PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA



PRODUTO 04: BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO E DEFINIÇÃO DAS AEGS

Revisão 0
Junho 2017

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 2
LISTA DE QUADROS 4
APRESENTAÇÃO 5
1. INTRODUÇÃO 6
2. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE GESTÃO (AEG) 7
3. BALANÇO HÍDRICO 22
3.1 Balanço Hídrico Superficial 22
3.2 Balanço Hídrico Subterrâneo 29
4. ANÁLISE DE INDICADORES 36
4.1 Indicadores de Demandas Hídricas 36
4.1.1 Índice de Utilização da Potencialidade 36
4.1.2 Índice de Utilização das Disponibilidades 37
4.1.3 Índice de Utilização das Demandas Urbanas 38
4.2 Indicadores de Disponibilidades Hídricas 43
4.2.1 Índice de Potencialidade 43
4.2.2 Índice de Disponibilidade 43
4.2.3 Índice de Variabilidade do Curso D'água 44
4.2.4 Índice de Potencialidade da Água Subterrânea 45
4.2.5 Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea 45
5. CONCLUSÃO 51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ottobacias 8
Figura 2.2 – Áreas Estratégicas de Gestão 9
Figura 2.3 – AEG.L1 10
Figura 2.4 – AEG.L2 11
Figura 2.5 – AEG.L3 12
Figura 2.6 – AEG.L4 13
Figura 2.7 – AEG.L5 14
Figura 2.8 – AEG.L6 15
Figura 2.9 – AEG.L7 16
Figura 2.10 – AEG.L8 17
Figura 2.11 – AEG.L9 18
Figura 2.12 – AEG.L10 19
Figura 2.13 – AEG.L11 20
Figura 2.14 – AEG.L12 21
Figura 3.1 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacias – Demanda Retirada 24
Figura 3.2 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacias – Demanda Consumida 25
Figura 3.3 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Captada 27
Figura 3.4 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Consumida 28
Figura 3.5 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Captada 30
Figura 3.6 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Consumida 31
Figura 3.7 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Captada 33
Figura 3.8 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Consumida 34
Figura 4.1 – Índice de Utilização da Potencialidade (IUP) 40
Figura 4.2 – Índice de Utilização das Disponibilidades (IUD) 41
Figura 4.3 – Índice de Utilização das Demandas Urbanas (IUU) 42
Figura 4.4 – Índice de Potencialidade (IP) 46
Figura 4.5 – Índice de Disponibilidade (ID) 47

Figura 4.6 – Índice de Variabilidade do Curso D'Água (IV) 48
Figura 4.7 – Índice de Potencialidade da Água Subterrânea (IPS)..... 49
Figura 4.8 – Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea (IDS)..... 50

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Taxas de retorno 23

Quadro 3.2 – Balanço Hídrico Superficial por AEG 26

Quadro 3.3 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEG 32

APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo e Definição das AEGs,* que visa consolidar a situação hídrica atual e as Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs) para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea, relativo ao Contrato celebrado entre o AGUASPARANÁ e a Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

O Termo de Referência, parte integrante do contrato, estabelece os seguintes produtos a serem desenvolvidos:

- *Produto 00: Plano de Trabalho Revisado;*
- *Produto 01: Caracterização Geral;*
- *Produto 02: Disponibilidades Hídricas;*
- *Produto 03: Demandas Hídricas;*
- *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo e Definição das AEGs;*
- *Produto 05: Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo;*
- *Produto 06: Eventos Críticos;*
- *Produto 07: Cenários;*
- *Produto 08: Proposta de Enquadramento*;
- *Produto 09: Programa de Intervenções na Bacia;*
- *Produto 10: Rede de Monitoramento;*
- *Produto 11: Prioridades para Outorga;*
- *Produto 12: Diretrizes Institucionais;*
- *Produto 13: Indicadores de Avaliação do Plano de Bacia;*
- *Produto 14: Análise da Transposição Capivari – Cachoeira;*
- *Produto 15: Cobrança pelo Direito de Uso;*
- *Produto 16: Programa de Intervenções;*
- *Relatório sobre a Consulta Pública;*
- *Relatório Final;*
- *Relatório Executivo.*

O *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo e Definição das AEGs* tem o objetivo de apresentar um diagnóstico da situação atual da bacia quanto as demandas frente às disponibilidades, tanto superficiais quanto subterrâneas, e também aperfeiçoar o monitoramento dos recursos hídricos, sendo suficientes para subsidiar as análises, propostas e deliberações do Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea.

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como objetivo apresentar o cotejamento entre as disponibilidades e demandas hídricas, chamado Balanço Hídrico, cujo é caracterizado por possuir informações fundamentais para a continuidade do Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea. Desta forma, o objetivo principal do relatório é servir como base para os futuros produtos a serem entregues no decorrer do contrato, sendo o mesmo dividido em 4 (quatro) capítulos.

O *Capítulo 2* apresenta a definição das Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs), as quais foram entregues de maneira preliminar por meio de uma Nota Técnica, e aqui, estão caracterizadas de forma mais detalhada. A descrição das AEGs é fundamental para a elaboração do presente relatório, pois são nessas unidades que são realizadas as análises do Balanço Hídrico, tanto superficial quanto subterrâneo.

O *Capítulo 3* apresenta o Balanço Hídrico propriamente dito. Seus resultados apresentam as áreas críticas da Bacia e falam sobre os principais fatores que levaram à criticidade dos balanços.

No *Capítulo 4* é feita uma análise em termos de Indicadores de Recursos Hídricos. Os indicadores são instrumentos que permitem um rápido diagnóstico de determinada região, de modo a subsidiar a implementação de ações, além de permitir uma análise da sua evolução ao longo do tempo.

2. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE GESTÃO (AEG)

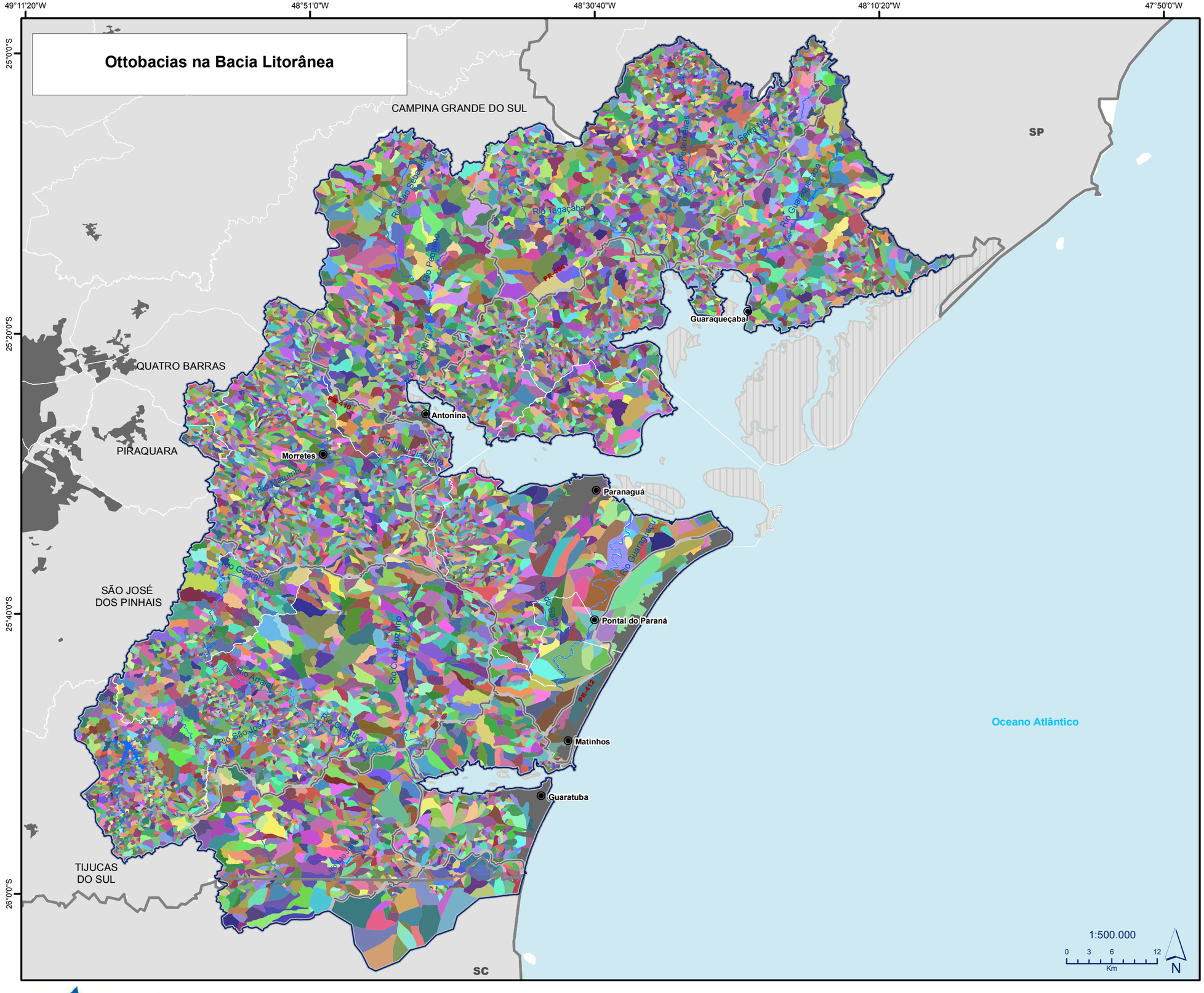
O estabelecimento de uma regionalização tem como finalidade orientar e fundamentar a implementação dos instrumentos de gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesta linha foram idealizadas as Áreas Estratégicas de Gestão (AEGs) para a bacia hidrográfica litorânea.

A delimitação das Áreas Estratégicas de Gestão foi realizada a partir das ottobacias (Figura 2.1), de modo a apoiar o sistema de gestão dos recursos hídricos. As ottobacias foram criadas na década de 80, quando o engenheiro Otto Pfafstetter desenvolveu um método de divisão e codificação de bacias hidrográficas, hierarquizando seus afluentes e codificando-os por meio de algarismos, que variam de 1 a 9 (PFAFSTETTER, 1989).

Segundo Silva (2007) *apud* Galvão e Meneses (2005) dentre as vantagens da utilização das ottobacias merece destaque o fato da economia de caracteres do código; a característica de possuir embutida nos dígitos a informação topológica da bacia; e a sua aplicabilidade global. Assim, é possível, principalmente, identificar com facilidade quais bacias se encontram a montante e a jusante daquela bacia estudada.

A partir da união das ottobacias, as AEGs foram então caracterizadas pela homogeneidade de fatores hidrográficos e hidrológicos, e permitem a organização do planejamento e do aproveitamento dos recursos hídricos. Essas passam a corresponder às unidades nas quais serão apresentadas as estratégias de gestão, que são independentes entre si, porém coordenados dentro de um sistema de gestão de recursos hídricos abrangente para a Bacia, A Figura 2.2 apresenta as 12 AEGs resultantes, as quais são detalhadas nos itens subsequentes.

Ottobacias na Bacia Litorânea

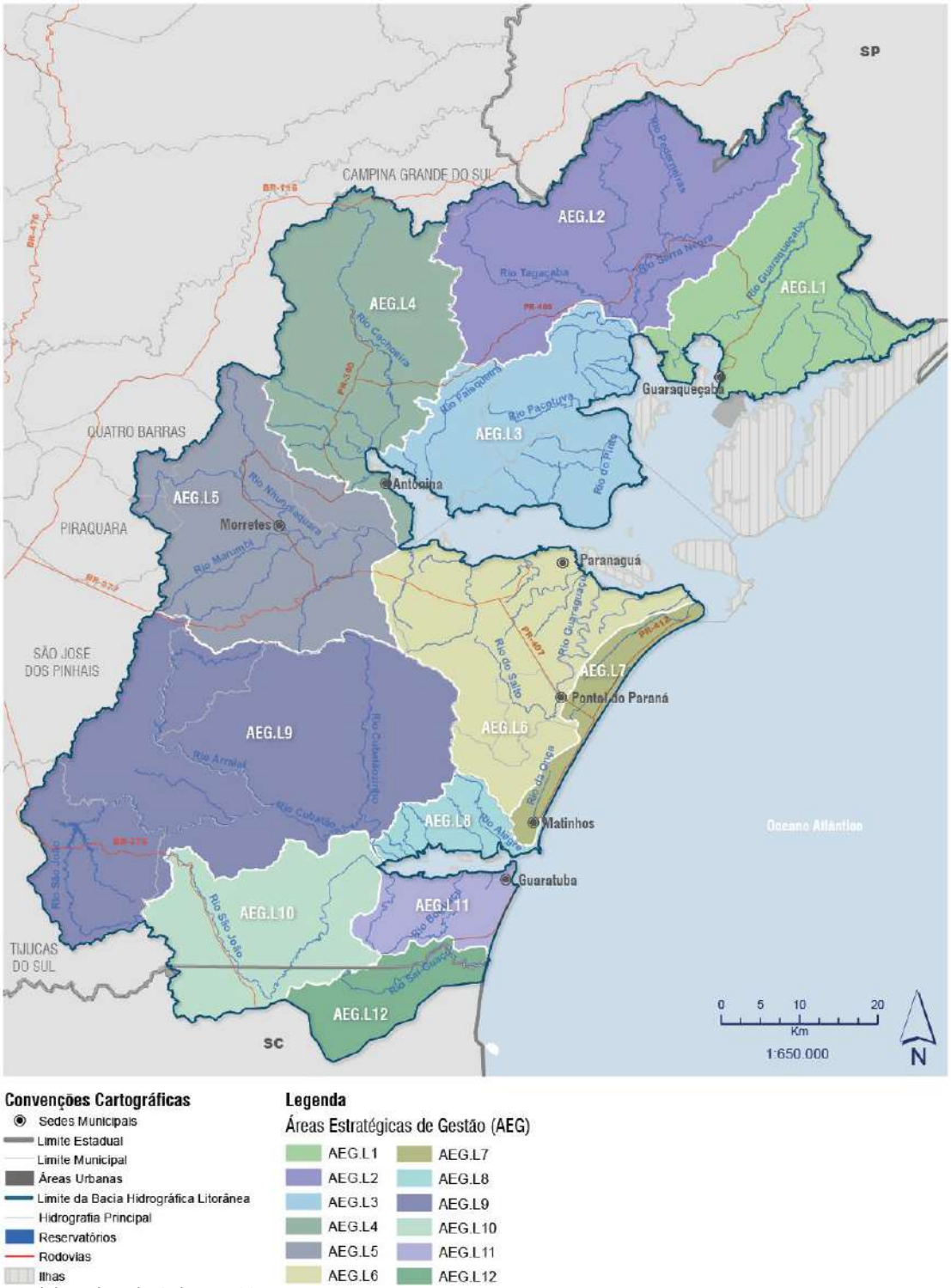


Legenda

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Áreas Urbanas
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Rodovias
- Ilhas

Figura 2.2 – Áreas Estratégicas de Gestão



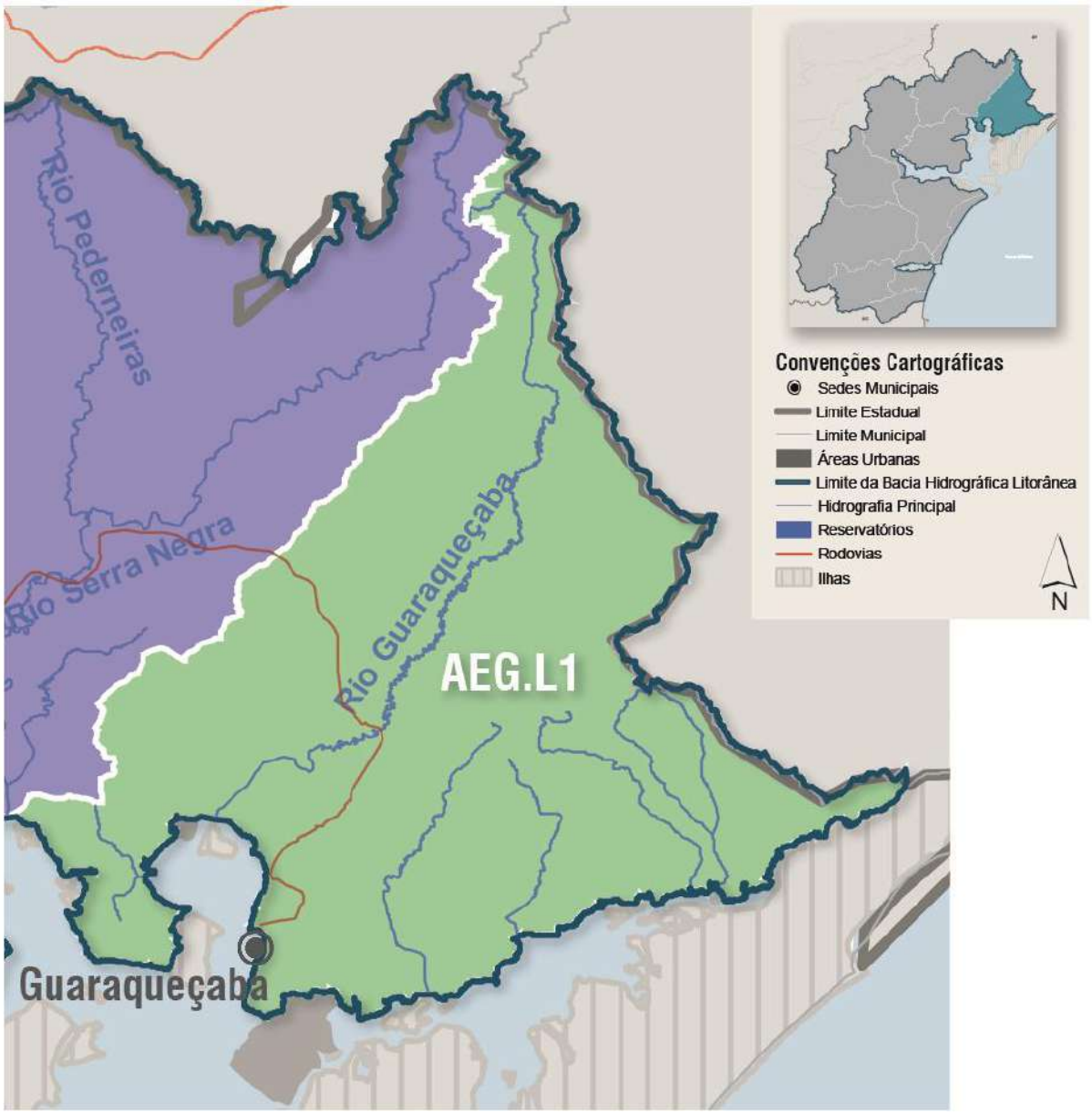
FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

A seguir são apresentadas as 12 AEGs ilustradas na Figura 2.2, separadamente, e destacando os critérios que foram considerados para a sua consolidação.

- AEG.L1

A AEG.L1 foi delimitada pelas ottobacias cujos cursos d'água desaguam na porção norte da baía de Paranaguá. Seu território é essencialmente coberto pela área de proteção ambiental e pela Estação Ecológica de Guaraqueçaba, além de englobar sede e a área urbana do município homônimo. A AEG possui 7 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.3 – AEG.L1



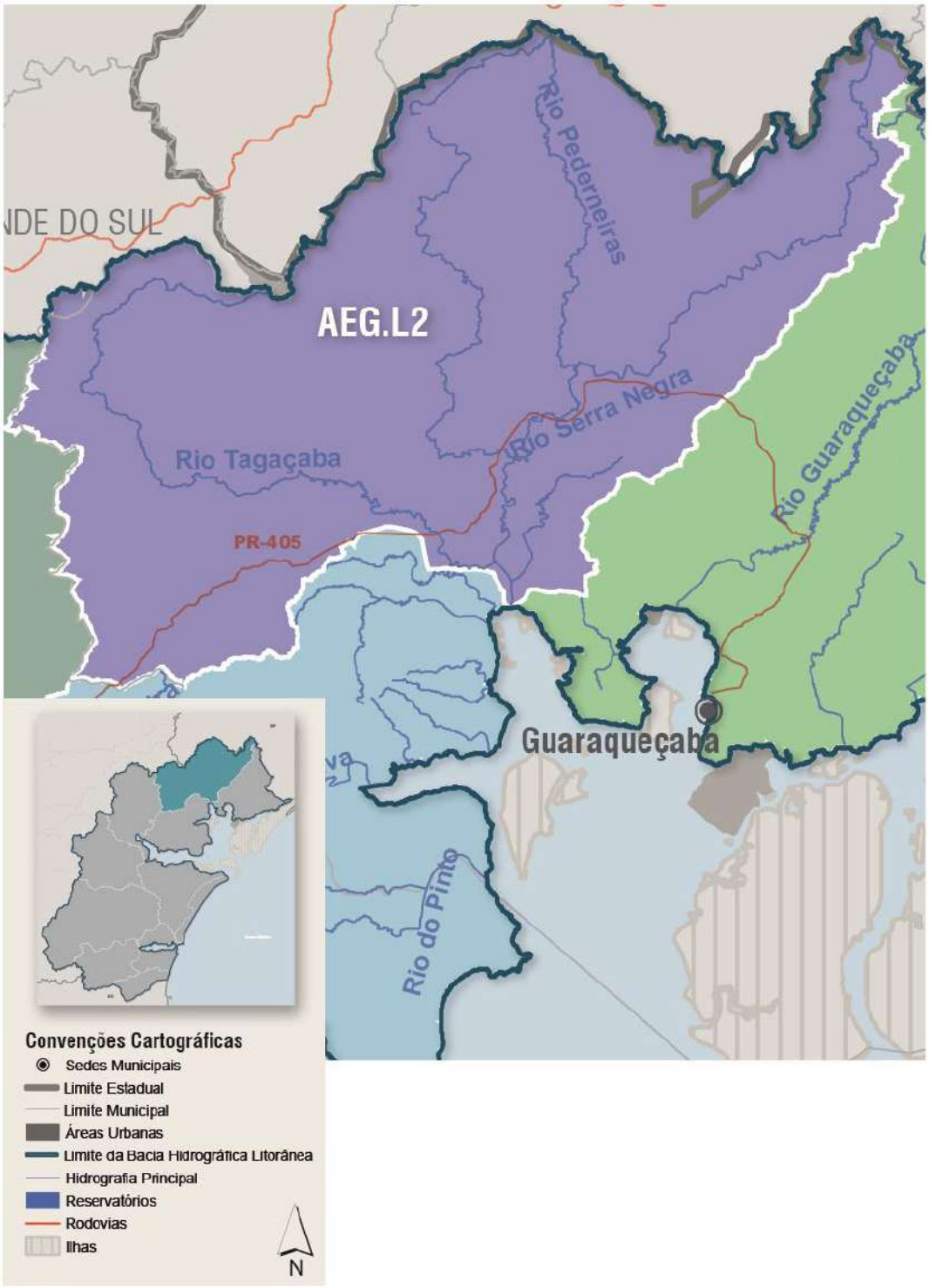
FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L2

A AEG.L2 foi delimitada pelas ottobacias cujos cursos d'água desaguam no fundo norte da baía de Paranaguá e pelo seu território ser quase integralmente coberto pela área de

proteção ambiental de Guaraqueçaba. A AEG possui 12 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.4 – AEG.L2



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L3

A delimitação da AEG.L3 foi feita principalmente devido às características hídricas da região, tendo todos os seus cursos d'água desaguando na porção central da baía de Paranaguá. Seu território é essencialmente coberto pela área de proteção ambiental e pela Estação Ecológica de Guaraqueçaba e possui baixo índice de ocupação antrópica. A AEG possui 4 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.5 – AEG.L3



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L4

A AEG.L4 foi delimitada pelas ottobacias cujos cursos d'água deságuam no fundo sul da baía de Paranaguá (Baía de Antonina). A AEG ainda abriga a sede municipal de Antonina e praticamente toda sua área urbana, e possui 29 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.6 – AEG.L4



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L5

A AEG.L5 possui foi delimitada de acordo com as características físicas da região, pois se trata de uma região com grande antropização em sua área de planície, e com forte apelo turístico principalmente na região da Serra do Mar, tendo o Pico do Marumbi como um de seus principais atrativos. A AEG possui o rio Nhundiaquara como curso principal e engloba a sede municipal de Morretes e toda sua área urbana. A AEG possui 31 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.7 – AEG.L5



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L6

A AEG.L6 foi delimitada tanto pela questão hídrica, pelas ottobacias cujos cursos d'água desaguam na porção sul da baía de Paranaguá, quanto pela questão física, englobando toda a área urbana do município de Paranaguá. A AEG possui 19 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.8 – AEG.L6



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L7

A AEG.L7 foi delimitada em grande parte de acordo com as características físicas, levando em consideração as ottobacias que formam a região de balneários da BHL, englobando as áreas urbanas dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, além de ter os seus cursos d'água desaguando diretamente no oceano atlântico. A AEG possui 5 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.9 – AEG.L7



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L8

A AEG.L8 foi delimitada pelas ottobacias cujos cursos d'água deságuam na porção norte da baía de Guaratuba. As características físicas consideradas foram a grande presença de manguezais, em toda a área da margem direita do rio Alegre, e uma porção antropizada na margem esquerda do mesmo rio, englobando a região sul do município de Matinhos. A AEG possui 2 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.10 – AEG.L8



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L9

A AEG.L9 foi delimitada de acordo com as ottobacias que formam a bacia do rio Cubatão, o qual deságua no fundo na baía de Guaratuba. A AEG é praticamente toda coberta pelo Parque Nacional Guaricana (unidade de conservação de proteção integral), além de abrigar o reservatório da Vossoroca, o qual fomenta a Pequena Central Hidrelétrica – PCH - Chaminé, importante fonte de geração de energia elétrica da BHL. A AEG possui 35 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.11 – AEG.L9

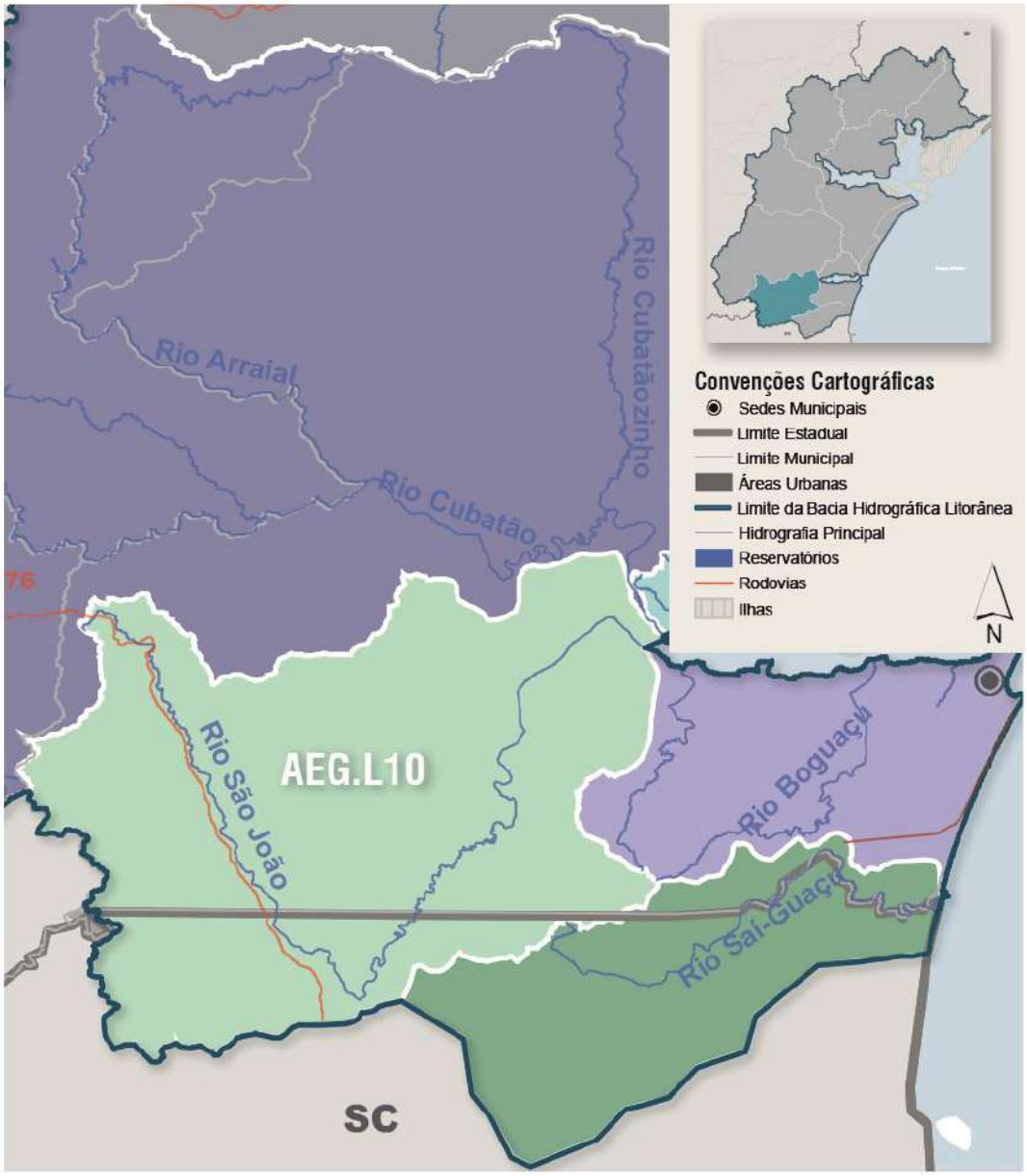


FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L10

A delimitação da AEG.L10 se deu pelas características hídricas ímpares, pois o seu rio principal – rio São João –, mesmo tendo a sua nascente e foz no estado do Paraná, transcende o limite estadual em sua porção sul, passando pelo estado de Santa Catarina. Além deste fato, a AEG possui características físicas essencialmente agropecuárias nas áreas de fundo de vale, e de proteção nas áreas de relevo alto. A AEG possui 3 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.12 – AEG.L10

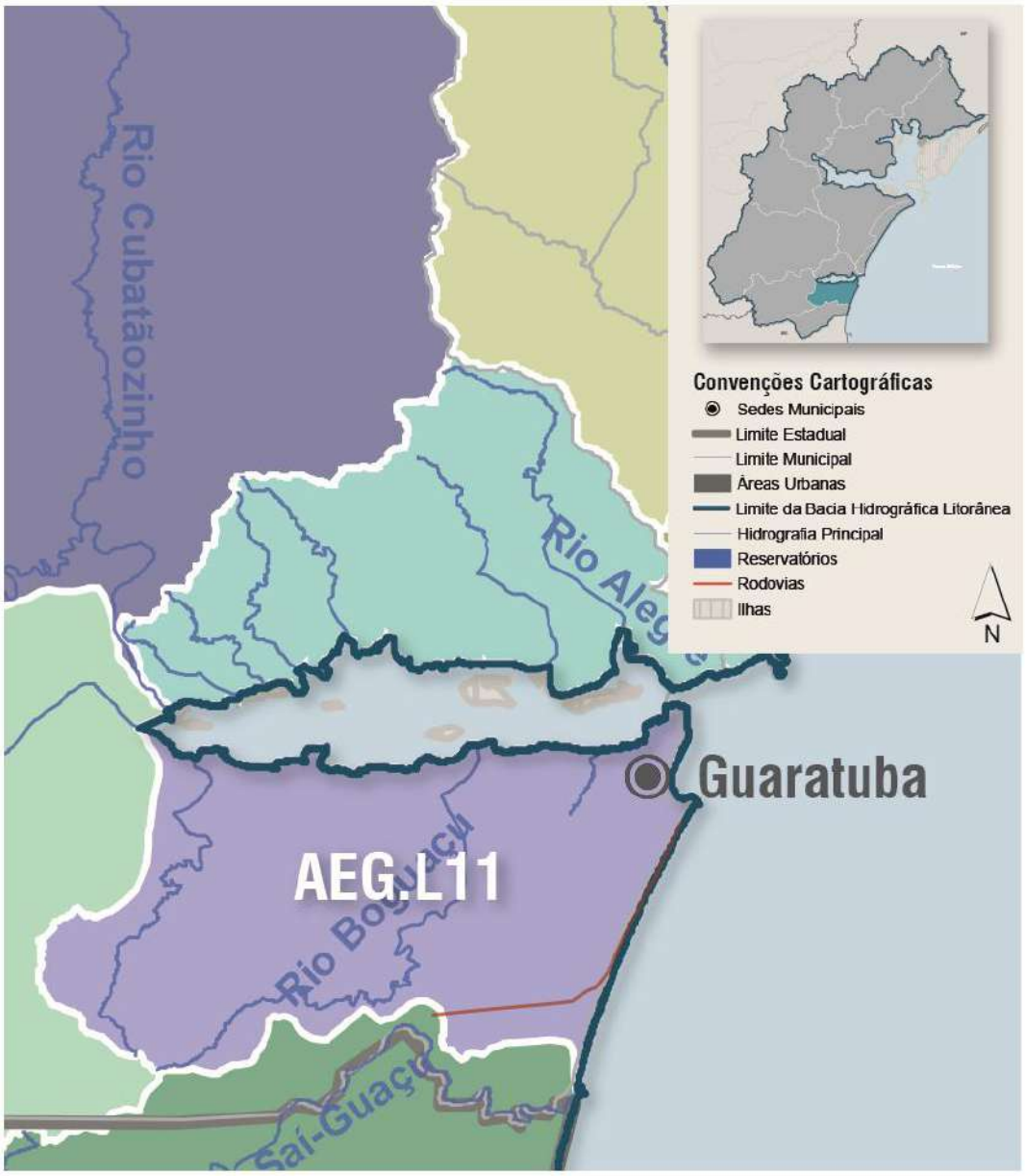


FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L11

A AEG.L11 foi delimitada pelas ottobacias cujos cursos d'água deságuam na porção sul da baía de Guaratuba. As características físicas consideradas foram a presença de manguezais, especialmente na margem esquerda do rio Boguaçu, e uma porção altamente urbanizada na margem direita do mesmo rio, englobando a sede e a área urbana do município de Guaratuba. A AEG possui 6 estações de monitoramento (ANA, 2017).

Figura 2.13 – AEG.L11

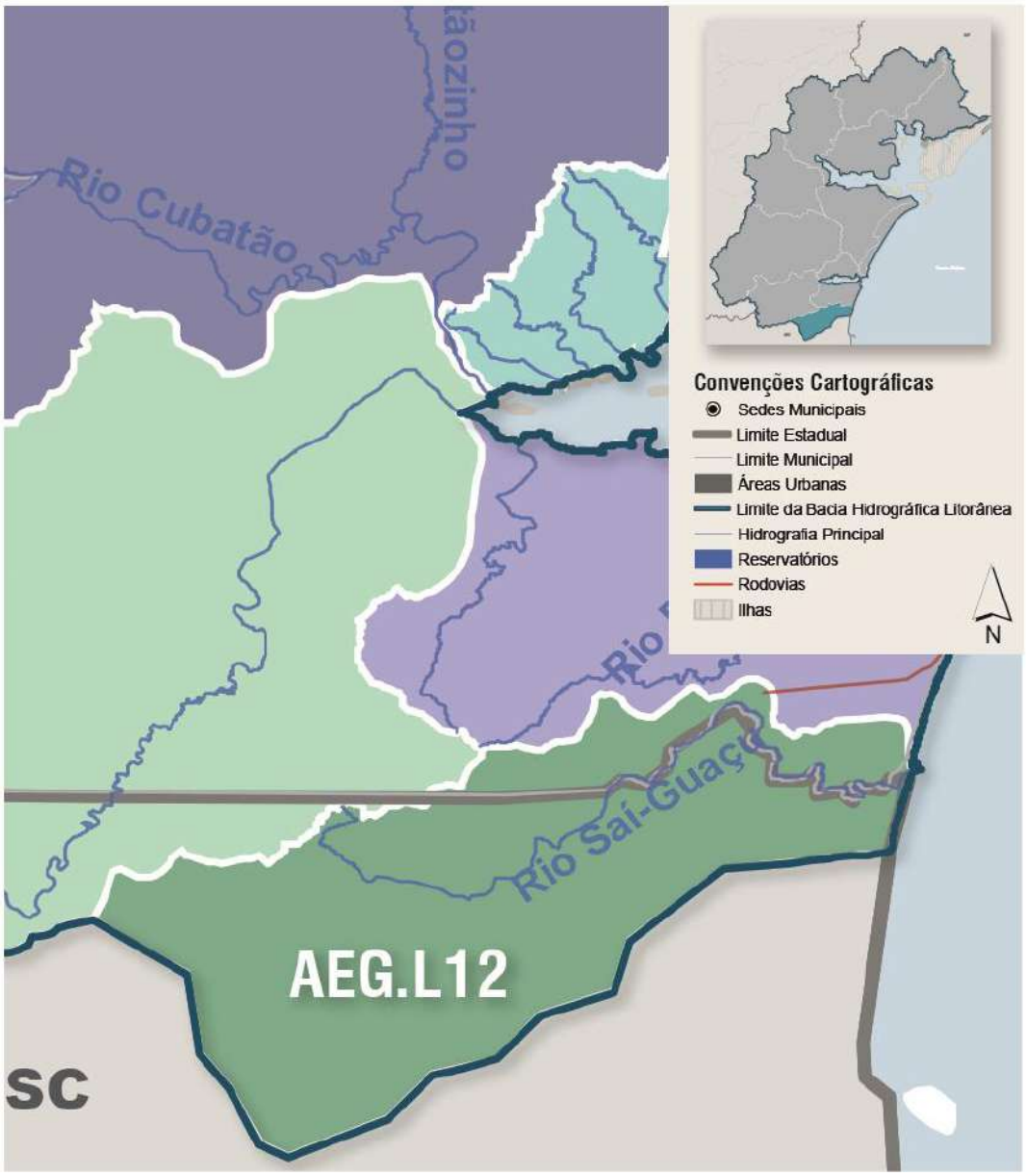


FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

- AEG.L12

A AEG L.12 possui uma característica singular dentre todas as outras AEGs da BHL, pois é a única que contempla um curso d'água de domínio federal – Rio Saí-Guaçu –, delimitando, em um trecho, a divisa entre os estados do Paraná e Santa Catarina. A AEG não possui estações de monitoramento.

Figura 2.14 – AEG.L12



FONTE: Elaborado pela Cobrape, 2017.

3. BALANÇO HÍDRICO

Com base no conjunto de dados apresentado nos relatórios *P02 – Disponibilidades Hídricas* e *P03 – Demandas*, foi efetuado o cálculo do Balanço Hídrico da Bacia Litorânea. O balanço hídrico foi dividido em duas partes: (i) balanço hídrico superficial; (ii) balanço hídrico subterrâneo.

3.1 Balanço Hídrico Superficial

O balanço hídrico superficial é uma ferramenta bastante significativa para a verificação de regiões críticas em recursos hídricos, na questão quantitativa. Ele auxilia no conhecimento das condições de oferta e demandas hídricas de diferentes regiões dentro de uma bacia hidrográfica, comparando o consumo (demandas hídricas) com a oferta (disponibilidade hídrica) numa mesma região de análise. De maneira prática, o resultado do balanço hídrico vem da relação direta entre as demandas e a disponibilidade, ou seja, quando a relação entre as duas grandezas for maior que 1 (um), a região analisada apresenta um consumo superior à oferta de água, o que significa dizer que a região apresenta criticidade em relação aos recursos hídricos, do ponto de vista quantitativo.

No desenvolvimento do trabalho primeiramente serão realizados dois tipos de balanço hídrico, o primeiro com a demanda de retirada e o segundo com a demanda consumida, sendo que as demandas utilizadas são compostas pelo somatório de todas as demandas que consomem os recursos hídricos. As demandas consideradas são: (i) abastecimento público urbano e rural; (ii) industrial; (iii) dessedentação animal; (iv) agrícola; e (v) mineração. Já no caso da disponibilidade hídrica superficial, o valor utilizado refere-se à vazão com 95% de permanência ($Q_{95\%}$). Os cálculos das demandas foram apresentados no *P03 - Demandas*. As fórmulas para os balanços hídricos apresentados são descritas a seguir.

$$BH_{retirada} = \frac{Demanda\ Total\ Retirada}{Q_{95\%}}$$

$$BH_{consumida} = \frac{Demanda\ Total\ Consumida}{Q_{95\%}}$$

Para a realização do cálculo do balanço hídrico com a demanda consumida, as taxas de retorno utilizadas para cada uma das demandas estão apresentadas no Quadro 3.1, conforme os critérios adotados no capítulo de Demandas.

Quadro 3.1 – Taxas de retorno

Urbano	Rural	Indústria	Pecuária	Agricultura	Mineração
0,8	0,5	0,8	0,2	0,8	0,9

Primeiramente os resultados dos balanços hídricos são apresentados nas ottobacias, tanto com as demandas de retiradas, quanto com as demandas de consumo. Esses resultados são importantes, pois mostram a localização dos conflitos de maneira pontual, como mostram a Figura 3.1 e a Figura 3.2.

BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL POR OTTOBACIAS
DEMANDA RETIRADA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC
Oceano Atlântico

Rio Cachoeira
Rio Pequeno
Rio São Sebastião
Rio Tagaçaba
Rio Pedregoso
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio Sambaqui
Rio Guaratuba
Rio da Serra

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL POR OTTOBACIAS
DEMANDA CONSUMIDA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio Tagaçaba
Rio Pedregoso
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Cachoeira
Rio Pequeno
Rio São Sebastião
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio São João
Rio Arraial
Rio Cubatão
Rio Saivá

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

O balanço hídrico por ottobacia para as demandas de retirada apresenta pouquíssimos resultados críticos. Esses estão concentrados principalmente nos municípios de Paranaguá e Morretes, além de ottobacias isoladas nos demais municípios. A criticidade das ottobacias está, em sua maioria, ligada ao uso de abastecimento público. Como a taxa de retorno desse uso é alta, o mapa que considera as demandas consumidas apresenta uma redução significativa nas ottobacias críticas.

Como forma de analisar o balanço hídrico de maneira integrada, foram consideradas também as informações por AEG, as quais somam todas as disponibilidades e demandas das ottobacias existentes em cada AEG. Os cálculos foram realizados tanto com a demanda de retirada, quanto com a demanda de consumo e estão apresentados no Quadro 3.2. É importante destacar que no cálculo são considerados os valores incrementais, onde a vazão não é acumulada ao longo do rio.

Quadro 3.2 – Balanço Hídrico Superficial por AEG

Área Estratégica de Gestão	Rio Principal	Área Incremental (km²)	Disponibilidade Hídrica Superficial (L/s)	Demanda Superficial Captada (L/s)	Demanda Superficial Consumida (L/s)	Balanço Hídrico Superficial Captado	Balanço Hídrico Superficial Consumido
AEG.L1	Rio Guaraqueçaba	476,83	9.450,03	20,52	4,68	0,002	0,000
AEG.L2	Rio Serra Negra	787,37	18.454,48	122,73	96,90	0,007	0,005
AEG.L3	Rio Faisqueira	508,32	9.330,51	20,77	13,72	0,002	0,001
AEG.L4	Rio Cachoeira	630,93	11.356,40	189,07	60,92	0,017	0,005
AEG.L5	Rio Nhundiaquara	673,81	6.858,25	578,06	207,69	0,084	0,030
AEG.L6	Rio Guaraguaçu	586,08	8.795,59	1.944,02	495,83	0,221	0,056
AEG.L7	Rio da Onça	121,85	1.863,07	21,97	4,39	0,012	0,002
AEG.L8	Rio Alegre	112,75	1.577,59	9,58	2,06	0,006	0,001
AEG.L9	Rio Cubatão	1.257,28	13.567,67	44,17	17,17	0,003	0,001
AEG.L10	Rio São João	433,04	5.571,25	403,03	153,01	0,072	0,027
AEG.L11	Rio Boguaçu	148,52	2.078,11	7,71	0,58	0,004	0,000
AEG.L12	Rio Saí-Guaçu	167,52	2.298,07	336,88	67,08	0,147	0,029
Total		**5.904,30**	**91.201,03**	**3.698,50**	**1.124,03**	**0,041**	**0,012**

BALANÇO HÍDRICO CAPTADO SUPERFICIAL POR AEG
DEMANDA CAPTADA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio do Salto
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão

Antonina
Morretes
Guaraqueçaba
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL POR AEG
DEMANDA CONSUMIDO

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão
Rio do Saito

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

Pode-se observar que se considerarmos os valores agregados por AEG, nenhuma delas apresenta criticidade. Todas as AEGs estão numa situação de balanço hídrico bastante confortável, tanto para a demanda captada, quanto para demanda consumida, sendo que a AEG – L6 (Rio Guaraguaçu) é a que apresenta maior uso da disponibilidade.

3.2 Balanço Hídrico Subterrâneo

O cálculo do balanço hídrico subterrâneo é realizado para verificar o percentual das reservas ativas subterrâneas da área de abrangência da Bacia que seriam comprometidas caso as demandas fossem supridas integralmente pelas águas subterrâneas. Apesar de considerarmos as reservas ativas neste cálculo, é importante fazer ressalvas pela dificuldade de se realizar um amplo monitoramento das águas subterrâneas que envolva os níveis de água (estático e dinâmico) e sua qualidade; além disso, os limites dos aquíferos não respeitam os limites superficiais de bacias hidrográficas, o que dificulta o gerenciamento desses recursos.

Para o cálculo, as demandas consideradas foram aquelas que continham a descrição de "captação subterrânea" no Cadastro de Outorgas, desta forma, o diagnóstico não corre o risco de estar subestimando demasiadamente as demandas da bacia e, consequentemente, de estar mascarando possíveis problemas de balanço hídrico em termos da disponibilidade hídrica subterrânea.

As demandas consideradas no presente balanço são as mesmas do Balanço Hídrico Superficial, ou seja: (i) abastecimento público urbano e rural; (ii) industrial; (iii) dessedentação animal; (iv) agrícola; e (v) mineração. Já no caso da disponibilidade hídrica subterrânea, o valor utilizado considera o coeficiente de sustentabilidade (CS) adotado, conforme sugerido em ANA (2014), e que se baseia na relação das vazões $Q_{90\%}$ e $Q_{50\%}$, conforme também melhor detalhado no *P02 – Disponibilidades Hídricas*.

BALANÇO HÍDRICO SUBTERRÂNEO POR OTTOBACIAS
DEMANDA CAPTADA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Tagaçaba
Rio Pedregoso
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Cachoeira
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão
Rio Sagrado
Rio Guaraguaçu

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

BALANÇO HÍDRICO SUBTERRÂNEO POR OTTOBACIAS
DEMANDA CONSUMIDA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio Tagaçaba
Rio Pedregoso
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Cachoeira
Rio Paquiera
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio São João
Rio Arraial
Rio Guaraguaçu
Rio do Saco

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico
- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1.01

Convenções Cartográficas
- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

O balanço hídrico por ottobacia para as demandas de retirada apresenta pouquíssimos resultados críticos. Esses estão concentrados principalmente nos municípios de Paranaguá, além de ottobacias isoladas nos demais municípios. A criticidade das ottobacias está, em sua maioria, ligada ao uso de abastecimento público e às captações industriais. Como a taxa de retorno desse uso é alta, o mapa que considera as demandas consumidas apresenta pouquíssimas ottobacias com criticidade.

O resultado do balanço hídrico subterrâneo, envolvendo as demandas de retirada e consumo, está apresentado no Quadro 3.3. É importante destacar que no cálculo são considerados os valores incrementais por Área Estratégica de Gestão.

Quadro 3.3 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEG

Área Estratégica de Gestão	Rio Principal	Área Incremental (km²)	Disponibi-lidade Subterrânea (RPE) (L/s)	Demanda Subterrânea Captada Incremental (L/s)	Demanda Subterrânea Consumida Incremental (L/s)	Balanço Hídrico Captado Subterrânea	Balanço Hídrico Consumido Subterrânea
AEG.L1	Rio Guaraqueçaba	476,83	514,45	10,83	3,67	0,021	0,007
AEG.L2	Rio Serra Negra	787,37	339,52	10,92	6,48	0,032	0,019
AEG.L3	Rio Faisqueira	508,32	634,56	4,44	0,33	0,007	0,001
AEG.L4	Rio Cachoeira	630,93	467,23	7,78	2,19	0,017	0,005
AEG.L5	Rio Nhundiaquara	673,81	506,40	53,70	12,87	0,106	0,025
AEG.L6	Rio Guaraguaçu	586,08	698,73	278,66	55,76	0,399	0,080
AEG.L7	Rio da Onça	121,85	159,94	1,25	0,72	0,008	0,005
AEG.L8	Rio Alegre	112,75	128,22	0,00	0,00	-	-
AEG.L9	Rio Cubatão	1.257,28	770,11	16,86	6,04	0,022	0,008
AEG.L10	Rio São João	433,04	266,21	5,00	1,00	0,019	0,004
AEG.L11	Rio Boguaçu	148,52	195,91	19,44	3,89	0,099	0,020
AEG.L12	Rio Saí-Guaçu	167,52	214,23	0,00	0,00	-	-
Total		**5.904,30**	**4.895,50**	**408,89**	**92,97**	**0,084**	**0,019**

BALANÇO HÍDRICO SUBTERRÂNEO POR AEG
DEMANDA CAPTADA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio do Salto
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,000000 - 0,200000
- 0,200001 - 0,500000
- 0,500001 - 0,700000
- 0,700001 - 1,000000
- 1,000001 - 10,000000

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

BALANÇO HIDRICO SUBTERRÂNEO POR AEG
DEMANDA CONSUMIDA

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão
Rio do Salto

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,50
- 0,51 - 0,70
- 0,71 - 1,00
- > 1,01

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

O balanço hídrico subterrâneo nas AEGs mostrou uma situação confortável em quase toda a Bacia Litorânea. A AEG-L6 (Rio Guaraguaçu) apresenta a pior situação, com 40% de sua Reserva Potencial Explotável utilizada. Essa utilização se deve ao abastecimento e à atividade industrial do município de Paranaguá. Porém, considerando as demandas consumidas, devido às altas taxas de retorno, a situação dessa AEG também se apresenta confortável.

4. ANÁLISE DE INDICADORES

Os indicadores hidrológicos são instrumentos que permitem um rápido diagnóstico de determinada região, de modo a subsidiar a implementação de ações na Bacia Litorânea, além de permitir uma análise da sua evolução ao longo do tempo.

Neste capítulo fez-se a análise em relação às Áreas Estratégicas de Gestão, considerando indicadores de demanda e disponibilidade, informando a metodologia de avaliação e os critérios de classificação adotados.

4.1 Indicadores de Demandas Hídricas

4.1.1 Índice de Utilização da Potencialidade

O Índice de Utilização da Potencialidade – IUP representa a relação entre o somatório das demandas consuntivas e a vazão média do curso d'água. Indica que parcela da potencialidade de uma AEG está sendo utilizada.

$$\mathrm{IUP} = \frac{\sum \mathrm{Demandas\ Consuntivas}}{\mathrm{Q_{med}}}$$

Onde:

∑Demandas Consuntivas: Somatório das demandas consuntivas (m³/ano);
Q_{med}: Vazão média do manancial de superfície (m³/ano).

Este indicador é utilizado pela "*European Environment Agency*" e as Nações Unidas e é também denominado de índice de retirada da água ("*water exploitation index*"), sendo adotada a seguinte classificação:

- < 5% a situação é excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária;
- Entre 5% e 10% a situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos para solução de problemas locais de abastecimento;
- Entre 10% e 20% a situação é preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- Entre 20% e 40% a situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- 40% a situação é muito crítica.

A variação do índice da Bacia está entre 0,07% na AEG. L9 (Rio Cubatão) e 7,72% na AEG.L6 (Rio Guaraguaçu), os quais podem ser considerados confortáveis, concordando com os resultados de balanço hídrico apresentados.

4.1.2 Índice de Utilização das Disponibilidades

O Índice de Utilização das Disponibilidades - IUD - é a relação entre o somatório das demandas consuntivas e a disponibilidade superficial na AEG. Indica o nível de aproveitamento dos recursos hídricos na UB.

$$\mathrm{IUD} = \frac{\sum \text{Demandas Consuntivas}}{Q_{95\%} + Q_{\text{transf}}}$$

Sendo que:

∑Demandas Consuntivas: Somatório das demandas consuntivas;
$Q_{(95\%)}$: Vazão com frequência de 95%;
Q_{transf}: Vazões transferidas.

Para a determinação da vazão de transferência, a qual representa o valor da vazão transferida para o Rio Cachoeira, através da transposição Capivari-Cachoeira, foram considerados os dados das séries históricas de vazão, obtidas através do banco de dados da Agencia Nacional de Águas (ANA). Foi utilizado um coeficiente de majoração na $Q_{95\%}$, determinado a partir da comparação do valor da vazão média anterior à transposição com o valor posterior a mesma. Conforme Mantovanelli (1999), o valor médio para a vazão do Rio Cachoeira, após a construção da transposição, foi estimado em 31,45 m³/s, enquanto Bigarelli *et al.* (1978) apresentou um valor de vazão para o período entre 1950 e 1970, anterior à transposição, de 21,13 m³/s. Com base nestes valores foi encontrado um percentual de aumento de vazão da ordem de aproximadamente 49%. Sendo observado que a Área Estratégica de Gestão que contempla o Rio Cachoeira é a de nomenclatura AEG.L4, para o cálculo da vazão de transferência foi utilizado o valor de $Q_{95\%}$ igual a 358.135.275,87 m³/ano, referente à AEG.L4, multiplicado pelo coeficiente de majoração determinado, encontrando assim um valor para vazão de transferência de 174.915.099,24 m³/ano.

Para esse indicador optou-se pela utilização da mesma classificação do balanço hídrico, visto que o mesmo indica o percentual de utilização da disponibilidade hídrica superficial, assim:

- < 20% a situação é excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária;

- Entre 20% e 50% a situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos para solução de problemas locais de abastecimento;
- Entre 50% e 70% a situação é preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- Entre 70% e 100% a situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- > 100% a situação é muito crítica.

O Índice de Utilização das Disponibilidades (IUD) médio da Bacia Litorânea é de 5,04%, o que mais uma vez comprava o baixo índice de utilização das disponibilidades. A AEG.L6 (Rio Guaraguaçu) é a que apresenta o maior índice, de 24,72%, sendo a única que não está incluída no menor índice do indicador.

4.1.3 Índice de Utilização das Demandas Urbanas

O Índice de Utilização das Demandas Urbanas – IUU é a relação entre a demanda de abastecimento humano urbano e a disponibilidade de água superficial na AEG, o qual indica a participação desta demanda no total da disponibilidade.

$$\mathrm{IUU} = \frac{\mathrm{DAU}}{\mathrm{Q}_{95\%} + \mathrm{Q}_{\mathrm{transf}}}$$

Dado que:

DAU: Demandas de Abastecimento Humano Urbano;
$Q_{(90\%)}$: Vazão com frequência de 95%;
Q_{transf}: Vazões transferidas.

Da mesma forma que o Índice de Utilização das Disponibilidades, considerando a predominância do uso de abastecimento público na Bacia, para esse indicador também se optou pela utilização a mesma classificação do balanço hídrico, assim:

- < 20% a situação é excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária;
- Entre 20% e 50% a situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos para solução de problemas locais de abastecimento;
- Entre 50% e 70% a situação é preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;

- Entre 70% e 100% a situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- > 100% a situação é muito crítica.

O Índice de Utilização das Demandas Urbanas – IUU médio da Bacia Litorânea é de 3,88%, sendo classificado como uma situação excelente de utilização das demandas urbanas. Os maiores indicadores estão na AEG.L6 (Rio Guaraguaçu) e na AEG.L12 (Rio Saí-Guaçu), porém mesmo assim com valores que representam uma situação confortável.

A seguir são apresentadas as as Figuras 4.1 a 4.3 com os mapas de cada Indicador de Demanda de Água.

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DA POTENCIALIDADE (IUP)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio do Salto
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão

Antonina
Morretes
Guaraqueçaba
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IUP (%)
- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- > 40

Convenções Cartográficas
- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DAS DISPONIBILIDADES (IUD)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio do Salto
Rio Cubatãozinho
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatão

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IUD (%)
- 0 - 20
- 20 - 50
- 50 - 70
- 70 - 100
- > 100

Convenções Cartográficas
- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO DAS DEMANDAS URBANAS (IUU)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio do Saco

Antonina
Morretes
Paranaguá
Guaraqueçaba
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IUU (%)

- 0 - 20
- 20 - 50
- 50 - 70
- 70 - 100
- > 100

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

4.2 Indicadores de Disponibilidades Hídricas

4.2.1 Índice de Potencialidade

O Índice de Potencialidade - IP – é a relação entre a vazão média de determinada AEG dividido pela respectiva população. Esta relação traduz o nível de dificuldade para o atendimento a toda população considerando o máximo de recursos hídricos da região.

$$\mathrm{IP} = \frac{\mathrm{Q_{med}}}{\mathrm{População}}$$

Onde:

Q_{med}: Vazão média do manancial de superfície.

Este indicador é utilizado por instituições internacionais para identificar a possibilidade de a população ser atendida, pois a vazão média é a máxima vazão que pode ser utilizada para atender a população de uma determinada área. Os limites para a classificação de uma determinada região são:

- IP < 500 m^3/ano.hab Situação de escassez;
- IP entre 500 e 1.700 m^3/ano.hab Situação de estresse;
- IP > 1.700 m^3/ano.hab Situação confortável

O Índice de Potencialidade – IP médio da Bacia Litorânea é de aproximadamente 220.000 m³/ano.hab, colocando-se numa situação confortável com grande folga. Nenhuma AEG na Bacia Litorânea possui indicadores em situação de estresse ou escassez.

4.2.2 Índice de Disponibilidade

O Índice de Disponibilidade – ID – é a relação entre a quantidade de água disponível superficial na AEG dividido pela população. Esta relação traduz o nível de atendimento a toda população com os recursos hídricos disponíveis. Diferente do indicador anterior que representa uma potencialidade máxima, este índice reflete o recurso que de fato é disponível.

$$\mathrm{ID} = \frac{\mathrm{Q_{95\%}} + \mathrm{Q_{transf}}}{\mathrm{População}}$$

Dado que:

$Q_{(95\%)}$: Vazão com frequência de 95%;
Q_{transf}: Vazões transferidas.

Para a determinação da vazão de transferência, foi utilizada a metodologia já apresentada no Índice de Utilização das Disponibilidades – IUD.

Baseado nos critérios do Índice de Potencialidade, os limites do indicador foram obtidos a partir da relação entre $Q_{med}/Q_{95\%}$ da Bacia Litorânea. Os limites para a classificação de uma determinada região são:

- ID < 150 m^3/ano.hab Situação de escassez;
- ID entre 150 e 500 m^3/ano.hab Situação de estresse;
- ID > 500 m^3/ano.hab Situação confortável

O Índice de Disponibilidade – ID médio da Bacia Litorânea é de aproximadamente 77.000 m^3/ano.hab. Concordante com os indicadores anteriores, este indicador apresenta uma situação confortável para todas as AEGs da Bacia Litorânea.

4.2.3 Índice de Variabilidade do Curso D'água

O Índice de Variabilidade do Curso D'água – IV – é a proporção da vazão de estiagem em relação à vazão média, este índice traduz principalmente o nível de perenização natural do curso d'água, a variabilidade da vazão ao longo do tempo. Nos rios perenes que sofrem menor variação de suas vazões ao longo do ano, estes índices apresentam valores maiores, diferente dos cursos d'água da região semiárida, que possuem uma variação de vazão bem significativa ao longo do ano, estes índices são bem menores.

$$IV = \frac{Q_{95\%}}{Q_{med}}$$

Onde:

Q_{med}: Vazão média do manancial de superfície (m^3/ano);

$Q_{(95\%)}$: Vazão com frequência de 95% (m^3/ano).

Para classificar este índice, os riscos de estiagens foram estabelecidas conforme as definições das vazões características, que são a seguir apresentadas:

- IV < 5 % "Muito Alto" risco de estiagens;
- 5% > IV > 20% "Alto" risco de estiagens;
- 20% > IV > 35 % "Médio" risco de estiagens;
- 35% > IV > 50 % "Baixo" risco de estiagens;
- 50% < IV "Muito Baixo" risco de estiagens.

O Índice de Variabilidade do Curso D'água – IV médio da Bacia Litorânea é de 30%, sendo que possui uma variação entre 25% e 45%. Observa-se uma diferença clara entre o norte e

o sul da Bacia, porém, de maneira geral, pode-se considerar que a bacia não possui risco de estiagens severas devido às características hidrológicas da região.

4.2.4 Índice de Potencialidade da Água Subterrânea

O Índice de Potencialidade da Água Subterrânea – IPS é a relação entre a Recarga Potencial Direta (RPD) de determinada AEG dividido pela respectiva população.

$$\text{IPS} = \frac{\text{RPD}}{\text{População}}$$

Sendo:

RPD: recarga potencial direta (m^3/ano).

O valor médio per capita para a Bacia Litorânea é de 18.732 m³/ano, sendo que a AEG.L7 (Rio da Onça) apresenta o menor valor e a AEG.L3 (Rio Faisqueira) apresenta o maior valor. A classificação foi baseada nos critérios da própria região.

4.2.5 Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea

O Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea – IDS é a relação entre a Reserva Potencial Explotável (RPE) de determinada AEG dividido pela respectiva população.

$$\text{IDS} = \frac{\text{RPE}}{\text{População}}$$

Onde:

RPE: reserva potencial explotável (m^3/ano).

O valor médio per capita para a Bacia Litorânea é de 4.414 m³/ano, sendo que igualmente ao item anterior, a AEG.L7 (Rio da Onça) apresenta o menor valor e a AEG.L3 (Rio Faisqueira) apresenta o maior valor. A classificação foi baseada nos critérios da própria região.

A seguir são apresentadas as Figuras 4.4 a 4.8 com os mapas de cada Indicador de Disponibilidade Hídrica.

ÍNDICE DE POTENCIALIDADE (IP)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedreneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio do Saco

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IP (m³/ano)
- 0 - 500
- 500 - 1.700
- > 1.700

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (ID)

Legenda

ID (m³/ano)
- 0 - 150
- 150 - 500
- > 500

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pedorneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaraguaçu
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio do Saco

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

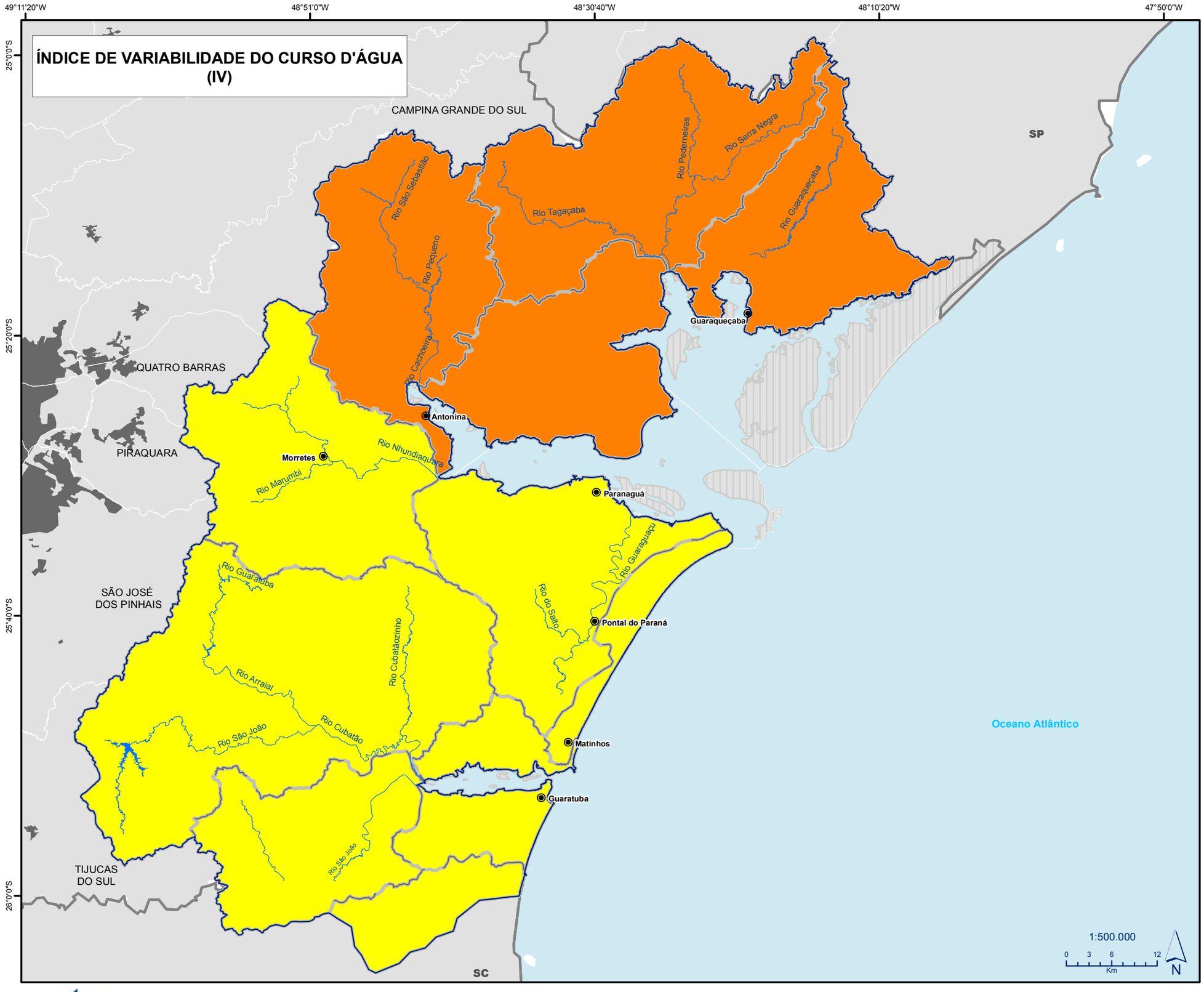
1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Convenções Cartográficas
- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

ÍNDICE DE VARIABILIDADE DO CURSO D'ÁGUA (IV)



Legenda

IV (%)

- 0 - 5
- 5 - 20
- 20 - 35
- 35 - 50
- > 50

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA

ÍNDICE DE POTENCIALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA (IPS)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pederneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaratuba
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio do Saco
Rio Guaraguaçu

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IPS (m³/s)

- 0 - 1.000
- 1.000 - 5.000
- 5.000 - 25.000
- 25.000 - 50.000
- > 50.000

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ Instituto das Águas do Paraná

cobrape

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA

ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA (IDS)

49°11'20"W 48°51'0"W 48°30'40"W 48°10'20"W 47°50'0"W

25°0'0"S 25°20'0"S 25°40'0"S 26°0'0"S

CAMPINA GRANDE DO SUL
QUATRO BARRAS
PIRAQUARA
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
TIJUCAS DO SUL
SP
SC

Rio São Sebastião
Rio Pequeno
Rio Cachoeira
Rio Tagaçaba
Rio Pederneiras
Rio Serra Negra
Rio Guaraqueçaba
Rio Nhundiaquara
Rio Marumbi
Rio Guaratuba
Rio Arraial
Rio São João
Rio Cubatãozinho
Rio Cubatão
Rio do Saco
Rio Guaraguaçu

Guaraqueçaba
Antonina
Morretes
Paranaguá
Pontal do Paraná
Matinhos
Guaratuba

Oceano Atlântico

1:500.000
0 3 6 12
Km
N

Legenda

IDS (m³/s)

- 0 - 200
- 200 - 1.500
- 1.500 - 7.500
- 7.500 - 10.000
- > 10.000

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
- Limite Estadual
- Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
- Hidrografia Principal
- Reservatórios
- Ilhas

AGUASPARANÁ
Instituto das Águas do Paraná

cobrape

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA

5. CONCLUSÃO

Conforme apresentado no presente relatório *P04 – Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo e Definição das AEGs*, a Bacia Litorânea não apresenta criticidade alguma em relação aos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, em termos quantitativos. Esse resultado concorda com o já apresentado em PARANÁ (2016), o qual já destaca a alta disponibilidade hídrica da região (em torno de 5 a 26 L.s/km²) e a alta cobertura vegetal (em torno de 90%).

A Bacia Litorânea possui demandas concentradas, principalmente no município de Paranaguá, durante o ano todo, e nos municípios com balneários como Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, em função do período de veraneio, no entanto, o estudo indica que essas demandas podem ser atendidas pelos mananciais superficiais e subterrâneos da região.

Acredita-se que os problemas da Bacia Litorânea podem estar ligados especificamente às insuficiências dos Sistemas de Abastecimento de Água e dos Sistemas de Esgotamento Sanitário dos municípios que compõem a Bacia, problemas esses já indicados pelos Planos Municipais de Saneamento Básico existentes. Outra vertente é a ocorrência de eventos críticos na região, assunto que será pormenorizado no *P06 – Eventos Críticos*. Esse problema está relacionado aos Sistemas de Drenagem Urbana, os quais também são contemplados nos Planos Municipais de Saneamento Básico existentes.

Esses resultados são fundamentais para a continuidade dos estudos ligados ao Plano da Bacia Litorânea, que contemplará as análises referentes ao prognóstico, resultado esse que será apresentado no *P07 – Cenários*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. UGRH Paranapanema. Diagnóstico – Avaliação Quantitativa e Quantitativa das Águas Subterrâneas. Brasília-DF, 2014.

BIGARELLA, J. J. *et al.*. A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Curitiba, Secretaria do Estado do Planejamento, Governo do Paraná, 1978. 248 p.

GALVÃO, W. S., MENESES, P. R. Avaliação dos Sistemas de Classificação e Codificação das Bacias Hidrográficas Brasileiras Para Fins de Planejamento de Redes Hidrométricas. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, 2005.

MANTOVANELLI, A. Caracterização da Dinâmica Hídrica e do Material Particulado em Suspensão na Baía de Paranaguá e em Sua Bacia de Drenagem. Curitiba, 1999. 152p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Paraná.

PARANÁ. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Paraná – Litoral. Curitiba: ITCG, 2016.

PFAFSTETTER, O. Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação. Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 1989.