

PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA



**PRODUTO 04: BALANÇO HÍDRICO
SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEO**

Revisão 1
Dezembro 2017

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE QUADROS	3
APRESENTAÇÃO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. BALANÇO HÍDRICO	6
2.1 Balanço Hídrico Superficial	6
2.2 Balanço Hídrico Subterrâneo	13
3. ANÁLISE DE INDICADORES	20
3.1 Indicadores de Demandas Hídricas	20
3.1.1 Índice de Utilização da Potencialidade	20
3.1.2 Índice de Utilização das Disponibilidades	21
3.1.3 Índice de Utilização das Demandas Urbanas	22
3.2 Indicadores de Disponibilidades Hídricas	27
3.2.1 Índice de Potencialidade	27
3.2.2 Índice de Disponibilidade	27
3.2.3 Índice de Variabilidade do Curso D'água	28
3.2.4 Índice de Potencialidade da Água Subterrânea	29
3.2.5 Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea	29
4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacias – Demanda Retirada.....	8
Figura 2.2 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacias – Demanda Consumida	9
Figura 2.3 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Captada	11
Figura 2.4 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Consumida.....	12
Figura 2.5 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Captada.....	14
Figura 2.6 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Consumida	15
Figura 2.7 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Captada	17
Figura 2.8 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Consumida.....	18
Figura 3.1 – Índice de Utilização da Potencialidade (IUP).....	24
Figura 3.2 – Índice de Utilização das Disponibilidades (IUD)	25
Figura 3.3 – Índice de Utilização das Demandas Urbanas (IUU)	26
Figura 3.4 – Índice de Potencialidade (IP)	30
Figura 3.5 – Índice de Disponibilidade (ID)	31
Figura 3.6 – Índice de Variabilidade do Curso D'Água (IV)	32
Figura 3.7 – Índice de Potencialidade da Água Subterrânea (IPS).....	33
Figura 3.8 – Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea (IDS).....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Taxas de retorno	7
Quadro 2.2 – Balanço Hídrico Superficial por AEG	10
Quadro 2.3 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEG	16

APRESENTAÇÃO

O presente documento corresponde ao *Produto 04: Balanço Hídrico Superficial e Subterrâneo*, que visa consolidar a situação hídrica atual do balanço hídrico 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;*
- *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* 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 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 3* 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.

No *Capítulo 4* é a conclusão do presente relatório.

2. 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.

2.1 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.

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

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

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 2.1, conforme os critérios adotados no capítulo de Demandas.

Quadro 2.1 – 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 2.1 e a Figura 2.2.

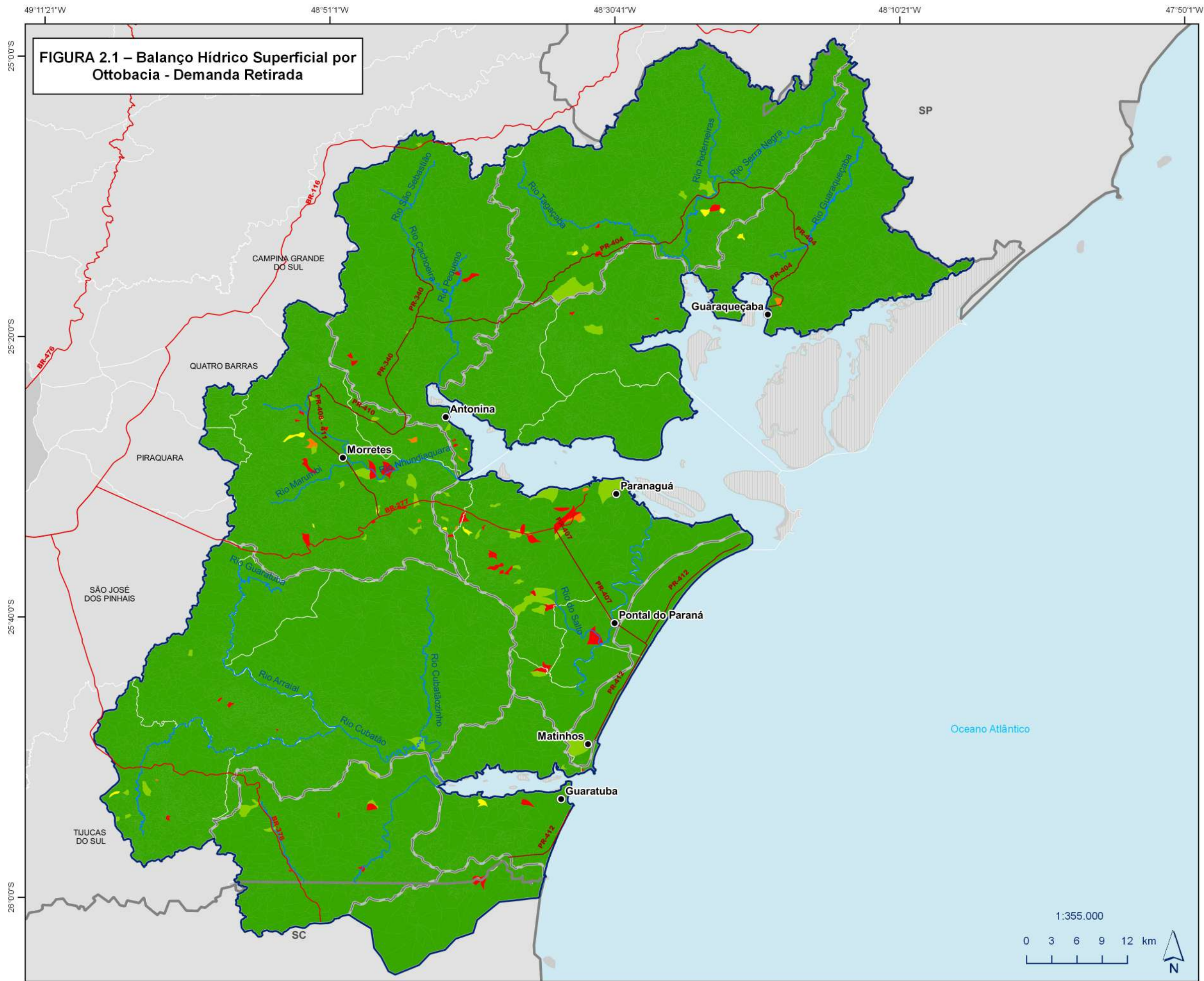


FIGURA 2.1 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacia - Demanda Retirada

- Legenda**
- Balanço Hídrico**
- 0,00 - 0,20
 - 0,20 - 0,50
 - 0,50 - 0,70
 - 0,70 - 1,00
 - > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

- Convenções Cartográficas**
- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.



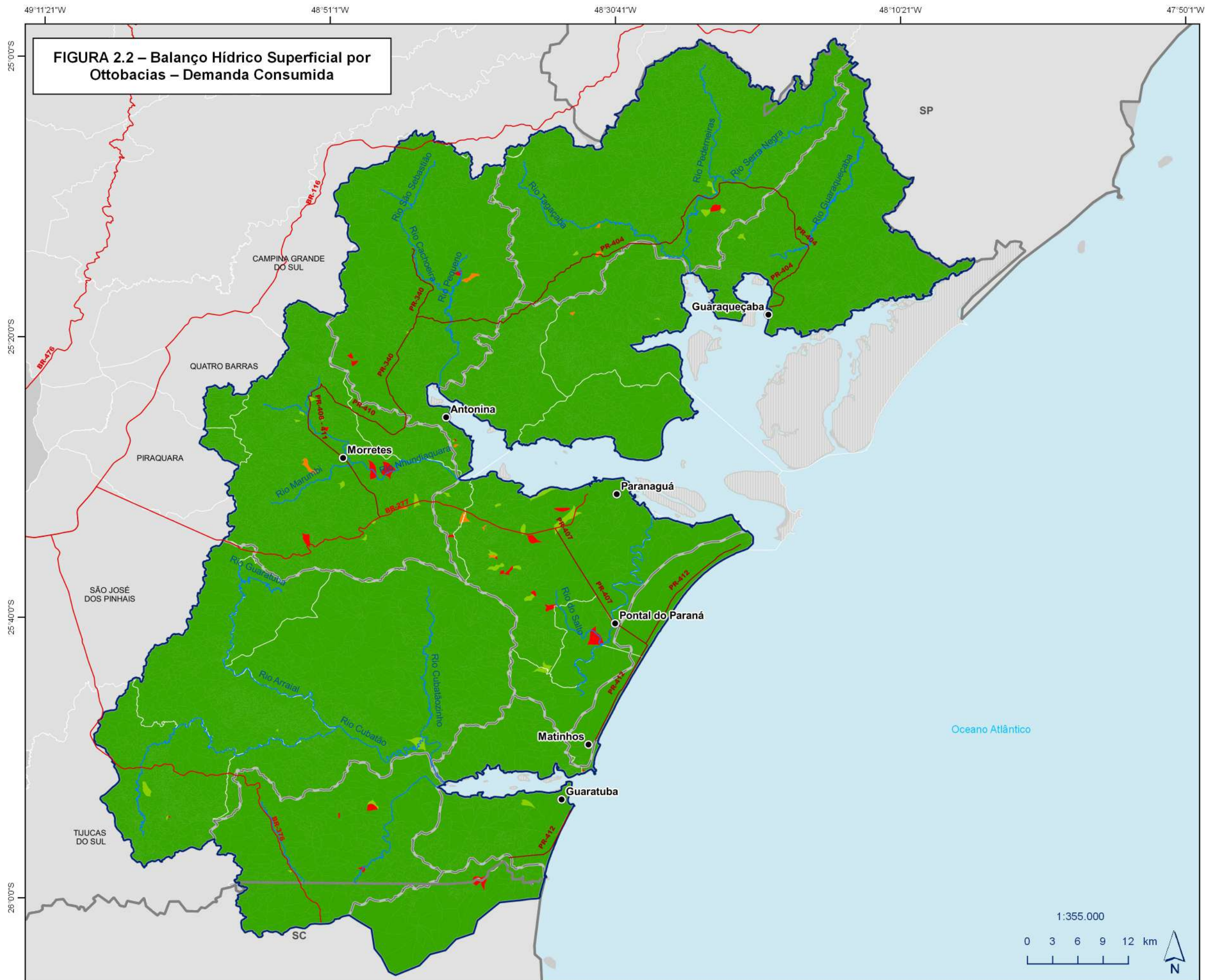


FIGURA 2.2 – Balanço Hídrico Superficial por Ottobacias – Demanda Consumida

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

Fonte: Elaboração própria, (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

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 2.2. É importante destacar que no cálculo são considerados os valores incrementais, onde a vazão não é acumulada ao longo do rio.

Quadro 2.2 – 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	8.429,34	20,52	4,68	0,002	0,001
AEG.L2	Rio Serra Negra	787,37	16.908,62	122,73	96,90	0,007	0,006
AEG.L3	Rio Faisqueira	508,32	11.391,27	20,77	13,72	0,002	0,001
AEG.L4	Rio Cachoeira	630,93	14.765,28	189,07	60,92	0,013	0,004
AEG.L5	Rio Nhundiaquara	673,81	11.226,80	578,06	207,69	0,051	0,018
AEG.L6	Rio Guaraguaçu	586,08	10.158,34	1.944,02	495,83	0,191	0,049
AEG.L7	Rio da Onça	121,85	2.031,06	21,97	4,39	0,011	0,002
AEG.L8	Rio Alegre	112,75	1.599,23	9,58	2,06	0,006	0,001
AEG.L9	Rio Cubatão	1.257,28	17.468,02	44,17	17,17	0,003	0,001
AEG.L10	Rio São João	433,04	5.280,84	403,03	153,01	0,076	0,029
AEG.L11	Rio Boguaçu	148,52	1.912,40	7,71	0,58	0,004	0,000
AEG.L12	Rio Saí-Guaçu	167,52	1.907,56	336,88	67,08	0,177	0,035
Total		5.904,30	103.078,76	3.698,50	1.124,03	0,036	0,011

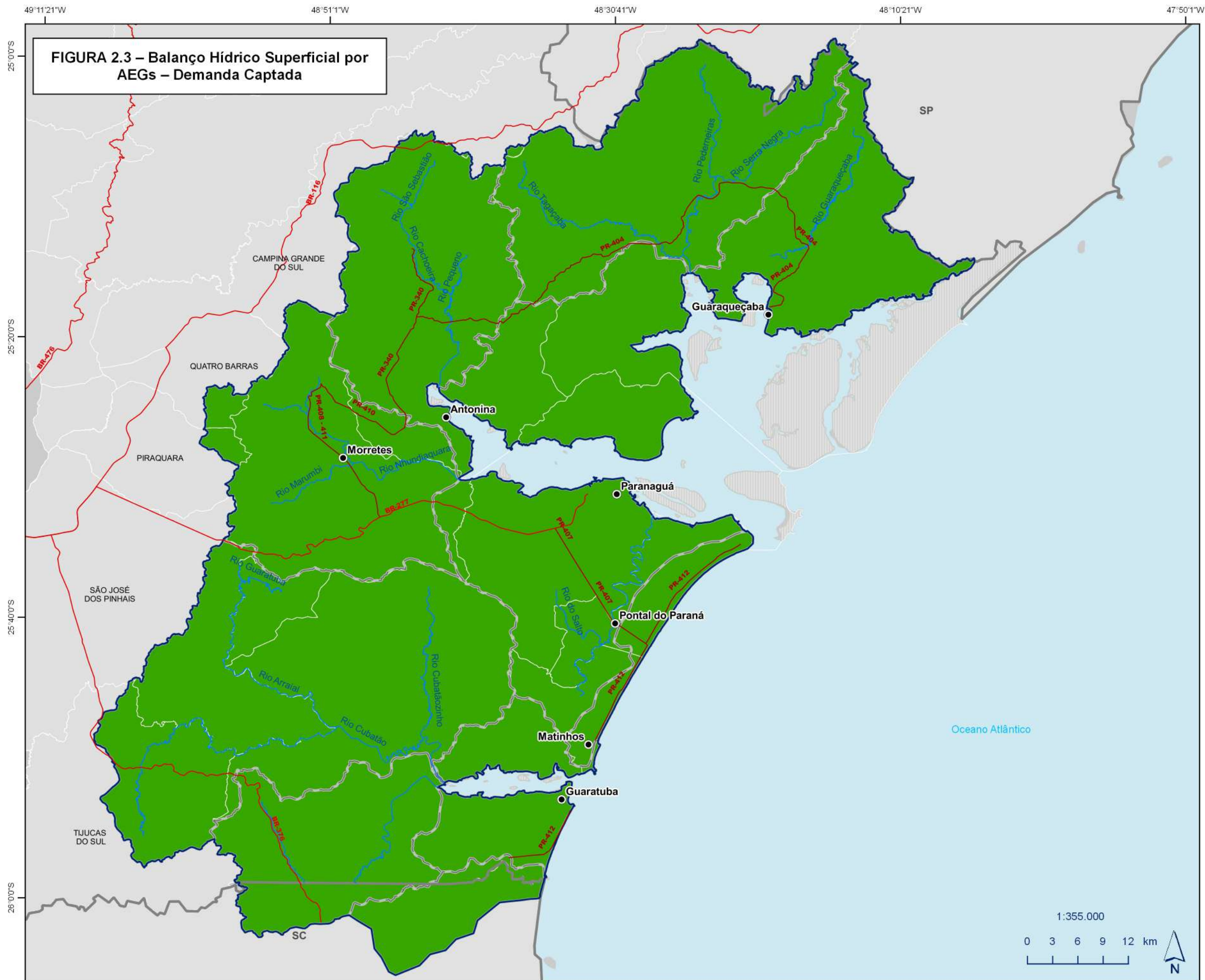


FIGURA 2.3 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Captada

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

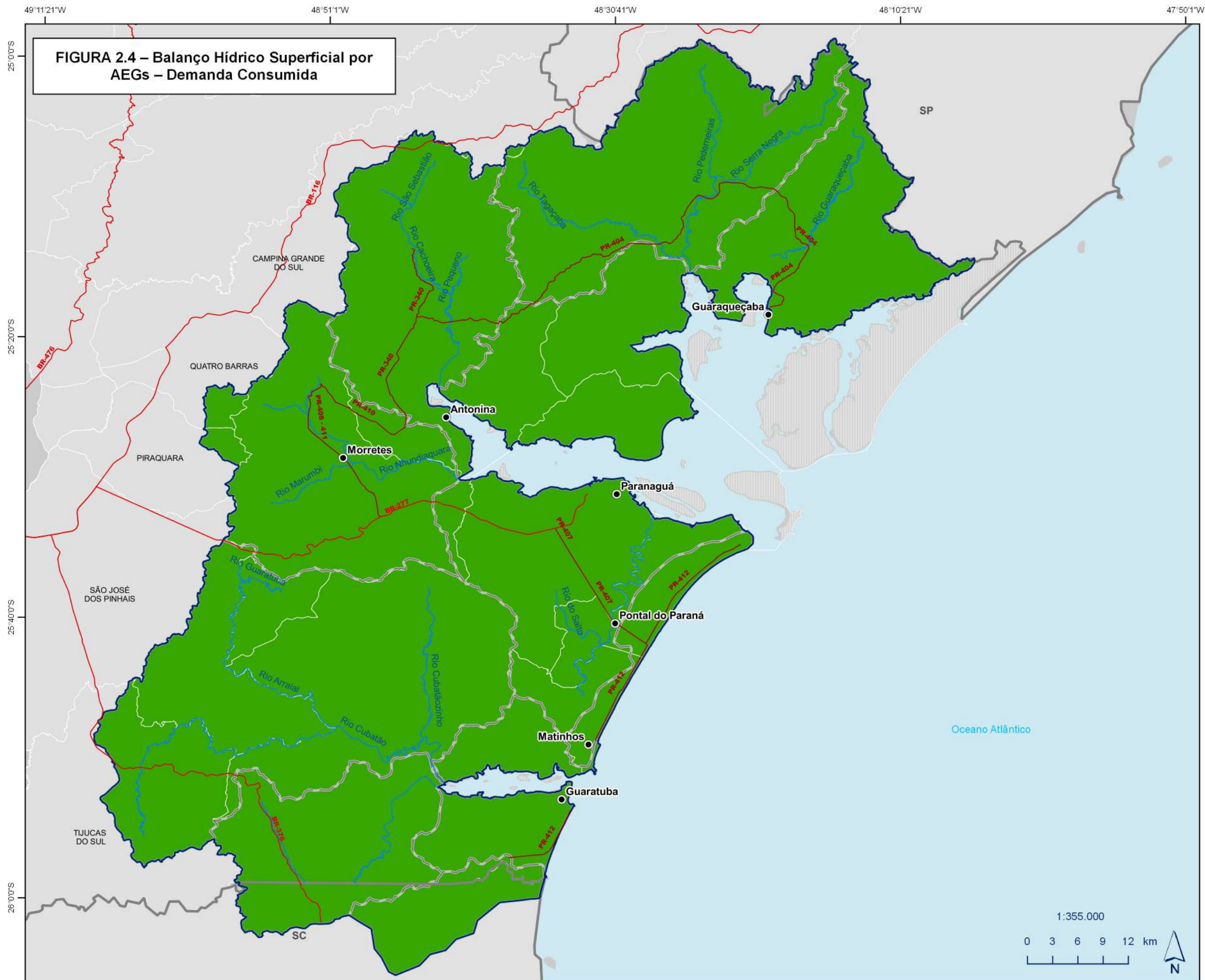


FIGURA 2.4 – Balanço Hídrico Superficial por AEGs – Demanda Consumida

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

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.

2.2 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, conseqüentemente, 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*.

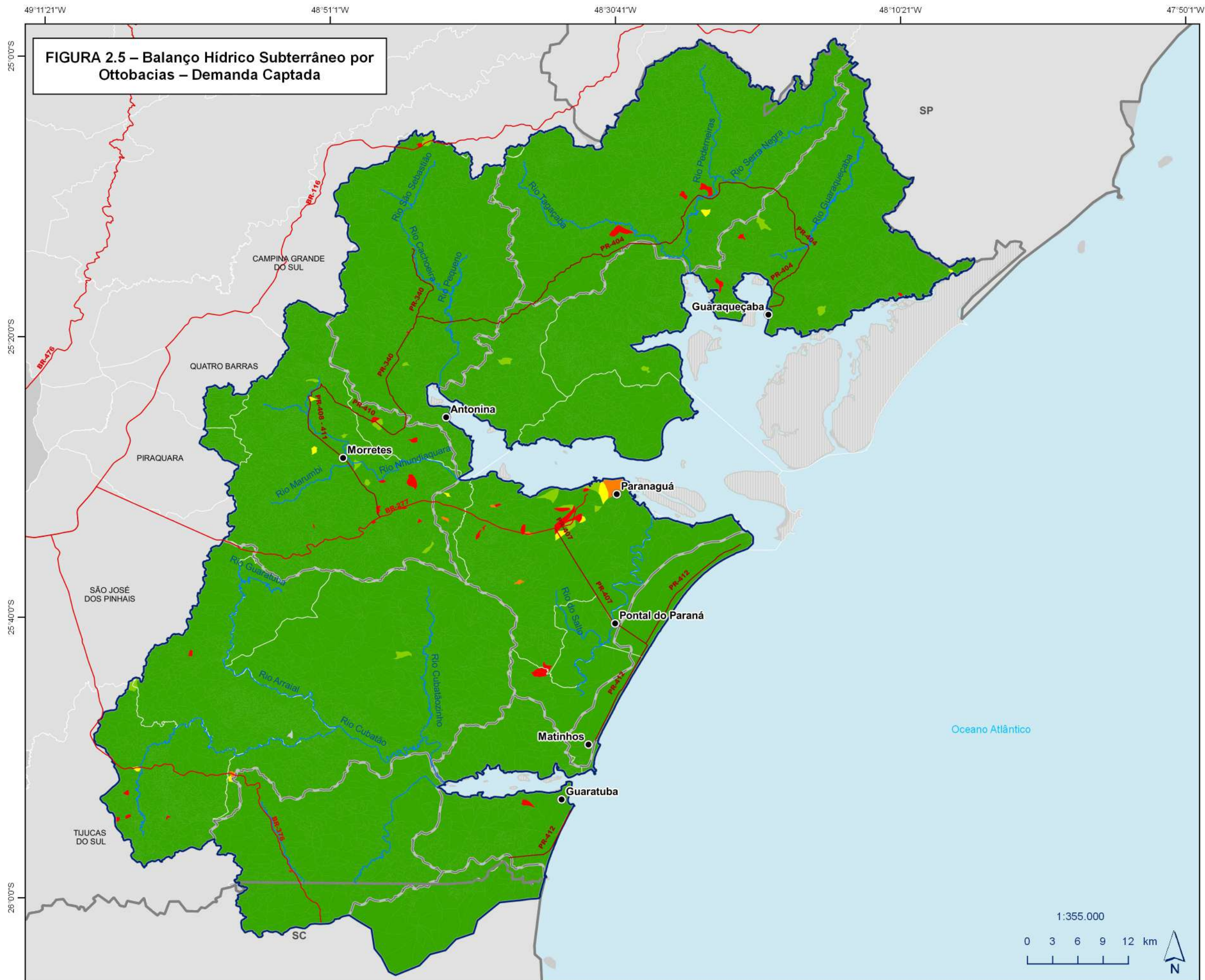


FIGURA 2.5 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Captada

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

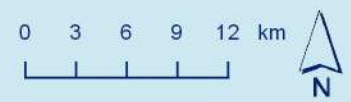
Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

1:355.000



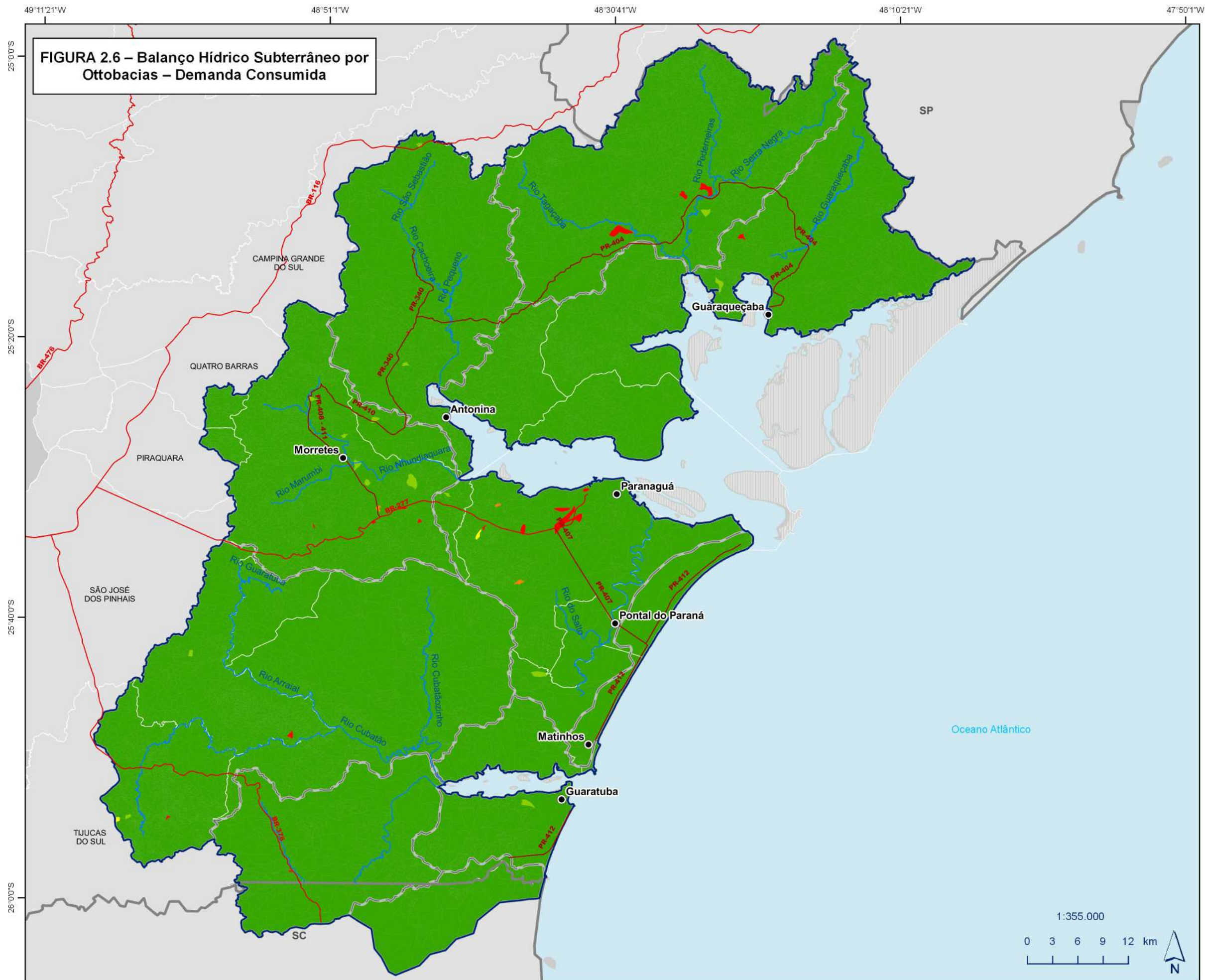


FIGURA 2.6 – Balanço Hídrico Subterrâneo por Ottobacias – Demanda Consumida

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

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 2.3. É importante destacar que no cálculo são considerados os valores incrementais por Área Estratégica de Gestão.

Quadro 2.3 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEG

Área Estratégica de Gestão	Rio Principal	Área Incremental (km ²)	Disponibilidade 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 Sai-Guaçu	167,52	214,23	0,00	0,00	-	-
Total		5.904,30	4.895,50	408,89	92,97	0,084	0,019

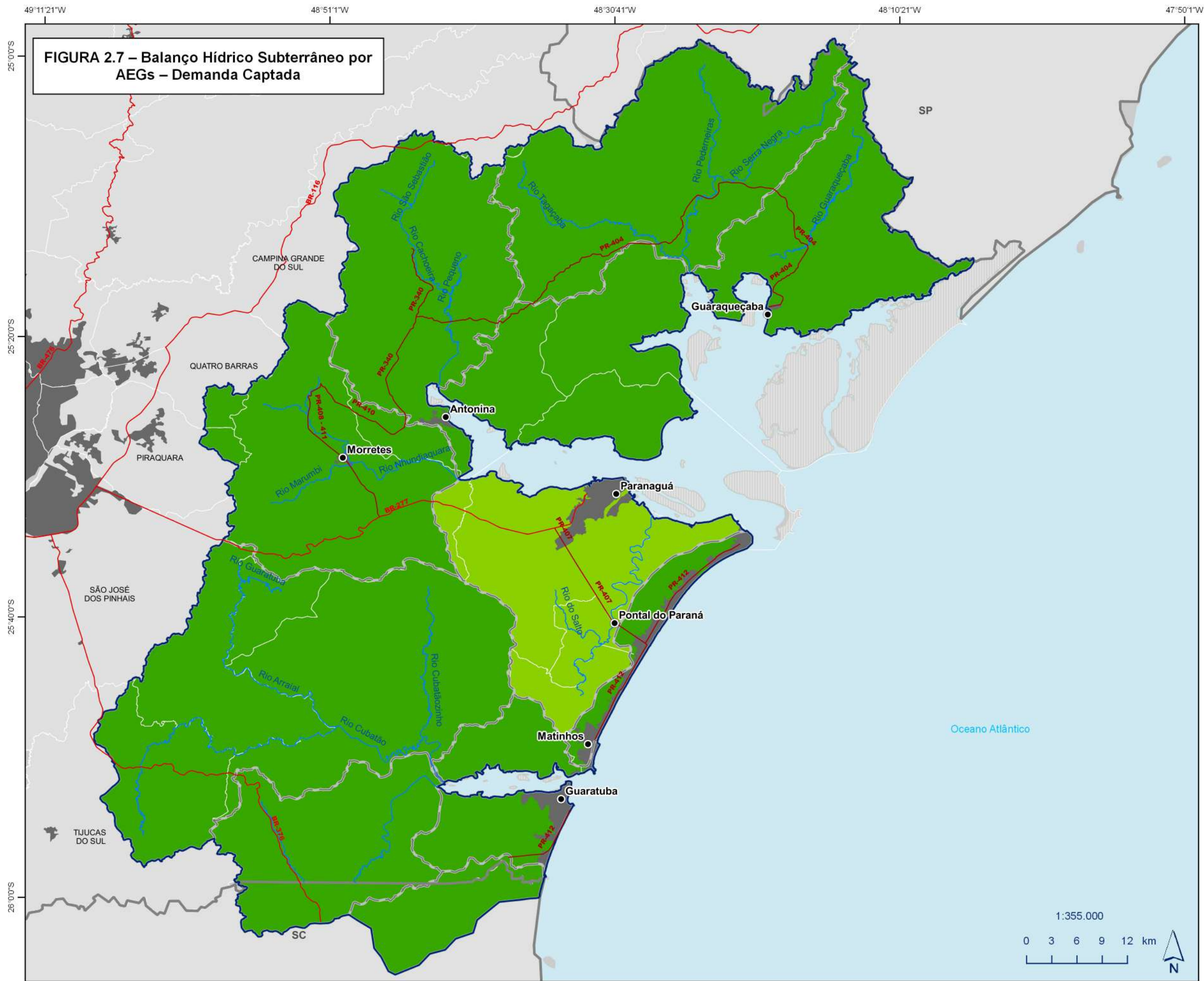


FIGURA 2.7 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Captada

- Legenda**
- Balanço Hídrico**
- 0,00 - 0,20
 - 0,20 - 0,50
 - 0,50 - 0,70
 - 0,70 - 1,00
 - > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

- Convenções Cartográficas**
- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

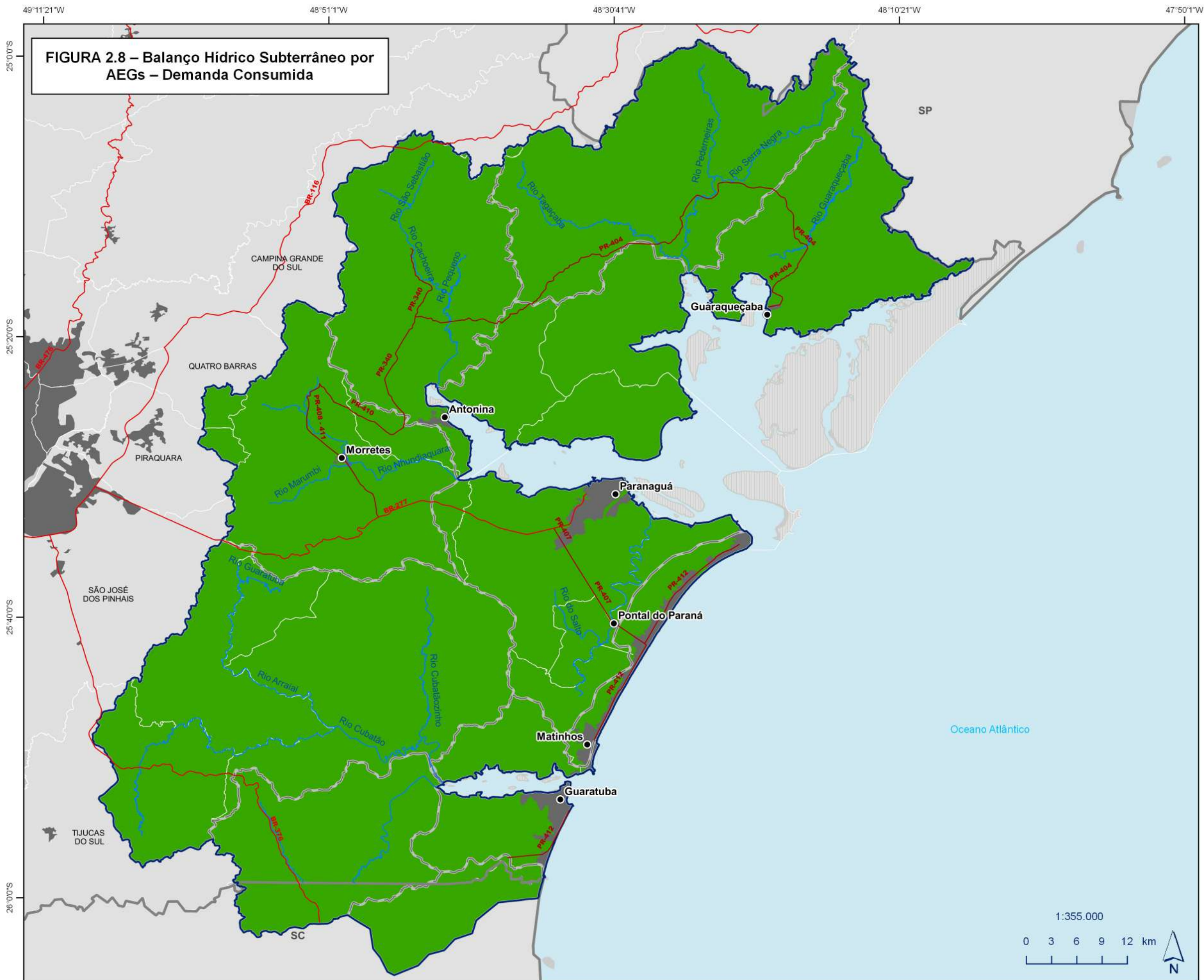


FIGURA 2.8 – Balanço Hídrico Subterrâneo por AEGs – Demanda Consumida

Legenda

Balanço Hídrico

- 0,00 - 0,20
- 0,20 - 0,50
- 0,50 - 0,70
- 0,70 - 1,00
- > 1,00

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

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.

3. 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.

3.1 Indicadores de Demandas Hídricas

3.1.1 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.

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

Onde:

\sum 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.

3.1.2 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.

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

Sendo que:

\sum 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 Agência 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.

3.1.3 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.

$$IUU = \frac{DAU}{Q_{95\%} + Q_{transf}}$$

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 Figura 3.1 aFigura 3.3 com os mapas de cada Indicador de Demanda de Água.

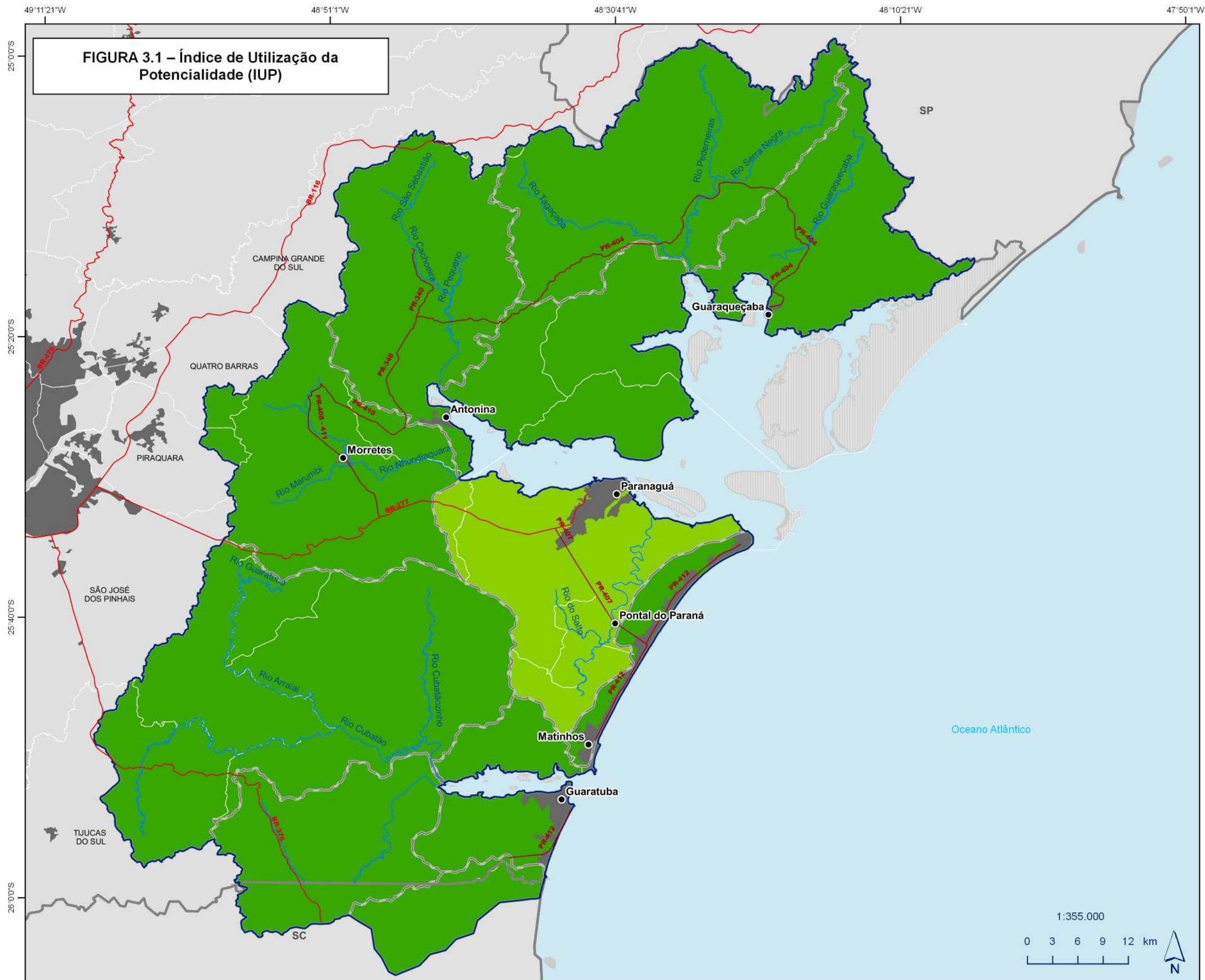


FIGURA 3.1 – Índice de Utilização da Potencialidade (IUP)

Legenda

IUP (%)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- > 40

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

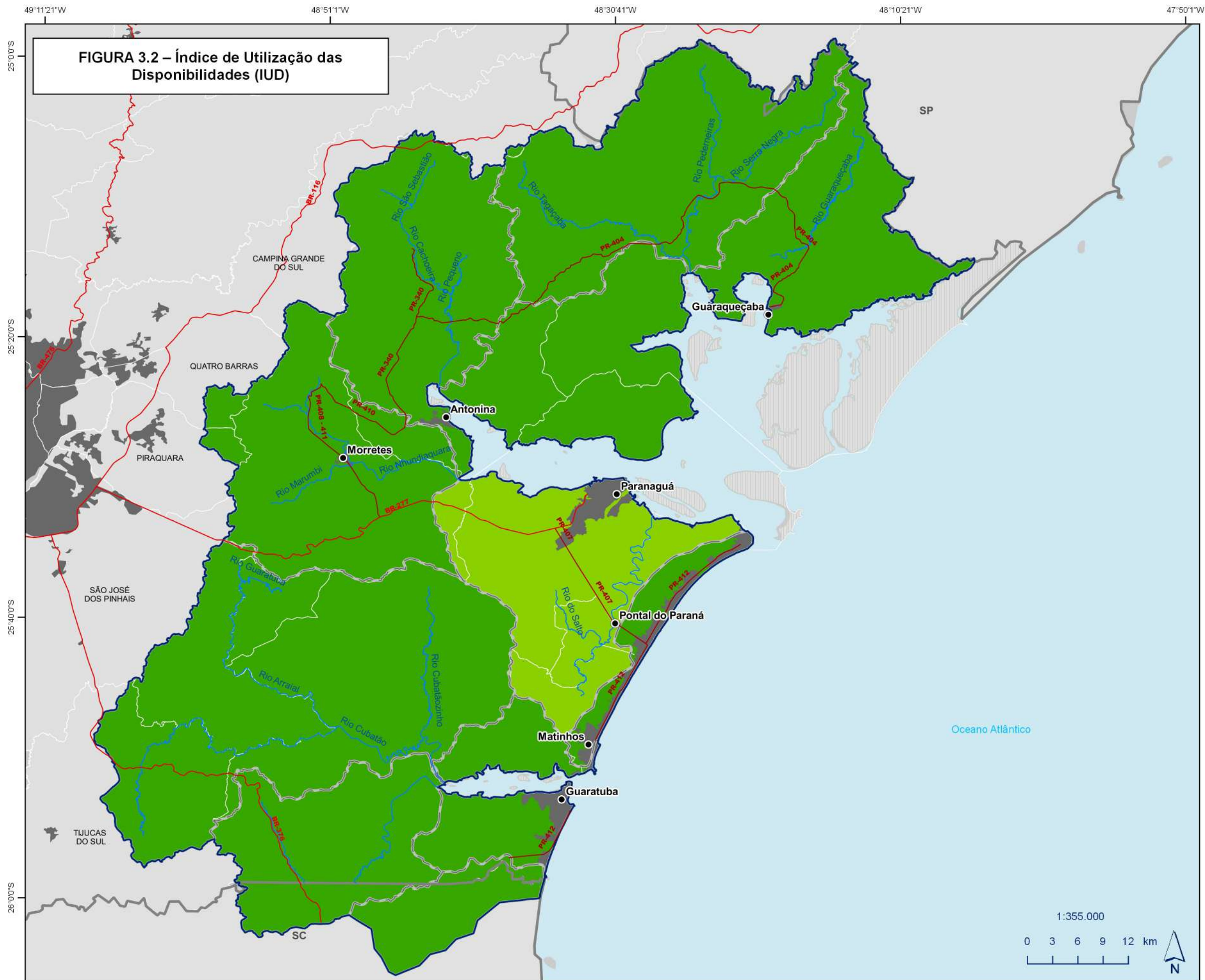


FIGURA 3.2 – Índice de Utilização das Disponibilidades (IUD)

Legenda

IUD (%)

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

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

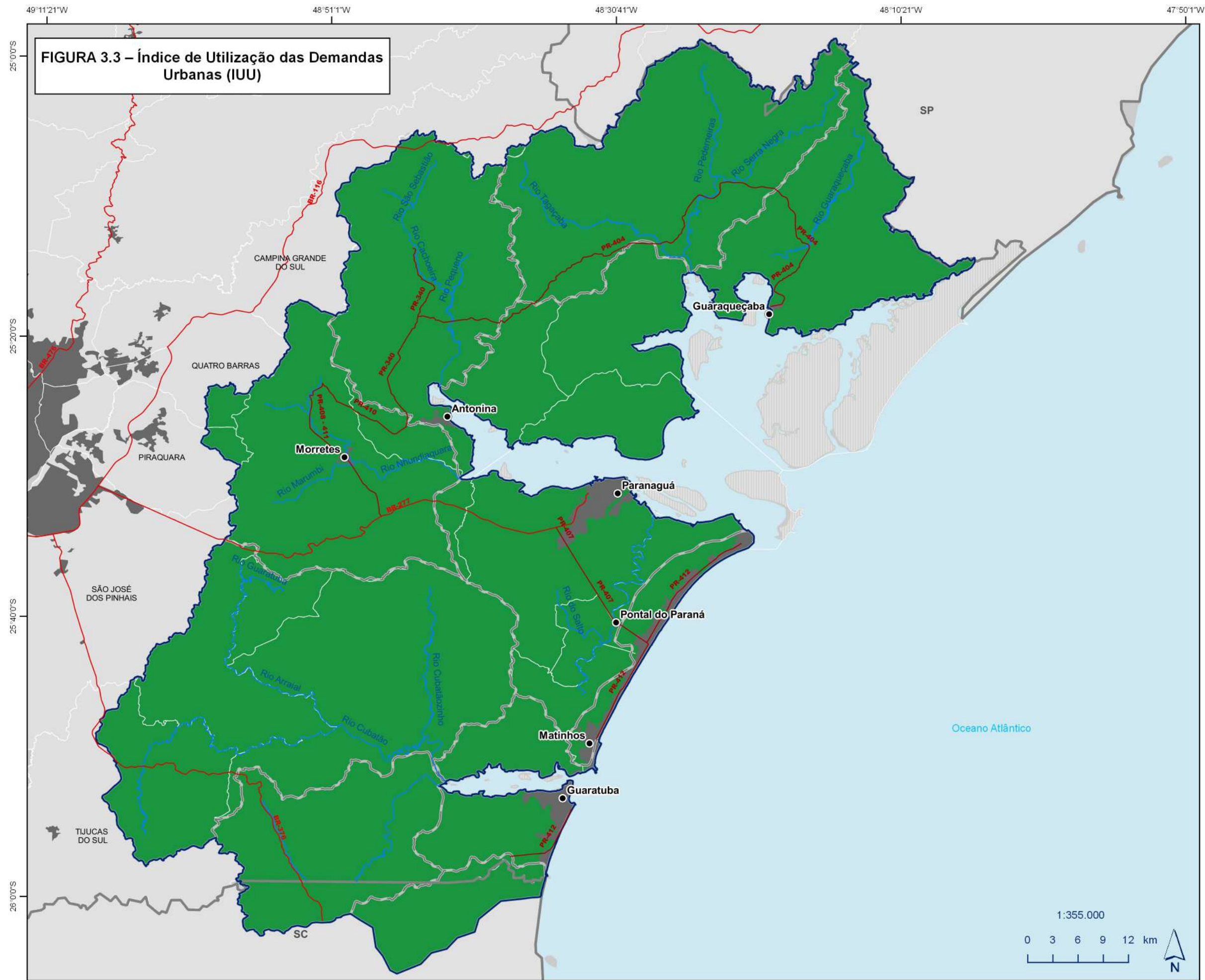


FIGURA 3.3 – Índice de Utilização das Demandas Urbanas (IUU)

Legenda

IUU (%)

- 0.00 - 20
- 20 - 50
- 50 - 70
- 70 - 100
- > 100

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

3.2 Indicadores de Disponibilidades Hídricas

3.2.1 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.

$$IP = \frac{Q_{med}}{População}$$

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 m³/ano.hab Situação de escassez;
- IP entre 500 e 1.700 m³/ano.hab Situação de estresse;
- IP > 1.700 m³/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.

3.2.2 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.

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

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:

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

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

3.2.3 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.

3.2.4 *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.

$$IPS = \frac{RPD}{População}$$

Sendo:

RPD: recarga potencial direta (m³/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.

3.2.5 *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.

$$IDS = \frac{RPE}{População}$$

Onde:

RPE: reserva potencial explotável (m³/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 Figura 3.4 aFigura 3.8 com os mapas de cada Indicador de Disponibilidade Hídrica.

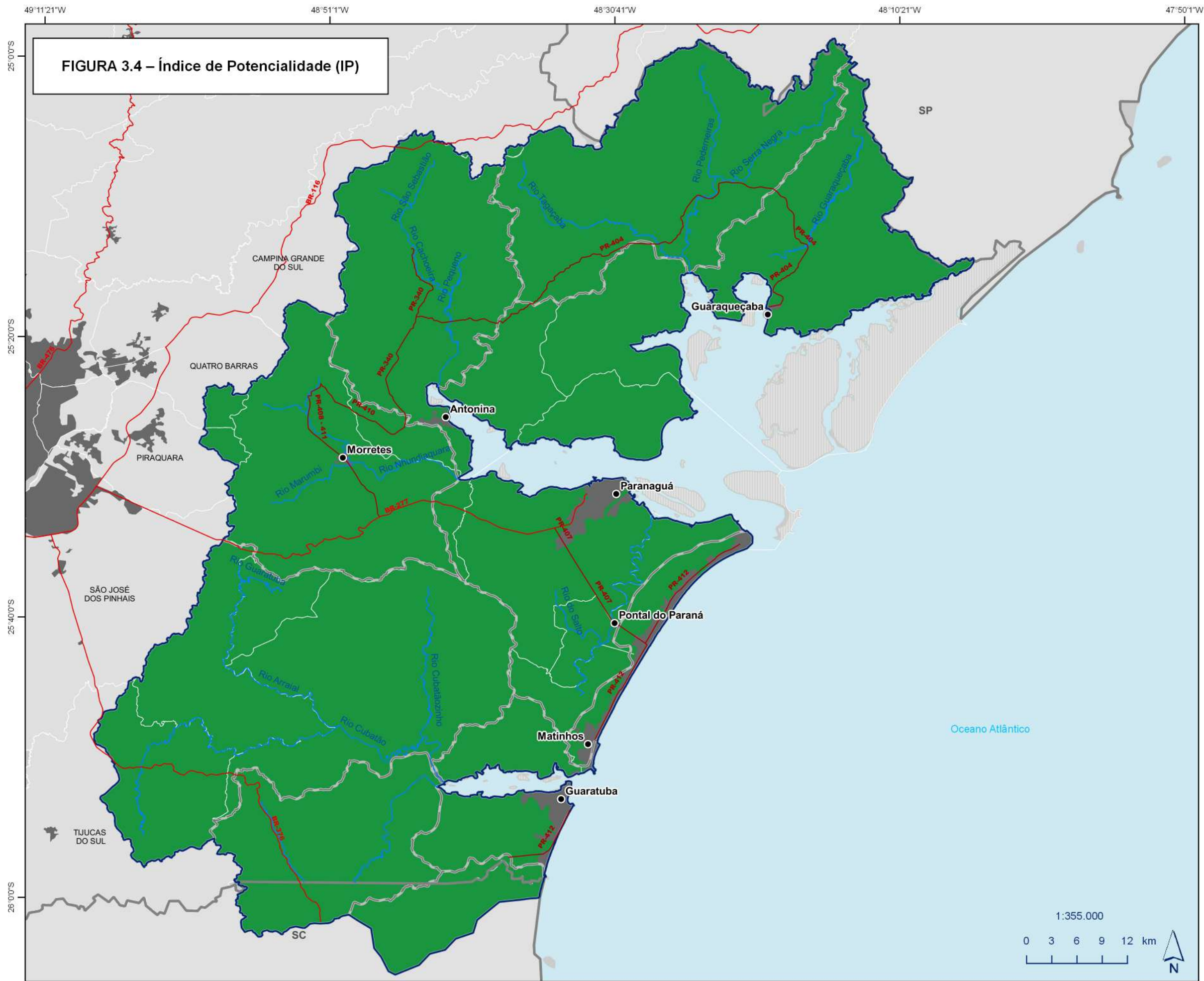


FIGURA 3.4 – Índice de Potencialidade (IP)

Legenda

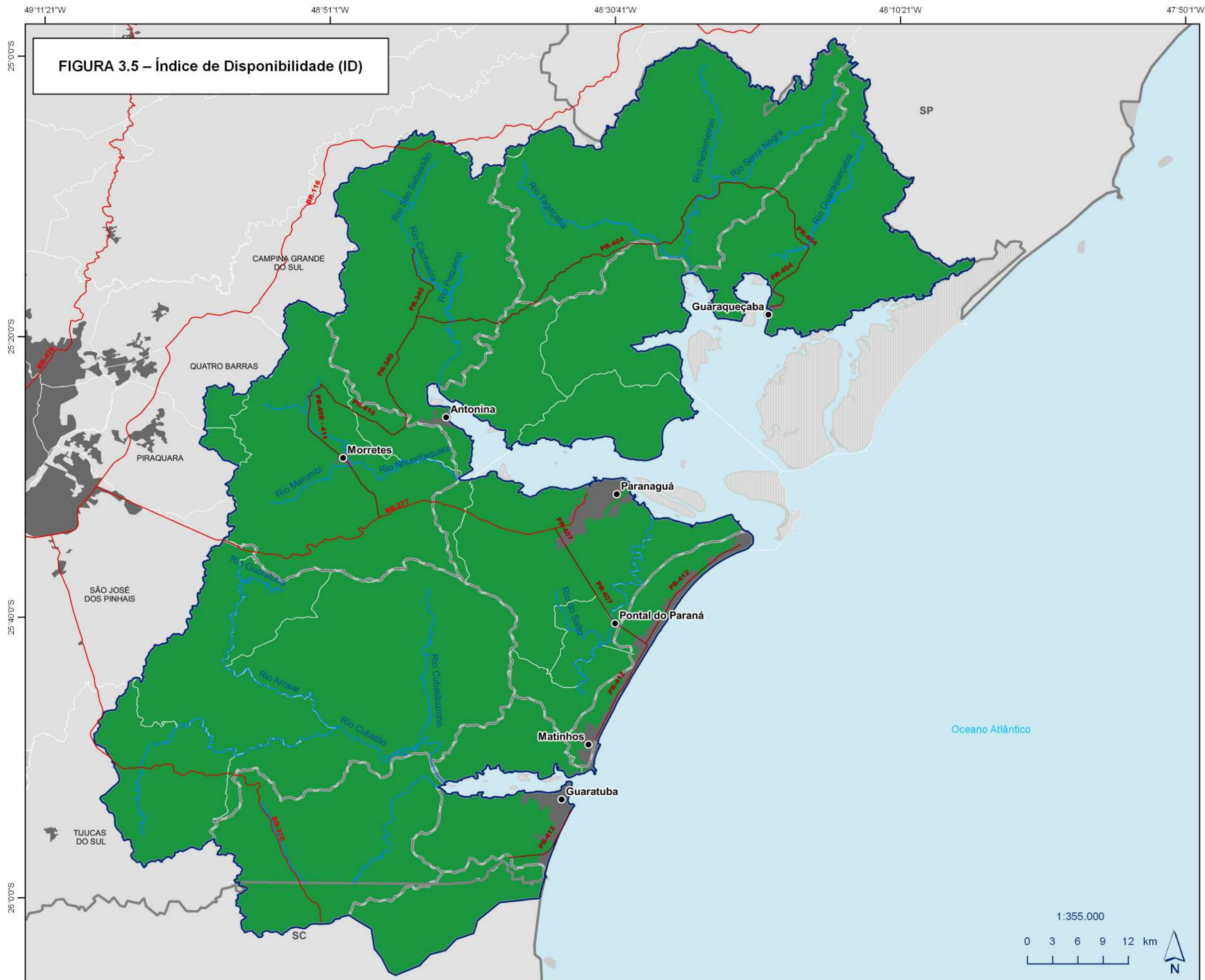
- IP (m³/ano)**
- 0 - 500
 - 500 - 1700
 - > 1700

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.



Legenda

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

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

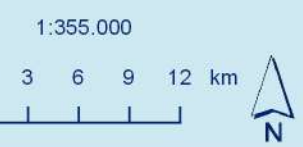


FIGURA 3.5 – Índice de Disponibilidade (ID)

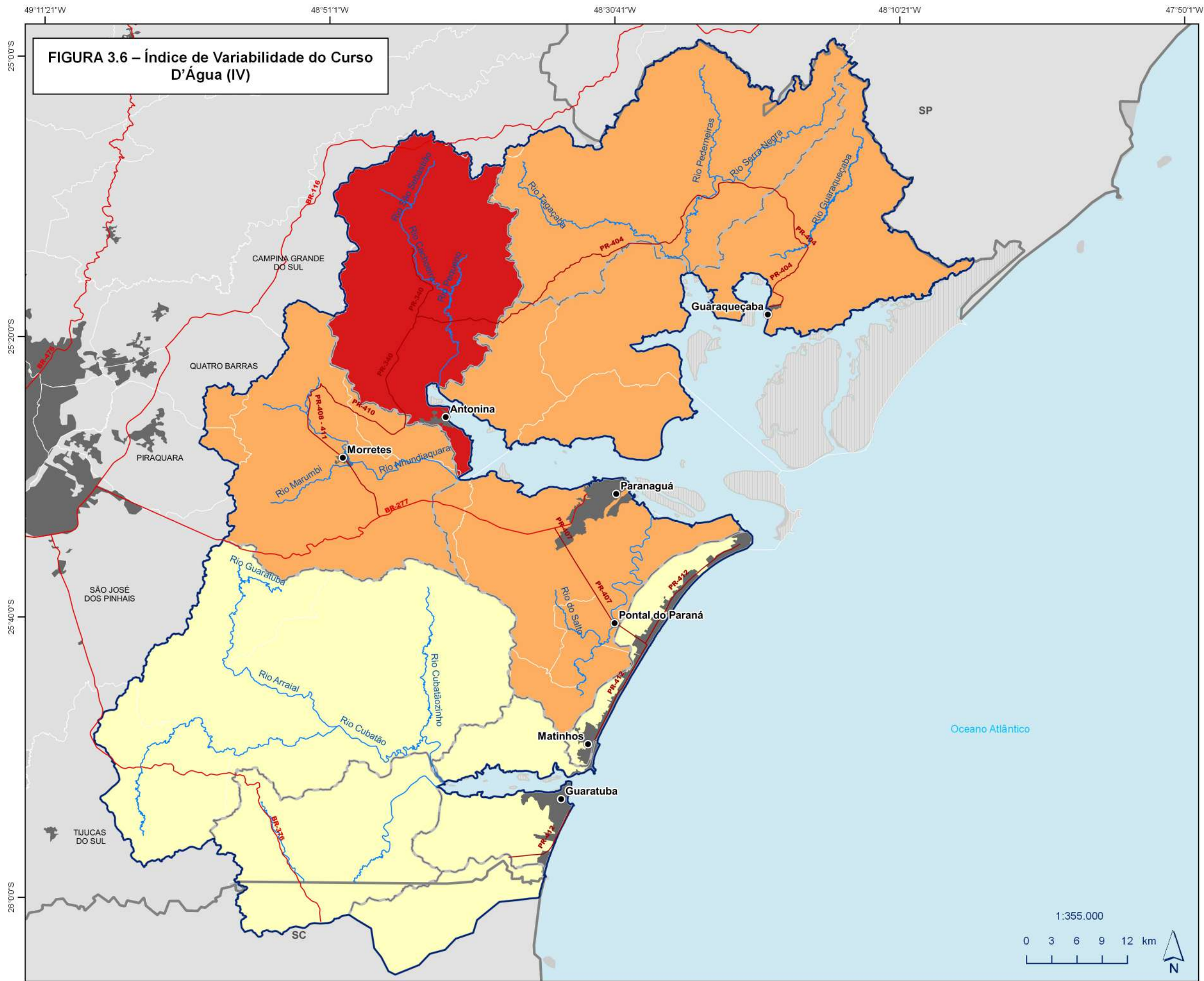


FIGURA 3.6 – Índice de Variabilidade do Curso D'Água (IV)

Legenda

- IV (%)**
- 0 - 5
 - 5 - 20
 - 20 - 35
 - 35 - 50
 - 50 - 100

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

- Sedes Municipais
 - Limites Estaduais
 - Limite Municipal
 - Limite da Bacia Hidrográfica Litorânea
 - Rodovias
 - Hidrografia Principal
 - Reservatórios
 - Áreas Urbanas
 - Ilhas
- Datum: SIRGAS 2000.

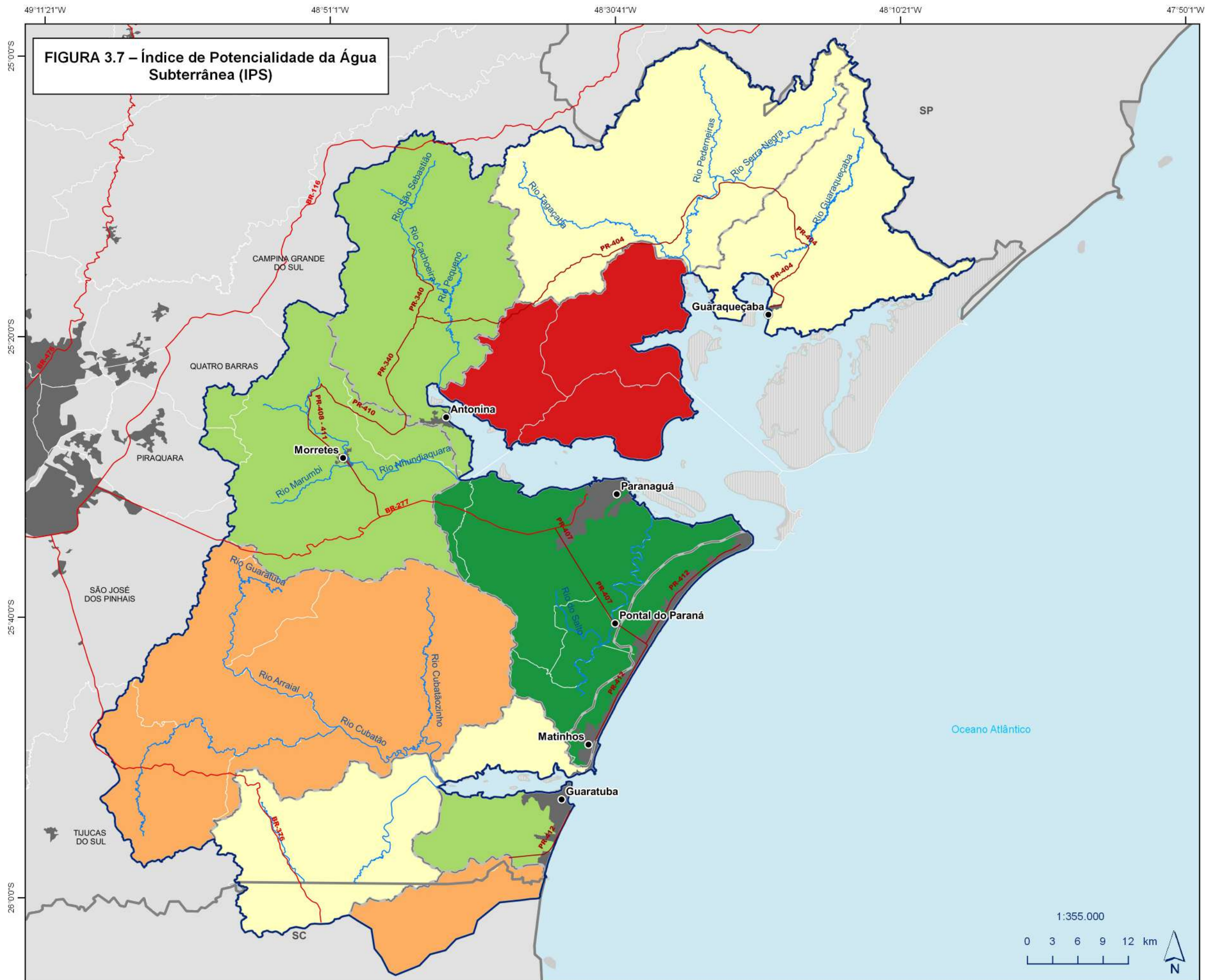


FIGURA 3.7 – Índice de Potencialidade da Água Subterrânea (IPS)

Legenda

IPS (m³/s)

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

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.

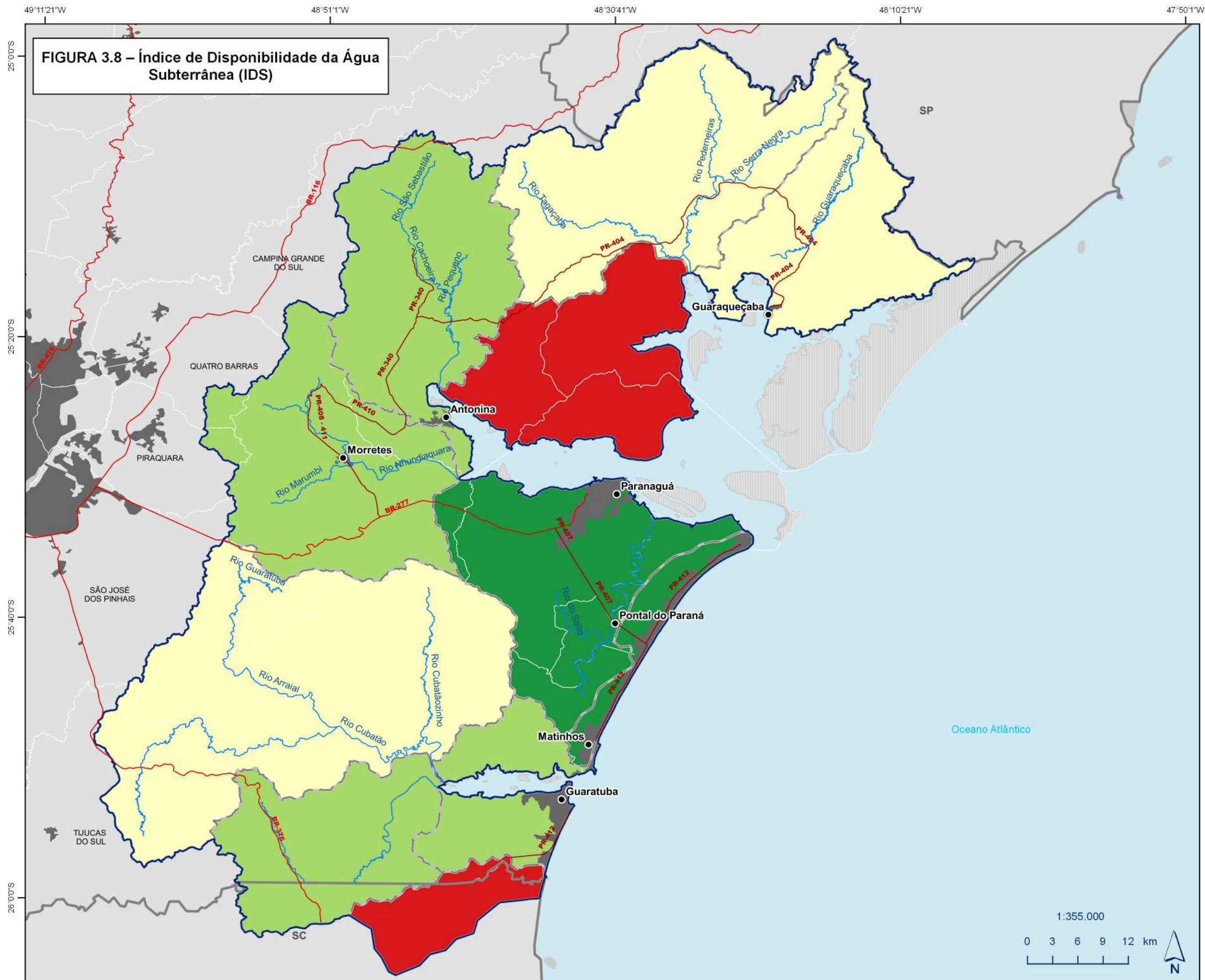


FIGURA 3.8 – Índice de Disponibilidade da Água Subterrânea (IDS)

Legenda

- IDS (m³/s)**
- 0 - 200
 - 200 - 1.500
 - 1.500 - 7.500
 - 7.500 - 10.000
 - >10.000

Fonte: Elaboração própria (2017).

Convenções Cartográficas

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

Datum: SIRGAS 2000.



4. 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.