-	-	-	-
Ilhas	503	-	-		-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>232.818</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>		<b>13.567</b>	<b>895</b>	<b>14.462</b>	<b>28.924</b>

Fonte: Adaptado do RD02 – Relatório de Caracterização Socioeconômica do PRH-BIG.

Observação: O RD02 – Relatório de Caracterização Socioeconômica do PRH-BIG toma como fonte principal o Censo 2010 do IBGE, contudo algumas adaptações foram necessárias para melhor representar a realidade. Foram realizadas compatibilização entre a classificação realizada no censo para áreas urbanas e rurais, considerando setores censitário que o censo 2010 classifica como rural, mas que são condomínios fechados, como setores urbanos.

Uma questão igualmente final relevante é quantas famílias permanecerão na RH-I ao final da obra. Não existem estudos que possam orientar esta previsão. Geralmente, os profissionais mais jovens e com melhores especializações buscarão novas oportunidades e colocações em obras similares em outros lugares, quando elas existirem. Porém, aqueles próximos a aposentadoria ou que mais bem se adaptaram à região poderão optar por ali permanecer devido a vínculos afetivos e profissionais. Especialmente, quanto a estes últimos, os que se dedicaram a atividades induzidas indiretamente pelas obras, no setor de serviços. A favor da permanência pode ser destacada a qualidade de vida da região, mesmo que deteriorada pelos cenários “Águas Revoltas” e especialmente no “Águas Degradadas”. No melhor cenário, “Águas Protegidas”, é provável que um maior número de pessoas se fixe na RH-I, devido às melhores condições de vida geradas pelas preocupações ambientais e sociais. Diante disto, será arbitrado que 20% da população atraída pelas obras se fixe na RH-I nos piores cenários, e 40% no melhor cenário.

Esta consideração pode parecer conflitante com a hipótese que no melhor cenário, o “Águas Protegidas”, existe maiores impecilhos ao aumento populacional devido às restrições ambientais que determinam menores densidades da população urbana. Porém, se entende que nesta situação as empresas encarregadas das construções destas grandes obras investirão, por



iniciativa própria, ou compulsoriamente, em controlos ambientais e atribuição compensações e apoios aos municípios de forma que a expansão populacional ocorra sem incorrerem em impactos ambientais significativos.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 6.3 – Incremento populacional por UHP.





## 7. PROJEÇÃO DAS VARIÁVEIS NOS CENÁRIOS PROSPECTADOS

Para os três cenários prospectados - “Águas Revoltas”, “Águas Degradadas” e “Águas Protegidas” - as respectivas lógicas foram aplicadas para definição de orientações que resultam nas projeções das variáveis consideradas, que se referem a demandas hídricas. Elas serão apresentadas em sequência, organizadas por variáveis.

### 7.1. POPULAÇÃO URBANA

Para projeção da população urbana em cada cenário da RH-I partiu-se das seguintes informações, baseadas nos dados de uso e cobertura do solo do Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía de Ilha Grande (INEA, 2015), com as adaptações realizadas para o Relatório do Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo (RD-03):

1. As áreas atualmente urbanizadas; e, entre estas,
  - a. As áreas urbanizadas fora de UCs e de APPs: para estas a densificação populacional foi estabelecida de acordo com hipótese que depende do cenário;
  - b. As áreas urbanizadas inseridas em UCs e em APPs<sup>13</sup>: para estas áreas localizadas em zonas com restrições ambientais, foram estabelecidas hipóteses de redução da densidade populacional, de acordo com o cenário<sup>14</sup>;
2. As áreas em que não existem restrições legais para urbanização, chamadas aqui como áreas disponíveis, são as que se encontram fora de UCs e de APPs, cujas ocupações foram detectadas pelas imagens de satélite como nas categorias pastagens e reflorestamento; nesta última categoria foi detectada uma área de apenas 0,01 km<sup>2</sup> na UHP-6 do Rio Mambucaba, sem grande significância, portanto.

---

<sup>13</sup> O levantamento do INEA detectou áreas urbanizadas localizadas dentro de UCs e de APPs e que, portanto, se acham em situação irregular, conforme apresentado no Quadro 6.2. Dependendo do cenário, a estas áreas serão impostos ajustes, mais ou menos rigorosos, voltados às suas regularizações.

<sup>14</sup> A ocupação de UCs e de APPs por áreas urbanas é irregular e devem ser tomadas medidas para suas regularizações. Porém, entende-se que este processo, que determinará, ao fim e ao cabo, a eliminação destas áreas, não é trivial. Diante disto, as hipóteses serão apresentadas no sentido do controle das ocupações, por meio da redução de suas densidades populacionais, pois admite-se que não será possível as suas completas regularizações até 2040.



### 7.1.1. Função logística de crescimento populacional

Adotou-se a hipótese de que crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de “S” denominada Função Logística. Esta função foi apresentada por Verhulst em 1845, em seus estudos sobre crescimento populacional realizados após Malthus (1798), o qual advogou a possibilidade de crescimento exponencial da população, sem limitações, até o esgotamento dos recursos materiais, e Quetelet, que sugeriu em 1835 que existiriam limites graduais para este crescimento, e que evitariam a situação catastrófica hipotetizada por Malthus. Um resumo destas teorias pode ser encontrado em ALMEIDA E OLIVEIRA (2015). A função logística tem encontrado aplicações em estudos de crescimento populacional, que foram sua origem e, também, na ecologia, química, economia, geociências, sociologia etc.

Nela, o estágio inicial de crescimento é aproximadamente exponencial, como previsto por Malthus. Conforme a população aumenta, porém, inicia-se um processo de contenção a este aumento, devido a restrições cada vez mais intensas relacionadas às disponibilidades de espaço, de água, de alimentos, a ocorrência de congestionamentos, à perda de qualidade de vida, entre outros. Isto determina que a velocidade de crescimento se reduza gradualmente. Há um ponto de saturação da população no qual o crescimento é interrompido. A população tende assintoticamente a este valor de saturação, que estabelece um limite superior, que não é ultrapassado. A equação 1 apresenta matematicamente esta relação:

$$P_t = \frac{P_s}{(1 + c \cdot e^{K_1 \cdot (t-t_0)})} \quad (1)$$

Sendo:  $P_t$ : população no ano  $t$ , sendo  $t_0$  o ano de origem das projeções;  $P_s$ : População de Saturação;  $c$ : taxa máxima de crescimento populacional por unidade de tempo;  $K_1$ : declividade da curva, sendo  $c$  e  $K_1$ , coeficientes a serem ajustados.

Existem equações para estimativa dos parâmetros  $P_s$ ,  $c$  e  $K_1$ . Porém, eles também podem ser estimados por regressão não linear. As condições necessárias para ajuste são:  $P_0 < P_1 < P_2$  (ou seja, a população é crescente) e  $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$  (ou seja, a população em um ano intermediário é menor que o produto da população em ano anterior e posterior ao considerado). Pode-se demonstrar que o ponto de inflexão na curva, ou seja, em que a taxa de crescimento é máxima, ocorre no tempo  $t' = t_0 - \frac{\ln(c)}{K_1}$  com valor populacional igual a  $P_{t'} = \frac{P_s}{2}$ . Este ponto de inflexão tem importância pois estima o momento no qual os investimentos na infraestrutura urbana (água, esgotos, transporte, segurança etc.) começarão a ser menos demandantes de recursos.



A População de Saturação é também chamada de capacidade de suporte. Trata da população máxima que o ambiente pode suportar devido às restrições acima mencionadas. Ela pode ser estabelecida em função da densidade populacional máxima fixada nos planos de ordenamento territorial, por exemplo, situação em que uma restrição legal se antecipa a um limite econômico ou natural. Isto permite a definição de um ( $P_s$ ) dos 3 parâmetros da Função Logística em planos de ordenamento territorial, como um plano de recursos hídricos, devendo os parâmetros  $K_1$  e  $c$  serem calculados.

Portanto, neste modelo de crescimento populacional a População de Saturação  $P_s$  adquire especial relevância. Para sua fixação em cada UHP as seguintes premissas foram adotadas:

1. Em cada cenário e UHP há uma taxa anual uniforme de crescimento das áreas urbanizadas;
2. As áreas de expansão da urbanização, estimadas no item anterior, teriam igualmente um limite de adensamento da população, de acordo com as premissas de cada cenário e UHP
3. As áreas atualmente urbanizadas, fora das UCs e das APPs, têm um limite superior de adensamento da população, de acordo com as premissas de cada cenário e UHP;
4. As áreas atualmente urbanizadas, e localizadas em UCs ou APPs e, portanto, com situação irregular, deverão ter as suas densidades populacionais gradualmente reduzidas, de acordo com o cenário;
5. Não é prevista a expansão da urbanização em áreas de UCs ou de APPs.

Estes fatores serão mais bem detalhados na explicitação das hipóteses adotadas para cada cenário, a seguir. É importante esclarecer que a População de Saturação  $P_s$  não necessariamente será alcançada nas UHPs da RH-I no horizonte do seu Plano de Recursos Hídricos. Isto pois os demais parâmetros a serem estimados -  $c$ : taxa máxima de crescimento populacional por unidade de tempo;  $K_1$ : coeficiente a ser ajustado – deverão ser considerados no que se refere ao crescimento populacional urbano. Sendo eles estimados por regressão não-linear, minimizando a soma dos quadros de erros entre a população observada e a população ajustada pela Função Logística, entre 2000 e 2018, esta evolução histórica será levada em consideração.

Cabe finalmente informar que esta abordagem é inédita, e foi desenvolvida pela Perfil especificamente atendendo às características da urbanização e da existência de grandes áreas de UCs e de APPs na RH-I.



### 7.1.2. Cenário “Águas Revoltas”

Para este cenário, que assume um caráter tendencial, as hipóteses adotadas foram:

1. Expansão da urbanização em áreas sem restrições legais: as áreas de expansão da urbanização até 2040 foram estimadas aplicando-se uma taxa de aumento da área urbanizada igual a  $\frac{1}{3}$  e a  $\frac{1}{2}$  da taxa de crescimento do período entre 1985 e 2016 (3,85% a. a.), até 2040, conforme apresentado no Quadro 6.4, respectivamente para as UHPs situadas no município de Paraty, e nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, limitadas às áreas que podem ser legalmente urbanizadas (áreas sem restrições), de acordo com o Quadro 6.2. Nas UHPs 13 – Bacias da Ilha Grande e 14 – Ilhas, não existem áreas sem restrições de urbanização e a taxa de crescimento é zero. A densidade populacional máxima nestas áreas será de 5.000 hab./km<sup>2</sup>, metade da densidade de bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m<sup>2</sup>, em São Paulo segundo o Quadro 6.3

A justificativa é que a maior industrialização dos municípios de Angra dos Reis e de Mangaratiba, e a maior disponibilidade de áreas sem restrições à urbanização, tornariam potencialmente maiores as suas expansões urbanas do que no município de Paraty. Além desta consideração, entendeu-se que em uma evolução tendencial, a taxa de urbanização tende a se reduzir gradualmente com o tempo por já terem sido ocupadas as áreas com maiores vantagens comparativas;

2. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas sem restrições legais: foi estabelecida como a densidade máxima entre a atual (2018) e 5.000 hab./km<sup>2</sup>, a mesma das áreas de expansão urbana;
3. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas com restrições legais: estas áreas, situadas em UCs ou em APPs, deverão ter suas densidades populacionais reduzidas em 25% em relação à densidade atual (2018), até 2040, devido aos programas de regularização que serão implementados neste cenário.

O Quadro 7.1 resume as hipóteses adotadas para cada UHP e apresenta as respectivas populações de saturação. Com base nestes valores da População de Saturação, um dos parâmetros da Função Logística, os 2 outros foram ajustados pelo método do Gradiente Reduzido Generalizado Não-Linear (GRG) do programa MS Excel®, resultando nos coeficientes, populações projetadas e taxas geométricas de crescimento anual em cada UHP, conforme apresentado no Quadro 7.2.



Quadro 7.1 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Revoltas”.

UHP	Taxa anual crescimento área urbanizada (%)	Áreas urbanas incorporáveis até 2040 (Km <sup>2</sup> )	Densidade populacional futura (hab/km <sup>2</sup> )		População de saturação (PS)	
			Das áreas já urbanizadas	Das áreas não urbanizadas		
1	Ponta da Juatinga	1,29%	0,00	767	5.000	798
2	Rio Paraty-Mirim	1,29%	-	1.297	5.000	116
3	Rio Perequê-Açú	1,29%	4,47	5.191	5.000	46.627
4	Rios Peqno e Barra Gde	1,29%	0,20	9.436	5.000	2.739
5	Rio Taquari	1,29%	1,19	4.852	5.000	10.607
6	Rio Mambucaba	1,93%	6,45	5.350	5.000	57.863
7	Rios Grataú e do Frade	1,93%	3,18	5.092	5.000	31.742
8	Rio Bracuí	1,93%	1,98	3.908	5.000	18.937
9	Rio Ariró	1,93%	0,42	3.343	5.000	4.402
10	Rio do Meio (Japuiba)	1,93%	8,64	10.646	5.000	135.104
11	Rio Jacuecanga	1,93%	4,20	4.541	5.000	48.330
12	Rio Jacareí	1,93%	1,35	7.047	5.000	14.901
13	Bacias da Ilha Grande	0,00%	-	4.987	-	5.710
14	Ilhas	0,00%	-	26.055	-	503
<b>Total Geral</b>			<b>32,05</b>	<b>5.126</b>	<b>5.000</b>	<b>378.379</b>

Fonte: Elaboração própria.

Notas:

- Áreas incorporáveis até 2040: o menor valor entre a área disponível para urbanização, e um valor igual a aplicação da taxa de crescimento estimada na coluna à esquerda sobre a área urbanizada fora de UCs e de APPs;;
- Densidade populacional futura das áreas ainda não urbanizadas: densidade limite da população urbana nas áreas que serão urbanizadas no futuro;
- População de saturação: população total resultante do adensamento da saturação nas áreas urbanizadas e da expansão da área urbanizada, somada à população remanescente nas áreas urbanizadas dentro de UCs e de APPs.

Na projeção da população entre 2018 e 2025 pela Função Logística verificou-se que até 2025 ocorriam algumas instabilidades, especialmente taxas negativas de crescimento. Devido a isto foi aplicado uma suavização aos valores projetados. Ela constou da média ponderada entre as projeções com a Função Logística e as projeções com a versão AAA (Adiciona erro, Adiciona tendência e Adiciona sazonalidade) do algoritmo de Suavização Exponencial Tripla (ETS - *Exponential Triple Smoothing algorithm*)<sup>15</sup>, aqui denominado AAA/ETS, que consta do programa MS Excel®. A média ponderada atribuiu pesos linearmente crescentes às projeções da população pela Função Logística e decrescentes às do algoritmo AAA/ETS entre 2019 e 2025: A variação das ponderações foi 86% para as projeções do ano 2019 para o algoritmo AAA/ETS (e 14% para as projeções pela Função Logística) e 0% para o algoritmo AAA/ETS (e 100% para

<sup>15</sup> As projeções com suavização exponencial atribuem pesos decrescentes às observações mais antigas. Ou seja, as observações mais recentes têm peso maior nas projeções. Além disto, a versão AAA do algoritmo ETS suaviza pequenos desvios nas tendências de dados anteriores, detectando padrões de sazonalidade. Isto possibilita a detecção e reprodução de tendências e sazonalidades presentes na série temporal amostral.



as projeções pela Função Logística) de 2025 até 2040, respectivamente. Os resultados são resumidos no Quadro 7.2.

Verifica-se que na maioria das UHPs o ponto de inflexão da Função Logística ajustada, a partir do qual o crescimento populacional ocorre com incrementos gradualmente atenuados, já teria ocorrido. Exceções são a na UHP-5, do Rio Taquari, onde a inflexão ocorrerá em 2029, na UHP-6, do Rio Mambucaba, em 2021, na UHP-8, do Rio Bracuí, em 2025, e na UHP-9 do Rio Ariró, em que ocorrerá próximo ano que, portanto, ainda se encontram na fase de crescimento mais acelerado. Também, poucas são as UHPs que alcançaram populações próximas à saturação e que, assim, a teriam estabilizada. São elas a UHP-1, da Ponta da Juatinga, a UHP-2, do Rio Paraty-Mirim, a UHP-13 – Bacias da Ilha Grande, e a UHP 14 – Ilhas, que apresentam características bem específicas inclusive no que se refere às incertezas sobre as estimativas da população e da área urbanizada atual. Já as populações das demais UHP acham-se relativamente mais distantes da saturação.

Neste cenário, a população total da RH-I atinge 324 mil habitantes em 2040, diante da população atual de 233 mil habitantes, com um incremento de cerca de 40% no período. As taxas geométricas anuais de crescimento da população urbana se reduzem dos atuais 4,0% (2018-2017), para 2,6% entre 2020-2018 até 1,1% entre 2040-2030.

Com relação ao efeito da obra de Angra 3 e a duplicação da rodovia BR 101 a suposição é que o efeito do aumento da população seja verificado na cena de longo prazo, 2040. O Quadro 7.3 mostra a evolução da população, no qual apenas os valores correspondentes ao ano 2040 são alterados. A população total da RH-I atinge neste ano 291 mil habitantes, um incremento de 52% em relação a 2018. Destaque para as UHPs 6 do Rio Mambucaba e 7 dos Rios Grataú e do Frade, cujo aumento populacional é de 101% (de 26 mil em 2018 para 35 mil em 2040) e 90% (de 17 mil em 2018 a 33 mil em 2040), respectivamente. Algo que tem potencial de gerar problemas ambientais e sociais relevantes, caso não sejam implementadas medidas mitigadoras efetivas, especialmente relacionadas ao saneamento básico.



Quadro 7.2 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Revoltas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP	Coeficientes estimados da Curva Logística			Ano de inflexão	Pop. de inflexão (hab.)	Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)				
	Pop Sat P <sub>s</sub> (hab.)	c (%)	K <sub>1</sub>			2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030	
1	Ponta da Juatinga	5.710	0,818	-0,153	1999	2.855	5.710	5.833	5.609	5.663	5.700	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	503	0,840	-0,153	2001	252	503	514	494	499	502	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
3	Rio Perequê-Açú	798	2,262	-0,173	2011	399	798	821	774	788	796	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
4	Rios Peqno e Barra Gde	4.402	2,552	-0,047	2020	2.201	2.068	2.186	2.471	2.723	3.180	2,8%	2,5%	2,0%	1,6%
5	Rio Taquari	18.937	3,049	-0,044	2025	9.468	7.777	8.235	9.378	10.412	12.392	2,9%	2,6%	2,1%	1,8%
6	Rio Mambucaba	14.901	2,211	-0,064	2012	7.450	8.694	9.173	10.289	11.240	12.714	2,7%	2,3%	1,8%	1,2%
7	Rios Grataú e do Frade	48.330	1,589	-0,063	2007	24.165	31.643	33.208	36.374	38.981	42.858	2,4%	1,8%	1,4%	1,0%
8	Rio Bracuí	135.104	1,304	-0,075	2004	67.552	100.548	105.016	112.568	118.760	126.854	2,2%	1,4%	1,1%	0,7%
9	Rio Ariró	57.863	2,800	-0,049	2021	28.931	26.375	28.002	31.799	35.258	41.562	3,0%	2,6%	2,1%	1,7%
10	Rio Jacareí	116	2,262	-0,173	2005	58	116	119	113	115	116	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
11	Rio do Meio (Japuíba)	46.627	4,006	-0,090	2015	23.314	26.117	28.137	32.877	36.826	42.090	3,8%	3,2%	2,3%	1,3%
12	Rio Jacuecanga	10.607	7,565	-0,070	2029	5.304	3.325	3.649	4.587	5.512	7.271	4,8%	4,7%	3,7%	2,8%
13	Bacias da Ilha Grande	31.742	2,080	-0,053	2014	15.871	17.292	18.230	20.379	22.221	25.332	2,7%	2,3%	1,7%	1,3%
14	Ilhas	2.739	3,270	-0,104	2011	1.370	1.852	1.975	2.208	2.397	2.608	3,3%	2,3%	1,7%	0,8%
<b>TOTAL</b>		<b>378.379</b>					<b>232.818</b>	<b>245.099</b>	<b>269.921</b>	<b>291.394</b>	<b>323.975</b>	<b>2,6%</b>	<b>1,9%</b>	<b>1,5%</b>	<b>1,1%</b>

Fonte: Elaboração própria.



Quadro 7.3 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Revoltas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP		Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
		2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030
1	Ponta da Juatinga	798	821	774	788	796	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	116	119	113	115	121	1,5%	-1,2%	0,3%	0,5%
3	Rio Perequê-Açú	26.117	28.137	32.877	36.826	43.542	3,8%	3,2%	2,3%	1,7%
4	Rios Pequeno e Barra Gde	1.852	1.975	2.208	2.397	2.711	3,3%	2,3%	1,7%	1,2%
5	Rio Taquari	3.325	3.649	4.587	5.512	7.456	4,8%	4,7%	3,7%	3,1%
6	Rio Mambucaba	26.375	28.002	31.799	35.258	52.921	3,0%	2,6%	2,1%	4,1%
7	Rios Grataú e do Frade	17.292	18.230	20.379	22.221	32.780	2,7%	2,3%	1,7%	4,0%
8	Rio Bracuí	7.777	8.235	9.378	10.412	12.824	2,9%	2,6%	2,1%	2,1%
9	Rio Ariró	2.068	2.186	2.471	2.723	3.295	2,8%	2,5%	2,0%	1,9%
10	Rio do Meio (Japuíba)	100.548	105.016	112.568	118.760	132.442	2,2%	1,4%	1,1%	1,1%
11	Rio Jacuecanga	31.643	33.208	36.374	38.981	44.617	2,4%	1,8%	1,4%	1,4%
12	Rio Jacareí	8.694	9.173	10.289	11.240	13.197	2,7%	2,3%	1,8%	1,6%
13	Bacias da Ilha Grande	5.710	5.833	5.609	5.663	5.700	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
14	Ilhas	503	514	494	499	502	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>232.065</b>	<b>245.099</b>	<b>269.921</b>	<b>291.394</b>	<b>352.903</b>	<b>2,6%</b>	<b>1,9%</b>	<b>1,5%</b>	<b>1,9%</b>

Fonte: Elaboração própria.





### 7.1.3. Cenário “Águas Degradadas”

Para este cenário, que assume um caráter de adoção de estímulos econômicos com poucas preocupações ambientais e sociais, as hipóteses adotadas foram:

1. Expansão da urbanização em áreas sem restrições legais: as áreas de expansão da urbanização até 2040 foram estimadas aplicando-se uma taxa de aumento da área urbanizada igual a 1/2 e a 3/4 da taxa de crescimento do período entre 1985 e 2016 (3,85% a. a.), conforme apresentado no Quadro 6.4, respectivamente para as UHPs situadas no município de Paraty, e nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, limitadas às áreas que podem ser legalmente urbanizadas, de acordo com o Quadro 6.2. Nas UHPs 13 – Bacias da Ilha Grande e 14 – Ilhas, não existem áreas disponíveis para urbanização e a taxa de crescimento é zero. A densidade populacional máxima nestas áreas de expansão urbana será de 10.000 hab./km<sup>2</sup>, igual à densidade de bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m<sup>2</sup>, em São Paulo, segundo o Quadro 6.3.

A justificativa é que mesma apresentada no Cenário Águas Revoltas: a maior industrialização dos municípios de Angra dos Reis e de Mangaratiba, e a maior disponibilidade de áreas sem restrições à urbanização, tornaria potencialmente maior as suas expansões urbanas do que no município de Paraty. Foi mantido o entendimento de que a taxa de urbanização tende a se reduzir gradualmente com o tempo por já terem sido ocupadas as áreas com maiores vantagens comparativas.

2. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas sem restrições legais: foi estabelecida como a densidade máxima entre atual (2018) e 10.000 hab./km<sup>2</sup>, esta última, a densidade de bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m<sup>2</sup>, em São Paulo segundo o Quadro 6.3;
3. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas com restrições legais: estas áreas, situadas em UCs ou em APPs, deverão ter suas densidades populacionais mantidas como em 2018, pois não serão implementados programas de regularização destas ocupações.

O Quadro 7.4 resume as hipóteses adotadas para cada UHP e apresenta as respectivas populações de saturação. Os coeficientes, populações projetadas e taxas geométricas de crescimento anual em cada UHP foram calculados com os ajustes adotados como antes, no Cenário “Águas Revoltas”, e os resultados são apresentados no Quadro 7.5, na situação em que a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia BR 101 não são realizadas. No Quadro 7.6



estas obras são implementadas sendo que a intensidade máxima de mão de obra foi aplicada à cena de 2025, de acordo com as premissas deste cenário.

Quadro 7.4 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Degradadas”.

UHP	Taxa anual crescimento área urbanizada (%)	Áreas urbanas incorporáveis até 2040 (Km <sup>2</sup> )	Densidade populacional futura (hab/km <sup>2</sup> )		População de saturação - Ps	
			Das áreas já urbanizadas	Das áreas não urbanizadas		
1	Ponta da Juatinga	1,93%	0,00	1.025	10.000	811
2	Rio Paraty-Mirim	1,93%	-	1.730	10.000	116
3	Rio Perequê-Açú	1,93%	5,13	8.766	10.000	92.356
4	Rios Peqno e Barra Gde	1,93%	0,23	9.989	10.000	4.117
5	Rio Taquari	1,93%	1,37	8.766	10.000	22.890
6	Rio Mambucaba	2,89%	7,93	9.483	10.000	124.738
7	Rios Grataú e do Frade	2,89%	3,91	8.530	10.000	65.638
8	Rio Bracuí	2,89%	2,43	7.079	10.000	40.709
9	Rio Ariró	2,89%	0,52	5.786	10.000	9.146
10	Rio do Meio (Japuíba)	2,89%	10,62	11.644	10.000	206.769
11	Rio Jacuecanga	2,89%	5,16	7.425	10.000	96.335
12	Rio Jacareí	2,89%	1,65	9.403	10.000	27.453
13	Bacias da Ilha Grande	0,00%	-	6.649	-	5.710
14	Ilhas	0,00%	-	34.741	-	503
<b>Total Geral</b>			<b>38,95</b>	<b>7.792</b>		<b>697.291</b>

Fonte: Elaboração própria.

Notas:

- Áreas incorporáveis até 2040: o menor valor entre a área disponível para urbanização, e um valor igual a aplicação da taxa de crescimento estimada na coluna à esquerda sobre a área urbanizada fora de UCs e de APPs;
- Densidade populacional futura das áreas ainda não urbanizadas: densidade limite da população urbana nas áreas que serão urbanizadas no futuro;
- População de saturação: população total resultante do adensamento da saturação nas áreas urbanizadas e da expansão da área urbanizada, somada à população remanescente nas áreas urbanizadas dentro de UCs e de APPs.

Verifica-se que na maioria das UHPs o ponto de inflexão da Função Logística ajustada, a partir do que o crescimento ocorre com incrementos gradualmente atenuados, ainda não ocorreu, devido às hipóteses relacionadas à admissão de maior crescimento da área urbanizada, com maiores densidades da população urbana e menor ajuste da urbanização de UCs e APPs.. Exceções são a na UHP-1 da Ponta da Juatinga, na UHP-2 do Rio Paraty-Mirim, e nas UHPs fora do continente: 13 das Bacias da Ilha Grande e 14 das Ilhas, devido à não haver áreas urbanas a serem incorporadas. Também ocorrem na UHP-11 do Rio Japuíba, aquela com maior população na RH-I, devido a já estar fora da faixa de crescimento populacional acelerado, por diferentes fatores: melhores área já estarem ocupadas, custo dos imóveis, alta densidade populacional urbana.



Quadro 7.5 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Degradadas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP	Coeficientes estimados da Curva Logística			Ano de inflexão	Pop. de inflexão (hab.)	Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)				
	Pop Sat P <sub>s</sub> (hab.)	c	K <sub>1</sub>			2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030	
1	Ponta da Juatinga	811	2,294	-0,168	2011	405	798	823	784	799	808	1,6%	-1,0%	0,4%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	116	2,262	-0,173	2005	58	116	119	113	115	116	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
3	Rio Perequê-Açú	92.356	8,454	-0,068	2031	46.178	26.117	28.721	36.380	44.098	59.447	4,9%	4,8%	3,9%	3,0%
4	Rios Peqno e Barra Gde	4.117	5,097	-0,080	2020	2.058	1.852	2.013	2.437	2.816	3.410	4,3%	3,9%	2,9%	1,9%
5	Rio Taquari	22.890	17,109	-0,061	2047	11.445	3.325	3.687	4.817	6.071	9.120	5,3%	5,5%	4,7%	4,2%
6	Rio Mambucaba	124.738	7,086	-0,037	2052	62.369	26.375	28.189	32.924	37.637	48.092	3,4%	3,2%	2,7%	2,5%
7	Rios Grataú e do Frade	65.638	5,268	-0,037	2045	32.819	17.292	18.375	21.247	23.986	29.842	3,1%	2,9%	2,5%	2,2%
8	Rio Bracuí	40.709	7,620	-0,034	2059	20.355	7.777	8.276	9.628	10.948	13.903	3,2%	3,1%	2,6%	2,4%
9	Rio Ariró	9.146	6,291	-0,036	2052	4.573	2.068	2.200	2.552	2.892	3.636	3,1%	3,0%	2,5%	2,3%
10	Rio Japuíba	206.769	2,436	-0,048	2018	103.384	100.548	106.219	119.788	131.700	153.022	2,8%	2,4%	1,9%	1,5%
11	Rio Jacuecanga	96.335	4,042	-0,040	2035	48.168	31.643	33.576	38.584	43.257	52.795	3,0%	2,8%	2,3%	2,0%
12	Rio Jacareí	27.453	4,792	-0,046	2034	13.727	8.694	9.272	10.884	12.420	15.553	3,3%	3,3%	2,7%	2,3%
13	Bacias da Ilha Grande	5.710	0,818	-0,153	1999	2.855	5.710	5.833	5.609	5.663	5.700	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
14	Ilhas	503	0,840	-0,153	2001	252	503	514	494	499	502	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>697.291</b>					<b>232.818</b>	<b>247.819</b>	<b>286.240</b>	<b>322.899</b>	<b>395.945</b>	<b>3,2%</b>	<b>2,9%</b>	<b>2,4%</b>	<b>2,1%</b>

Fonte: Elaboração própria.



Quadro 7.6 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Degradadas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP		Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
		2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030
1	Ponta da Juatinga	798	823	784	799	808	1,6%	-1,0%	0,4%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	116	119	113	115	116	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
3	Rio Perequê-Açú	26.117	28.721	37.831	44.388	59.737	4,9%	5,7%	3,2%	3,0%
4	Rios Peqno e Barra Gde	1.852	2.013	2.540	2.837	3.430	4,3%	4,8%	2,2%	1,9%
5	Rio Taquari	3.325	3.687	5.001	6.108	9.157	5,3%	6,3%	4,1%	4,1%
6	Rio Mambucaba	26.375	28.189	44.283	39.909	50.364	3,4%	9,5%	-2,1%	2,4%
7	Rios Grataú e do Frade	17.292	18.375	28.694	25.476	31.332	3,1%	9,3%	-2,4%	2,1%
8	Rio Bracuí	7.777	8.276	10.061	11.034	13.989	3,2%	4,0%	1,9%	2,4%
9	Rio Ariró	2.068	2.200	2.667	2.915	3.659	3,1%	3,9%	1,8%	2,3%
10	Rio Japuíba	100.548	106.219	125.376	132.817	154.139	2,8%	3,4%	1,2%	1,5%
11	Rio Jacuecanga	31.643	33.576	40.343	43.608	53.147	3,0%	3,7%	1,6%	2,0%
12	Rio Jacareí	8.694	9.272	11.367	12.517	15.650	3,3%	4,2%	1,9%	2,3%
13	Bacias da Ilha Grande	5.710	5.833	5.609	5.663	5.700	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
14	Ilhas	503	514	494	499	502	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>232.818</b>	<b>247.819</b>	<b>315.164</b>	<b>328.684</b>	<b>401.730</b>	<b>3,2%</b>	<b>4,9%</b>	<b>0,8%</b>	<b>2,0%</b>

Fonte: Elaboração própria.



Neste cenário, a população total da RH-I atinge 396 mil habitantes em 2040, diante da população atual de 233 mil habitantes, com um incremento de cerca de 70%. As taxas geométricas anuais de crescimento da população urbana se reduzem dos atuais 4,0% (2018-2017), para 3,2% entre 2020-2018 até 2,1% entre 2040-2030.

Com relação ao efeito da obra de Angra 3 e a duplicação da rodovia BR 101 a suposição é que o efeito do aumento da população, no ponto máximo, seja verificado na cena de curto prazo, 2025, de acordo com as premissas deste cenário. O Quadro 7.3 mostra a evolução da população, no qual apenas os valores entre 2025 e 2040 são alterados. A população total da RH-I atinge neste ano 401 mil habitantes, um incremento de 73% em relação a 2018. Destaque para as UHPs 6 do Rio Mambucaba e 7 dos Rios Grataú e do Frade, cujo aumento populacional é de 91% (de 26 mil em 2018 para 50 mil em 2040) e 81% (de 17 mil em 2018 a 31 mil em 2040), respectivamente. Algo que tem potencial de gerar problemas ambientais e sociais relevantes, caso não sejam implementadas medidas mitigadoras efetivas, especialmente relacionadas ao saneamento básico.

#### 7.1.4. Cenário “Águas Protegidas”

Para este cenário, no qual existem preocupações maiores com a sustentabilidade em relação aos anteriores, as hipóteses adotadas foram:

1. Expansão da urbanização em áreas sem restrições legais: as áreas de expansão da urbanização até 2040 foram estimadas aplicando-se uma taxa de aumento da área urbanizada igual a 1/3 e a 1/2 da taxa de crescimento do período entre 1985 e 2016 (3,85% a. a.), conforme apresentado no Quadro 6.4, respectivamente para as UHPs situadas no município de Paraty, e nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, limitadas às áreas que podem ser legalmente urbanizadas, de acordo com o Quadro 6.2. Nas UHPs 13 – Bacias da Ilha Grande e 14 – Ilhas, não existem áreas disponíveis para urbanização e a taxa de crescimento é zero. Estas hipóteses são as mesmas adotadas no Cenário Águas Revoltas. A densidade populacional máxima nestas áreas de expansão urbana, porém, será de 2.500 hab./km<sup>2</sup>, 25% da densidade de bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m<sup>2</sup>, em São Paulo, segundo o Quadro 6.3.

A justificativa é a mesma apresentada no Cenário Águas Revoltas: a maior industrialização dos municípios de Angra dos Reis e de Mangaratiba, e a maior disponibilidade de áreas sem restrições à urbanização, tornaria potencialmente maior as suas expansões urbanas do que no município de Paraty. Foi mantido o entendimento de que a taxa de urbanização tende a se reduzir



gradualmente com o tempo por já terem sido ocupadas as áreas com maiores vantagens comparativas. A densidade populacional foi reduzida em relação aos demais cenários em função de ações municipais voltadas a proteger a qualidade de vida regional.

2. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas sem restrições legais: foi estabelecida como a densidade máxima entre atual (2018) e 5.000 hab./km<sup>2</sup>, metade da densidade de bairros residenciais de luxo, com lote padrão de 800 m<sup>2</sup>, em São Paulo segundo o Quadro 6.3. Novamente, entende-se que os municípios sejam mais rigorosos quanto ao adensamento populacional, buscando reduzi-lo, especialmente em UHPs onde as taxas ainda são inferiores à 5.000 hab./km<sup>2</sup>.
3. Densidade populacional máxima das áreas atualmente urbanizadas com restrições legais: estas áreas, situadas em UCs ou em APPs, deverão ter suas densidades populacionais reduzidas em 50% em relação à densidade atual (2018), devido a programas de regularização que serão implementados neste cenário, de forma mais rigorosa do que nos cenários previamente analisados.

O Quadro 7.7 resume as hipóteses adotadas para cada UHP e apresenta as respectivas populações de saturação. Os coeficientes, populações projetadas e taxas geométricas de crescimento anual em cada UHP foram calculados como antes, e os resultados são apresentados no Quadro 7.8.

Verifica-se as inflexões nas funções logísticas populacionais já ocorreram em todas as UHPs, com a única exceção da UHP-5 do Rio Taquari, onde ocorrerá em 2021. Isto leva a um crescimento populacional a incrementos gradualmente atenuados. Isto devido às políticas de ordenamento territoriais restritivas quanto ao aumento do adensamento da população urbana.

Neste cenário, a população total da RH-I experimenta um incremento total de cerca de apenas 15% até 2040, atingindo o valor de 280 mil habitantes, diante da população atual de 233 mil habitantes, sendo consideravelmente inferior às populações totais do demais cenários (324 mil e 396 mil, respectivamente para os Cenários “Águas Revoltas” e “Águas Degradadas”). As taxas geométricas de crescimento anual da população urbana se reduzem dos atuais 4,0% (2018-2017), para 1,8% entre 2020-2018 até 0,4% entre 2040-2030.

Com as obras de Angra 3 , prevista no curto prazo, de acordo com a previsão do Ministério de Minas e Energia, e a duplicação da Rio-Santos, realizada de forma simultânea, a população total da RH-I atinge, em 2025, 276 mil habitantes, um incremento de 19% em relação a 2018. A partir daí se reduz com o término da obra da Usina Angra 3, para 262 mil em 2030 voltando a crescer para 274 mil até 2040, devido ao crescimento projetado da população, conforme anotado



no Quadro 7.9. As populações das UHPs 6 do Rio Mambucaba e 7 dos Rios Grataú e Frade aumentam respectivamente 59% e 54% entre 2018 e 2025.

Quadro 7.7 – Estimativa da População de Saturação no Cenário “Águas Protegidas”.

UHP	Nome da UHP	Taxa anual crescimento área urbanizada (%)	Áreas urbanas incorporáveis até 2040 (Km <sup>2</sup> )	Densidade populacional futura (hab/km <sup>2</sup> )		População de saturação - Ps
				Das áreas já urbanizadas	Das áreas não urbanizadas	
1	Ponta da Juatinga	1,29%	0,00	512	2.500	798
2	Rio Paraty-Mirim	1,29%	-	865	2.500	116
3	Rio Perequê-Açú	1,29%	4,45	4.802	2.500	33.637
4	Rios Peqno e Barra Gde	1,29%	0,20	8.929	2.500	2.154
5	Rio Taquari	1,29%	1,19	4.798	2.500	7.578
6	Rio Mambucaba	1,93%	6,45	5.191	2.500	40.981
7	Rios Grataú e do Frade	1,93%	3,18	4.634	2.500	22.375
8	Rio Bracuí	1,93%	1,98	3.539	2.500	13.141
9	Rio Ariró	1,93%	0,42	2.893	2.500	3.044
10	Rio Japuíba	1,93%	1,35	6.601	2.500	11.020
11	Rio Jacuecanga	1,93%	8,64	9.648	2.500	104.895
12	Rio Jacareí	1,93%	4,20	3.828	2.500	33.550
13	Bacias da Ilha Grande	0,00%	-	3.325	-	5.710
14	Ilhas	0,00%	-	17.370	-	503
	<b>Total Geral</b>		<b>32,03</b>	<b>4.516</b>		<b>279.462</b>

Fonte: Elaboração própria.

Notas:

- Áreas incorporáveis até 2040: o menor valor entre a área disponível para urbanização, e um valor igual a aplicação da taxa de crescimento estimada na coluna à esquerda sobre a área urbanizada fora de UCs e de APPs;;
- Densidade populacional futura das áreas ainda não urbanizadas: densidade limite da população urbana nas áreas que serão urbanizadas no futuro;
- População de saturação: população total resultante do adensamento da saturação nas áreas urbanizadas e da expansão da área urbanizada, somada à população remanescente nas áreas urbanizadas dentro de UCs e de APPs.



Quadro 7.8 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Protegidas” sem a Usina Nuclear Angra 3 e a duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP	Coeficientes estimados da Curva Logística			Ano de inflexão	Pop. de inflexão (hab.)	Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)				
	Pop Sat P <sub>s</sub> (hab.)	c	K <sub>1</sub>			2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030	
1	Ponta da Juatinga	798	2,262	-0,173	2011	399	798	821	774	788	796	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	116	2,262	-0,173	2005	58	116	119	113	115	116	1,5%	-1,2%	0,3%	0,1%
3	Rio Perequê-Açú	33.637	2,838	-0,120	2009	16.819	26.117	27.572	29.488	31.228	32.874	2,7%	1,4%	1,2%	0,5%
4	Rios Peqno e Barra Gde	2.154	2,576	-0,137	2007	1.077	1.852	1.938	1.986	2.066	2.131	2,3%	0,5%	0,8%	0,3%
5	Rio Taquari	7.578	5,240	-0,079	2021	3.789	3.325	3.617	4.394	5.093	6.206	4,3%	4,0%	3,0%	2,0%
6	Rio Mambucaba	40.981	1,737	-0,065	2009	20.490	26.375	27.787	30.509	32.832	36.274	2,6%	1,9%	1,5%	1,0%
7	Rios Grataú e do Frade	22.375	1,229	-0,080	2003	11.188	17.292	18.028	19.167	20.115	21.297	2,1%	1,2%	1,0%	0,6%
8	Rio Bracuí	13.141	1,847	-0,057	2011	6.571	7.777	8.184	9.076	9.826	11.030	2,6%	2,1%	1,6%	1,2%
9	Rio Ariró	3.044	1,502	-0,066	2006	1.522	2.068	2.168	2.362	2.521	2.749	2,4%	1,7%	1,3%	0,9%
10	Rio Jacareí	104.895	0,874	-0,133	1999	52.447	100.548	103.198	101.660	103.202	104.439	1,3%	-0,3%	0,3%	0,1%
11	Rio Japuíba	33.550	0,896	-0,126	1999	16.775	31.643	32.530	32.310	32.878	33.357	1,4%	-0,1%	0,3%	0,1%
12	Rio Jacuecanga	11.020	1,445	-0,091	2004	5.510	8.694	9.056	9.587	10.064	10.613	2,1%	1,1%	1,0%	0,5%
13	Bacias da Ilha Grande	5.710	0,818	-0,153	1999	2.855	5.710	5.833	5.609	5.663	5.700	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
14	Ilhas	503	0,840	-0,153	2001	252	503	514	494	499	502	1,1%	-0,8%	0,2%	0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>279.503</b>					<b>232.818</b>	<b>241.367</b>	<b>247.529</b>	<b>256.888</b>	<b>268.084</b>	<b>1,8%</b>	<b>0,5%</b>	<b>0,7%</b>	<b>0,4%</b>

Fonte: Elaboração própria.





Quadro 7.9 – Projeção da população urbana no Cenário “Águas Protegidas” com a Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos.

UHP		Populações urbanas por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
		2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030
1	Ponta da Juatinga	798	821	781	789	797	1,5%	-1,0%	0,2%	0,1%
2	Rio Paraty-Mirim	116	119	118	116	117	1,5%	-0,3%	-0,3%	0,1%
3	Rio Perequê-Açú	26.117	27.572	30.913	31.513	33.159	2,7%	2,3%	0,4%	0,5%
4	Rios Peqno e Barra Gde	1.852	1.938	2.087	2.086	2.151	2,3%	1,5%	0,0%	0,3%
5	Rio Taquari	3.325	3.617	4.576	5.130	6.242	4,3%	4,8%	2,3%	2,0%
6	Rio Mambucaba	26.375	27.787	41.842	35.099	38.540	2,6%	8,5%	-3,5%	0,9%
7	Rios Grataú e do Frade	17.292	18.028	26.597	21.601	22.783	2,1%	8,1%	-4,1%	0,5%
8	Rio Bracuí	7.777	8.184	9.500	9.911	11.115	2,6%	3,0%	0,8%	1,2%
9	Rio Ariró	2.068	2.168	2.475	2.543	2.772	2,4%	2,7%	0,5%	0,9%
10	Rio Japuiba	100.548	103.198	107.147	104.299	105.537	1,3%	0,8%	-0,5%	0,1%
11	Rio Jacuecanga	31.643	32.530	34.037	33.224	33.702	1,4%	0,9%	-0,5%	0,1%
12	Rio Jacareí	8.694	9.056	10.061	10.159	10.708	2,1%	2,1%	0,2%	0,5%
13	Bacias da Ilha Grande	5.710	5.833	5.791	5.699	5.736	1,1%	-0,1%	-0,3%	0,1%
14	Ilhas	503	514	510	502	505	1,1%	-0,2%	-0,3%	0,1%
<b>TOTAL</b>		<b>232.818</b>	<b>241.367</b>	<b>276.434</b>	<b>262.670</b>	<b>273.865</b>	<b>1,8%</b>	<b>2,8%</b>	<b>-1,0%</b>	<b>0,4%</b>

Fonte: Elaboração próp



## 7.2. POPULAÇÃO RURAL

A população rural representou em 2018 apenas 6,2% da população total da RH I. Portanto, como foi avaliado previamente, a demanda hídrica na RH I é eminentemente urbana. Nas UHPs da Ponta da Juatinga (UHP-1), do Rio Ariró (UHP-9) e do Rio Paraty-Mirim (UHP-2) e, também, na das Ilhas, as populações rurais são significativas em relação às urbanas, embora pouco expressivas ante a população total da RH I (ver Quadro 5.4).

Para fins de projeção da população rural foi adotada a hipótese de que sua dinâmica não é significativamente afetada pelos cenários futuros da bacia, a ponto de promover alterações destacáveis nos balanços hídricos. Várias são as razões, entre as quais se destacam a reduzida população rural e a pouco expressiva produção agrícola. O processo de êxodo rural (ou a conversão de áreas rurais em urbanas, que leva ao êxodo, ou à redução da população rural) na RH-I foi cumprido, sendo que apenas algumas de suas UHPs apresentam incremento de sua população rural: aquelas na região de influência do município de Angra dos Reis.

Desta forma, é suposto que independente do cenário a projeção da população rural será a mesma, consequência de sua dinâmica própria, que não é significativamente afetada em termos de balanço hídrico pelos cenários futuros.

O problema de se projetar a população rural é que as técnicas usuais, como a da curva logística, não se aplicam, pois esta exige uma série crescente de valores. Devido ao crescimento negativo da população rural, ao se realizar projeções tendenciais existe a possibilidade de ser obtido valor negativo, nas cenas mais distantes. Diante disto, foi realizada a projeção dos logaritmos dos valores populacionais, usando a versão AAA (erro aditivo, tendência aditiva e sazonalidade aditiva) do algoritmo de suavização exponencial tripla ETS (Exponencial Triple Smoothing) para projeções de séries temporais que é disponível no programa MS Excel®.

Os antilogaritmos dos valores projetados foram obtidos e são reproduzidos no Quadro 7.10. Não foram detectadas sazonalidades, mas tendências. Os resultados mostram uma população rural decrescente até 2040 na RH I, especialmente nas UHPs onde é maior a influência do município de Paraty. Com destaque para a UHP-2 - de Paraty-Mirim cuja população rural se reduz em 2040 a quase 1/3 da população em 2018. Na UHP-6 - Rio Mambucaba também é reduzida a população rural, embora não seja muito expressiva.

Nas UHPs que são influenciadas pelos municípios de Angra dos Reis ocorre uma tendência de crescimento modesto da população rural, com taxas de 0,6% a. a. Na UHP onde a influência do município de Mangaratiba é maior, UHP -12 do Rio Jacareí, o crescimento é positivo no curto



prazo, tornando-se negativo no médio e longo prazos, com valores igualmente modestos de suas taxas.

Quadro 7.10 – Projeção da população rural em todos os cenários.

UHPs		Populações rurais por UHP (hab.)					Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
		2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2010	2030-2025	2040-2030
1	Ponta da Juatinga	1740	1549	1117	805	400	-5,7%	-6,3%	-6,3%	-6,8%
2	Rio Paraty-Mirim	3052	2817	2217	1764	1070	-3,9%	-4,7%	-4,5%	-4,9%
3	Rio Perequê-Açú	1869	1725	1358	1080	655	-3,9%	-4,7%	-4,5%	-4,9%
4	R. Pqno /BarraGde	441	407	321	255	155	-3,9%	-4,7%	-4,5%	-4,9%
5	Rio Taquari	52	48	38	30	18	-3,9%	-4,7%	-4,5%	-4,9%
6	Rio Mambucaba	578	551	475	414	304	-2,4%	-2,9%	-2,7%	-3,0%
7	R. Grataú / Frade	5	5	6	6	6	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
8	Rio Bracuí	1776	1798	1856	1915	2039	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
9	Rio Ariró	3375	3416	3525	3638	3873	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
10	R.Meio (Japuiba)	61	62	64	66	70	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
11	Rio Jacuecanga	1100	1114	1149	1186	1263	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
12	Rio Jacareí	38	39	39	38	37	1,0%	0,1%	-0,5%	-0,4%
13	Bacias Ilha Grande	125	126	130	134	143	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
14	Ilhas	474	437	344	274	166	-3,9%	-4,7%	-4,5%	-4,9%
<b>Totais</b>		<b>14.687</b>	<b>14.093</b>	<b>12.639</b>	<b>11.605</b>	<b>10.198</b>	<b>-2,0%</b>	<b>-2,2%</b>	<b>-1,7%</b>	<b>-1,3%</b>

Fonte: elaboração própria.

### 7.3. INDÚSTRIA

Este é o setor que mais demanda água na RH-I após o abastecimento humano, com 20% do total valores estimados para 2018 (ver Quadro 5.1). Não se tem uma série de demandas hídricas deste setor, mas estimativas tendo por base informações indiretas, relacionadas ao ano 2018, tendo por base as VAB industriais em 2016, e apresentadas no Relatório das Demandas Hídricas (RD08).

O problema da correlação entre as VABs Industriais e o uso de água na indústria é que na RH-I grande parte do valor adicionado por este setor decorre de atividades em alto mar ou na orla, sem uso significativo de água doce.

Outro problema é a heterogeneidade do setor industrial na RH-I. Existem grandes indústrias, ou empreendimentos que são contabilizados no setor, como o Complexo Nuclear de Angra dos Reis, e as instalações navais e portuárias do Terminal Portuário de Angra dos Reis e do Terminal Marítimo da Baía da Ilha Grande (TEBIG), e o Estaleiro Brasfels. A água doce utilizada nestes processos resume-se às necessidades humanas: dessedentação, higiene e alimentação, pois no processo produtivo em si usa-se geralmente água do mar (por exemplo, para resfriar os reatores nucleares). Existem também pequenas indústrias de gelo, de



beneficiamento de pescados e de cachaça, com uso relativamente maior de água, por valor adicionado.

Adicione-se a estas dificuldades as variações dos preços de mercado dos principais produtos da RH-I, seja por manipulações do mercado mundial (petróleo), seja por políticas de preço dos governos (combustíveis, energia elétrica etc., que alteram o VAB Industrial sem que o uso de água por unidade produzida seja alterado.

Também, existe a captação de água doce por navios que são ancorados nos portos regionais, que podem ser significativas no momento do abastecimento, mas julga-se que deveria haver uma maior movimentação portuária para que afetasse o balanço hídrico. Trata-se de uma questão a ser verificada em maiores detalhes.

Sendo assim, o estabelecimento de uma correlação entre os VABs Industriais e as demandas hídricas carece de precisão. Devido a isto, as séries dos VABs Industriais, apresentadas no Cap. 5 - Variáveis Correlacionadas com as Demandas Hídricas Consuntivas da RH-I, não foram consideradas válidas para obter as projeções das demandas hídricas industriais, como é usual.

A alternativa adotada foi supor que até 2040 as demandas hídricas em cada UHP da RH-I cresceriam igualmente, em função de projeções das taxas de crescimento dos setores industriais, realizadas em estudos macroeconômicos mais recentes.

Um destes estudos mais consistentes foi realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para o Plano Nacional de Energia - 2050, e que foi publicado em dezembro de 2018 (EPE, 2018). Neste estudo foram considerados dois cenários econômicos nacionais cujas características básicas são apresentadas no Quadro 7.11.

Quadro 7.11 – Características dos Cenários Econômicos Nacionais do EPE (2018).

Pontos críticos	Cenário Inferior	Cenário Superior
<b>Reformas</b>	Reformas paliativas que não provocam mudanças estruturais importantes.	Reformas estruturais significativas
<b>Investimentos</b>	Os investimentos não alcançam taxas altas em virtude da instabilidade da economia	Melhor ambiente de negócios e maior estabilidade econômica permitem maiores investimentos, com destaque para infraestrutura
<b>Produtividade total dos fatores</b>	Ganhos limitados de produtividade	Fortes ganhos de produtividade
<b>Contas Públicas</b>	Dificuldade de realizar superávits primários significativos fazem com que a relação DLSP/PIB seja crescente	Superávits primários significativos e trajetória de juros mais favorável permitem uma redução da relação DLSP/PIB.



Pontos críticos	Cenário Inferior	Cenário Superior
<b>Competitividade dos bens e serviços nacionais</b>	Reduz, sem os avanços necessários para reduzir o "custo Brasil".	Aumenta, em função das reformas microeconômicas, da maior qualificação da mão de obra, e do melhor ambiente de negócios.
<b>Estrutura produtiva nacional</b>	Mantém o perfil básico da produção industrial.	Avança a participação de setores com maior conteúdo tecnológico.
<b>Defasagem tecnológica</b>	Amplia, sem avanços em PDI, deficiência de mão-de-obra qualificada e sem o desenvolvimento de setores de maior grau tecnológico.	Reduz de forma moderada, com avanço pontuais em alguns setores onde há vocação natural para o país.

Fonte: EPE (2018)

Nota: DLSP – Dívida líquida do Setor Público; PIB – Produto Interno Bruto, PDI – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

O Cenário Inferior pode ser associado ao Cenário Águas Revoltas, onde não ocorrem mudanças substantivas e o Cenário Nacional Brasil 2035 do IPEA (2017) seria o “Vai Levando”. O Cenário Superior pode ser associado ao Cenário “Águas Degradadas” que se reporta ao Cenário “Crescer é o Lema” do Brasil 203. O Cenário “Águas Protegidas” se reporta aos Cenários “Novo Pacto Social” e “Construção” do Brasil 2035. Nestes dois cenários da RH-I em que ocorrem crescimentos econômicos, as premissas do Cenário Superior podem ser aplicadas, sendo que as diferenças ocorrem apenas no que se refere às dimensões sociais e ambientais do crescimento. No Cenário “Águas Protegidas” elas são consideradas e, embora às custas de um crescimento menor, ele é sustentável no longo prazo, além de 2040. No Cenário “Águas Degradadas” o crescimento ocorre, mas não é sustentável no longo prazo, além de 2040.

As taxas anuais de crescimento projetadas pela EPE para cada macrossetor são apresentadas no Quadro 7.12. A abordagem realizada foi adaptar as taxas referentes ao crescimento do setor industrial dos cenários do EPE aos cenários do PRH-BIG, conforme é apresentado no Quadro 7.13. Entende-se que, por preocupações ambientais, as taxas de crescimento industrial do Cenário “Águas Protegidas” devem ser inferiores às do Cenário “Águas Degradadas”, ambas superando as do Cenário “Águas Revoltas”. Assim, foram consideradas as taxas de crescimento da indústria nas prospecções da EPE para estabelecer as taxas de crescimento dos Cenários “Águas Revoltas” (Cenário Inferior da EPE) e “Águas Degradadas” (Cenário Superior da EPE). As taxas do Cenário “Águas Protegidas” foram estabelecidas com valores intermediários.

Quadro 7.12 – Taxas de crescimento dos macrossetores econômicos em cada cenário do EPE (2018).

Setores	Cenários	Até 2030		2030-2040	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
Setor primário – agropecuário		2,7%	3,5%	2,6%	3,9%
Setor secundário – indústria		1,2%	2,5%	1,7%	2,9%
Setor terciário - serviços		1,3%	2,8%	2,1%	3,6%

Fonte: EPE (2018).



Quadro 7.13 – Taxas de crescimento das demandas hídricas industriais na RH-I.

Cenários	Até 2030			2030-2040		
	Águas Revoltas	Águas Degradadas	Águas Protegidas	Águas Revoltas	Águas Degradadas	Águas Protegidas
Setor secundário – indústria	1,2%	2,5%	2,0%	1,7%	2,9%	2,5%

Fonte: Elaboração própria tendo por base EPE (2018).

### 7.3.1. Cenário Águas Revoltas

Para o cenário “Águas Revoltas” entendeu-se que as taxas de crescimento do setor industrial no Cenário Inferior seriam aplicáveis nos médio e longo prazos. Isto significa a manutenção da intensidade hídrica de consumo como na cena atual, e que foi usada para estimar as demandas hídricas no Relatório das Demandas Hídricas (RD08). O Quadro 7.14 apresenta as projeções das demandas hídricas em cada UHP.

Quadro 7.14 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Revoltas”.

UHP		Demandas hídricas industriais (l/s)					
		2018	2020	2025	2030	2040	
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)				
			1,2%	1,2%	1,2%	1,7%	
1	Ponta da Juatinga	10,88	11,1	11,8	12,6	14,9	
2	Rio Paraty-Mirim	10,65	10,9	11,6	12,3	14,5	
3	Rio Perequê-Açú	56,85	58,2	61,8	65,6	77,6	
4	Rios Pequeno e Barra Grande	5,11	5,2	5,6	5,9	7,0	
5	Rio Taquari	22,73	23,3	24,7	26,2	31,0	
6	Rio Mambucaba	35,87	36,7	39,0	41,4	49,0	
7	Rios Grataú e do Frade	27,13	27,8	29,5	31,3	37,1	
8	Rio Bracuí	24,65	25,2	26,8	28,4	33,7	
9	Rio Ariró	28,71	29,4	31,2	33,1	39,2	
10	Rio Jacareí	13,08	13,4	14,2	15,1	17,9	
11	Rio do Meio (Japuíba)	73,16	74,9	79,5	84,4	99,9	
12	Rio Jacuecanga	45,74	46,8	49,7	52,8	62,5	
<b>TOTAL</b>		<b>354,56</b>	<b>363,12</b>	<b>385,43</b>	<b>409,12</b>	<b>484,24</b>	

Fonte: Elaboração própria.

### 7.3.2. Cenário Águas Degradadas

Para o Cenário “Águas Degradadas” manteve-se as taxas de crescimento do setor industrial no Cenário Superior se aplicam à RH-I, sendo, portanto, mantida a mesma intensidade hídrica de consumo. Os resultados são apresentados no Quadro 7.15.



### 7.3.3. Cenário Águas Protegidas

Apenas no Cenário “Águas Protegidas” as taxas de crescimento das demandas hídricas foram estabelecidas em patamares inferiores às do Cenário Superior do EPE, devido a se entender que nesta situação seriam promovidos aumentos de eficiência no uso de água, uma das suas características relacionada a preocupação ambientais. As demandas hídricas encontram-se no Quadro 7.16.

Quadro 7.15 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Degradadas”.

UHP		Demandas hídricas industriais (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			2,5%	2,5%	2,5%	2,9%
1	Ponta da Juatinga	10,88	11,4	12,9	14,6	19,5
2	Rio Paraty-Mirim	10,65	11,2	12,7	14,3	19,1
3	Rio Perequê-Açú	56,85	59,7	67,6	76,5	101,8
4	Rios Pequeno e Barra Grande	5,11	5,4	6,1	6,9	9,1
5	Rio Taquari	22,73	23,9	27,0	30,6	40,7
6	Rio Mambucaba	35,87	37,7	42,6	48,2	64,2
7	Rios Grataú e do Frade	27,13	28,5	32,2	36,5	48,6
8	Rio Bracuí	24,65	25,9	29,3	33,2	44,1
9	Rio Ariró	28,71	30,2	34,1	38,6	51,4
10	Rio Jacareí	13,08	13,7	15,5	17,6	23,4
11	Rio do Meio (Japuíba)	73,16	76,9	87,0	98,4	131,0
12	Rio Jacuecanga	45,74	48,1	54,4	61,5	81,9
<b>TOTAL</b>		<b>354,56</b>	<b>372,51</b>	<b>421,46</b>	<b>476,84</b>	<b>634,64</b>

Fonte: Elaboração própria.



Quadro 7.16 – Projeção das demandas hídricas industriais no Cenário “Águas Protegidas”.

UHP		Demandas hídricas industriais (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			2,0%	2,0%	2,0%	2,5%
1	Ponta da Juatinga	10,88	11,3	12,5	13,8	17,7
2	Rio Paraty-Mirim	10,65	11,1	12,2	13,5	17,3
3	Rio Perequê-Açú	56,85	59,1	65,3	72,1	92,3
4	Rios Pequeno e Barra Grande	5,11	5,3	5,9	6,5	8,3
5	Rio Taquari	22,73	23,6	26,1	28,8	36,9
6	Rio Mambucaba	35,87	37,3	41,2	45,5	58,2
7	Rios Grataú e do Frade	27,13	28,2	31,2	34,4	44,0
8	Rio Bracuí	24,65	25,6	28,3	31,3	40,0
9	Rio Ariró	28,71	29,9	33,0	36,4	46,6
10	Rio Jacareí	13,08	13,6	15,0	16,6	21,2
11	Rio do Meio (Japuíba)	73,16	76,1	84,0	92,8	118,8
12	Rio Jacuecanga	45,74	47,6	52,5	58,0	74,3
<b>TOTAL</b>		<b>354,56</b>	<b>368,88</b>	<b>407,28</b>	<b>449,67</b>	<b>575,61</b>

Fonte: Elaboração própria.





## 7.4. MINERAÇÃO

Para a projeção das demandas hídricas na mineração foram adotadas as mesmas hipóteses que foram usadas para projeção das demandas hídricas industriais, uma vez que esta atividade é considerada como indústria extrativa. Os resultados são apresentados do Quadro 7.17 ao Quadro 7.19.

Quadro 7.17 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Revoltas”.

UHP		Demandas hídricas minerárias (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			1,2%	1,2%	1,2%	1,7%
1	Ponta da Juatinga	-	-	-	-	-
2	Rio Paraty-Mirim	-	-	-	-	-
3	Rio Perequê-Açú	16,24	16,6	17,7	18,7	22,2
4	Rios Pequeno e Barra Grande	-	-	-	-	-
5	Rio Taquari	-	-	-	-	-
6	Rio Mambucaba	-	-	-	-	-
7	Rios Grataú e do Frade	-	-	-	-	-
8	Rio Bracuí	3,16	3,2	3,4	3,6	4,3
9	Rio Ariró	-	-	-	-	-
10	Rio Jacareí	-	-	-	-	-
11	Rio do Meio (Japuiba)	-	-	-	-	-
12	Rio Jacuecanga	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>19,40</b>	<b>19,87</b>	<b>21,09</b>	<b>22,39</b>	<b>26,50</b>

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 7.18 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Degradadas”.

UHP		Demandas hídricas minerárias (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			2,5%	2,5%	2,5%	2,9%
1	Ponta da Juatinga	-	-	-	-	-
2	Rio Paraty-Mirim	-	-	-	-	-
3	Rio Perequê-Açú	16,24	17,1	19,3	21,8	29,1
4	Rios Pequeno e Barra Grande	-	-	-	-	-
5	Rio Taquari	-	-	-	-	-
6	Rio Mambucaba	-	-	-	-	-
7	Rios Grataú e do Frade	-	-	-	-	-
8	Rio Bracuí	3,16	3,3	3,8	4,2	5,7
9	Rio Ariró	-	-	-	-	-
10	Rio Jacareí	-	-	-	-	-
11	Rio do Meio (Japuiba)	-	-	-	-	-
12	Rio Jacuecanga	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>19,40</b>	<b>20,38</b>	<b>23,06</b>	<b>26,09</b>	<b>34,72</b>

Fonte: Elaboração própria.



Quadro 7.19 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Protegidas”.

UHP		Demandas hídricas minerárias (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			2,0%	2,0%	2,0%	2,5%
1	Ponta da Juatinga	-	-	-	-	-
2	Rio Paraty-Mirim	-	-	-	-	-
3	Rio Perequê-Açú	16,24	16,9	18,7	20,6	26,4
4	Rios Pequeno e Barra Grande	-	-	-	-	-
5	Rio Taquari	-	-	-	-	-
6	Rio Mambucaba	-	-	-	-	-
7	Rios Grataú e do Frade	-	-	-	-	-
8	Rio Bracuí	3,16	3,3	3,6	4,0	5,1
9	Rio Ariró	-	-	-	-	-
10	Rio Jacareí	-	-	-	-	-
11	Rio do Meio (Japuíba)	-	-	-	-	-
12	Rio Jacuecanga	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>19,40</b>	<b>20,18</b>	<b>22,28</b>	<b>24,60</b>	<b>31,50</b>

Fonte: Elaboração própria.

## 7.5. AQUICULTURA

A aquicultura de água doce é um uso de água que ocorre apenas na UHP-9 - Rio Ariró. Isto se deve a fatores que propiciam esta atividade. Será suposto que o arranjo produtivo instalado para esta atividade se constitua uma vantagem comparativa que determinará que apenas nesta UHP seja praticada esta atividade nas cenas futuras de qualquer cenário. Na falta de séries que possam orientar as projeções desta atividade, entendeu-se que as taxas de crescimento do setor agropecuário prospectadas pela EPE (2018) possam ser aplicadas. Entendeu-se também que os Cenários “Águas Degradadas” e “Águas Protegidas” teriam o mesmo incremento de uso de água, devido à dificuldade de aumento da eficiência hídrica desta atividade produtiva. O Quadro 7.20 apresenta as taxas de crescimento das demandas hídricas na aquicultura na RH-I.

Quadro 7.20 – Taxas de crescimento das demandas hídricas na aquicultura na RH-I.

Cenários	Até 2030		2030-2040	
	Águas Revoltas	Águas Degradadas e Águas Protegidas	Águas Revoltas	Águas Degradadas e Águas Protegidas
Setor secundário indústria	2,7%	2,6%	3,5%	3,9%

Fonte: Elaboração própria tendo por base EPE (2018).

O Quadro 7.21 apresenta a projeção das demandas hídricas no Cenário “Águas Revoltas” e no Quadro 7.22 as projeções dos Cenários “Águas Degradadas” e “Águas Protegidas”.



Quadro 7.21 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Revoltas”.

UHP		Demandas hídricas minerárias (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			2,7%	2,7%	2,7%	2,6%
1	Ponta da Juatinga	-	-	-	-	-
2	Rio Paraty-Mirim	-	-	-	-	-
3	Rio Perequê-Açú	-	-	-	-	-
4	Rios Pequeno e Barra Grande	-	-	-	-	-
5	Rio Taquari	-	-	-	-	-
6	Rio Mambucaba	-	-	-	-	-
7	Rios Grataú e do Frade	-	-	-	-	-
8	Rio Bracuí	-	-	-	-	-
9	Rio Ariró	84,8	89,4	102,2	116,7	150,9
10	Rio Jacareí	-	-	-	-	-
11	Rio do Meio (Japuíba)	-	-	-	-	-
12	Rio Jacuecanga	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>84,8</b>	<b>89,4</b>	<b>102,2</b>	<b>116,7</b>	<b>150,9</b>

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 7.22 – Projeção das demandas hídricas minerárias no Cenário “Águas Degradadas” e “Águas Protegidas”

UHP		Demandas hídricas minerárias (l/s)				
		2018	2020	2025	2030	2040
			Taxas geométricas de crescimento anual (%)			
			3,5%	3,5%	2,5%	3,9%
1	Ponta da Juatinga	-	-	-	-	-
2	Rio Paraty-Mirim	-	-	-	-	-
3	Rio Perequê-Açú	-	-	-	-	-
4	Rios Pequeno e Barra Grande	-	-	-	-	-
5	Rio Taquari	-	-	-	-	-
6	Rio Mambucaba	-	-	-	-	-
7	Rios Grataú e do Frade	-	-	-	-	-
8	Rio Bracuí	-	-	-	-	-
9	Rio Ariró	84,8	90,8	107,9	122,1	179,0
10	Rio Jacareí	-	-	-	-	-
11	Rio do Meio (Japuíba)	-	-	-	-	-
12	Rio Jacuecanga	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>84,8</b>	<b>90,8</b>	<b>107,9</b>	<b>122,1</b>	<b>179,0</b>

Fonte: Elaboração própria.



## 7.6. CRIAÇÃO ANIMAL

A demanda hídrica da criação de animais, embora inexpressiva face às demandas anteriormente consideradas, é de importância para a população rural, como uma das atividades com que pode contar para sua subsistência. Pelas mesmas razões que foram aplicadas na projeção da população rural, foi adotada a hipótese de que a dinâmica da criação animal não é significativamente afetada, a ponto de promover alterações destacáveis nos balanços hídricos, pelos cenários futuros da bacia.

Para suas projeções em todos os cenários aplicou-se diretamente a versão AAA do algoritmo de suavização exponencial tripla, que faz parte do programa MS Excel®. Os valores das estimativas de demandas hídricas da criação de animais, usando as taxas de uso apresentadas no Quadro 5.2, são apresentadas no Quadro 7.23. Como se explica na nota ao pé do quadro, os valores em vermelho correspondem aos valores de demandas que são inferiores aos do ano imediatamente anterior. Isto ocorreu nos anos com valores históricos de rebanho a ciclos de 2 (2002 e 2004), 3 (2004 a 2007 e 2011 a 2014), 4 (2007 a 2011) e 5 (2002 a 2007) anos. Isto foi modelado pelo algoritmo como ciclos de 2 anos de decréscimo seguidos de 2 anos de acréscimos nas demandas hídricas, especialmente a partir de 2024, como mostra o Quadro 7.24 e o Quadro 7.25. O Quadro 7.26 apresenta os valores de demanda hídrica animal para 2018 e 2020, e para as cenas de curto (2025), médio (2030) e longo (2040) prazos.

Estas sazonalidades têm coerência com a atividade pecuária. Observa-se, especialmente entre os bovinos de corte, rebanho com maior demanda de água, um comportamento cíclico que pode ser explicado com a lógica da Figura 7.1. Considerando que uma vaca entra em produção aos dois anos, a ciclicidade pode ser explicada por este fator.



Quadro 7.23 – Valores estimados para as demandas hídricas da criação animal com base nos valores históricos dos rebanhos (l/s).

UHP		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Ponta da Juatinga	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,19	0,22	0,21	0,17	0,17	0,16	0,25	0,18	0,14	0,17	0,18
2	Rio Paraty-Mirim	0,50	0,49	0,47	0,49	0,53	0,56	0,54	0,46	0,55	0,53	0,43	0,42	0,40	0,61	0,46	0,36	0,41	0,45
3	Rio Perequê-Açú	0,71	0,70	0,66	0,69	0,74	0,79	0,76	0,66	0,78	0,75	0,61	0,60	0,57	0,86	0,65	0,51	0,58	0,63
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,48	0,47	0,45	0,47	0,50	0,53	0,51	0,45	0,53	0,51	0,41	0,41	0,38	0,58	0,44	0,34	0,39	0,43
5	Rio Taquari	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,13	0,15	0,14	0,12	0,12	0,11	0,17	0,12	0,10	0,11	0,12
6	Rio Mambucaba	0,71	0,74	0,71	0,75	0,79	0,83	0,84	0,72	0,81	0,80	0,70	0,68	0,66	0,98	0,76	0,61	0,72	0,79
7	Rios Grataú e do Frade	0,18	0,25	0,24	0,26	0,26	0,27	0,32	0,26	0,25	0,28	0,29	0,27	0,28	0,39	0,34	0,28	0,35	0,40
8	Rio Bracuí	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,15	0,13	0,11	0,13	0,15
9	Rio Ariró	0,64	0,90	0,88	0,96	0,96	0,97	1,16	0,95	0,90	1,00	1,06	0,99	1,02	1,42	1,24	1,02	1,28	1,45
10	Rio do Meio (Japuiba)	0,24	0,34	0,33	0,36	0,36	0,37	0,44	0,36	0,34	0,38	0,40	0,38	0,39	0,54	0,47	0,39	0,49	0,55
11	Rio Jacuecanga	0,19	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25	0,28	0,24	0,23	0,25	0,27	0,25	0,26	0,33	0,31	0,28	0,28	0,30
12	Rio Jacareí	0,21	0,29	0,29	0,31	0,31	0,32	0,38	0,31	0,29	0,33	0,35	0,32	0,33	0,46	0,41	0,33	0,42	0,47
13	Bacias da Ilha Grande	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09
14	Ilhas	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05
<b>TOTAL</b>		<b>4,35</b>	<b>4,92</b>	<b>4,74</b>	<b>5,05</b>	<b>5,26</b>	<b>5,47</b>	<b>5,81</b>	<b>4,91</b>	<b>5,23</b>	<b>5,39</b>	<b>5,00</b>	<b>4,80</b>	<b>4,77</b>	<b>6,88</b>	<b>5,64</b>	<b>4,57</b>	<b>5,46</b>	<b>6,07</b>

Fonte: Elaboração própria tem por base IBGE.

Nota: células em vermelho correspondem aos valores que são inferiores aos do ano imediatamente anterior.



Quadro 7.24 – Valores projetados das demandas hídricas da criação de animal pela versão AAA do algoritmo de suavização exponencial (I/s), de 2000 a 2020, para todos os cenários.

UHP		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Ponta da Juatinga	0,20	0,20	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,19	0,22	0,21	0,17	0,17	0,16	0,25	0,18	0,14	0,17	0,18	0,16	0,15	0,16
2	Rio Paraty-Mirim	0,50	0,49	0,47	0,49	0,53	0,56	0,54	0,46	0,55	0,53	0,43	0,42	0,40	0,61	0,46	0,36	0,41	0,45	0,39	0,36	0,39
3	Rio Perequê-Açú	0,71	0,70	0,66	0,69	0,74	0,79	0,76	0,66	0,78	0,75	0,61	0,60	0,57	0,86	0,65	0,51	0,58	0,63	0,55	0,51	0,55
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,48	0,47	0,45	0,47	0,50	0,53	0,51	0,45	0,53	0,51	0,41	0,41	0,38	0,58	0,44	0,34	0,39	0,43	0,38	0,35	0,38
5	Rio Taquari	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,13	0,15	0,14	0,12	0,12	0,11	0,17	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11
6	Rio Mambucaba	0,71	0,74	0,71	0,75	0,79	0,83	0,84	0,72	0,81	0,80	0,70	0,68	0,66	0,98	0,76	0,61	0,72	0,79	0,75	0,70	0,72
7	Rios Grataú e do Frade	0,18	0,25	0,24	0,26	0,26	0,27	0,32	0,26	0,25	0,28	0,29	0,27	0,28	0,39	0,34	0,28	0,35	0,40	0,38	0,36	0,36
8	Rio Bracuí	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,15	0,13	0,11	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13
9	Rio Ariró	0,64	0,90	0,88	0,96	0,96	0,97	1,16	0,95	0,90	1,00	1,06	0,99	1,02	1,42	1,24	1,02	1,28	1,45	1,40	1,31	1,31
10	Rio do Meio (Japuiba)	0,24	0,34	0,33	0,36	0,36	0,37	0,44	0,36	0,34	0,38	0,40	0,38	0,39	0,54	0,47	0,39	0,49	0,55	0,53	0,50	0,50
11	Rio Jacuecanga	0,19	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25	0,28	0,24	0,23	0,25	0,27	0,25	0,26	0,33	0,31	0,28	0,28	0,30	0,31	0,31	0,31
12	Rio Jacareí	0,21	0,29	0,29	0,31	0,31	0,32	0,38	0,31	0,29	0,33	0,35	0,32	0,33	0,46	0,41	0,33	0,42	0,47	0,46	0,43	0,43
13	Bacias da Ilha Grande	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08
14	Ilhas	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>TOTAL</b>		<b>4,35</b>	<b>4,92</b>	<b>4,74</b>	<b>5,05</b>	<b>5,26</b>	<b>5,47</b>	<b>5,81</b>	<b>4,91</b>	<b>5,23</b>	<b>5,39</b>	<b>5,00</b>	<b>4,80</b>	<b>4,77</b>	<b>6,88</b>	<b>5,64</b>	<b>4,57</b>	<b>5,46</b>	<b>6,07</b>	<b>5,70</b>	<b>5,34</b>	<b>5,47</b>

Fonte: Elaboração própria tendo por base dados do IBGE.

Nota: Células em vermelho correspondem aos valores que são inferiores aos do ano imediatamente anterior.



Quadro 7.25 – Valores projetados das demandas hídricas da criação de animal pela versão AAA do algoritmo de suavização exponencial (I/s), de 2021 a 2040, para todos os cenários.

UHP		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
1	Ponta da Juatinga	0,18	0,15	0,12	0,14	0,17	0,13	0,12	0,12	0,16	0,12	0,10	0,12	0,14	0,11	0,09	0,10	0,13	0,10	0,07	0,09
2	Rio Paraty-Mirim	0,45	0,37	0,30	0,36	0,43	0,33	0,29	0,30	0,40	0,30	0,25	0,29	0,35	0,27	0,22	0,25	0,33	0,24	0,18	0,22
3	Rio Perequê-Açú	0,64	0,52	0,43	0,51	0,60	0,47	0,41	0,42	0,57	0,42	0,35	0,41	0,49	0,38	0,31	0,35	0,47	0,34	0,26	0,31
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,43	0,35	0,29	0,34	0,41	0,32	0,28	0,29	0,39	0,29	0,24	0,28	0,34	0,26	0,21	0,24	0,32	0,23	0,18	0,21
5	Rio Taquari	0,12	0,10	0,08	0,10	0,12	0,09	0,08	0,08	0,11	0,08	0,07	0,08	0,10	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,05	0,06
6	Rio Mambucaba	0,82	0,73	0,63	0,71	0,84	0,72	0,65	0,67	0,84	0,71	0,63	0,71	0,80	0,72	0,64	0,68	0,81	0,70	0,62	0,68
7	Rios Grataú e do Frade	0,41	0,42	0,38	0,40	0,47	0,46	0,42	0,44	0,51	0,49	0,45	0,48	0,53	0,53	0,49	0,51	0,57	0,57	0,53	0,55
8	Rio Bracuí	0,15	0,16	0,14	0,15	0,18	0,17	0,16	0,16	0,19	0,18	0,17	0,18	0,20	0,20	0,18	0,19	0,21	0,21	0,20	0,21
9	Rio Ariró	1,50	1,54	1,38	1,47	1,71	1,67	1,52	1,60	1,85	1,78	1,64	1,76	1,94	1,93	1,80	1,86	2,10	2,07	1,92	2,01
10	Rio do Meio (Japuiba)	0,57	0,58	0,52	0,56	0,65	0,63	0,58	0,61	0,70	0,68	0,62	0,67	0,74	0,73	0,68	0,70	0,79	0,79	0,73	0,76
11	Rio Jacuecanga	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42
12	Rio Jacareí	0,49	0,50	0,45	0,48	0,56	0,54	0,50	0,52	0,60	0,58	0,53	0,57	0,63	0,63	0,59	0,61	0,68	0,68	0,63	0,65
13	Bacias da Ilha Grande	0,10	0,10	0,09	0,09	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	0,13	0,12	0,13
14	Ilhas	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
<b>TOTAL</b>		<b>6,26</b>	<b>5,91</b>	<b>5,19</b>	<b>5,69</b>	<b>6,63</b>	<b>6,05</b>	<b>5,48</b>	<b>5,72</b>	<b>6,86</b>	<b>6,18</b>	<b>5,56</b>	<b>6,10</b>	<b>6,84</b>	<b>6,42</b>	<b>5,85</b>	<b>6,14</b>	<b>7,11</b>	<b>6,59</b>	<b>5,95</b>	<b>6,36</b>

Fonte: Elaboração própria tendo por base dados do IBGE.

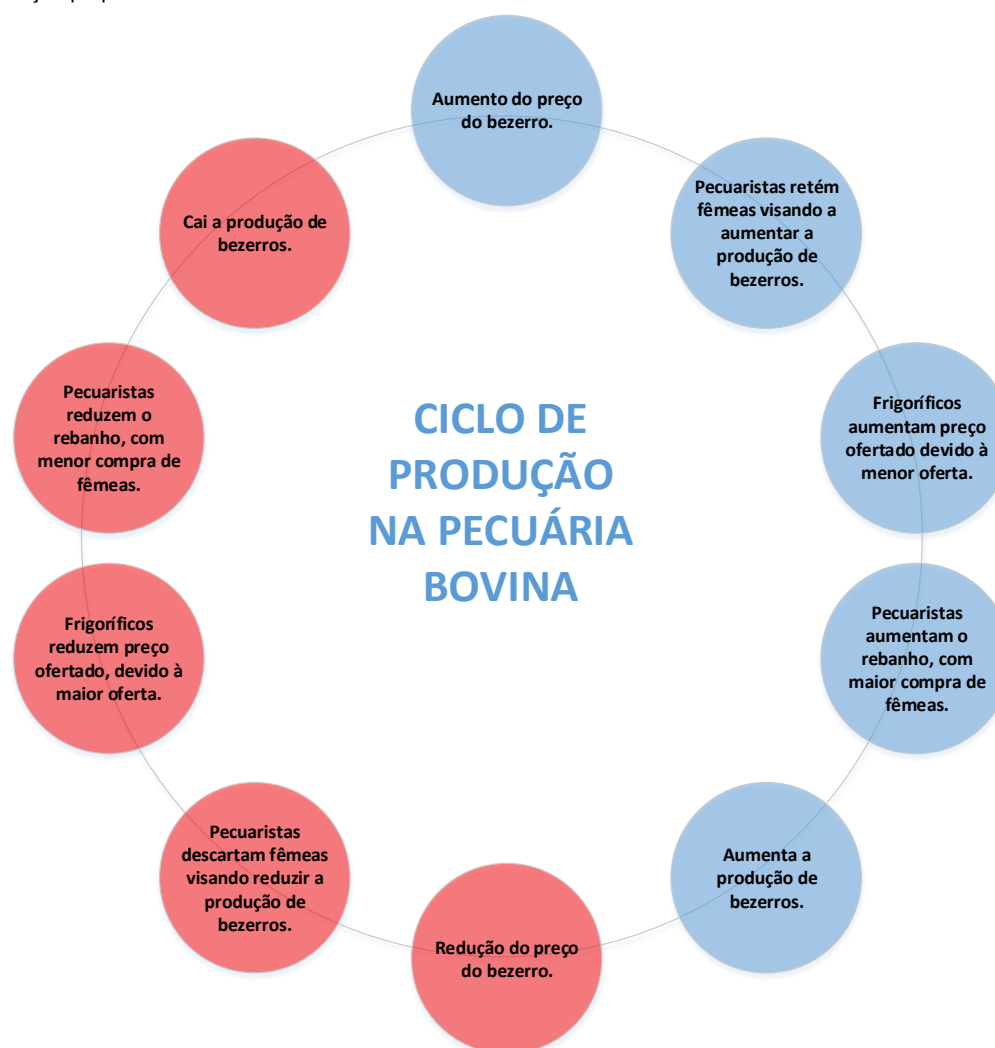
Nota: Células em vermelho correspondem aos valores que são inferiores aos do ano imediatamente anterior.



Quadro 7.26 – Projeção das demandas hídricas de criação animal para todos os Cenários, nas cenas de consideradas (l/s).

UHP		2018	2020	2025	2030	2040	2020-2018	2025-2020	2030-2025	2040-2030
1	Ponta da Juatinga	0,22	0,19	0,22	0,12	0,09	-6,9%	3,4%	-11,4%	-3,0%
2	Rio Paraty-Mirim	0,54	0,46	0,55	0,30	0,22	-6,9%	3,4%	-11,4%	-3,0%
3	Rio Perequê-Açú	0,76	0,66	0,78	0,42	0,31	-6,9%	3,4%	-11,4%	-3,0%
4	Rios Pequeno e Barra Grande	0,51	0,45	0,53	0,29	0,21	-6,9%	3,4%	-11,4%	-3,0%
5	Rio Taquari	0,15	0,13	0,15	0,08	0,06	-6,9%	3,4%	-11,4%	-3,0%
6	Rio Mambucaba	0,84	0,72	0,81	0,71	0,68	-7,5%	2,4%	-2,5%	-0,5%
7	Rios Grataú e do Frade	0,32	0,26	0,25	0,49	0,55	-9,4%	-1,1%	14,7%	1,2%
8	Rio Bracuí	0,12	0,10	0,09	0,18	0,21	-9,4%	-1,1%	14,7%	1,2%
9	Rio Ariró	1,16	0,95	0,90	1,78	2,01	-9,4%	-1,1%	14,7%	1,2%
10	Rio do Meio (Japuiba)	0,44	0,36	0,34	0,68	0,76	-9,4%	-1,1%	14,7%	1,2%
11	Rio Jacuecanga	0,28	0,24	0,23	0,37	0,42	-7,9%	-0,3%	9,5%	1,3%
12	Rio Jacareí	0,38	0,31	0,29	0,58	0,65	-9,4%	-1,1%	14,7%	1,2%
13	Bacias da Ilha Grande	0,09	0,08	0,11	0,12	0,13	-3,4%	5,5%	0,8%	1,2%
14	Ilhas	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	-8,8%	0,1%	10,0%	0,9%
<b>TOTAL</b>		<b>5,83</b>	<b>4,93</b>	<b>5,29</b>	<b>6,18</b>	<b>6,36</b>	<b>-8,0%</b>	<b>1,4%</b>	<b>3,2%</b>	<b>0,3%</b>

Fonte: Elaboração própria.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 7.1 – Ciclo de produção na pecuária bovina.





## 7.1. IRRIGAÇÃO

Não existem séries de áreas irrigadas nas UHPs da RH-I, mas estimativas geradas em diferentes anos seja pelo IBGE, em seus Censos Agropecuários de 2006 e de 2007, e a estimativa da ANA de 2015 (ANA, 2017) e que foi projetada para 2030. O Quadro 5.5 apresentou estas estimativas, onde ficou evidenciado não ser possível usar estas informações para poder se projetar a área irrigada nos cenários futuros.

Para projeção da área irrigada adotou-se uma lógica vinculada ao aumento da demanda hídrica animal. Por esta lógica, os mesmos fatores que atuarão para aumentar as demandas hídricas dos rebanhos, atuarão para aumentar a área irrigada. Como as propriedades rurais na RH-I são na maior parte constituídas de minifúndios, entende-se que os produtores adotarão da mesma intensidade para aumentar uma e outra atividade econômica, de acordo com as suas especializações, fazendo com que as taxas de crescimento das demandas hídricas animais, apresentadas no Quadro 7.26, sejam as mesmas que se aplicarão às áreas irrigadas. As hipóteses valem para qualquer cenário, como foi adotado para projeção da população rural e para a criação animal.

O Quadro 7.26 apresenta os resultados obtidos, que evidenciam que as áreas sofrerão alterações para menor, retornando em 2040 aos valores correntes em 2017, em termos de área irrigada total na RH-I. Porém, as UHPs com maior influência do município de Angra dos Reis terão suas áreas irrigadas aumentadas, enquanto as de influência do município de Paraty terão suas áreas reduzidas.



Quadro 7.27 – Projeção das áreas irrigadas em todos os cenários (ha).

UHP		2006 (IBGE)	2015 (ANA)	2017 (IBGE)	2018	2020	2025	2030	2040
1	Ponta da Juatinga	1,77	1,77	6,91	6,43	5,58	6,61	3,60	2,65
2	Rio Paraty-Mirim	4,39	4,39	17,19	16,01	13,88	16,45	8,96	6,60
3	Rio Perequê-Açú	6,20	6,20	24,26	22,59	19,59	23,21	12,65	9,32
4	Rios Pequeno e Barra Grande	4,21	4,21	16,46	15,32	13,29	15,74	8,58	6,32
5	Rio Taquari	1,20	1,20	4,68	4,36	3,78	4,48	2,44	1,80
6	Rio Mambucaba	5,16	5,73	26,46	24,48	20,94	23,61	20,84	19,79
7	Rios Grataú e do Frade	0,00	0,87	9,50	8,61	7,06	6,68	13,26	14,92
8	Rio Bracuí	0,00	0,33	3,55	3,22	2,64	2,50	4,96	5,58
9	Rio Ariró	0,00	3,18	34,63	31,36	25,73	24,34	48,33	54,39
10	Rio Jacareí	0,00	1,04	11,29	10,23	8,39	7,94	15,76	17,74
11	Rio do Meio (Japuíba)	0,00	1,21	13,13	11,89	9,76	9,23	18,33	20,62
12	Rio Jacuecanga	1,97	2,57	11,41	10,51	8,91	8,79	13,84	15,81
13	Bacias da Ilha Grande	0,00	0,21	2,24	2,16	2,02	2,64	2,75	3,09
14	Ilhas	0,08	0,17	1,29	1,18	0,98	0,98	1,59	1,73
<b>TOTAL</b>		<b>24,97</b>	<b>33,07</b>	<b>183,01</b>	<b>168,35</b>	<b>142,55</b>	<b>153,19</b>	<b>175,88</b>	<b>180,36</b>

Fonte: Elaboração própria.



## 8. RESUMO: HIPÓTESES ADOTADAS PARA PROJEÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE AFETAM A APROPRIAÇÃO DE ÁGUA NA RH-I.

O Quadro 8.1 resume as hipóteses adotadas para projeção das variáveis que afetam a apropriação das águas da RH-I.

Quadro 8.1 – Hipóteses adotadas em cada cenário para projeção das variáveis que afetam a apropriação de água na RH-I.

Setor	Variável	Cenários			
		Águas Revoltas	Águas Degradadas	Águas Protegidas	
População urbana	Expansão da área urbanizada (% a.a.)	1,29% (Paraty) e 1,93% (Angra e Mangaratiba)	1,93% (Paraty) e 2,89% (Angra e Mangaratiba)	1,29% (Paraty) e 1,93% (Angra e Mangaratiba)	
	Densidade populacional da área urbanizada expandida (hab/km <sup>2</sup> )	5.000	10.000	2.500	
	Densidade populacional das áreas já urbanizadas (hab/km <sup>2</sup> )	Máximo entre 5.000 e densidade 2018.	Máximo entre 10.000 e densidade 2018.	Máximo entre 5.000 e densidade 2018.	
	Redução da densidade populacional nas áreas urbanizadas em UCs ou em APPs	25%	0%	50%	
População rural	Taxas de crescimento da população (% a.a.)	Crescimento de acordo com a tendência em qualquer cenário			
Indústria e mineração	Taxas de crescimento das demandas hídricas (% a.a.)	Até 2030	1,20%	2,50%	2,00%
		De 2030 até 2040	1,70%	2,90%	2,50%
Aqüicultura	Taxas de crescimento das demandas hídricas (% a.a.)	Até 2030	2,70%	2,60%	2,60%
		De 2030 até 2040	3,50%	3,90%	3,90%
Criação de animais	Taxas de crescimento das demandas hídricas (% a.a.)	Crescimento de acordo com a tendência em qualquer cenário			
Irrigação	Taxas de crescimento das áreas irrigadas (% a.a.)	Idênticas às taxas de crescimento das demandas hídricas da criação de animais			

Fonte: Elaboração própria.



## 9. CONDIÇÕES ATUAIS E FUTURAS DE BALANÇO HÍDRICO

A partir deste item serão apresentados os resultados do balanço hídrico considerando as demandas atuais e as projeções dos cenários socioeconômicos. A metodologia seguiu a mesma estrutura em relação ao balanço apresentado no item RD-09 no âmbito do diagnóstico. Além do cenário atual, foram simuladas as cenas de 2025, 2030 e 2040, considerando para cada cena os três cenários socioeconômicos. Todos os cenários foram simulados considerando o cenário de vazão de referência com permanência de 95%.

### 9.1. DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE

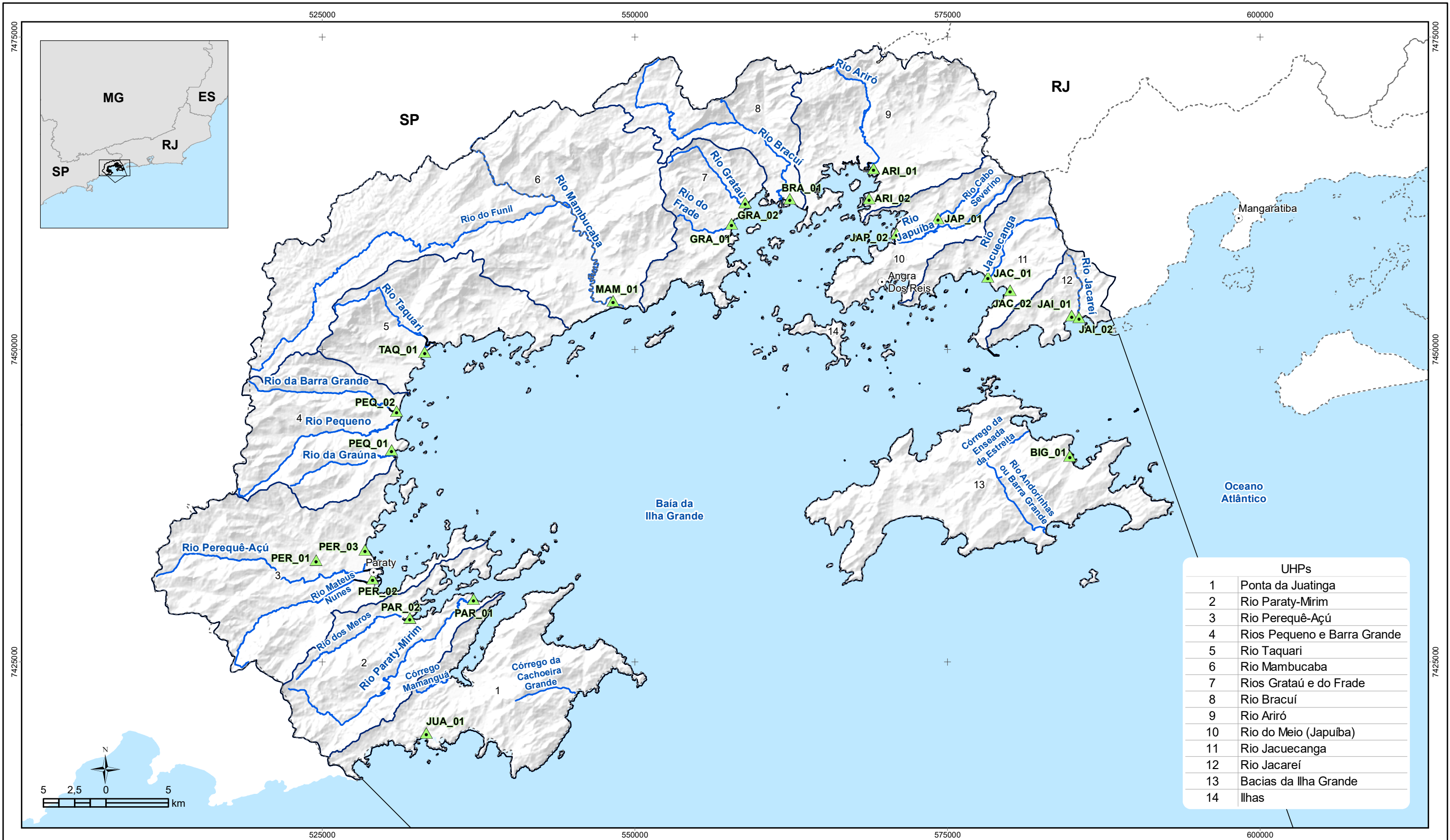
Com a função de apoiar a análise e a apresentação dos resultados de balanço hídrico e qualidade da água, foram definidos 22 pontos de interesse ao longo da RH-I nos quais os resultados serão apresentados e discutidos com maiores detalhes. Esses pontos, chamados de Pontos de Controle, foram definidos a partir da rede hidrográfica que é utilizada na modelagem, definida e apresentada em maior detalhe no Relatório da Disponibilidade Hídricas (RD07) do PRH-BIG, junto aos postos de monitoramento existentes na RH-I, também apresentados e discutidos no RD07. Se caracterizam por serem exutórios de bacias, pontos próximos aos postos de monitoramento, ou ainda em região próxima a um importante manancial. O Quadro 9.1 apresenta a relação destes pontos e em seguida Mapa 9.1 apresenta a localização dos mesmos.



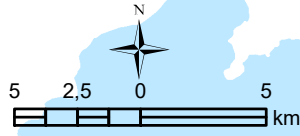
Quadro 9.1 – Relação dos Pontos de Controle definidos para a RH-I

Ponto de Controle		UHP	Curso d'água	Posto de monitoramento	UTM E (m)	UTM N (m)
JUA_01	1	Ponta da Juatinga	Córrego da Toca do Boi	-	533314	7419318
PAR_01	2	Rio Paraty-Mirim	Rio Paraty-Mirim	PM0090	537097	7430028
PAR_02	3	Rio Paraty-Mirim	Córrego da Caçada	ME0020	531985	7428514
PER_01	3	Rio Perequê-Açú	Córrego Pedra Branca	-	524511	7433144
PER_02	3	Rio Perequê-Açú	Rio Perequê-Açu	PE0024	529039	7431675
PER_03	3	Rio Perequê-Açú	Rio da Draga	-	528417	7433984
PEQ_01	4	Rios Pequeno e Barra Grande	Rio da Graúna	GU100	530543	7441973
PEQ_02	4	Rios Pequeno e Barra Grande	Rio da Barra Grande	BG0040	530959	7445089
TAQ_01	5	Rio Taquari	Rio Taquari	-	533201	7449817
MAM_01	6	Rio Mambucaba	Rio Mambucaba	MB0080	548272	7453909
GRA_01	7	Rios Grataú e do Frade	Rio do Frade	FR0010	557746	7460070
GRA_02	7	Rios Grataú e do Frade	Rio Grataú	-	558815	7461760
BRA_01	8	Rio Bracuí	Rio Bracuí	BC0060	562391	7462072
ARI_01	9	Rio Ariró	Rio Ariró	JM0030	569080	7464481
ARI_02	9	Rio Ariró	Rio Caputera	CT0050	568730	7462097
JAP_01	10	Rio do Meio (Japuíba)	Barragem da Banqueta	-	570939	7459296
JAP_02	10	Rio do Meio (Japuíba)	Rio do Meio	MI0010	574254	7460506
JAC_01	11	Rio Jacuecanga	Rio Jacuecanga	JC0010	578238	7455817
JAC_02	11	Rio Jacuecanga	Córrego Monsuaba	-	580019	7454765
JAI_01	12	Rio Jacareí	Rio Catagalo	CG0010	584932	7452730
JAI_02	12	Rio Jacareí	Rio Jacareí	-	585535	7452570
BIG_01	13	Bacias da Ilha Grande	Córrego Abraão	-	584776	7441504

Fonte: Elaboração própria.



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaré
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas



**LEGENDA**

- Sede municipal
- Pontos de Controle
- Rios principais
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento



RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 9.1 - Mapa de localização dos Pontos de Controle propostos para a análise dos balanços**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH-1: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Pontos de Controle: Profil, 2019

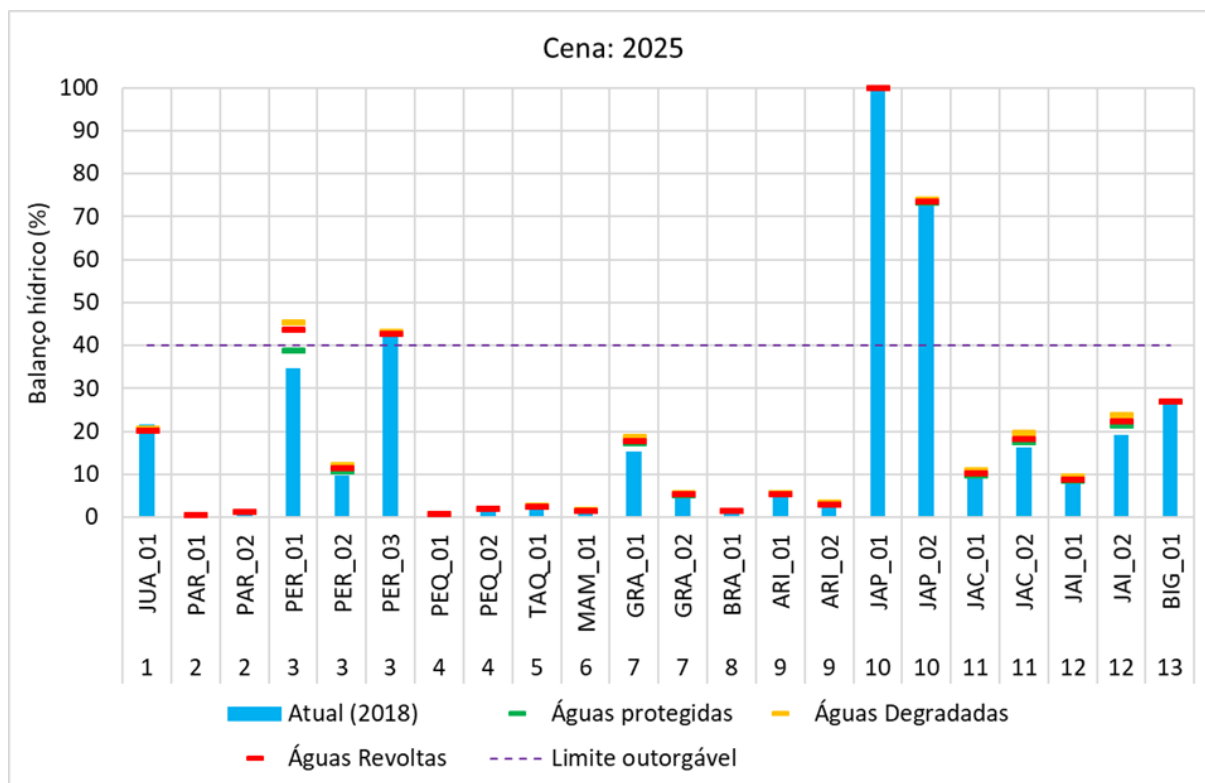


## 9.1. RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO NOS PONTOS DE CONTROLE

### 9.1.1. Cenário desconsiderando a implementação da Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos

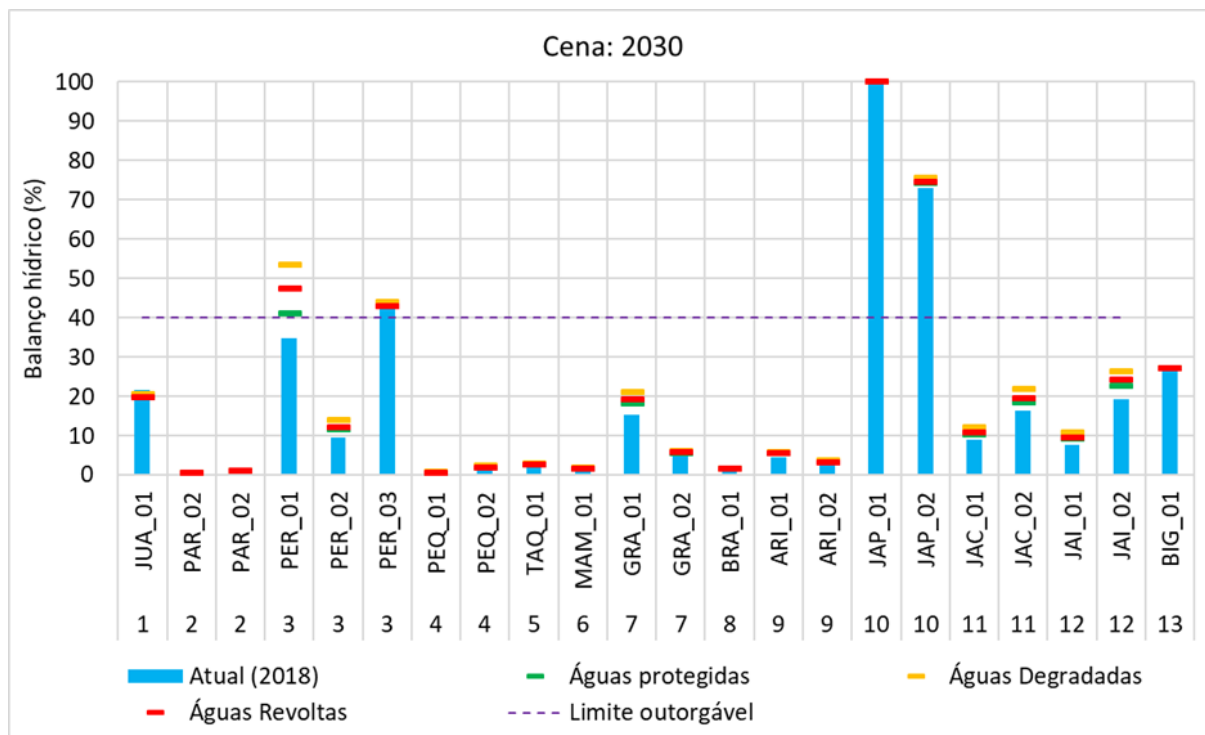
Neste item os resultados serão apresentados de acordo com os Pontos de Controle definidos anteriormente. A Figura 9.1 à Figura 9.3 a seguir apresentam o balanço hídrico em sua situação atual, além da indicação dos três cenários de projeção para as datas de 2025, 2030 e 2040, respectivamente, considerando o cenário sem a implementação da Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos. Observa-se uma situação crítica especialmente no ponto JAP\_01, o qual corresponde ao reservatório da Banqueta, onde já atualmente a demanda é superior à disponibilidade. Ainda que se trate de uma estrutura de reservação, em análises prévias com a série de vazões simulada para local da barragem e sabendo-se do volume atual de armazenamento da estrutura (6.000 m<sup>3</sup>), verificou-se que a barragem teria a capacidade de regularizar apenas a metade da vazão média de longo período, considerando um percentual de falhas de atendimento de até 5%. Uma vez que a vazão média estimada para o trecho da barragem é de 0,4 m<sup>3</sup>/s, a metade deste valor corresponde a um valor muito próximo da Q90% ou Q95%, o que justifica o fato de não haver a necessidade de incremento na disponibilidade no ponto do barramento. O ponto JAP\_02 também possui elevado comprometimento, no entanto reflete a condição de montante no reservatório da Banqueta, uma vez que corresponde ao exutório do rio Japuíba.

Em outros dois pontos, podemos verificar que o balanço ultrapassa o limite outorgável do INEA (40%) nos cenários estabelecidos. O pior caso corresponde ao ponto PER\_01, correspondendo ao Córrego Pedra Branca, principal manancial do município de Paraty, onde para o cenário de 2040 verificou-se comprometimento de 70% no cenário de Águas Degradadas. O ponto BIG\_01, o qual corresponde ao Córrego Abraão, principal fonte de abastecimento da Ilha Grande, também apresentou comprometimento considerável, no entanto é possível que o comprometimento neste ponto seja ainda maior, em virtude das flutuações decorrentes da alta atividade turística na região.



Fonte: Elaboração própria.

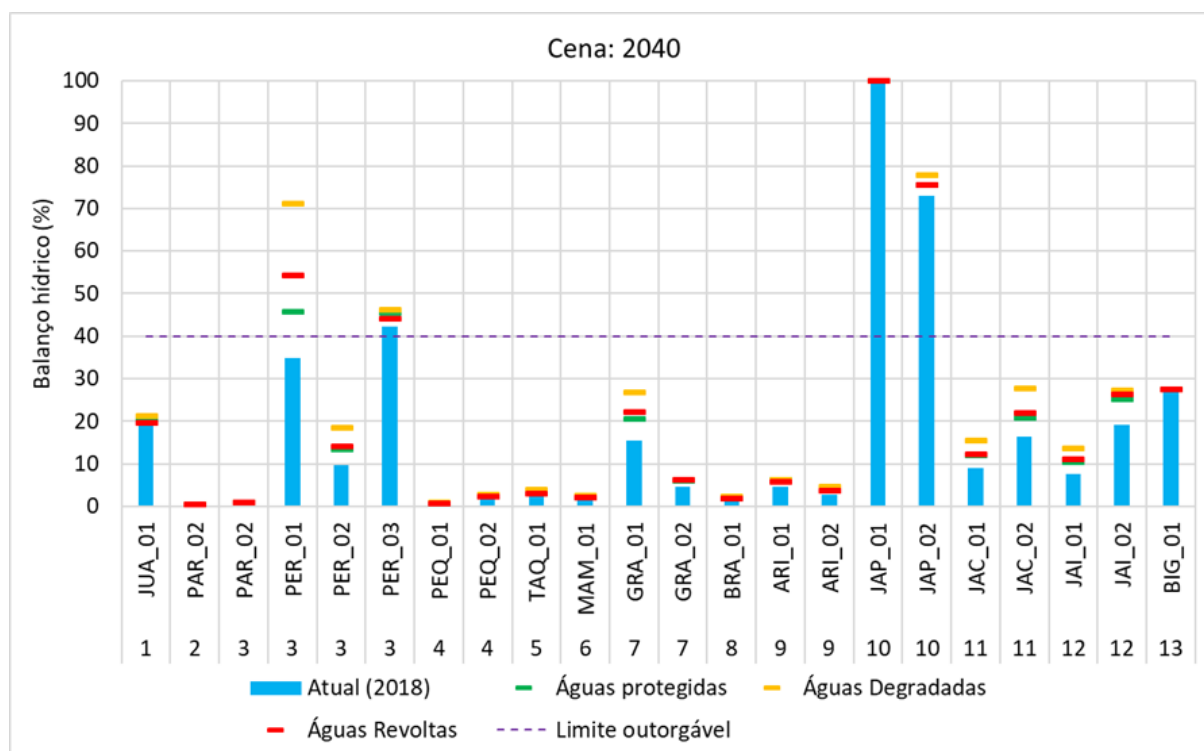
Figura 9.1 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2025.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 9.2 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2030.

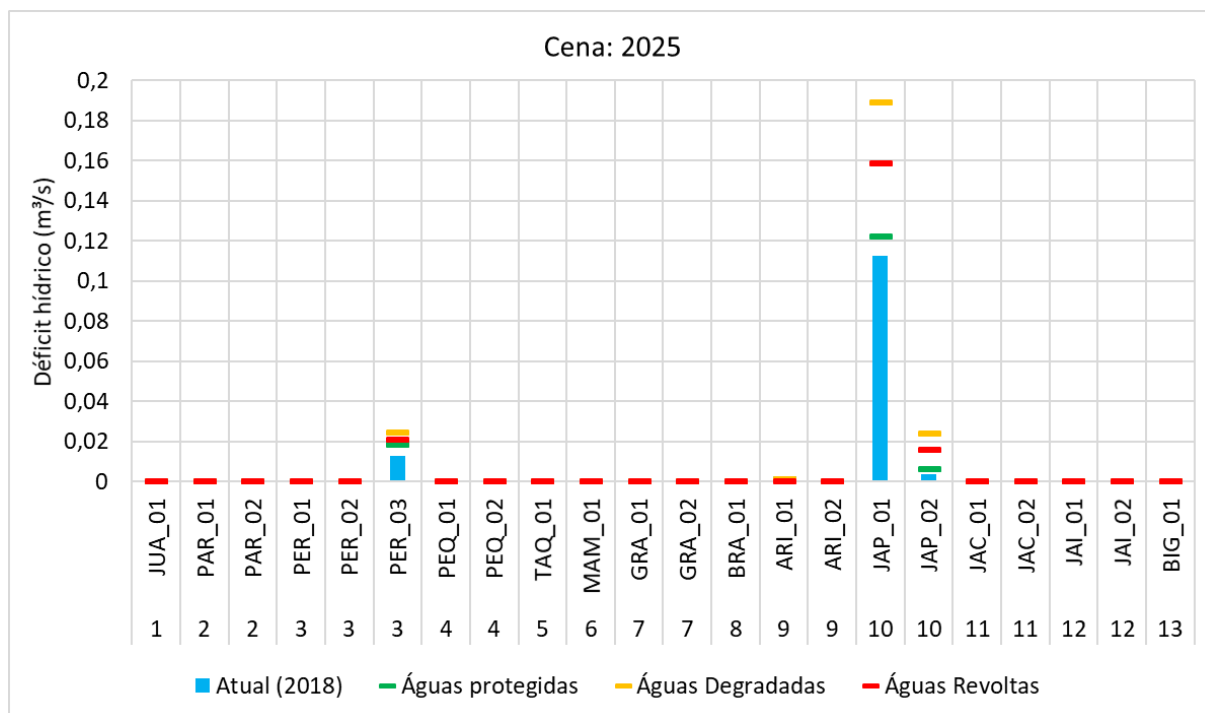




Fonte: Elaboração própria.

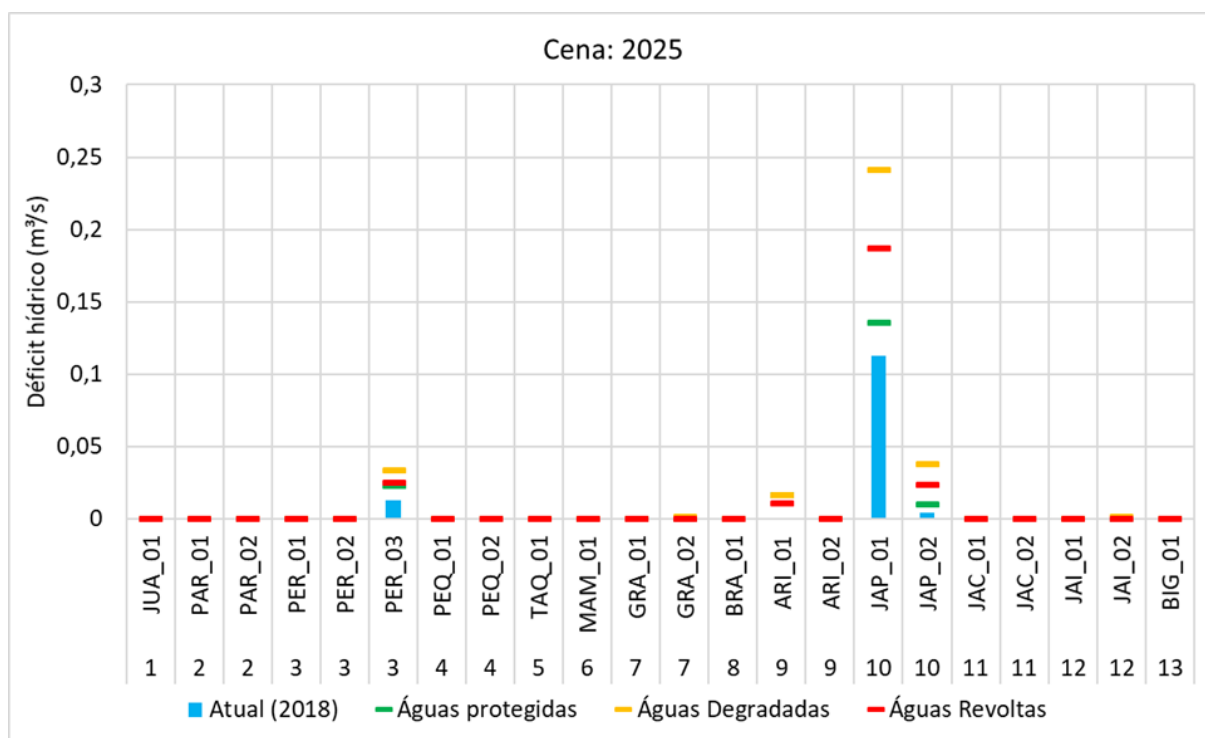
Figura 9.3 – Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.

Uma vez que as retiradas hídricas se limitam a 100% da disponibilidade, toda a vez que esse patamar é atingido é gerado um déficit de não atendimento. A seguir, a Figura 9.4 à Figura 9.6 apresentam os déficits de não atendimento das demandas em cada ponto de controle, considerando as cenas atual, 2025, 2030 e 2040. Chama atenção o elevado déficit verificado nos PC's da bacia do rio Japuíba, em virtude do esgotamento hídrico verificado na Banqueta. Para a cena de 2040, foi verificado um déficit em torno de 0,35 m<sup>3</sup>/s considerando os cenários socioeconômicos mais críticos. Além da Banqueta, também foram verificados déficits em pontos isolados, como no PC PER\_03 (Rio da Draga), e ARI\_02 (Rio Caputera). Estima-se que atualmente exista um déficit hídrico de 0,12 m<sup>3</sup>/s, no entanto, considerando a cena futura de 2040, esse valor pode chegar até 0,5 m<sup>3</sup>/s, dependendo do cenário socioeconômico.



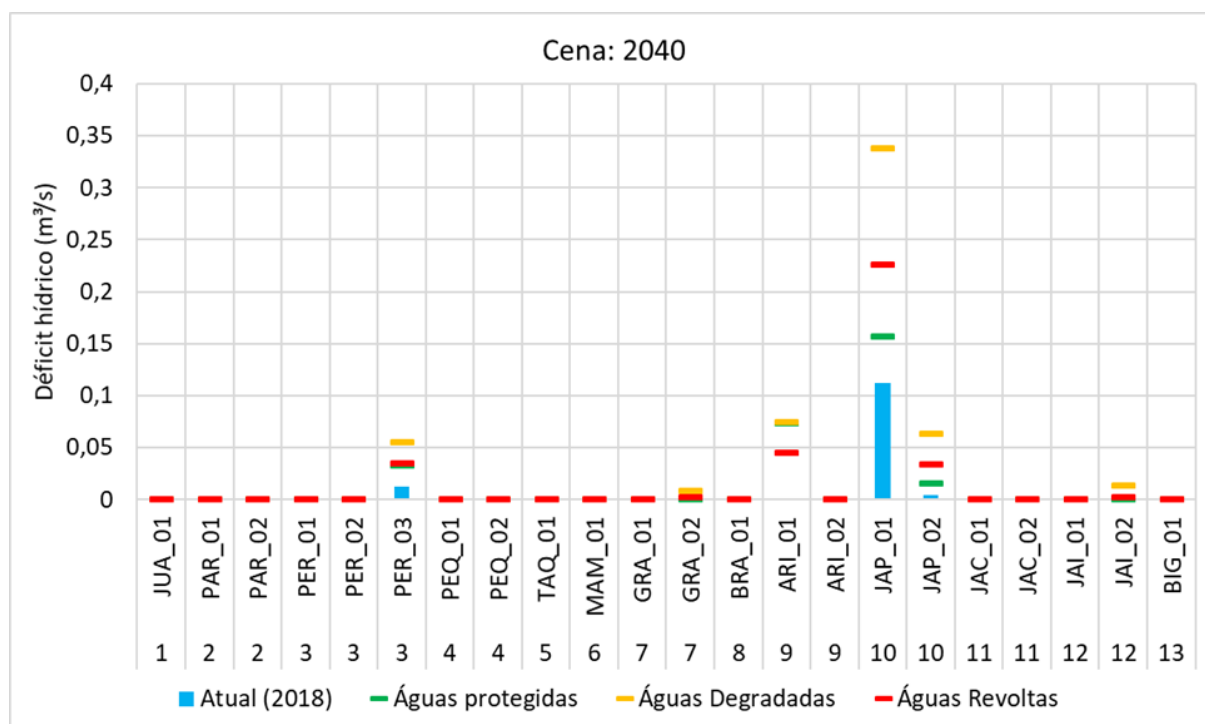
Fonte: Elaboração própria.

Figura 9.4 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2025.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 9.5 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2030.

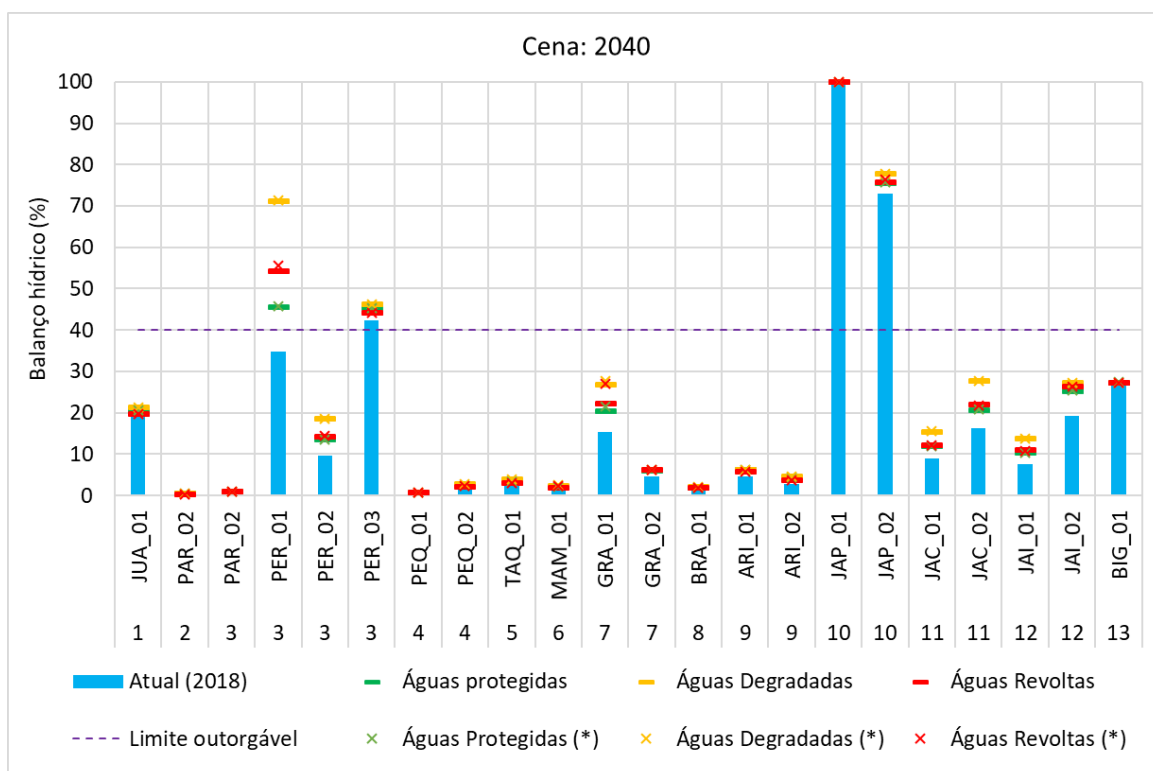


Fonte: Elaboração própria.

Figura 9.6 – Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.

### 9.1.2. Cenário alternativo considerando a implementação da Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos

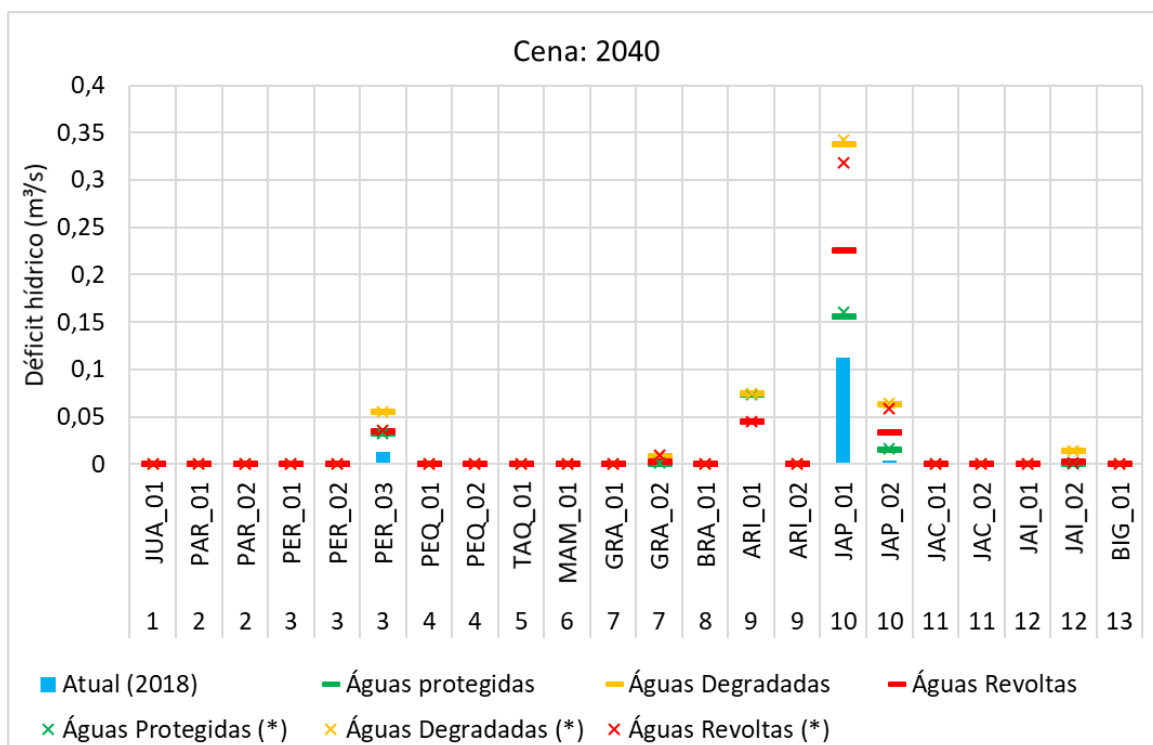
A seguir, são apresentados cenários comparativos incluindo a hipótese de implementação dos grandes investimentos na RH-I nos próximos anos, referentes Usina Nuclear Angra 3 e duplicação da Rodovia Rio-Santos. A Figura 9.7 apresenta os resultados do balanço hídrico por ponto de controle em relação à cena de 2040 e incluindo os dois cenários de implementação ou não das obras de infraestrutura, e em seguida, a Figura 9.8 apresenta o déficit hídrico para a mesma cena de 2040 e incluindo os dois cenários. Em termos de balanço, observa-se que os comprometimentos não se alteram muito, no entanto em termos de déficit verificou-se uma alteração importante no cenário de Águas Revoltas, onde no PC JAP\_01 (Barragem da Banquetá), é possível que haja um aumento no déficit hídrico de 220 para 320 l/s.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os cenários com asterisco consideram a implantação da Usina Nuclear Angra 3 a Duplicação da Rodovia Rio-Santos.

Figura 9.7. Resultados do balanço hídrico na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os cenários com asterisco consideram a implantação da Usina Nuclear Angra 3 a Duplicação da Rodovia Rio-Santos.

Figura 9.8. Resultados dos déficits de demanda não atendida na saída de cada ponto de controle considerando o cenário base e as projeções para a cena de 2040.



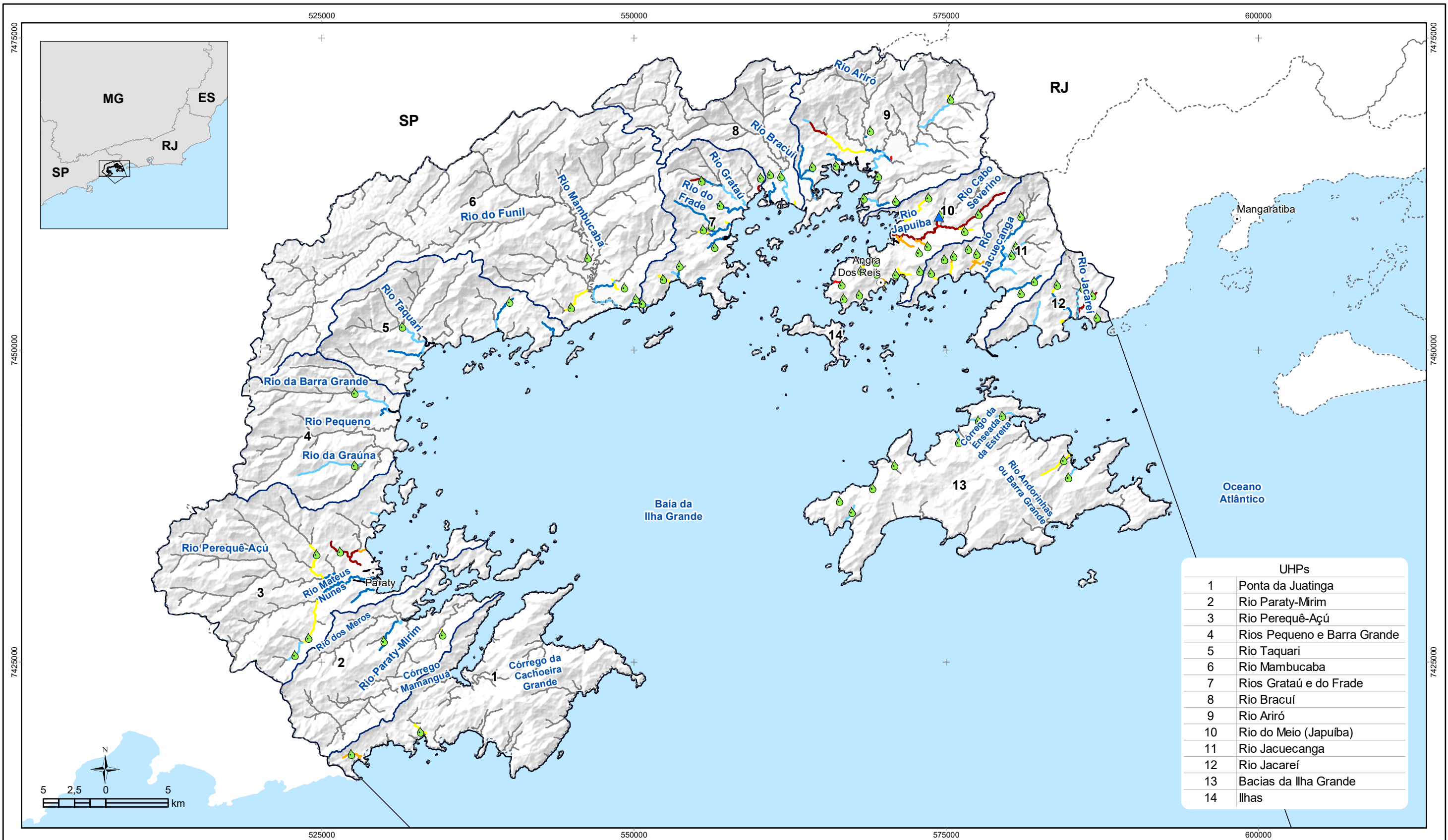
## 9.2. RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO EM TODOS OS TRECHOS

Neste item serão apresentados os mapas indicando o comprometimento hídrico em todos os trechos simulados. Os cenários a serem apresentados correspondem à condição atual, além dos cenários de Águas Protegidas, Revoltas e Degradadas da cena de 2040. As classes de comprometimento hídrico estão indicadas no Quadro 9.2, onde as cores em tons laranja e vermelho representam as condições acima do limite outorgável, de acordo com o INEA.

Quadro 9.2 – Classes de valores do Índice de Comprometimento Hídrico e seus respectivos significados.

Legenda	ICH	Definição
	0,0 % - 1,0%	Comprometimento nulo ou muito baixo
	1,1% - 5,0%	Comprometimento baixo
	5,1 % - 20%	Comprometimento médio
	20,1% - 40,0%	Comprometimento limite INEA
	40,1% - 50,0%	Comprometimento preocupante
	50,1% - 100,0%	Comprometimento crítico

Fonte: Elaboração própria.



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
  - ▲ Barragem da Banqueta
  - Pontos de captação (abastecimento público)
  - ☁ Massa d'água
  - ⬢ Limite municipal
  - ⬢ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
  - ⬢ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Balanco hídrico (%)**  
**Cenário Atual (2018)**
- 0% - 1%: Comprometimento nulo ou muito baixo
  - 1,1% - 5%: Comprometimento baixo
  - 5,1% - 20%: Comprometimento médio
  - 20,1% - 40%: Comprometimento limite INEA
  - 40,1% - 50%: Comprometimento limite ANA
  - 50,1% - 60%: Comprometimento crítico
  - 60,1% - 100%: Comprometimento máximo

Acompanhamento  
 Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande

Realização  
 inea  
 SEAS  
 SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE  
 RIO DE JANEIRO

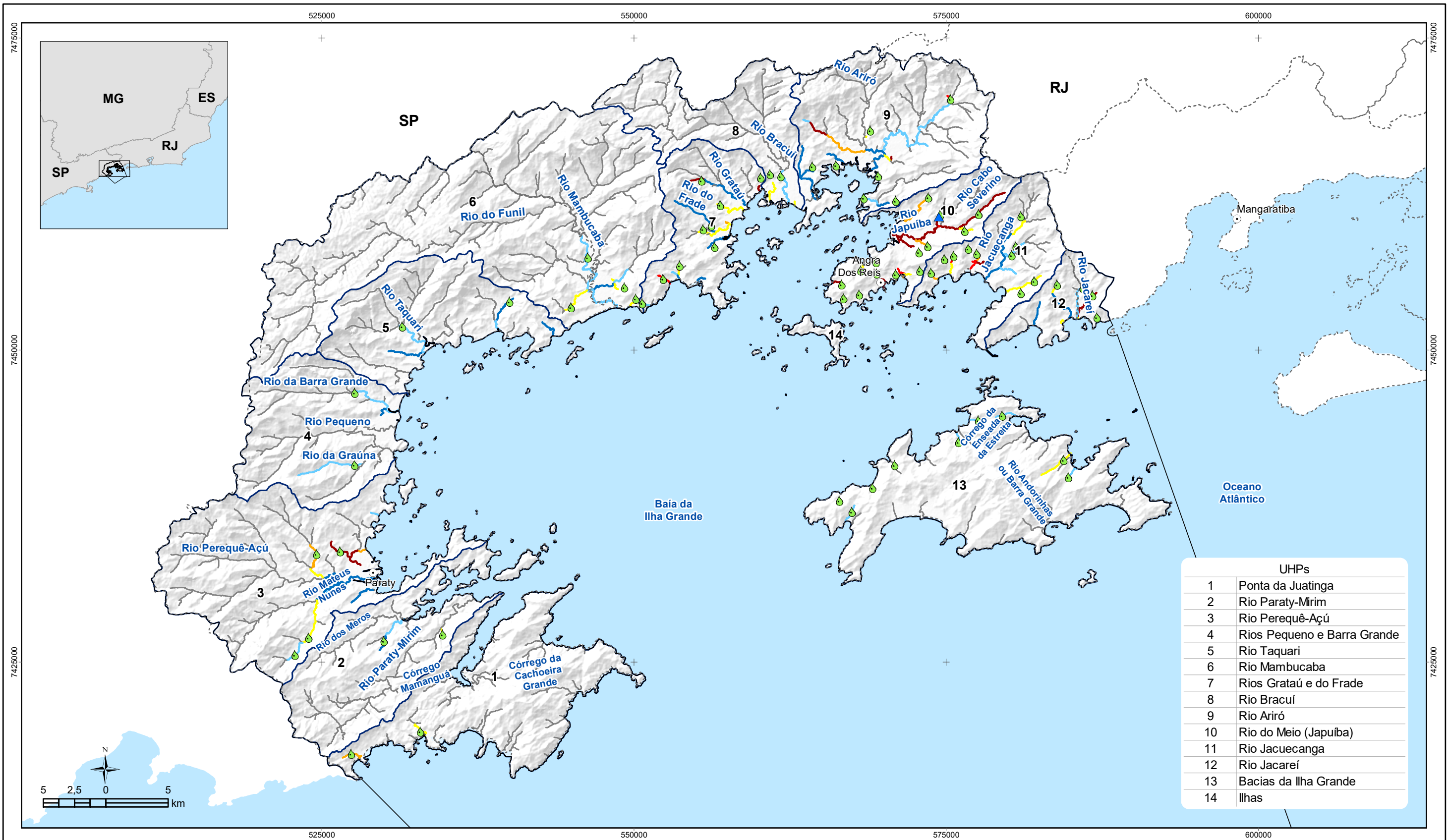
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Execução  
 PROFILL  
 Apoio  
 TRANSPETRO

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 9.2 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário Atual (2018)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Balanço hídrico: Profill, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
  - ▲ Barragem da Banqueta
  - Pontos de captação (abastecimento público)
  - ☁ Massa d'água
  - ⬭ Limite municipal
  - ⬭ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
  - ⬭ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Balço hídrico (%)**  
**Cenário: Águas protegidas (2040)**
- 0% - 1%: Comprometimento nulo ou muito baixo
  - 1,1% - 5%: Comprometimento baixo
  - 5,1% - 20%: Comprometimento médio
  - 20,1% - 40%: Comprometimento limite INEA
  - 40,1% - 50%: Comprometimento limite ANA
  - 50,1% - 60%: Comprometimento crítico
  - 60,1% - 100%: Comprometimento máximo

Acompanhamento  
 Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande

Realização  
 inea  
 SEAS  
 Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade  
 RIO DE JANEIRO

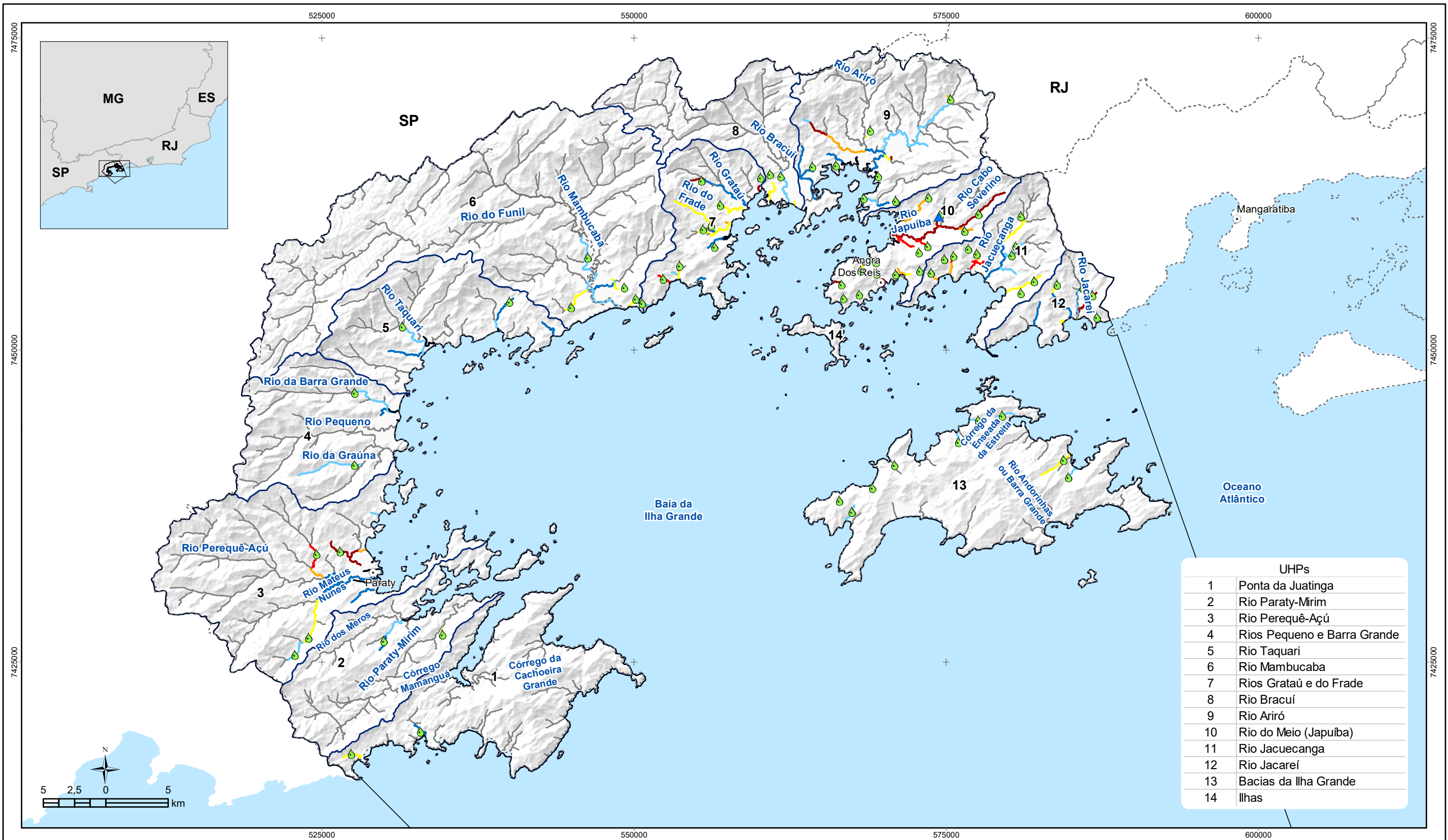
**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Execução  
 PROFILL  
 Apoio  
 TRANSPETRO

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 9.3 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Protegidas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2016  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Balço hídrico: Profill, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaré
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
  - ▲ Barragem da Banqueta
  - Pontos de captação (abastecimento público)
  - ☁ Massa d'água
  - ⬭ Limite municipal
  - ⬭ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
  - ⬭ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Balço hídrico (%)**  
**Cenário: Águas revoltas (2040)**
- 0% - 1%: Comprometimento nulo ou muito baixo
  - 1,1% - 5%: Comprometimento baixo
  - 5,1% - 20%: Comprometimento médio
  - 20,1% - 40%: Comprometimento limite INEA
  - 40,1% - 50%: Comprometimento limite ANA
  - 50,1% - 60%: Comprometimento crítico
  - 60,1% - 100%: Comprometimento máximo



**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

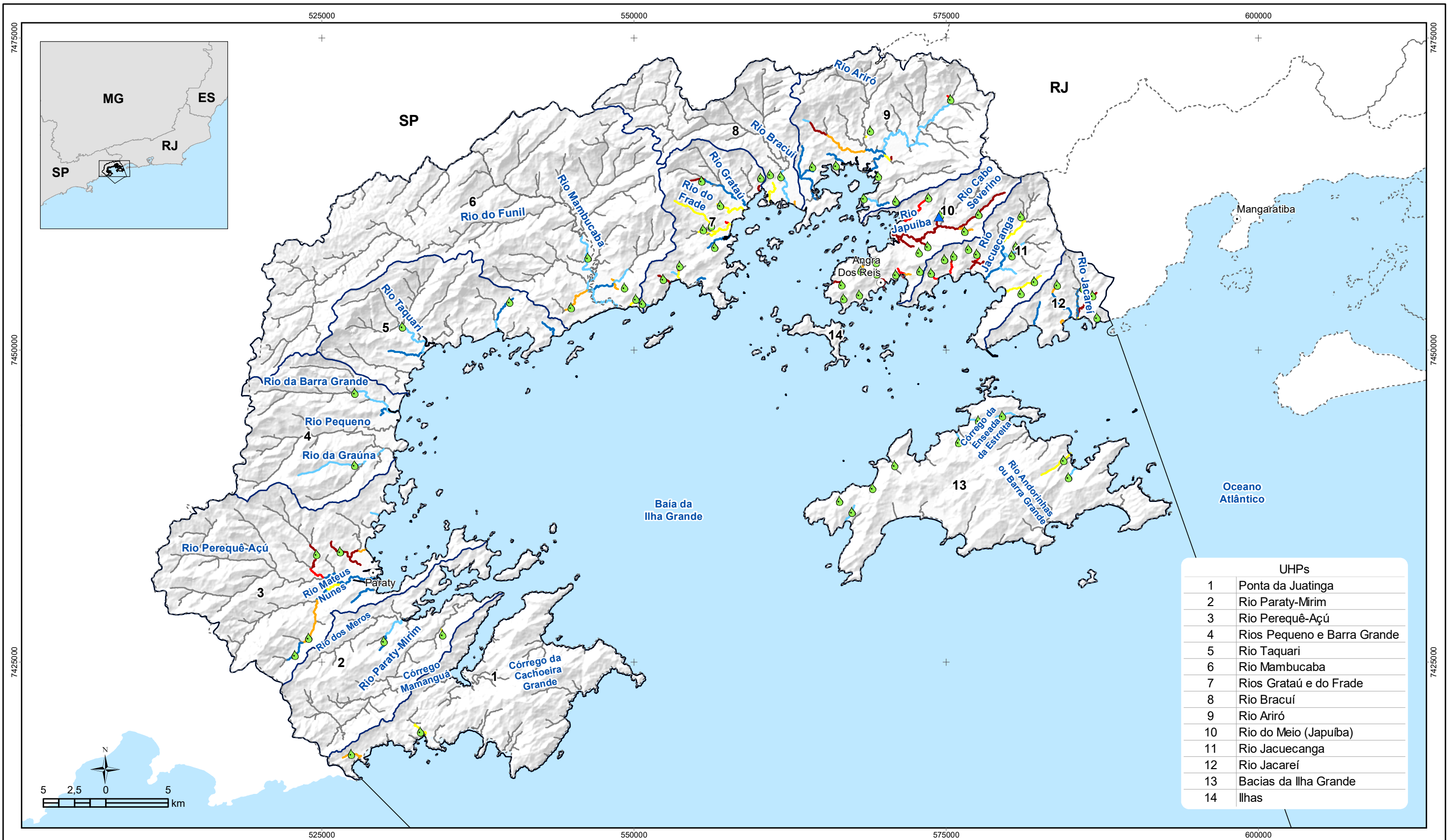


**Sistema de Coordenadas UTM**  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 9.4 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Revoltas (2040)**

**Fonte de dados:**  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2016  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Balço hídrico: Profill, 2019





UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaré
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
  - ▲ Barragem da Banqueta
  - Pontos de captação (abastecimento público)
  - ☁ Massa d'água
  - ⊞ Limite municipal
  - ⊞ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
  - ⊞ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Balço hídrico (%)**  
**Cenário: Águas degradadas (2040)**
- 0% - 1%: Comprometimento nulo ou muito baixo
  - 1,1% - 5%: Comprometimento baixo
  - 5,1% - 20%: Comprometimento médio
  - 20,1% - 40%: Comprometimento limite INEA
  - 40,1% - 50%: Comprometimento limite ANA
  - 50,1% - 60%: Comprometimento crítico
  - 60,1% - 100%: Comprometimento máximo

Acompanhamento  
 Comitê de Bacia Hidrográfica da Baía da Ilha Grande

Realização  
 inea, SEAS, SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE, MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS

**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Execução  
 PROFILL  
 Apoio  
 TRANSPETRO

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 9.5 - Resultado do balanço hídrico considerando a Q95% - Cenário: Águas Degradadas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Balço hídrico: Profill, 2019



## 10. CONDIÇÕES ATUAIS E FUTURAS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Neste item serão avaliados os resultados da modelagem qualitativa, considerando as condições atuais e as projeções das cargas poluidoras nos cenários socioeconômicos. Foram estimadas as cargas de matéria orgânica, fósforo total e coliformes termotolerantes oriundas do esgotamento doméstico urbano e rural. Em relação aos parâmetros avaliados, foram realizadas as simulações da DBO, oxigênio dissolvido, fósforo total e coliformes termotolerantes, ajustando o modelo a partir da série histórica de monitoramento do INEA. Em relação à modelagem qualitativa, foram realizadas apenas a simulação da condição atual, além da condição futura de 2040 para os três cenários socioeconômicos. Nos itens que seguem são apresentadas as metodologias de projeção das cargas poluidoras, a descrição do modelo de qualidade, além dos resultados nos pontos de controle e em toda a bacia através dos mapas por trecho.

### 10.1. PROJEÇÃO DAS CARGAS POLUIDORAS NOS CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS

#### 10.1.1. Revisão das Estações de Tratamento de Efluentes e projetos existentes de acordo com os planos de saneamento

Os cenários socioeconômicos descritos anteriormente preconizam uma série de hipóteses que relacionam as possibilidades de dinâmica econômica, social e ambiental para a região. De acordo com a descrição, no cenário “Águas Protegidas”, são conciliadas as políticas sociais e econômicas em uma estratégia de crescimento sustentável, além de serem seguidos os Planos Diretores Municipais. Em contraste, nos cenários “Águas Revoltas” e “Águas Degradadas” espera-se um crescimento desordenado, especialmente em relação ao “Águas Degradadas”, onde os controles e fiscalizações são precarizados, como as normas legais que os estabeleceram são alteradas em favor do crescimento da economia. Diante do exposto, faz sentido pensar que a possibilidade de investimentos também seguirá uma certa tendência, numa escala de investimento máximo para o cenário “Águas protegidas” para o cenário de investimento mínimo em “Águas Degradadas”. No item do diagnóstico foi apresentada a relação das ETEs existentes atualmente, além de quatro estações atualmente desativadas com previsão de serem ativadas nos próximos anos (Quadro 10.1). As novas ETEs estão concentradas nas UHPs dos rios Japuíba e Jacuecanga e a implementação destes projetos representará um aumento de mais de 16 mil habitantes com acesso ao tratamento de esgotos.



Quadro 10.1. Relação das ETEs desativadas no cenário atual a serem incluídas nos cenários futuros.

Cód.	Município	UHP	Nome da ETE	Localidade	Efic. DBO (%)	Pop. Atend.	Pop. da área de cobertura	Taxa de atend.
E13	Angra dos Reis	Rio Japuíba	ETE Parque Belém (I / II / III / IV)	Parque Belém	83%	100	11851	1%
E16	Angra dos Reis	Rio Japuíba	ETE Campo Belo	Campo Belo	83%	193	9386	2%
E17	Angra dos Reis	Rio Japuíba	ETE Japuíba	Japuíba	90%	7500	24799	30%
E26	Angra dos Reis	Rio Jacuecanga	ETE Monsuaba	Bairro Monsuaba	94%	8500	8301	100%

Fonte: Elaboração própria.

A fim de conciliar os investimentos previstos com os cenários socioeconômicos, a Quadro 10.2 a seguir apresenta uma descrição das hipóteses admitidas em cada cenário em relação ao aspecto de investimentos na área de saneamento.

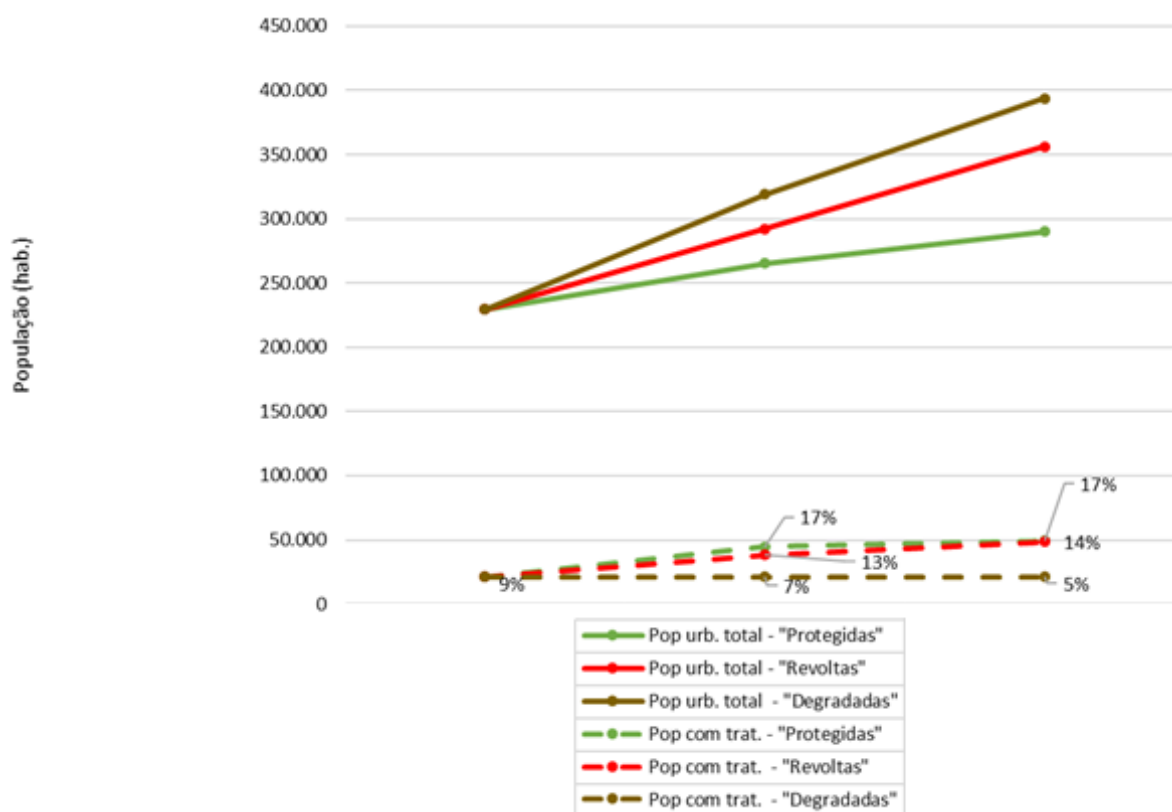
Quadro 10.2. Hipóteses admitidas referentes aos investimentos na área de saneamento em cada cenário socioeconômico

Cenário	Hipótese
Águas protegidas	Todos as obras de implementação de ETE's previstas nos planos de saneamento serão concluídas até 2040. Para 2030, admitiu-se que metade da capacidade prevista estará implementada
Águas revoltas	As obras de implementação de ETE's previstas nos planos de saneamento estarão concluídas, no entanto com a metade da capacidade originalmente projetada
Águas degradadas	Admitiu-se a hipótese de que nenhum investimento na área de saneamento na RH-I será implementado até 2040, nem mesmo as obras atualmente em andamento

Fonte: Elaboração própria.

A não inclusão de obras atualmente em execução justifica-se pela possibilidade de analisar o impacto negativo frente a uma possibilidade de paralisação ou não conclusão das obras. Dentre os investimentos atualmente em execução na bacia, destacam-se a reativação da ETE de Monsuaba pela Petrobras/Transpetro na UHP do Rio Jacuecanga.

A Figura 10.1 apresenta as projeções de população urbana na RH-I de acordo com os cenários socioeconômicos, paralelamente com a projeção da população com acesso à coleta e tratamento de esgotos, de acordo com os projetos de saneamento e as hipóteses admitidas em cada cenário. Observa-se que enquanto o cenário “Águas protegidas” apresenta a situação mais favorável em termos ambientais, com menor crescimento e ampliação do acesso ao saneamento, o cenário “Águas degradadas” apresenta a situação oposta, com maior crescimento populacional e estagnação na área de saneamento. Os números indicam os percentuais de população com acesso ao tratamento de esgotos. Enquanto que para o “Águas protegidas” estima-se um salto dos atuais 9% para 17%, para o “Águas Degradadas” há uma redução para 5% devido ao acréscimo populacional, ficando o “Águas Revoltas” numa situação intermediária.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Números indicam as taxas de atendimento à coleta e tratamento de esgotos por cenário.

Figura 10.1. Projeções da população urbana total e atendida por tratamento de esgotos na RH-I

### 10.1.2. Projeções das cargas potencial e lançada nos cenários socioeconômicos

Neste item serão apresentados os parâmetros a serem incluídos na estimativa de cargas geradas e também, posteriormente, na modelagem qualitativa. Serão apresentadas as estimativas de carga gerada e lançada de DBO (matéria orgânica), coliformes termotolerantes, e das formas fosfatadas presentes nos esgotos. Serão adotados coeficientes de contribuição per capita para o cálculo da carga total gerada, de acordo com os valores apresentados na Quadro 10.3. Observa-se que a literatura apresenta uma faixa bastante ampla de contribuição per capita para cada parâmetro, e que o valor adotado representa um patamar normalmente utilizado, no entanto, outros valores podem ser mais representativos para a bacia, o que será respondido posteriormente com a aplicação do modelo e a calibração a partir dos dados observados.

Quadro 10.3 - Relação das cargas per capita e concentração no efluente doméstico dos parâmetros a serem simulados no modelo (fonte: Von Sperling, 2005).

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)	
	Faixa	Adotado
DBO	40 - 60	54
Coliformes fecais (termotolerantes)*	$10^9 - 10^{12}$	$10^{10}$
Fósforo	orgânico	0,2 – 1,0
	inorgânico	0.5 – 1,5

Fonte: Elaboração própria.

\* valor da carga em NMP/hab.dia



As estimativas de cargas remanescentes e lançadas são realizadas de acordo com cada tipo de solução de destinação de esgotos (i.e., com coleta e tratamento, fossa, sem tratamento). Para a parcela de esgotos coletada e tratada, a eficiência será dada em função das eficiências das Estações de Tratamento de Efluentes (no caso da DBO), e no caso de novas estações, adotou-se uma eficiência de 90% de remoção da matéria orgânica. Para o fósforo e coliformes, foi adotada uma eficiência de remoção igual a 50% e 99%, respectivamente, uma vez que a eficiência de remoção dos demais parâmetros não foi informada no cadastro. No caso das fossas sépticas, de acordo com o atlas da ANA, pode-se adotar uma eficiência de 50% de remoção da matéria orgânica. E por fim, no caso da inexistência de tratamento, ainda que haja coleta, adotou-se uma eficiência de 0%, ou seja, considera-se uma contribuição direta dos esgotos para os corpos hídricos, ainda que possa haver algum tipo de abatimento, no entanto, de acordo com ANA (2017), esse tipo de abatimento é muito difícil de quantificar. Uma vez que os valores apresentados na Quadro 10.4 são representativos apenas da população urbana dos municípios, no caso da população rural, considerou-se que a totalidade dos residentes adota uma solução semelhante às fossas sépticas.

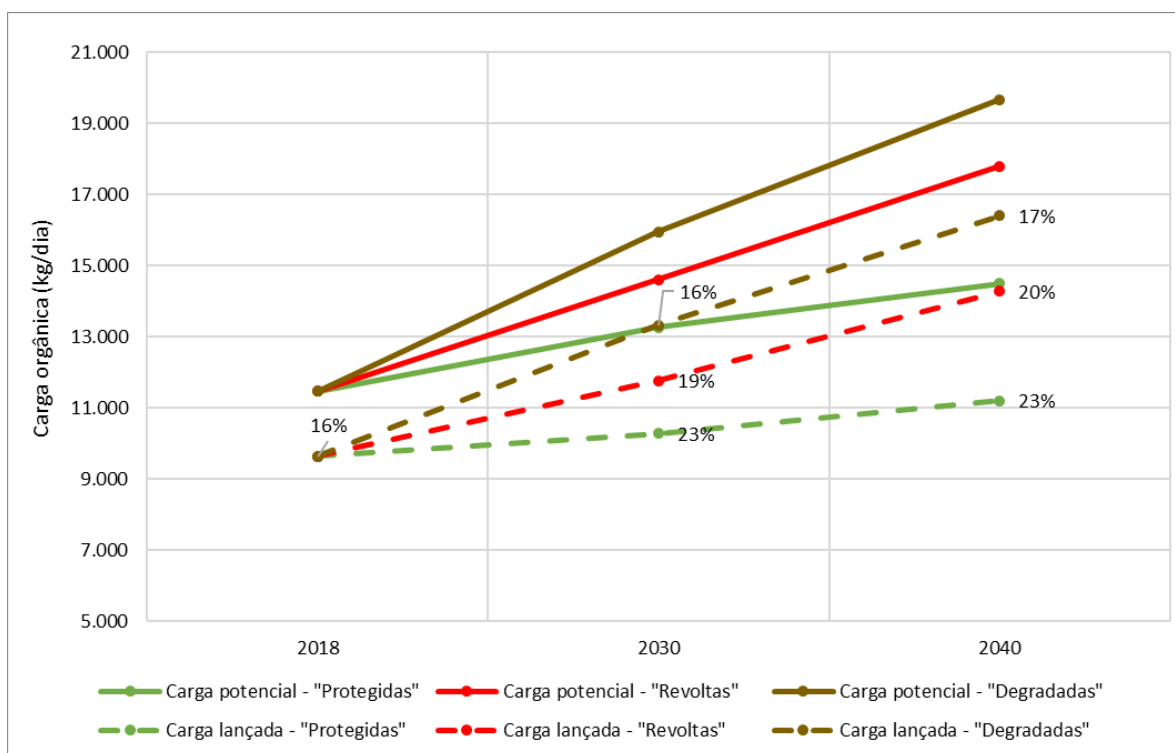
Quadro 10.4 – Eficiências de tratamento adotadas para cada tipo de solução de destinação dos esgotos

Tipo de solução	Eficiência de remoção (%)		
	DBO	Fósforo / Nitrogênio	Coliformes
Com coleta e tratamento*	67%-96%	40%	99%
Solução Individual (fossas sépticas)	50%	30%	80%
Com coleta e sem tratamento	0%	0%	0%
Sem coleta e sem tratamento	0%	0%	0%

Fonte: Elaboração própria.

\* variável por município de acordo com as ETEs

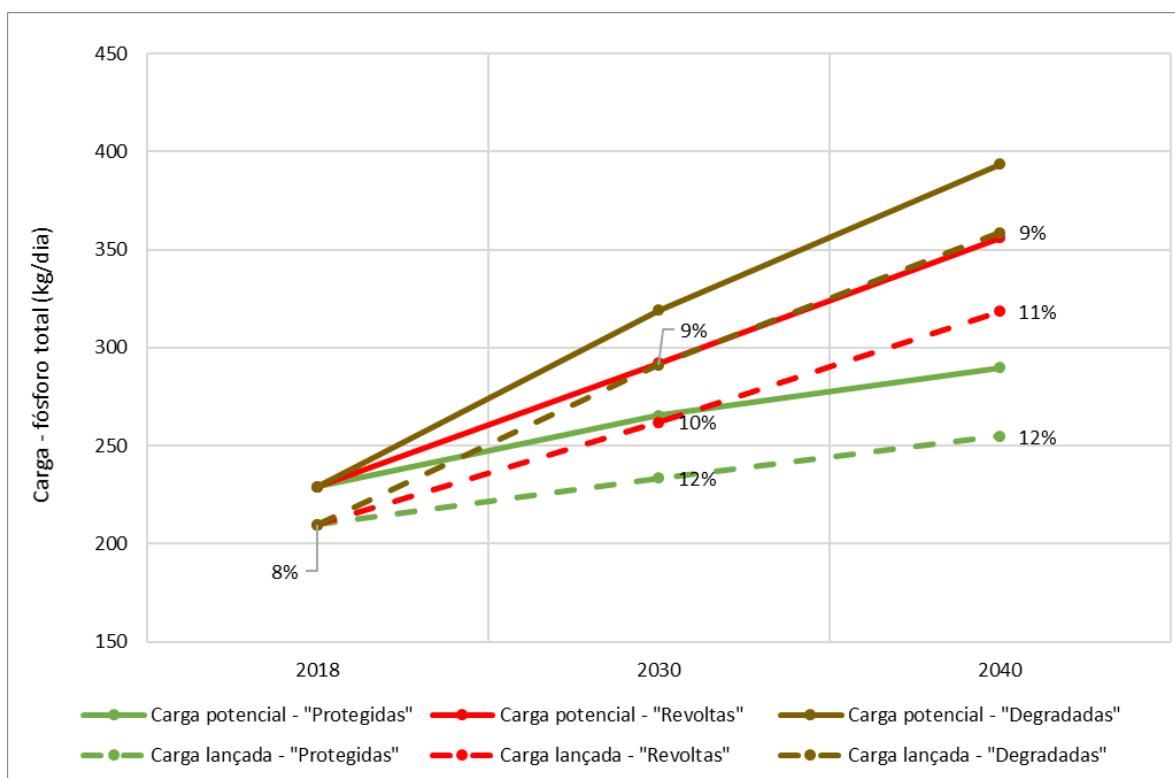
A seguir, a Figura 10.2 à Figura 10.4 apresentam as projeções de carga potencial e lançada nos cenários socioeconômicos, para os parâmetros de matéria orgânica, fósforo e coliformes, respectivamente. Observa-se que as taxas potenciais são proporcionais às taxas de aumento populacional e que as taxas de carga lançada dependem das eficiências típicas de tratamento. Como o fósforo costuma ter baixas eficiências de remoção, as cargas lançadas apresentam-se mais próximas às cargas potenciais, com baixa eficiência de remoção.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Números indicam o percentual de remoção de carga por cenário.

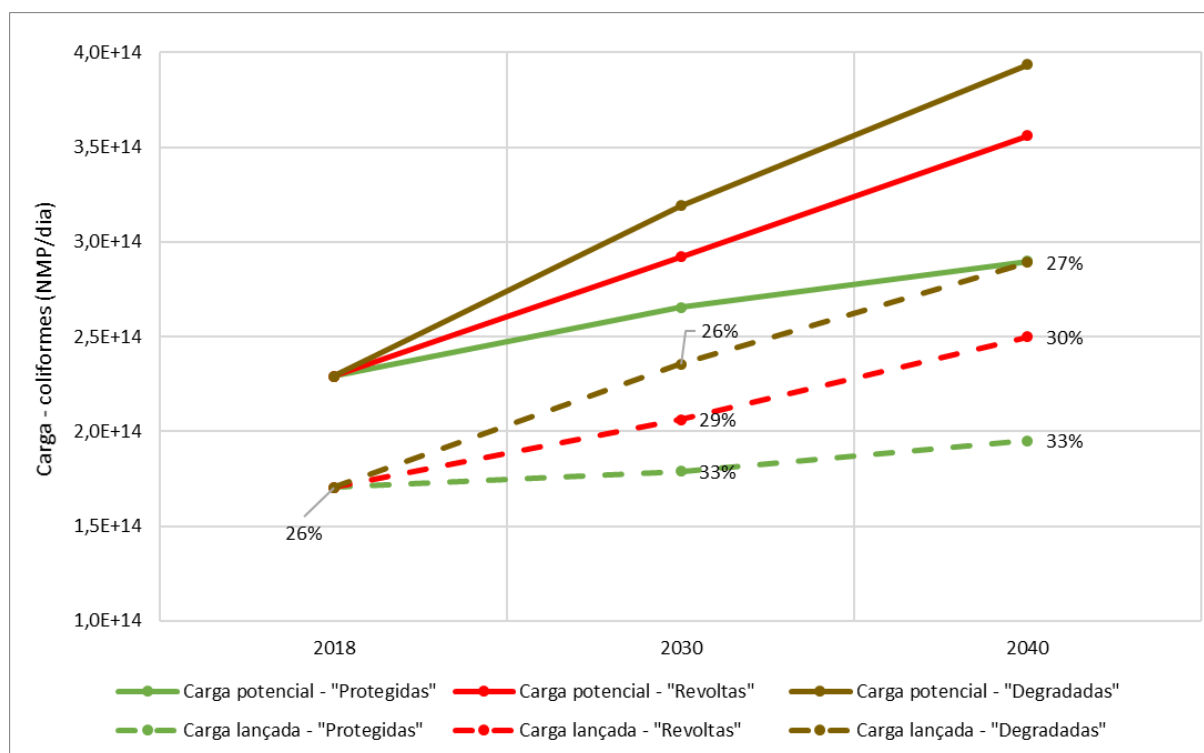
Figura 10.2. Projeções de carga potencial e lançada de matéria orgânica de acordo com os cenários socioeconômicos



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Números indicam o percentual de remoção de carga por cenário.

Figura 10.3. Projeções de carga potencial e lançada de fósforo total de acordo com os cenários socioeconômicos



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Números indicam o percentual de remoção de carga por cenário.

Figura 10.4. Projeções de carga potencial e lançada de coliformes de acordo com os cenários socioeconômicos

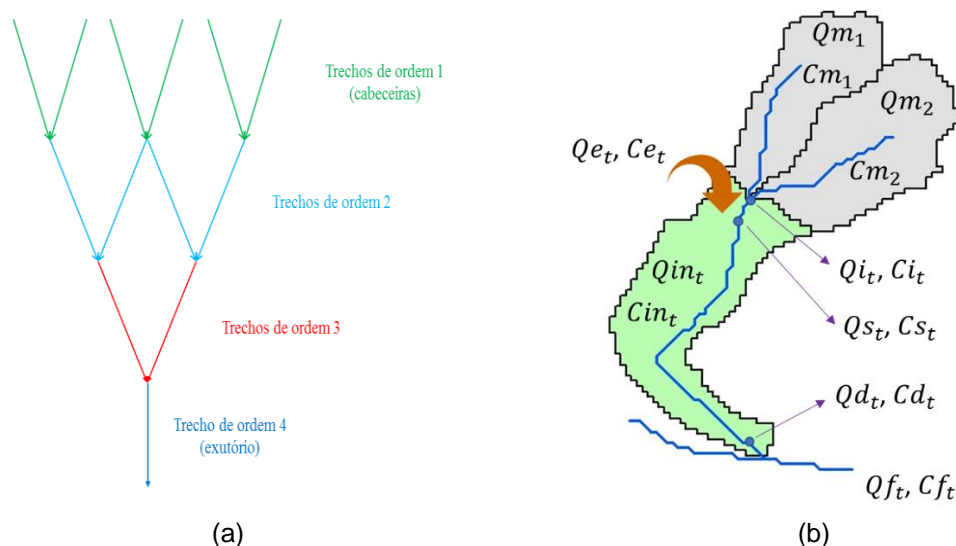
## 10.2. DESCRIÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE

O modelo WARM-GIS tem como principal funcionalidade a sua operacionalização dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), facilitando o processo de entrada de dados, a aquisição das informações hidráulicas dos trechos de rio, além da organização topológica de todo o sistema hídrico. A versão mais atual do sistema desenvolvido no grupo de Hidrologia de Grande Escala (HGE) está descrita em Kayser (2013), no qual se propõe o desenvolvimento de um sistema integrado ao software MapWindow®, um SIG programável de código aberto, e livre distribuição na internet. Esta integração é realizada através de um plug-in, que corresponde a um programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica.

O processo de modelagem corresponde na adoção de soluções analíticas em regime permanente, utilizando modelos de transporte advectivo com reações cinéticas simplificadas. As equações utilizadas são apresentadas em Sperling (2007), todas em sua forma analítica de resolução. O esquema de simulação é representado na Figura 10.5. Primeiramente é feita a identificação do ordenamento dos trechos, selecionando inicialmente aqueles de primeira ordem, ou de cabeceira. Em seguida, são processados os trechos de segunda ordem, utilizando as saídas de concentrações e vazões obtidas no passo anterior, e assim por diante, até encontrar



o trecho de ordem mais alta, correspondente ao exutório da bacia. Na Figura 10.5 b são apresentadas as principais variáveis no processo de diluição e transformação dos constituintes de qualidade, sendo descritas logo a seguir.



Fonte: Kayser e Collischonn (2017).

Figura 10.5 - Esquema de representação do modelo de qualidade da água: a) representação dos trechos em relação ao ordenamento; b) representação das principais variáveis de simulação por microbacia

Sendo:

- $Qm_j$  e  $Cm_j$ : vazão e concentração final do trecho  $j$  à montante do trecho  $t$ ;
- $Qi_t$  e  $Ci_t$ : vazão e concentração inicial do trecho  $t$ ;
- $Qe_t$  e  $Ce_t$ : vazão e concentração (ou somatório) das cargas pontuais existentes em qualquer ponto da microbacia correspondente ao trecho  $t$ ;
- $Qs_t$  e  $Cs_t$ : vazão e concentração de mistura após a entrada das cargas pontuais no trecho  $t$ ;
- $Qd_t$  e  $Cd_t$ : vazão e concentração após os processos de transformação dos constituintes ao longo do trecho  $t$ ;
- $Qd_t$  e  $Cd_t$ : vazão e concentração incremental do trecho  $t$ , correspondendo à entrada das cargas difusas;
- $Qf_t$  e  $Cf_t$ : vazão e concentração final do trecho  $t$ , após a inserção da vazão e concentração incremental.

A seguir, será apresentada uma descrição de cada etapa do processo de diluição e transformação dos constituintes considerados no modelo proposto:

**Verificação das condições iniciais:**





Para os trechos de ordem 1, as vazões e concentrações no início do trecho serão dados de entrada do modelo. Para os trechos de ordem superior, essas variáveis serão dadas utilizando as saídas dos trechos de montante, somando as vazões e misturando as respectivas concentrações.

### **Mistura da carga pontual no trecho de rio:**

Nesta etapa é feita a diluição do efluente pontual no curso principal do rio. Para efeito de simplificação, considera-se que o ponto de lançamento esteja localizado imediatamente no ponto inicial do trecho, logo após a confluência dos trechos de montante, ainda que o ponto esteja localizado em qualquer outra região da microbacia correspondente ao trecho. Também se considera aí o somatório dos lançamentos e a diluição das concentrações, caso existam mais um ponto de lançamento por microbacia.

### **Transformação dos constituintes ao longo do trecho:**

Nesta etapa são consideradas as transformações devido aos processos de decomposição, sedimentação, além de outras transformações dos constituintes simulados. As equações partem do esquema clássico de Streeter-Phelps, agregando-se, porém, outras variáveis, como a sedimentação da matéria orgânica, além da consideração dos elementos fosfatados e nitrogenados e também da modelagem dos coliformes termotolerantes. As equações estão descritas para cada parâmetro, sendo apresentadas a seguir

$$Cd_{t,DBO} = Cs_{t,DBO} \cdot e^{-((K_d+K_s) \cdot T)} \quad (1)$$

$$Cd_{t,OD} = C_{OD_s} - \left( (C_{OD_s} - Cs_{t,OD}) \cdot e^{-(K_a \cdot T)} + \left( \frac{K_d \cdot Cs_{t,DBO}}{K_a - K_r} \right) \cdot (e^{-(K_r \cdot T)} - e^{-(K_a \cdot T)}) \right) \quad (2)$$

$$Cd_{t,PO} = Cs_{t,PO} \cdot e^{-(K_{oi}+K_{spo}) \cdot T} \quad (3)$$

$$Cd_{t,PI} = Cs_{t,PI} \cdot e^{-(K_{spi} \cdot T)} + \left( \frac{K_{oi} \cdot Cs_{t,PO}}{K_{spi} - K_{oi}} \right) \cdot (e^{-(K_{oi} \cdot T)} - e^{-(K_{spi} \cdot T)}) \quad (4)$$

$$Cd_{t,Coli} = Cs_{t,Coli} \cdot e^{-(K_{col} \cdot T)} \quad (5)$$

Sendo  $Cd_{t,DBO}$  a concentração resultante da DBO,  $Cd_{t,OD}$  do oxigênio dissolvido,  $Cd_{t,PO}$  do fósforo orgânico,  $Cd_{t,PI}$  do fósforo inorgânico, e  $Cd_{t,Coli}$  dos coliformes. A descrição dos demais parâmetros é listada na Quadro 10.1.



Quadro 10.1 – Descrição dos coeficientes de transformação dos parâmetros do modelo

Parâmetro	Descrição	Obtenção
$T$	tempo de percurso no trecho	razão entre a velocidade e o comprimento do trecho
$K_d$	Coeficiente de decomposição	parâmetro calibrado
$K_s$	Coeficiente de sedimentação	razão entre a veloc. de sedimentação da mat. orgânica ( $V_{smo}$ ) e a profundidade
$K_r$	Coeficiente de remoção	$K_d + K_s$
$K_a$	Coeficiente de reaeração	parâmetro calibrado
$C_{OD_s}$	Oxigênio dissolvido de saturação	Eq. em função da temperatura (Popel, 1979)
$K_{oi}$	Coeficiente de transformação do fósforo orgânico para inorgânico	parâmetro calibrado
$K_{spo}$	Coeficiente de sedimentação do fósforo orgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo orgânico ( $V_{spo}$ ) e a profundidade
$K_{spi}$	Coeficiente de sedimentação do fósforo inorgânico	razão entre a veloc. de sedimentação do fósforo inorgânico ( $V_{spi}$ ) e a profundidade
$K_{col}$	Coeficiente de decaimento dos coliformes termotolerantes	parâmetro calibrado

Fonte: Elaboração própria.

#### **Vazão incremental e cargas difusas:**

Nesta parte, considera-se a entrada da vazão gerada pela própria microbacia correspondente ao trecho e de sua respectiva concentração resultante dos processos de entrada da carga difusa. Neste contexto, há várias simplificações, a começar por considerar a entrada incremental como uma fonte pontual ao fim do trecho, sendo que na verdade, a entrada é contínua e distribuída ao longo do segmento. Outra simplificação reside no fato de considerar toda a vazão incremental como decorrente do escoamento superficial, responsável por carrear a carga do uso do solo para o curso principal, sem considerar as porções subsuperficial e subterrânea.

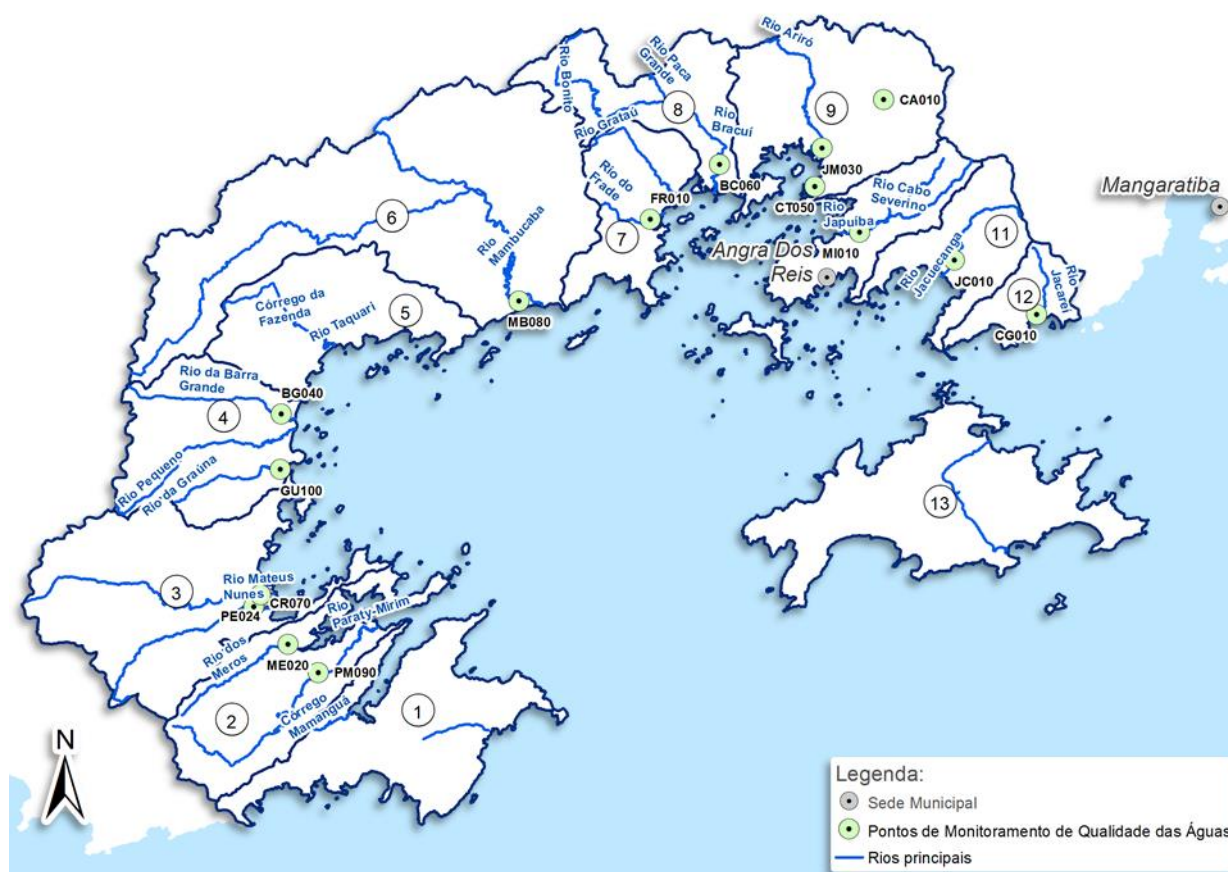
#### **Vazão e concentração final do trecho:**

A vazão e concentração final do trecho se dará pela soma e diluição da carga incremental com as vazões e concentrações provenientes do processo de transformação dos constituintes ao longo do trecho.



### 10.3. RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Neste item serão avaliados os resultados da modelagem qualitativa em relação ao cenário atual em comparação com a série histórica observada dos postos de monitoramento do INEA a fim de verificar a acurácia do modelo. O INEA possui 15 postos de monitoramento de qualidade das águas continentais da RH-I (Figura 10.6), sendo disponibilizados dados do início de 2014 a maio de 2019, podendo existir até 14 campanhas por ponto de monitoramento. É importante ressaltar que este período abrange as mais diversas condições de disponibilidade hídrica, onde se admite a hipótese de que as condições mais críticas de qualidade correspondem aos cenários de escassez hídrica, portanto próximos ao patamar da Q95% adotada como vazão de referência nos estudos de modelagem. Portanto, considerou-se satisfatória a simulação onde o modelo resultou num valor próximo ao percentil 80%, evitando-se o valor máximo a fim de se evitar possíveis outliers.



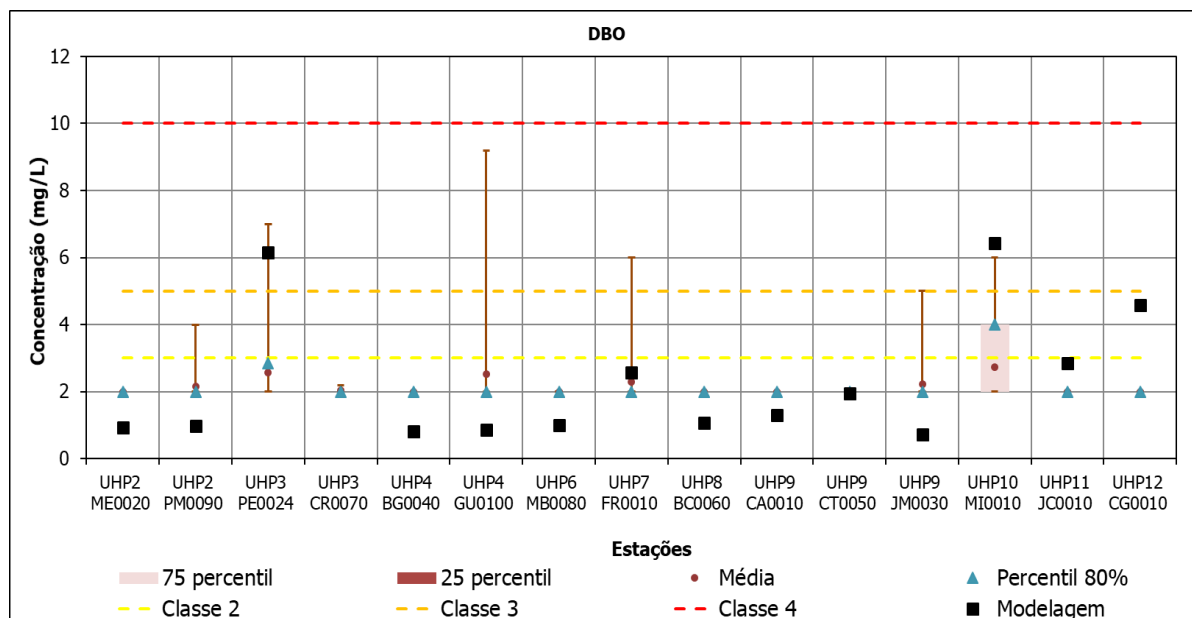
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.6 – Localização dos pontos de monitoramento de qualidade das águas continentais.

As figuras a seguir (Figura 10.7, Figura 10.8, Figura 10.9 e Figura 10.10) apresentam gráficos boxplot da distribuição de concentrações observadas ao longo do tempo em cada posto

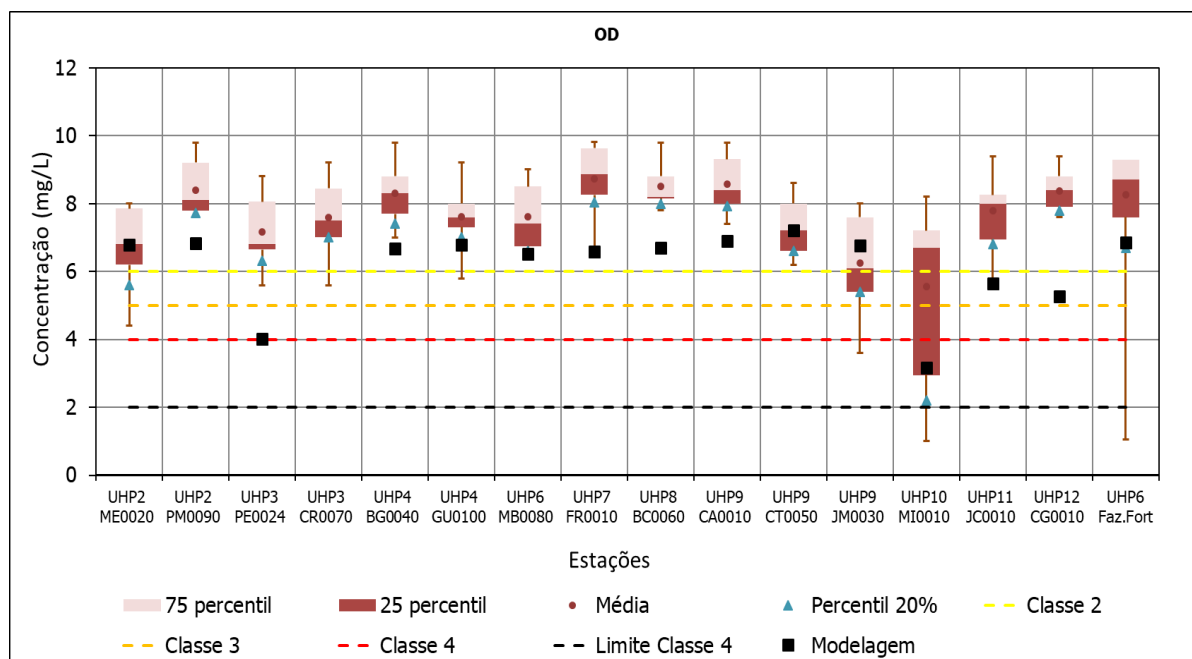


de monitoramento, além dos valores calculados pelo modelo de qualidade. Embora haja uma tendência de superestimativa das concentrações, observa-se que o modelo respondeu bem aos locais de maior criticidade, como no ponto MI0010 (foz do Rio Japuíba), PE0024 (foz do rio Perequê-Açu) e CG010 (foz do rio Cantagalo).



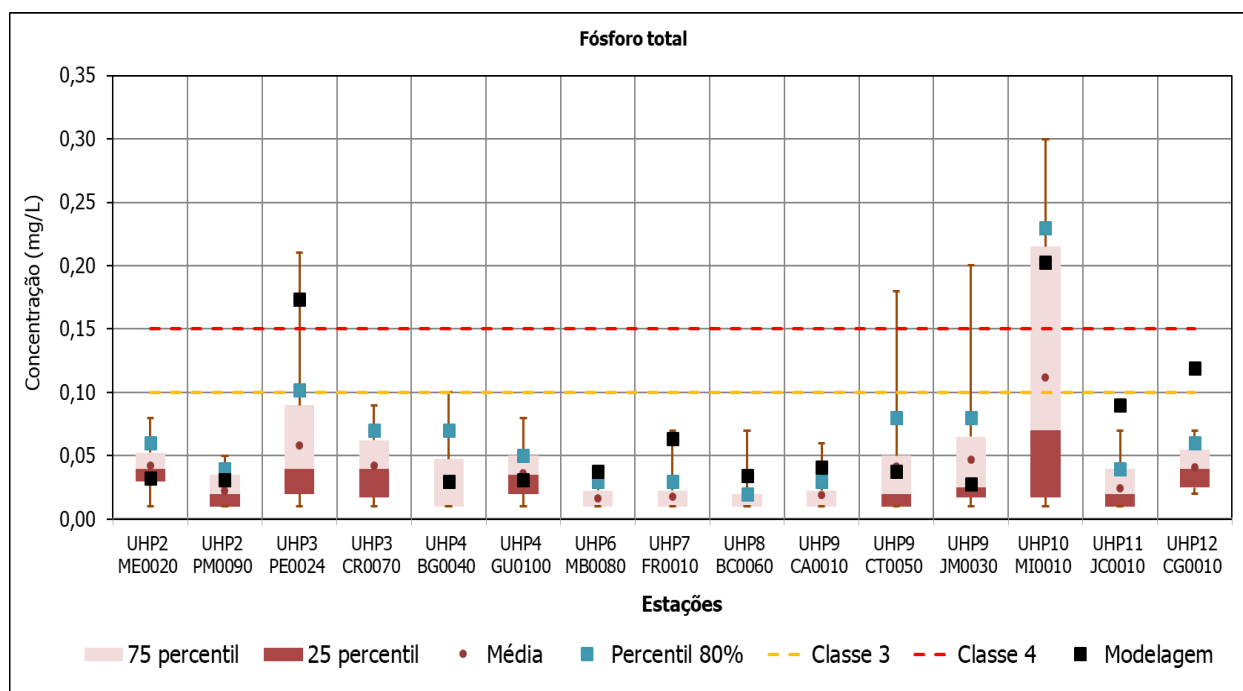
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.7 – Distribuição dos valores observados de DBO ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.



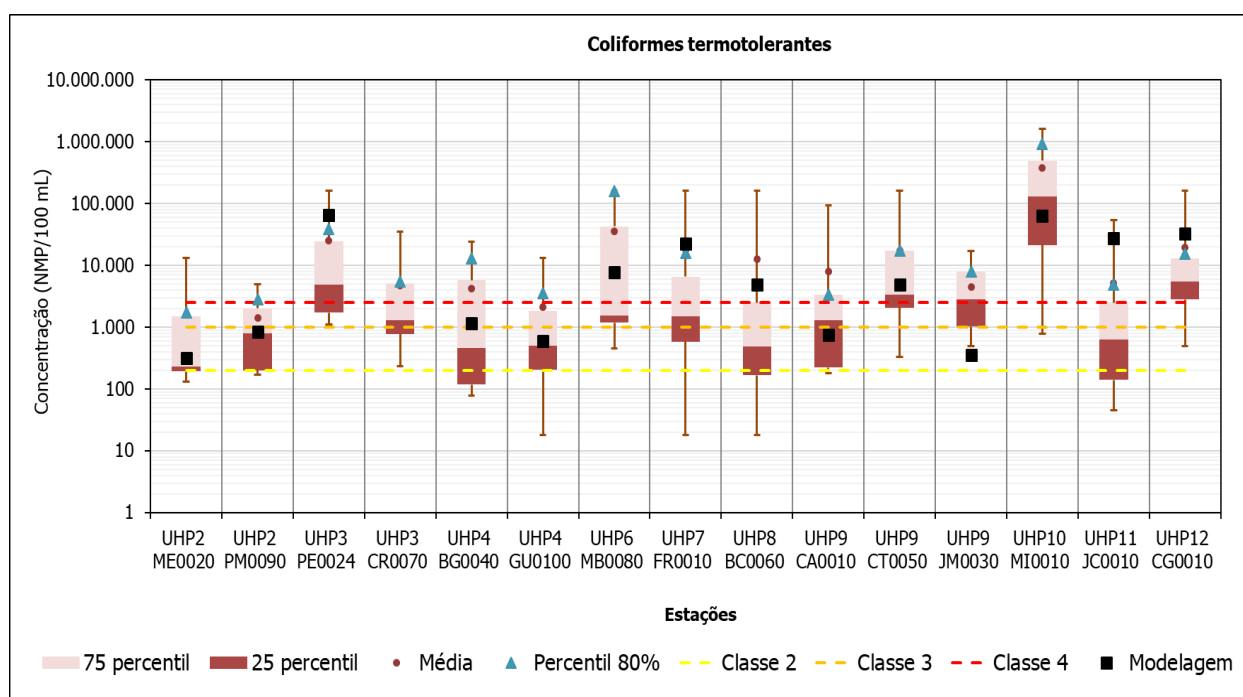
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.8 – Distribuição dos valores observados de OD ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.9 – Distribuição dos valores observados de fósforo total ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.



Fonte: Elaboração própria.

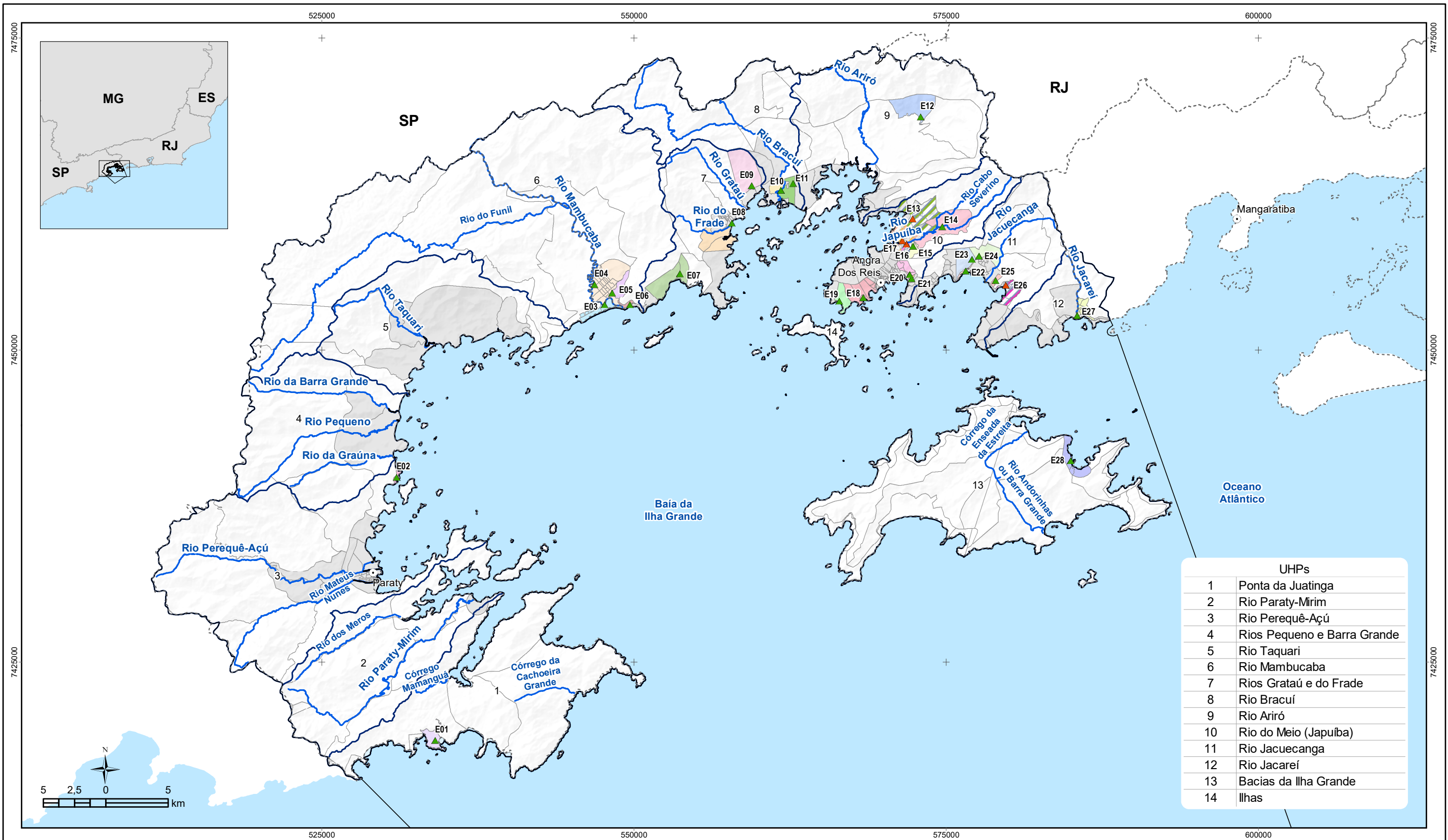
Figura 10.10 – Distribuição dos valores observados de coliformes termotolerantes ao longo do período de disponibilidade de dados dos postos de monitoramento da RH-I, incluindo o valor calculado pelo modelo de qualidade da água.

A seguir, o Mapa 10.1 a Mapa 10.4 apresentam os resultados da simulação qualitativa para o cenário atual, considerando os parâmetros de DBO, OD, fósforo total e coliformes. Incluiu-se

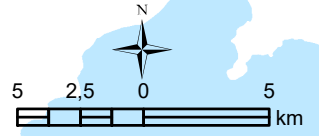


---

também os postos de monitoramento e os respectivos valores observados, representados pelo valor do percentil 80%. Os valores dos trechos e dos pontos são representados pelas classes de enquadramento da resolução n° 357/2005 do CONAMA.



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas



**LEGENDA**

- Sede municipal
  - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**
  - ▲ Ativada
  - ▲ Desativada
  - Rios principais
  - Massa d'água
  - - - Limite municipal
  - Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
  - Área de abrangência dos sistemas de tratamento**
  - Área rural
  - Área urbana (sem tratamento)
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
- 5
  - 6
  - 7
  - 8
  - 9
  - 10
  - 11
  - 12
  - 13
  - 14
  - 15
  - 16
  - 17
  - 18
  - 19
  - 20
  - 21
  - 22
  - 23
  - 24
  - 25
  - 26
  - 27
  - 28

Acompanhamento  
  
 Realização

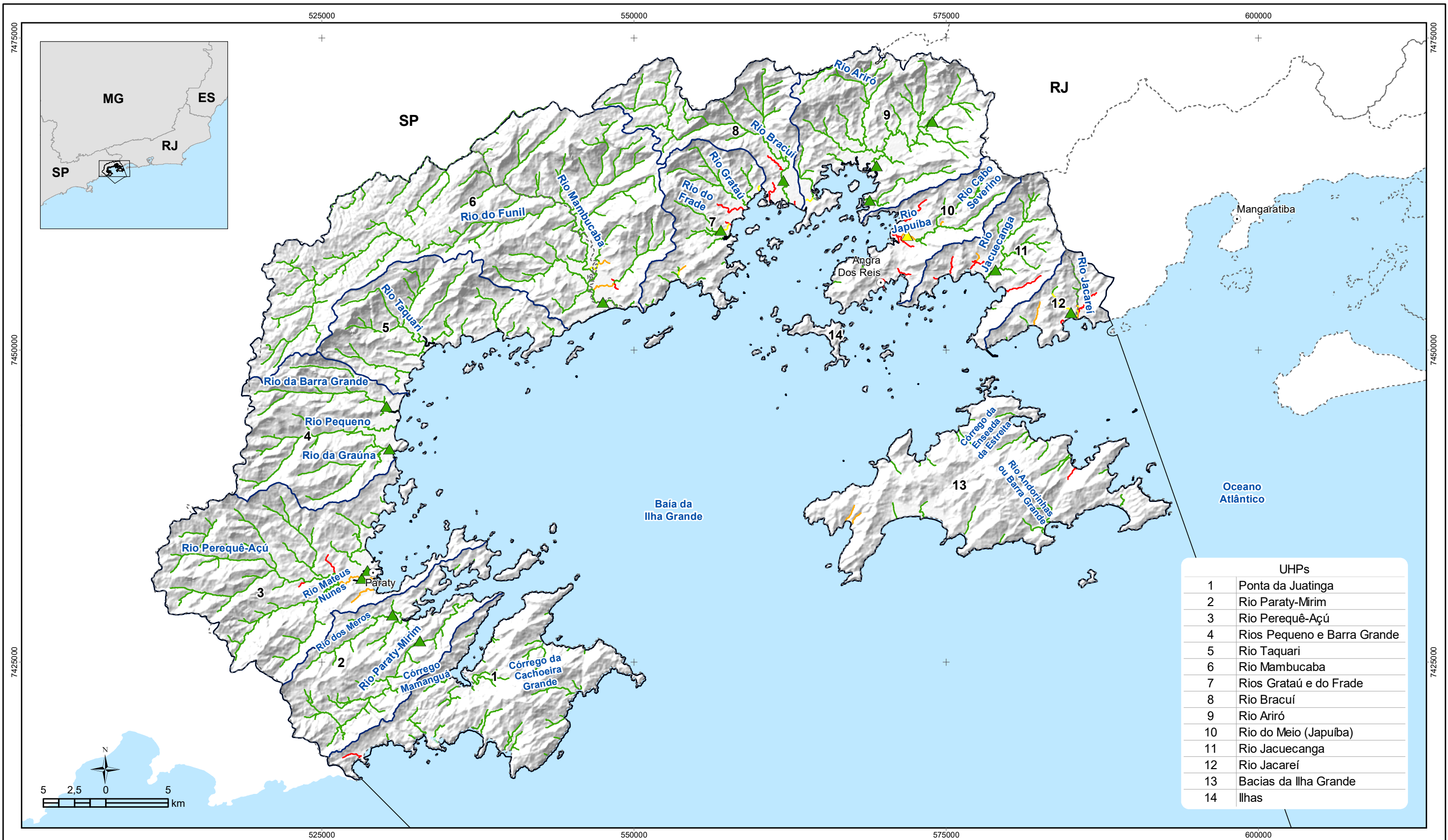
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Execução  
  
 Apoio

**Sistema de Coordenadas UTM**  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.1 - Sistemas de tratamento de esgoto identificados na RH-I e suas respectivas áreas de atendimento**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH-I: INEA/DIGAT/GEGET, 2016  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Área de Abrangência dos Sistemas: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: DBO
  - ▲ 1
  - ▲ 2
  - Massa d'água
  - Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água
  - Parâmetro: DBO
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

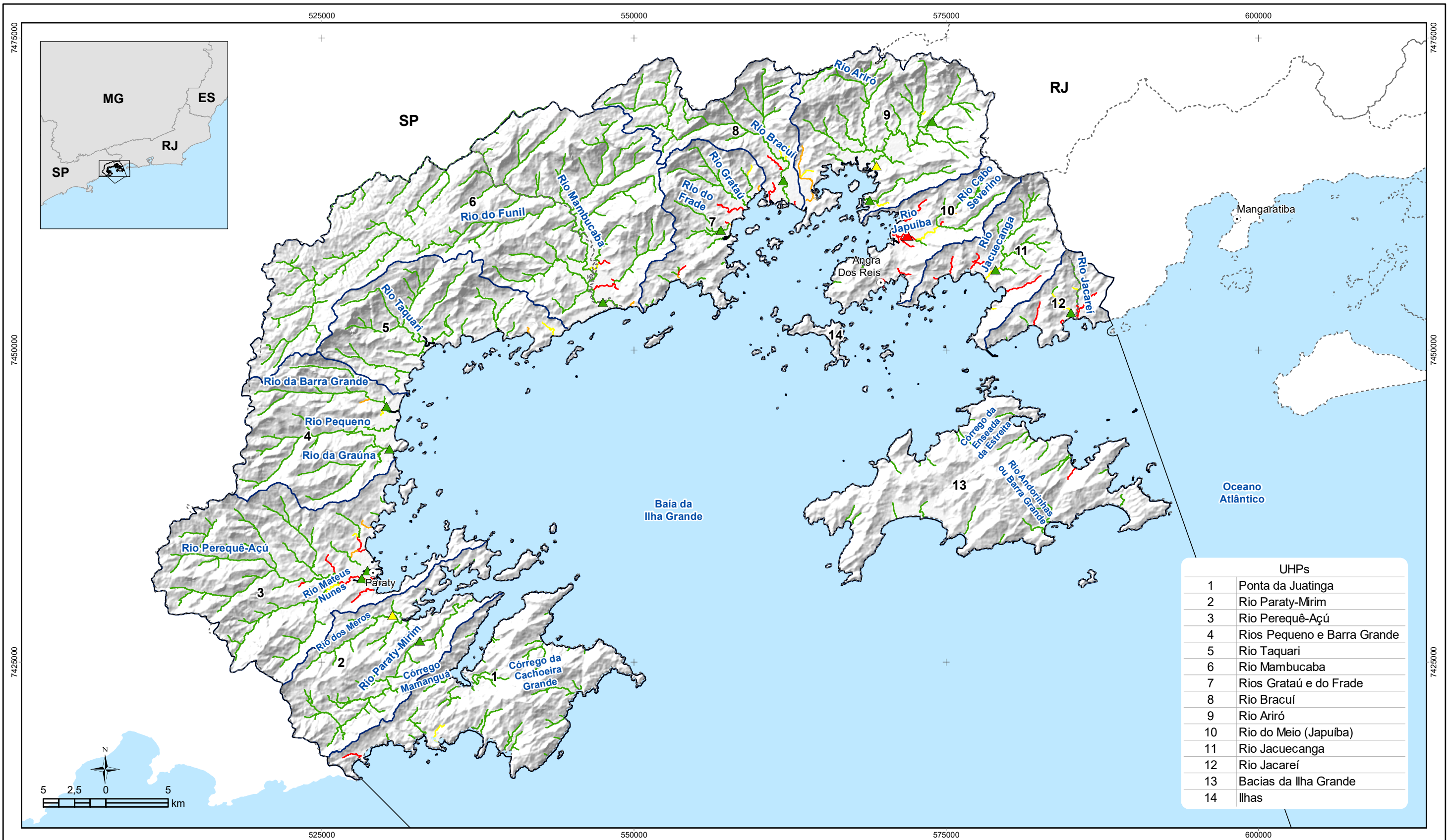


Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.2 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: DBO**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH-1: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019





UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: OD
  - ▲ 1
  - ▲ 2
  - ▲ 4
  - Massa d'água
  - ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⋯ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água
  - Parâmetro: OD
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



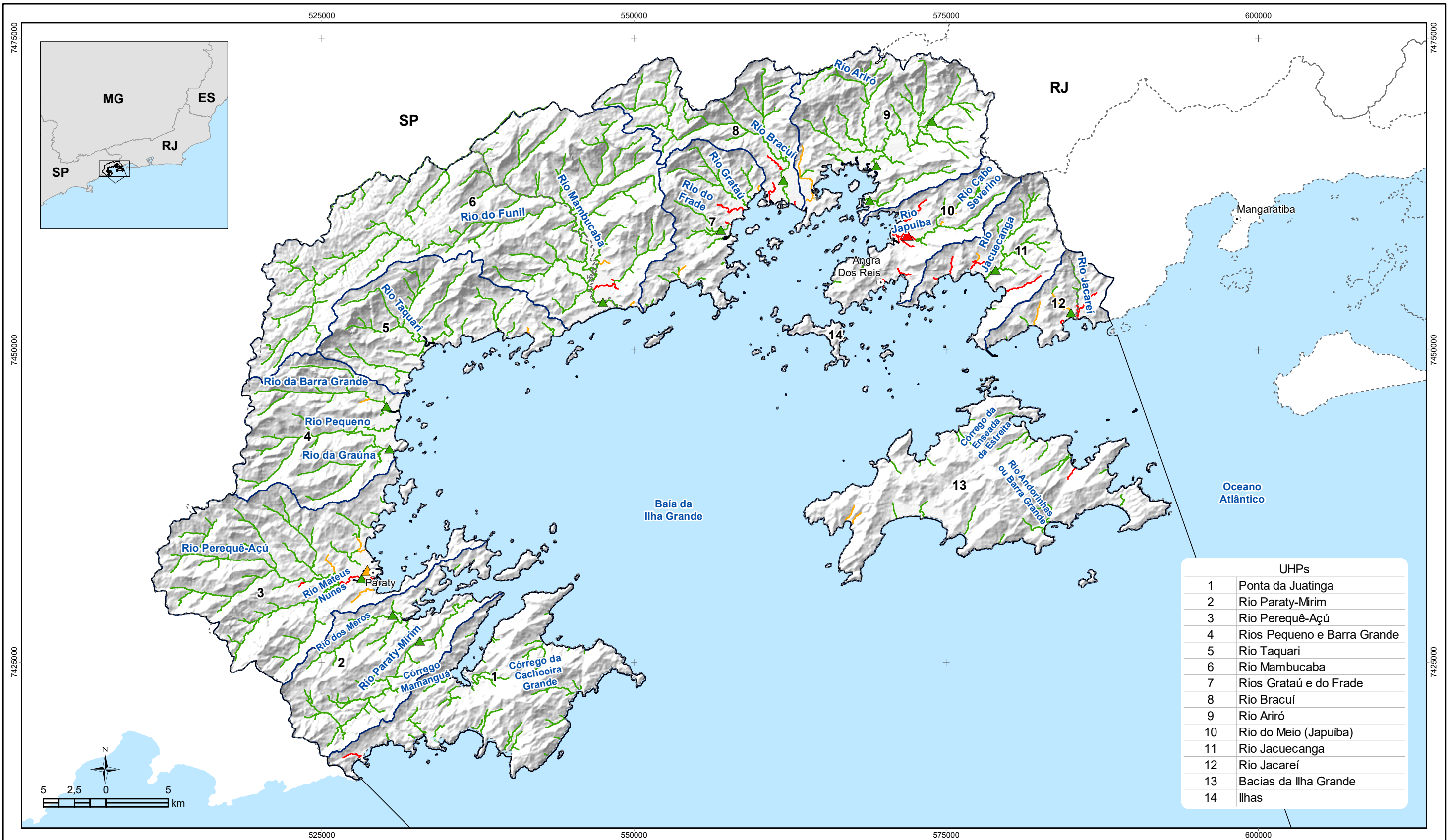
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



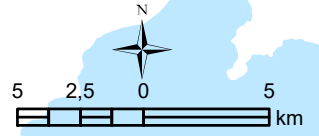
Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.3 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: OD**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2016  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profill, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas



**LEGENDA**

- Sede municipal
- ⊙ Postos de Monitoramento
- ▴ Parâmetro: Fósforo Total
  - 1
  - 3
  - 4
- ☁ Massa d'água
- ⊘ Limite municipal
- ⊞ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⊞ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água
- Parâmetro: Fósforo Total
  - Classe 1
  - Classe 3
  - Classe 4

Acompanhamento

Realização

RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)

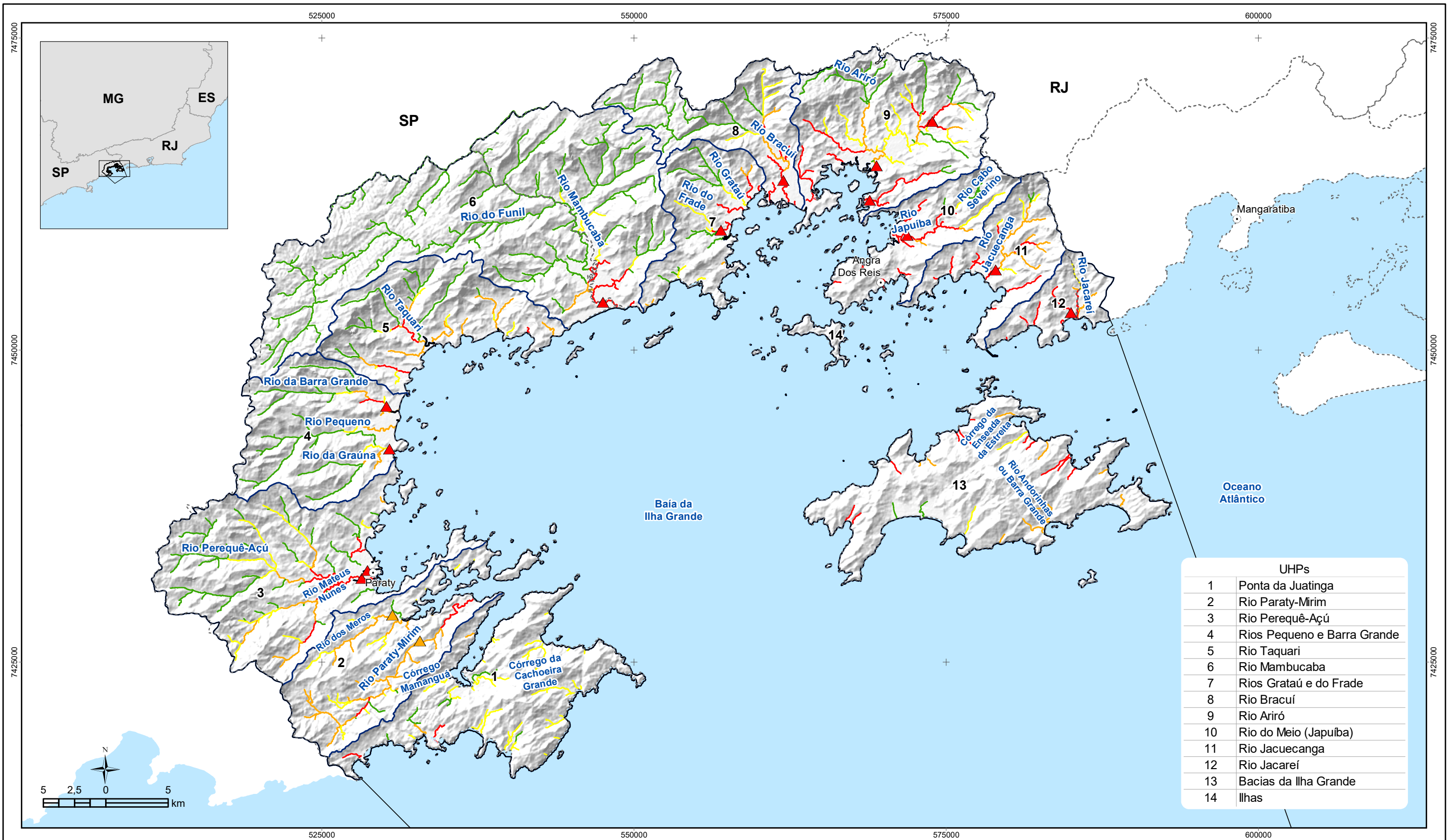
Execução

Apoio

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.4 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: Fósforo Total**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH-I: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profill, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaréi
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: Coliformes termotolerantes
  - ▲ 3
  - ▲ 4
- Massa d'água
- ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⋯ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água
- Parâmetro: Coliformes termotolerantes
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.5 - Resultados da simulação da qualidade da água na situação atual – Parâmetro: Coliformes termotolerantes**

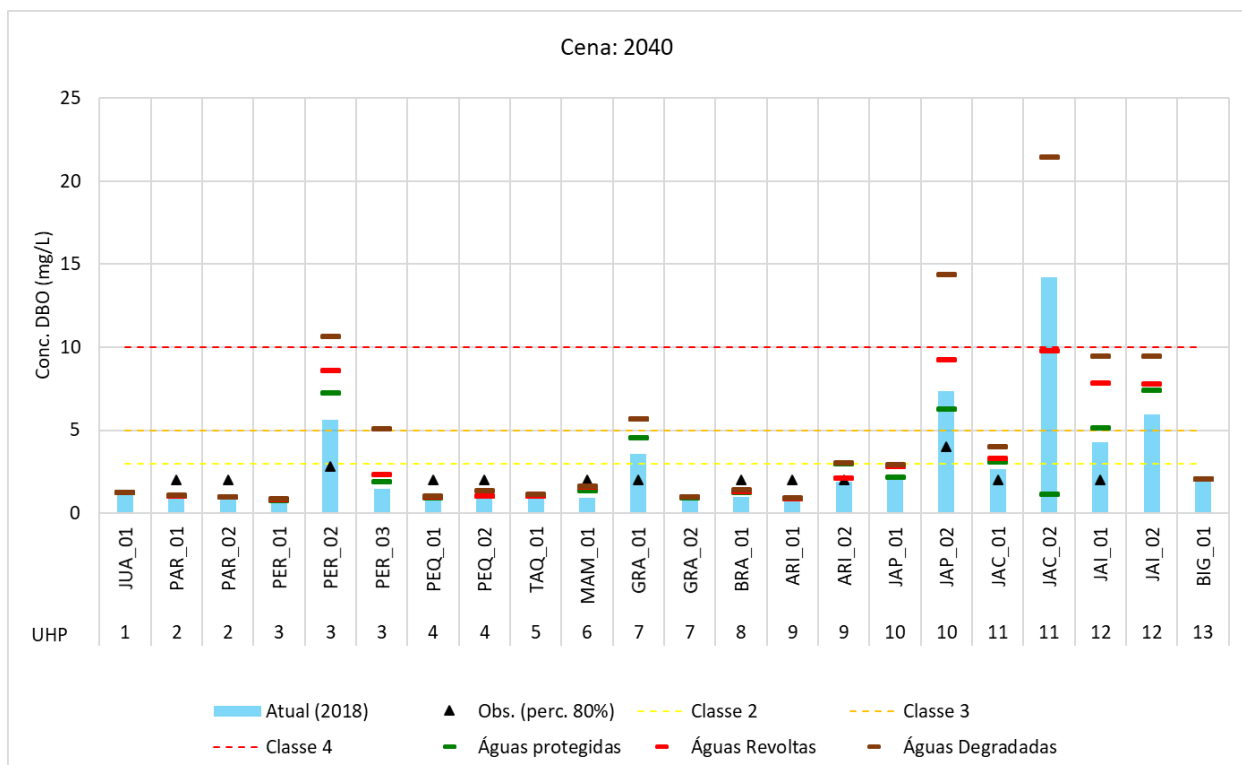
Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profill, 2019



#### 10.4. RESULTADOS DA MODELAGEM QUALITATIVA ATUAL E CENÁRIOS FUTUROS NOS PONTOS DE CONTROLE

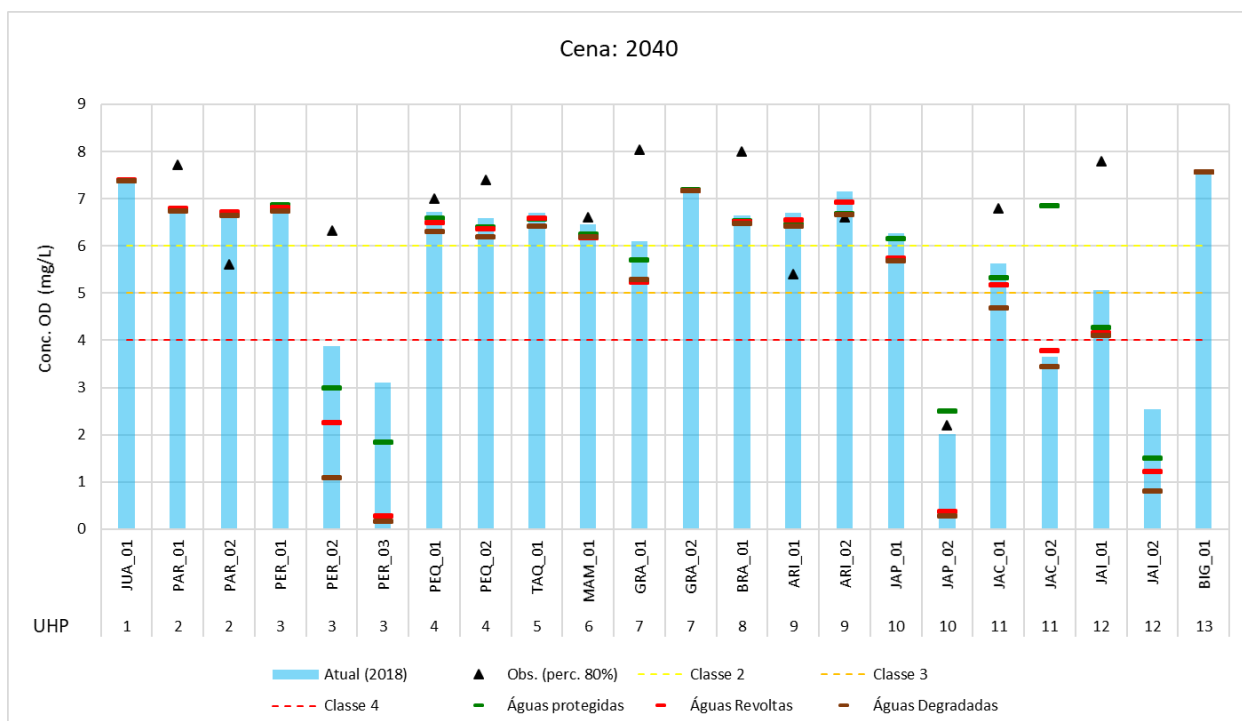
Neste item serão apresentados e discutidos os resultados da modelagem qualitativa do cenário atual em comparação com os três cenários socioeconômicos projetados para a cena de 2040. As figuras a seguir apresentam os resultados das concentrações calculadas nos Pontos de Controle para os quatro cenários, com destaque para a condição atual no formato de barras, e onde os traços representam os três cenários futuros em 2040. Observa-se que para a maioria dos pontos analisados há uma tendência de estagnação em termos de comprometimento ambiental. No entanto, considerando os trechos de maior concentração populacional, observam-se diferenças bastante significativas entre os cenários. Em geral, no “Águas Protegidas” há uma tendência de melhoria das concentrações dos poluentes nas UHPs do Rio Japuíba e Jacuecanga devido à implementação ou reativação de ETEs nestas regiões. O cenário de “Águas Degradadas”, por sua vez, corresponde à pior situação, uma vez que foram combinados o maior crescimento populacional e a total estagnação na área de saneamento na RH-I, onde as concentrações em determinados pontos chegaram a níveis bastante críticos. O cenário “Águas Revoltas” corresponde a uma condição intermediária, no qual os investimentos serão aplicados, mas não na sua totalidade prevista, muitas vezes não sendo suficiente para haver uma melhoria nas condições de qualidade em relação à cena atual.

O ponto JAP\_02 (foz do rio Japuíba) corresponde a uma das situações mais críticas, onde no caso da não implementação das ETEs previstas a tendência é de que as concentrações se elevem ainda mais no futuro, resultando em classe 4 para todos os parâmetros avaliados. Destaca-se também o ponto JAC\_02, o qual corresponde à foz do Córrego Monsuaba. Nesta bacia, existe atualmente uma estação que se encontra desativada, havendo uma previsão de investimentos para que a mesma possa ser reativada. A hipótese de reativação e ampliação da ETE Monsuaba foi incluída no cenário Águas Protegidas, onde é possível verificar o grande impacto positivo frente à melhoria das condições ambientais do córrego, condição não verificada no “Águas Revoltas” com a reativação de apenas a metade da capacidade prevista, e muito menos em relação ao cenário “Águas Degradadas”. Também podemos verificar condições de aumento na degradação da qualidade da água nos PCs PER\_02 (Rio Perequê-Açu), PER\_03 (Rio da Draga), JAI\_01 (Rio Cantagalo) e JAI\_02 (Rio Jacareí), especialmente em relação aos parâmetros fósforo e oxigênio dissolvido.



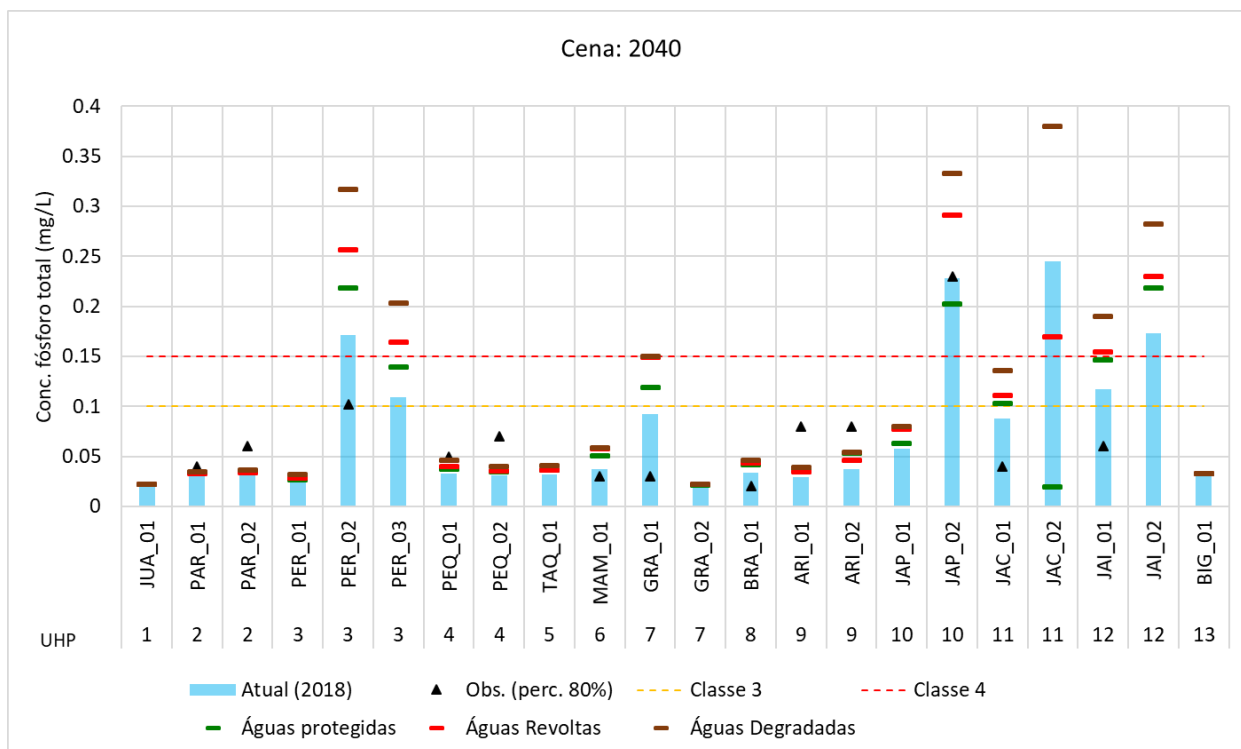
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.11 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: DBO.



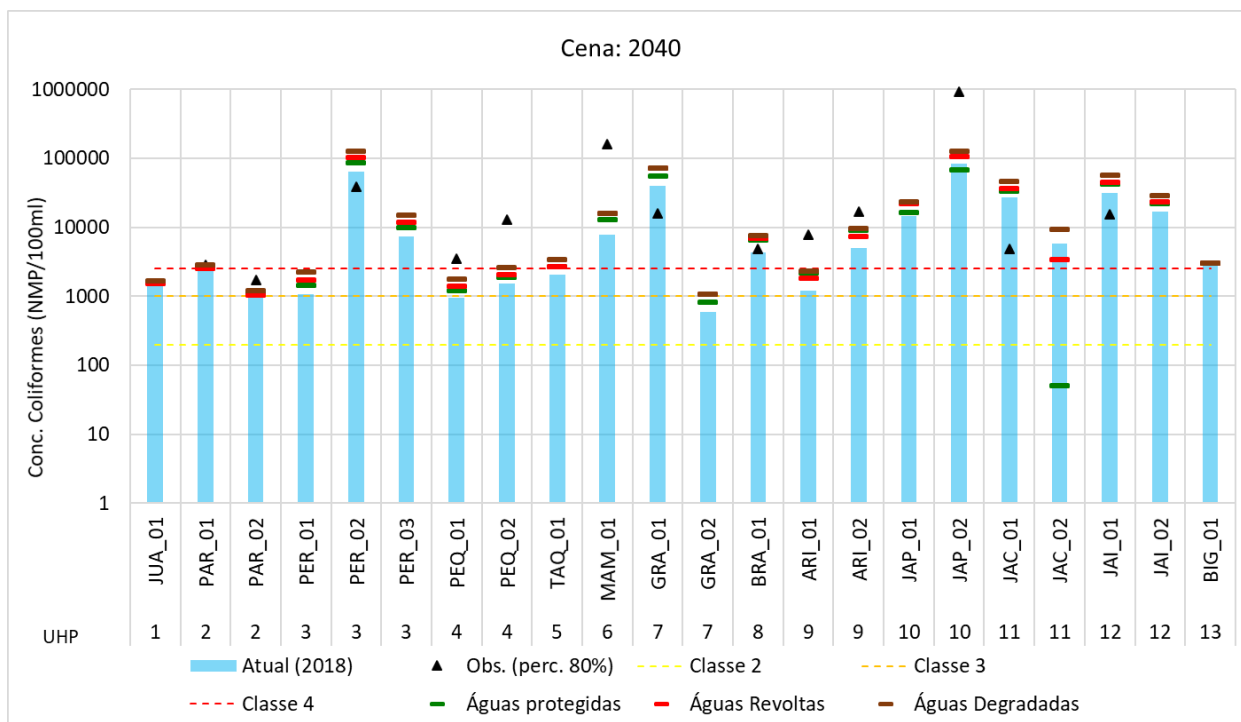
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.12 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: OD.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 10.13 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: fósforo total.



Fonte: Elaboração própria.

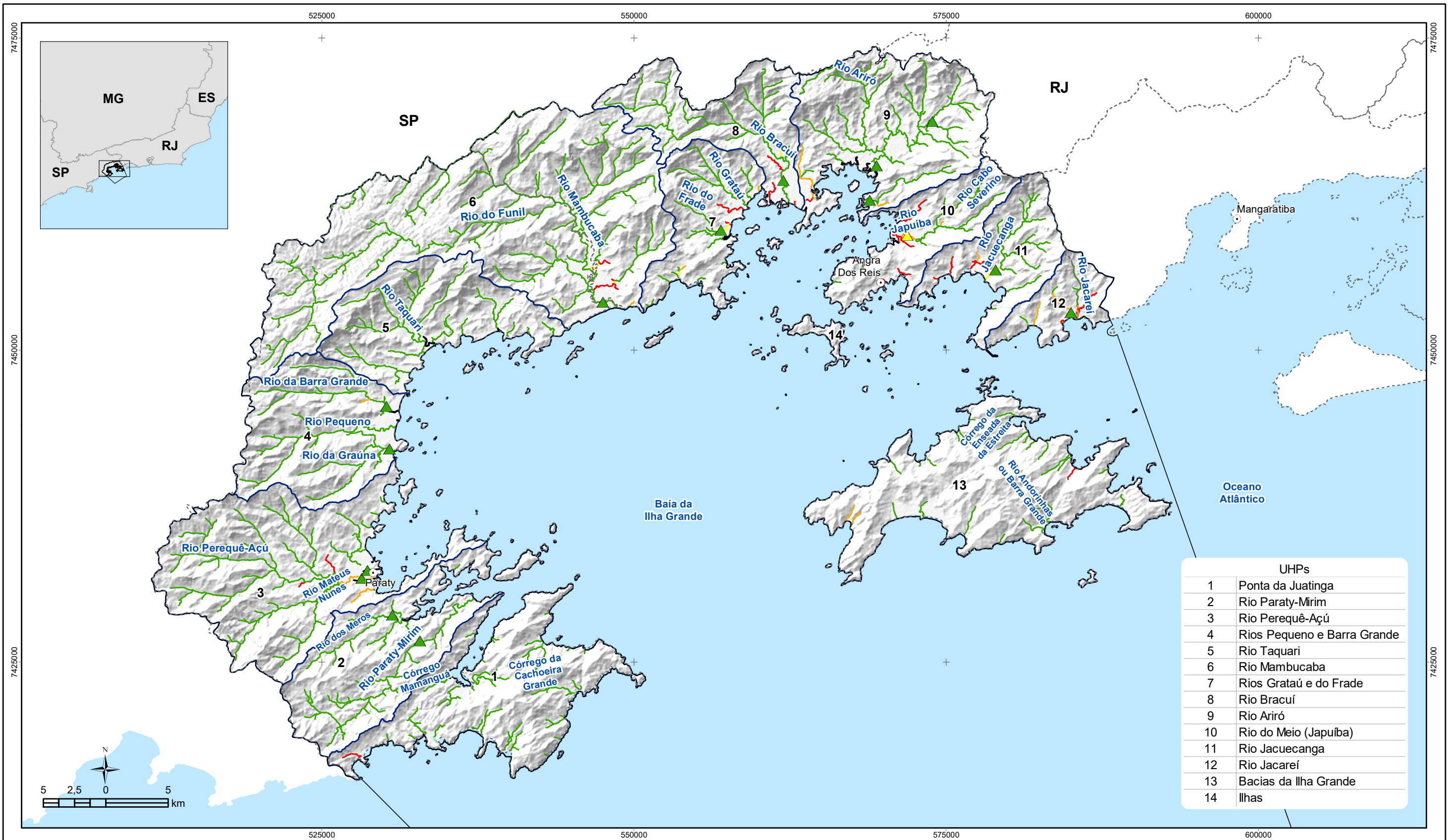
Figura 10.14 – Resultados das simulações de qualidade da água nos Pontos de Controle para o cenário atual e os três cenários socioeconômicos para a cena de 2040 – Parâmetro: coliformes termotolerantes.



---

## 10.5. RESULTADOS DA MODELAGEM QUALITATIVA EM TODOS OS TRECHOS

Os mapas a seguir apresentam os resultados da modelagem qualitativa para todos os trechos simulados, considerando a cena de 2040 e os três cenários socioeconômicos analisados.



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: DBO 1
- ▲ Parâmetro: DBO 2
- ☁ Massa d'água
- ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⋯ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Protegidas
- Parâmetro: DBO
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

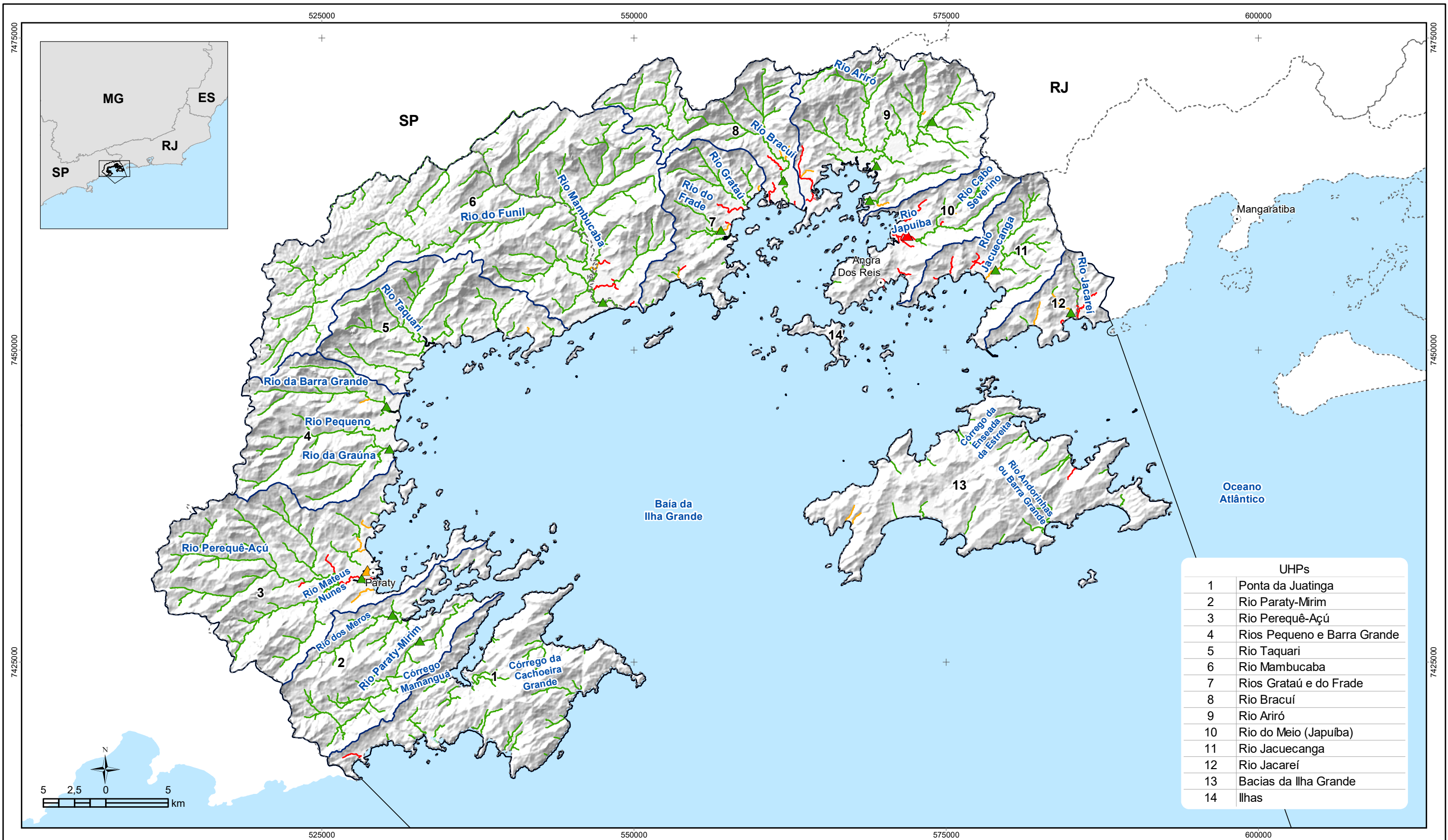


Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.6 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água - Parâmetro: DBO  
 Cenário: Águas Protegidas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019





UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: Fósforo Total
  - ▲ 1
  - ▲ 3
  - ▲ 4
- Massa d'água
- ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⋯ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Protegidas
  - Parâmetro: Fósforo Total
  - Classe 1
  - Classe 3
  - Classe 4



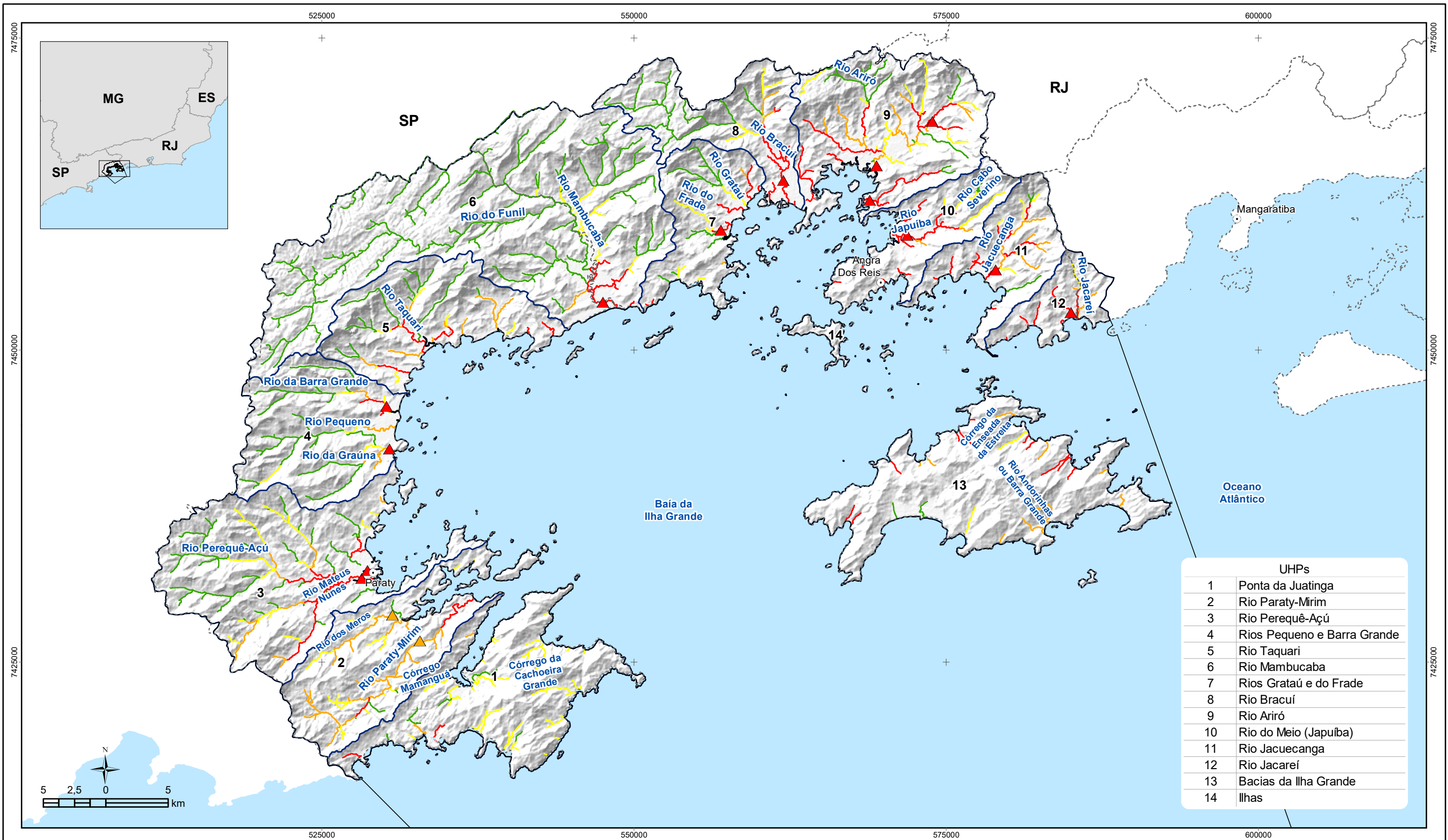
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.7 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água – Parâmetro: Fósforo Total  
 Cenário: Águas Protegidas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: Coliformes termotolerantes
  - ▲ 3
  - ▲ 4
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Protegidas
- Parâmetro: Coliformes termotolerantes
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4

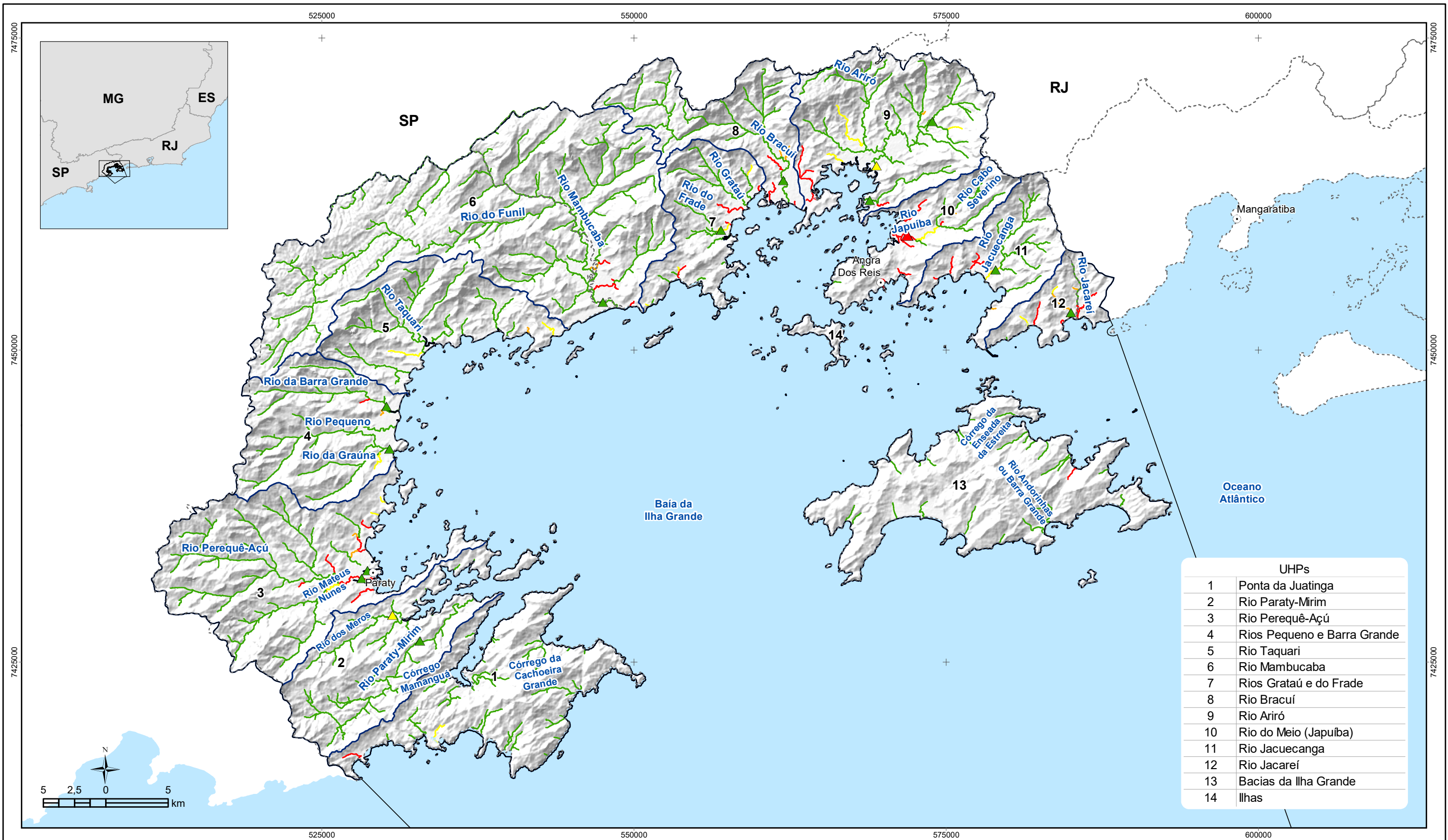


**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.8 - Resultados da simulação da qualidade da água – Parâmetro: Coliformes termotolerantes**  
**Cenário: Águas Protegidas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH-I: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: OD
  - ▲ 1
  - ▲ 2
  - ▲ 4
  - Massa d'água
  - Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Limite municipal
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Protegidas
- Parâmetro: OD
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



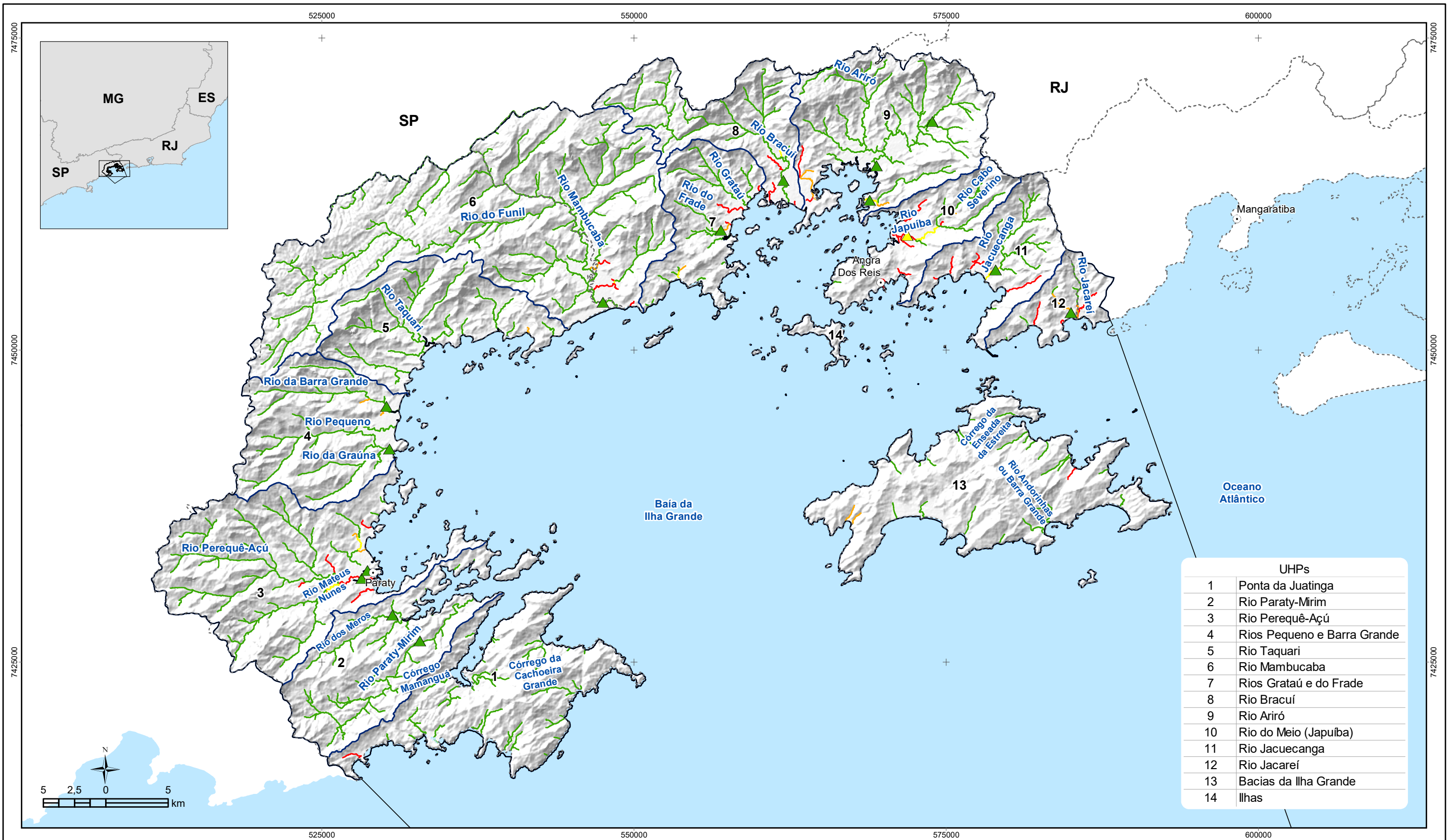
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.9 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água – Parâmetro: OD  
 Cenário: Águas Protegidas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: DBO
- ▲ 1
- ▲ 2
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Degradadas
- Parâmetro: DBO
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4

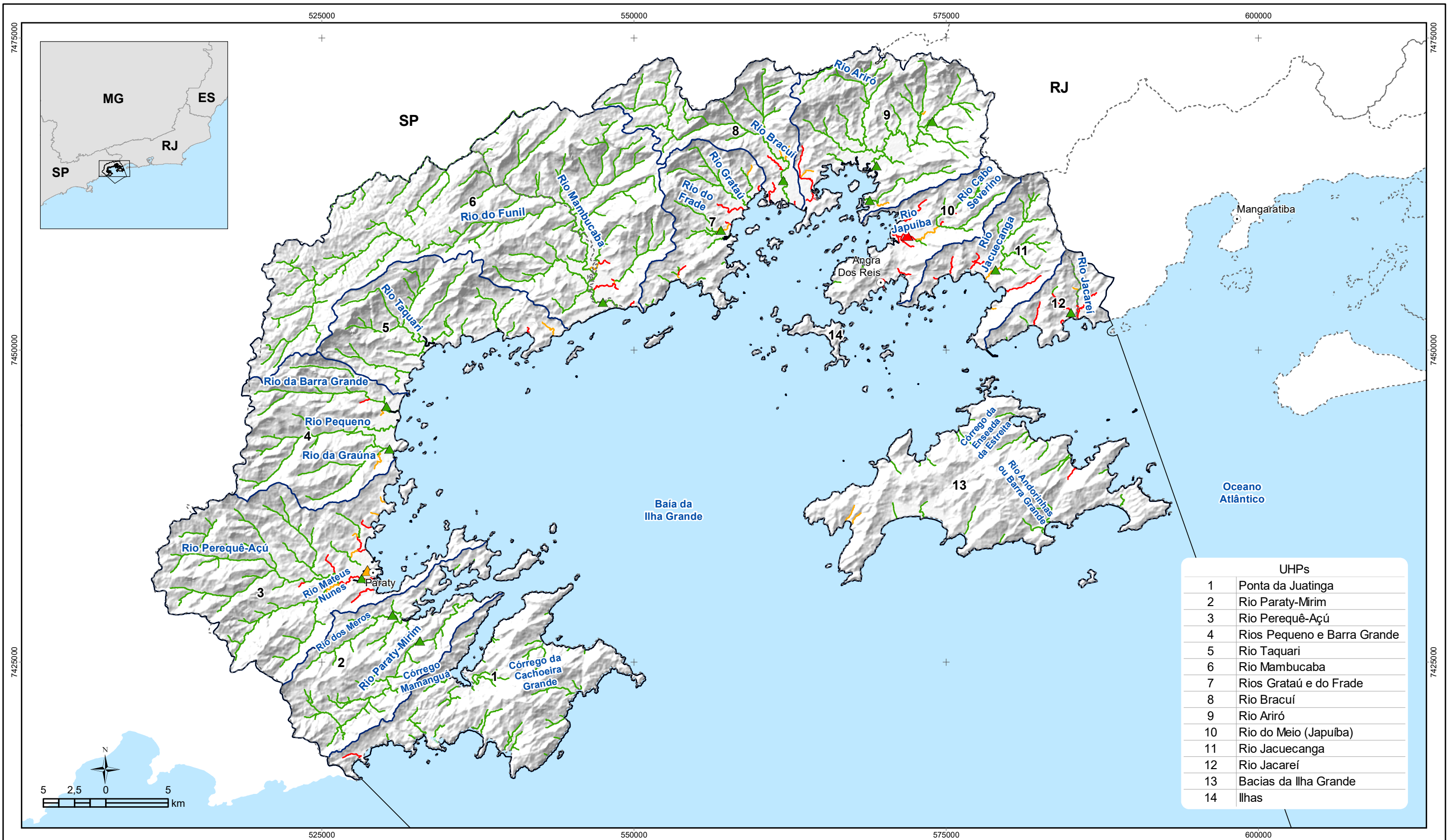


**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.10 - Resultados da simulação da**  
**qualidade da água - Parâmetro: DBO**  
**Cenário: Águas Degradadas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Postos de Monitoramento
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- ▲ Parâmetro: Fósforo Total
- ▲ 1
- ▲ 3
- ▲ 4
- Massa d'água
- Limite municipal
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Degradadas
- Parâmetro: Fósforo Total
- Classe 1
- Classe 3
- Classe 4



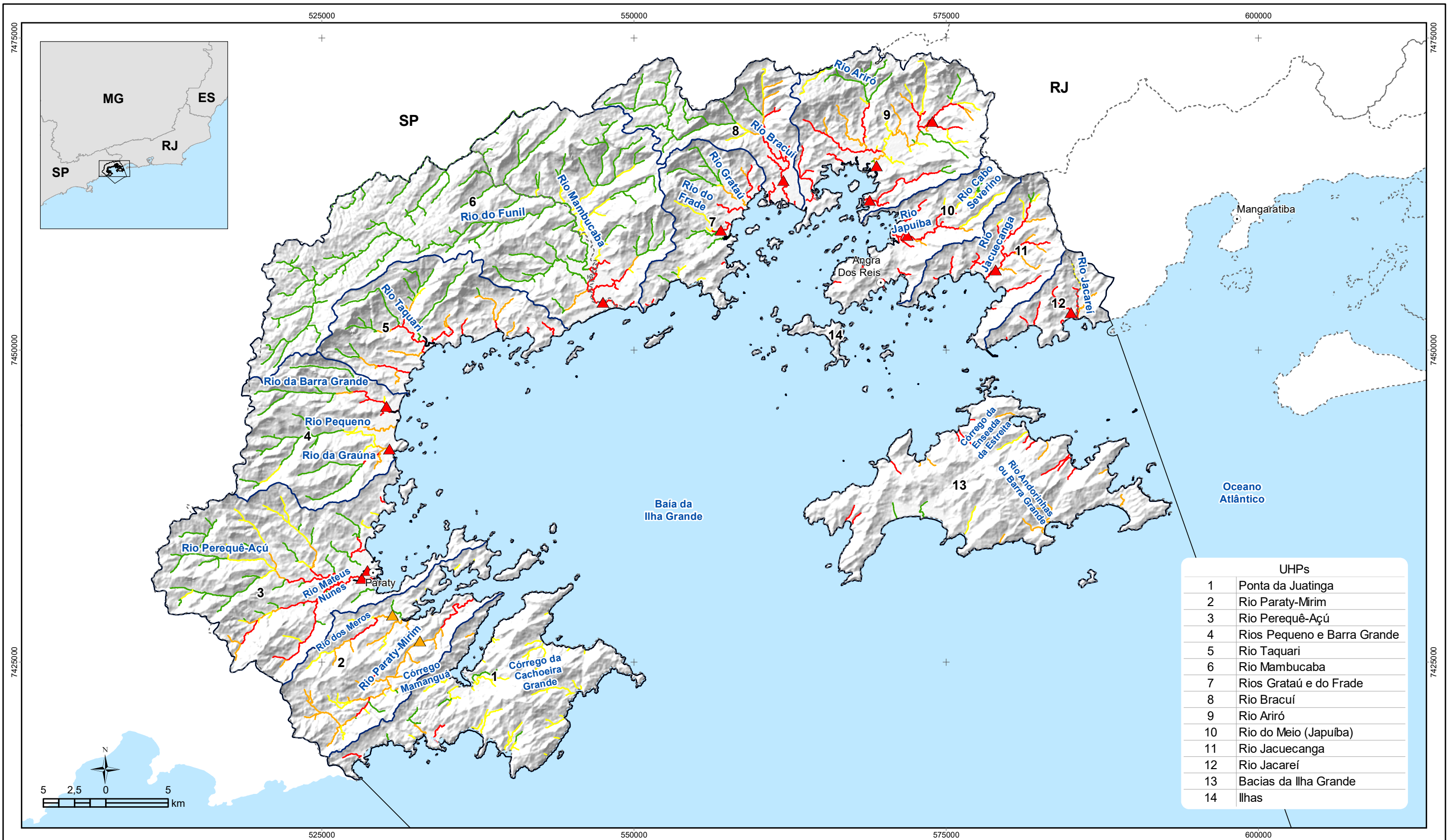
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.11 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água – Parâmetro: Fósforo Total  
 Cenário: Águas Degradadas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaré
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: Coliformes termotolerantes
- ▲ 3
- ▲ 4
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Degradadas
- Parâmetro: Coliformes termotolerantes
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4

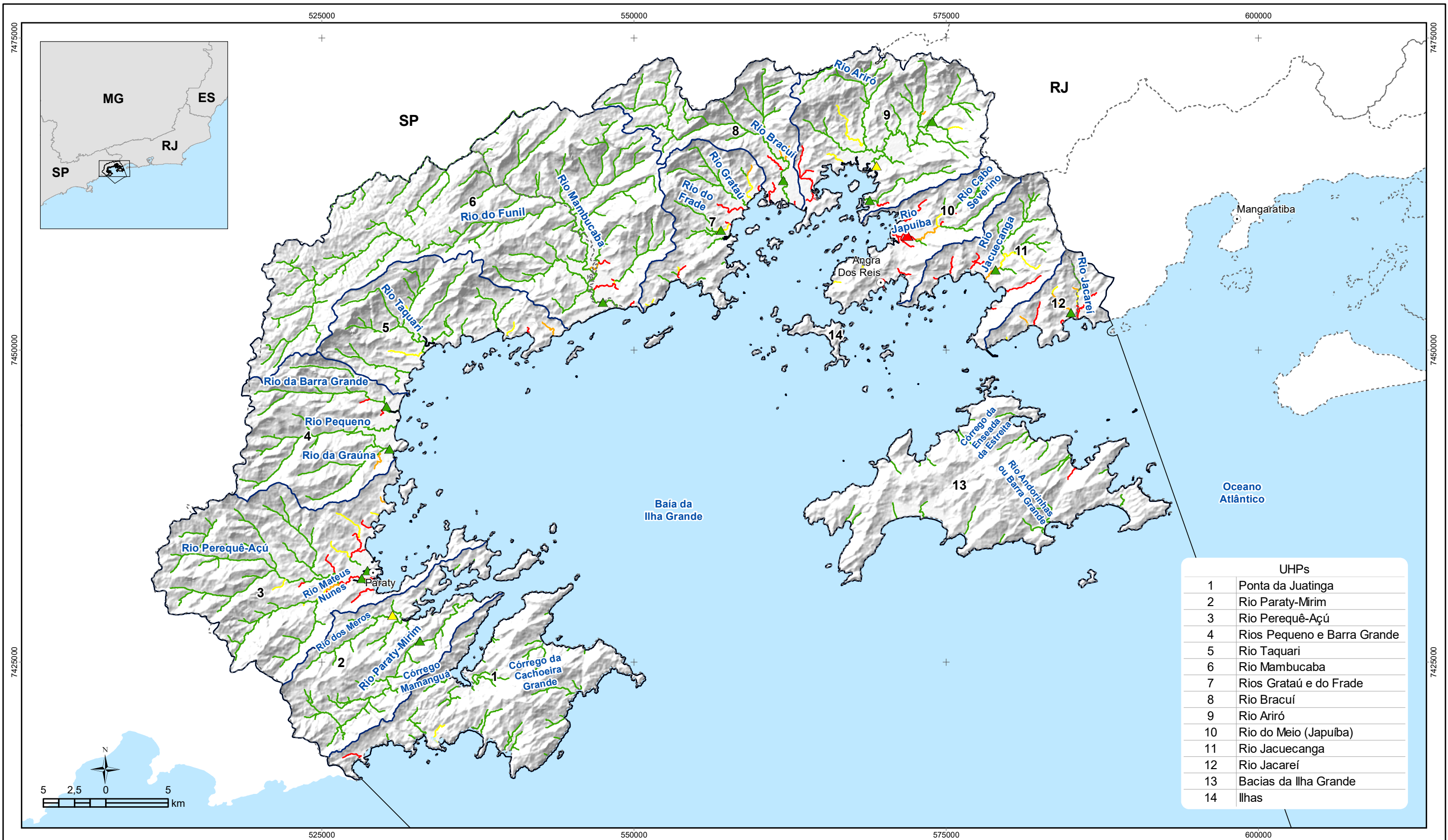


**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.12 - Resultados da simulação da qualidade da água – Parâmetro: Coliformes termotolerantes**  
**Cenário: Águas Degradadas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH-I: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacaré
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: OD
  - ▲ 1
  - ▲ 2
  - ▲ 4
  - Massa d'água
  - Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Limite municipal
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Degradadas
- Parâmetro: OD
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4

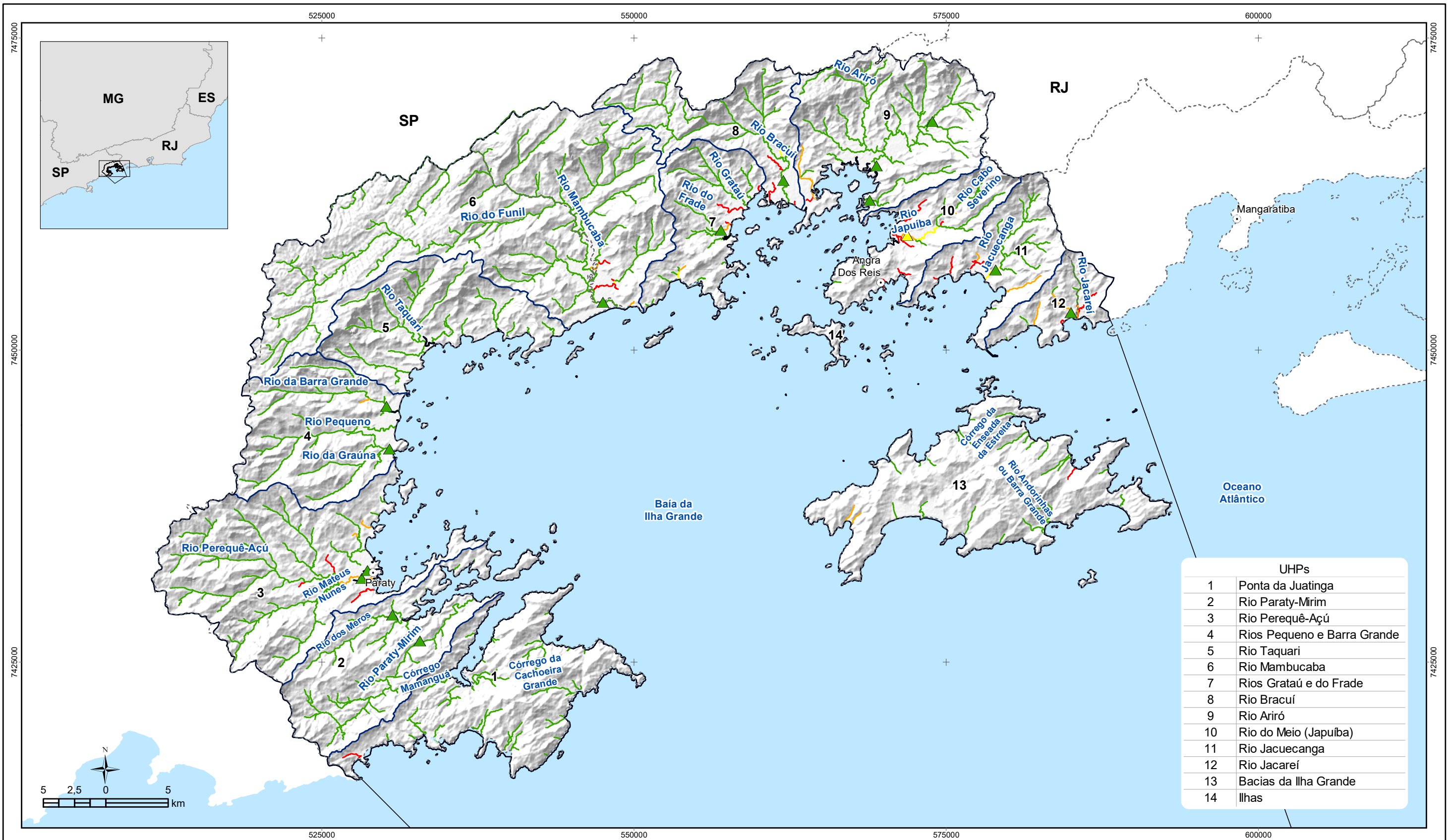


RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.13 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água – Parâmetro: OD  
 Cenário: Águas Degradadas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2016  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: DBO
- ▲ 1
- ▲ 2
- Massa d'água
- Limite municipal
- Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Revoltas
- Parâmetro: DBO
- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4



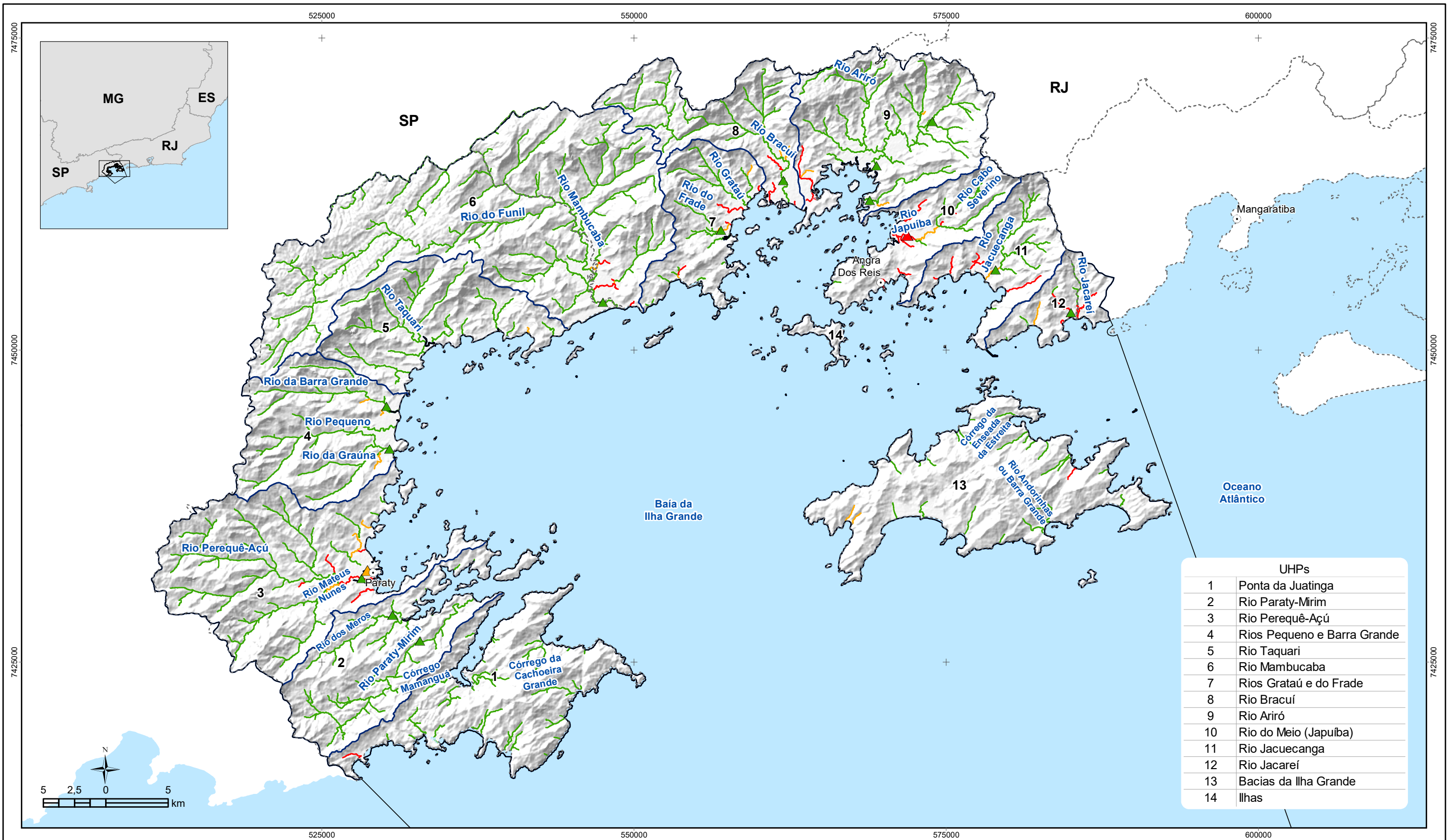
**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.14 - Resultados da simulação da**  
**qualidade da água - Parâmetro: DBO**  
**Cenário: Águas Revoltas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2016  
 - Limite municipal: IBGE, 2016  
 - Hidrografia: IBGE, 2016  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019





UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: Fósforo Total
  - ▲ 1
  - ▲ 3
  - ▲ 4
- Massa d'água
- ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ⋯ Unidade Hidrológica de Planejamento
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Revoltas
- Parâmetro: Fósforo Total
  - ~ Classe 1
  - ~ Classe 3
  - ~ Classe 4



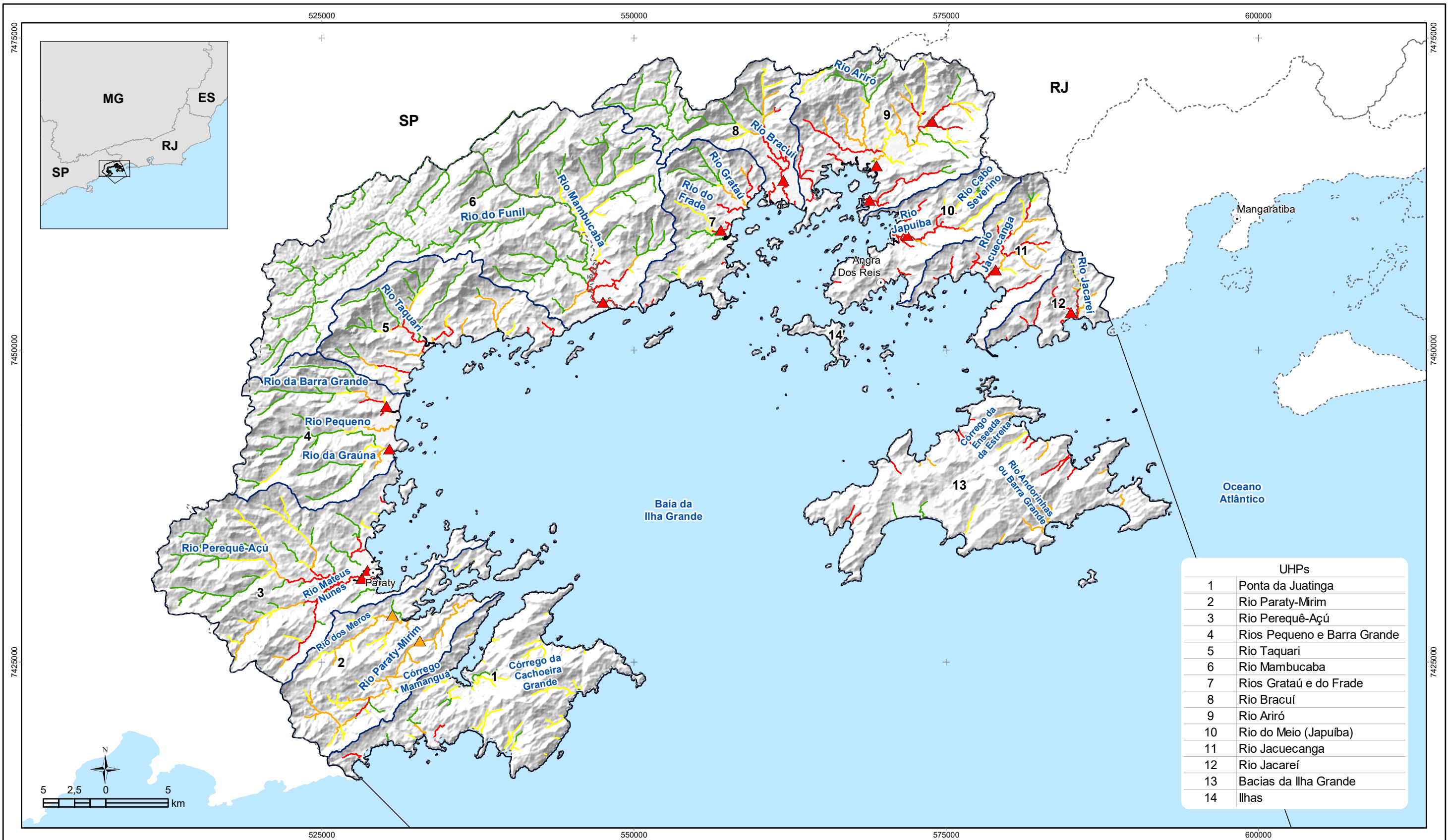
RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.15 - Resultados da simulação da  
 qualidade da água – Parâmetro: Fósforo Total  
 Cenário: Águas Revoltas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profill, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- ▲ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 3)
- ▲ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 4)
- ☪ Massa d'água
- ⋯ Limite municipal
- ⋯ Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- ☪ Unidade Hidrológica de Planejamento
- ☪ Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Revoltas
- ☪ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 1)
- ☪ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 2)
- ☪ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 3)
- ☪ Parâmetro: Coliformes termotolerantes (Classe 4)

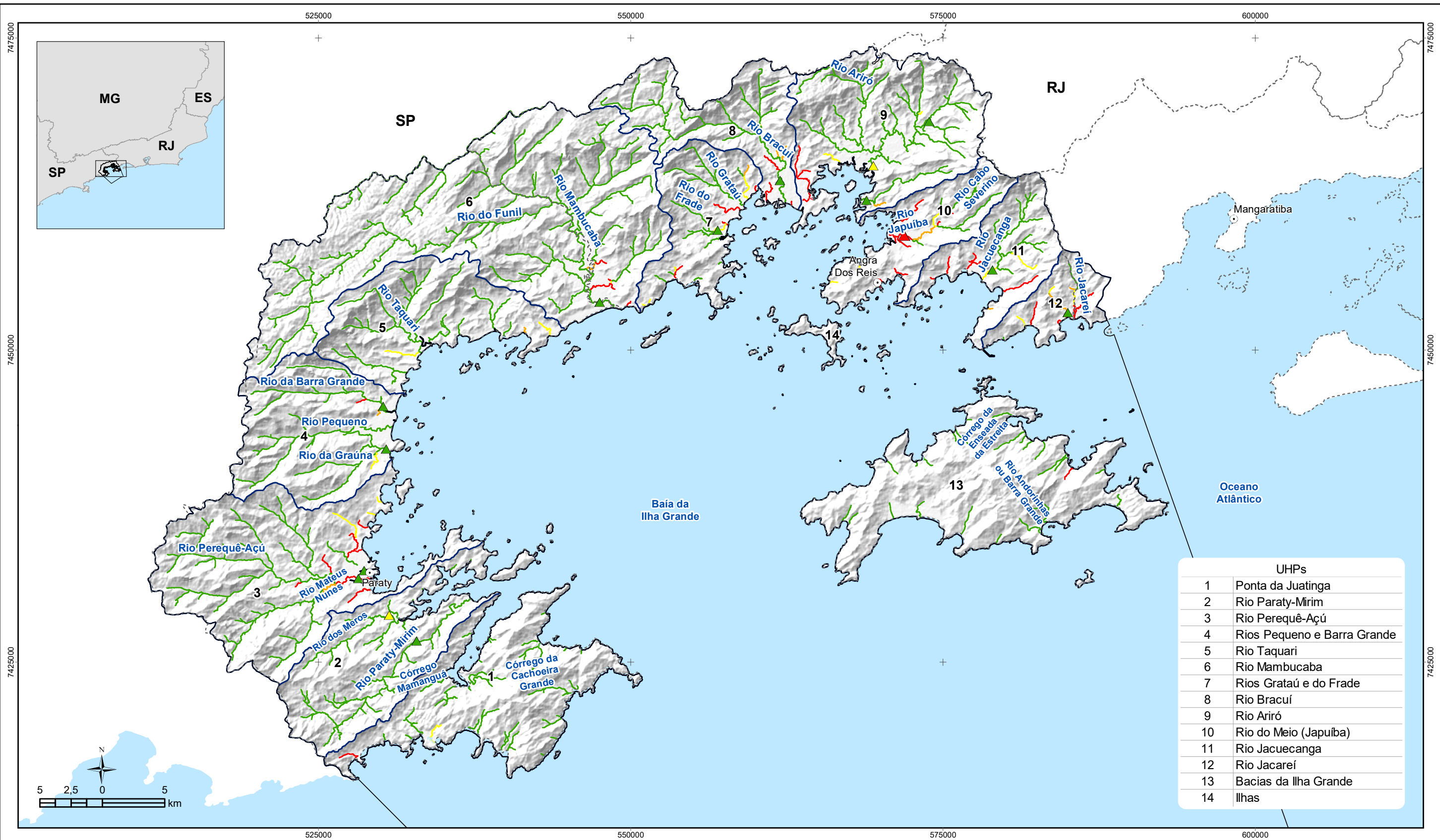


**RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)**  
**PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO**  
**HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)**

Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.16 - Resultados da simulação da qualidade da água – Parâmetro: Coliformes termotolerantes Cenário: Águas Revoltas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2015  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



UHPs	
1	Ponta da Juatinga
2	Rio Paraty-Mirim
3	Rio Perequê-Açú
4	Rios Pequeno e Barra Grande
5	Rio Taquari
6	Rio Mambucaba
7	Rios Grataú e do Frade
8	Rio Bracuí
9	Rio Ariró
10	Rio do Meio (Japuiba)
11	Rio Jacuecanga
12	Rio Jacareí
13	Bacias da Ilha Grande
14	Ilhas

**LEGENDA**

- Sede municipal
- Postos de Monitoramento
- Parâmetro: OD
  - ▲ 1
  - ▲ 2
  - ▲ 4
  - Massa d'água
  - Limite de atuação do Comitê de Bacias Hidrográficas da BIG
- Unidade Hidrológica de Planejamento
- Limite municipal
- Qualidade da Água (2040) - Cenário Águas Revoltas
- Parâmetro: OD
  - Classe 1
  - Classe 2
  - Classe 3
  - Classe 4



RELATÓRIO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS (RCE)  
 PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO  
 HIDROGRÁFICA DA BAÍA DA ILHA GRANDE (PRH-BIG)



Sistema de Coordenadas UTM  
 Datum SIRGAS2000  
 Zona 23S  
 Escala: 1:300.000

**Mapa 10.17 - Resultados da simulação da qualidade da água – Parâmetro: OD Cenário: Águas Revoltas (2040)**

Fonte de dados:  
 - Sede municipal: IBGE, 2018  
 - Limite municipal: IBGE, 2018  
 - Hidrografia: IBGE, 2018  
 - Abrangência da RH: INEA/DIGAT/GEGET, 2018  
 - UHPs: PROFILL, 2017  
 - Qualidade da Água: Profil, 2019



## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório, na apresentação dos cenários prospectivos para o PRH-BIG, gera subsídios importantes para as etapas futuras do Plano. Os resultados obtidos a partir das simulações sobre a quantidade e qualidades das águas mostram que as variações apresentadas pelos cenários têm impactos relevantes sobre as situações das águas na RH-I.

Em termos quantitativos a alternância de cenários mostra uma variação nas condições, mas não resulta uma mudança de panorama quanto a quais são as áreas mais críticas, mantendo-se as UHP-3 - Rio Perequê-Açú e UHP-10 - Rio do Meio (Japuíba).

Em termos qualitativos, os resultados das simulações nos cenários apresentam variações mais relevantes, principalmente quando da observação das concentrações dos parâmetros à luz das classes da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, quando a depender do cenário considerado existem casos em que um mesmo ponto de controle tem como resultados de simulação classe dois ou quatro, que é a de pior qualidade.

Os resultados apresentados e discutidos neste relatório, principalmente os dos capítulos nove e dez, são insumos de grande relevância para o planejamento e localização das ações propostas pelo PRH-BIG. Dois dos relatórios futuros do Plano serão especialmente subsidiados pelos resultados obtidos, o Relatório de Planos, Programas e Estratégia de Implementação (RPPEI) e o Relatório do Plano de Bacia Hidrográfica (RPBH).

Por fim é importante destacar a utilidade desse relatório quando da implementação do Plano sobre a realização ou não do que é previsto para os cenários analisados, já que o cenário tendencial adotado, Águas Revoltas, pode se realizar ou não, de forma que os outros cenários prospectados devem ser revisitados nesse caso para que se identifique alterações necessárias ao planejamento traçado.



## 12. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W; OLIVEIRA, C. F. Modelos de crescimento populacional: um olhar à luz de uma socioepistemologia. Revista Iberoamericana de Educación Matemática, 41. 2015. Obtido em <http://www.fisem.org/www/union/revistas/2015/41/Artigo6.pdf>, acesso dem outubro de 2019.
- ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017.
- ELETRONUCLEAR. Estudo de Impacto Ambiental da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Elaborado pela MRS Estudos Ambientais Ltda. Disponível em <[http://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Documents/EIA/v01\\_01\\_identificacao.html](http://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Documents/EIA/v01_01_identificacao.html)> Acesso em: abril de 2019.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Cenários Econômicos para o PNE 2050. Relatório Parcial 1. Rio de Janeiro: dezembro de 2018.
- FIGUEIREDO, M. R.; SILVA, A. F. R. da. ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA DO MUNÍCIO DE ANGRA DE REIS- RJ ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva 6 a 9 de novembro de 2017, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 772-775. Disponível em <[http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-104\\_1506720791.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-104_1506720791.pdf)>. Acesso em março de 2019.
- FUNARBE – Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa (2011). Desenvolvimento de Matriz de Coeficientes Técnicos para Recursos Hídricos no Brasil/Fundação Banco do Brasil e Ministério do Meio Ambiente: 2011.
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Economia e Estatística. Projeção da População do Brasil e das Unidades da Federação – Nota Técnica. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em abril de 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2015>>. Acesso em: fevereiro de 2018.
- INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande. Subsídios à Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro. Volume I. Rio de Janeiro, RJ: Governo do Estado do Rio de Janeiro/INEA. 2015. Disponível em:



<<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdcz/~edisp/inea0073532.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2018.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Associação Nacional dos Servidores da Carreira de Planejamento e Orçamento. – Brasília: Ipea : Assecor, 2017. 320 p.

LOBEL, Fabrício; WIZIACK, Julio. Governos Bolsonaro e Doria iniciam plano para concessão da rodovia Rio-Santos. Folha de S. Paulo, São Paulo, 10 de jan. de 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/01/governos-bolsonaro-e-doria-iniciam-plano-para-concessao-da-rodovia-rio-santos.shtml?loggedpaywall>>. Acesso em: 20 de abr. de 2019.

NAJBERG, S.; PEREIRA, R. O. Novas estimativas do modelo de geração de empregos do BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Boletim Sinopse Econômica no.133, março de 2004. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9641/1/Novas%20estimativas%20do%20modelo%20de%20geração%20de%20empregos%20do%20BNDES.%20\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9641/1/Novas%20estimativas%20do%20modelo%20de%20geração%20de%20empregos%20do%20BNDES.%20_P.pdf)>. Acesso em abril de 2019.

OLIVEIRA, P. A. Uso Racional da Água na Suinocultura. Embrapa Suínos e Aves: 2003. Disponível em <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/7-PauloArmando\\_agua.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/7-PauloArmando_agua.pdf)>. Acesso em fevereiro de 2019.

PALHARES, J. C. P. Consumo de água na produção animal. EMBRAPA, Comunicado Técnico 102, 2013, Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/971085/1/PROCIJCPP2013.00165.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2019.

SEP. SECRETARIA DOS PORTOS DO GOVERNO FEDERAL; UFSC. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; LABTRANS. LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA. Plano Mestre do Porto de Angra dos Reis. Cooperação Técnica para apoio à SEP/PR no Planejamento do Setor Portuário Brasileiro e na Implantação dos Projetos de Inteligência Logística. Florianópolis, SC. 2015. Disponível em: <[http://www.transportes.gov.br/images/SNP/planejamento\\_portuario/planos\\_mestres/versao\\_completa/pm01.pdf](http://www.transportes.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_completa/pm01.pdf)>. Acesso em 10 de abril de 2019.

VENTURA, Manoel. Rodovia Rio-Santos será concedida para iniciativa privada. O Globo, 2019. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/rodovia-rio-santos-sera-concedida-para-iniciativa-privada-23361513>>. Acesso em: 20 de abr. de 2019.