



ATLAS AGUAS RESIDUALES

Descontaminación de Cuencas Hidrográficas



SECRETARÍA NACIONAL DE SANEAMIENTO

ATLAS AGUAS RESIDUALES

Descontaminación de Cuencas Hidrográficas

República Federativa do Brasil

Jair Bolsonaro
Presidente

Ministerio Del Desarrollo Regional (MDR)

Rogério Simonetti Marinho
Ministro

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA)

Junta Directiva Colegiada

Christianne Dias Ferreira (Diretor-President)
Marcelo Cruz
Oscar Cordeiro de Moraes Netto
Vitor Eduardo de Almeida Saback
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho (interim)
Ricardo Medeiros de Andrade (until July 2021)

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos (SPR)

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Secretaría Nacional de Saneamiento (SNS)

Secretario

Pedro Ronald Maranhão Braga Borges

Jefa de Repases a Proyectos de Saneamiento

Helena Buys Gonçalves Rocha Ferreira Da Silva

Jefe de Financiación de Proyectos de Saneamiento

Alfredo Assis de Carvalho

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO
MINISTERIO DEL DESARROLLO REGIONAL

SECRETARÍA NACIONAL DE SANEAMIENTO
MINISTERIO DEL DESARROLLO REGIONAL

ATLAS AGUAS RESIDUALES

Descontaminación de Cuencas Hidrográficas

BRASÍLIA - DF
ANA
2021

© **2021, Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA).**

Sector Policial Sur, Área 5, Manzana 3, Bloques B, L, M, N,O e T.

CP: 70610-200, Brasília-DF.

PABX: (61) 2109-5400 | (61) 2109-5252

Sitio: www.ana.gov.br

Comité de Edición de Libros

Vitor Eduardo de Almeida Saback

Director

Reginaldo Pereira Miguel

Representante de la Procuraduría Federal – ANA

Humberto Cardoso Gonçalves

Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho

Flávio Hadler Tröger

Superintendentes

Rogério de Abreu Menescal

Secretaria Ejecutiva

Equipo Editorial

Supervisión editorial: Sérgio R. Ayrimoraes Soares
Célio Bartole Pereira
Ana Paula Montenegro Generino
Rafael Fernando Tozzi

Elaboración y revisión de los originales: Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos – SPR
COBRAPE – Compañía Brasileña de Proyectos y Emprendimientos

Cartografía Temática: Christian Taschelmayer

Proyecto gráfico y edición de libros electrónica: Alessandra Gava
Cristine de Noronha

Tratamiento gráfico de ilustraciones: Alessandra Gava
Cristine de Noronha

Portada: Adílio Lemos da Silva

Traducción: Angela Pontes

2021, Ministerio del Desarrollo Regional

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, S/N - Zona Cívico-Administrativa

CP 70 067-901, Brasília/DF

Fone: (61) 2034-5815

Website: <https://www.gov.br/mdr/pt-br>

Esta publicación ha sido preparada en cooperación con la UNESCO como parte del Proyecto 586RLA2001. El proyecto tiene el objetivo de apoyar la formación y consolidación de capacidades técnicas, institucionales y legales para la gestión integrada y el uso sostenible de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe, y la Comunidad de Países de Lengua Portuguesa (CPLP). Las designaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión de parte de la UNESCO o del Instituto de la UNESCO para el Aprendizaje a lo Largo de Toda la Vida en lo referente a la condición jurídica de ninguno de los países o territorios, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no son necesariamente las de la UNESCO y no comprometen a la Organización.

Las ilustraciones, las tablas y los gráficos sin indicación de fuente fueron elaborados por ANA. Informaciones, críticas, sugerencias, correcciones de datos: cedoc@ana.gov.br
Disponible también en: <http://www.ana.gov.br>

Todos los derechos reservados

Está permitida la reproducción de datos y de informaciones que están contenidos en esta publicación, desde que sea mencionada la fuente.

Catalogación en la Fuente - CEDOC/Biblioteca

A265a	Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (Brasil). Atlas aguas residuales: descontaminación de cuencas Hidrográficas / Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento, Secretaría Nacional de Saneamiento . -- Brasília: ANA, 2021.
	88 p. il. ISBN: 978-65-88101-16-2
	1. Aguas residuales. 2. Saneamiento. I. Título.
	CDU 628.2(084.4)

COORDINACIÓN Y ELABORACIÓN

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA)
Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos (SPR)

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Superintendente de Planificación de Recursos Hídricos

Célio Bartole Pereira
Grace Benfica Matos
João Augusto Bernaud Burnett
Renata Bley da Silveira de Oliveira

SEGUIMIENTO TÉCNICO

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA)

Diana Leite Cavalcanti
Eduardo Felipe Cavalcanti Corrêa de Oliveira (*in memoriam*)
Flávio José D’Castro Filho
Jacson Storch Dalfior
Ludmila Alves Rodrigues
Maria Cristina de Sá Oliveira Matos Brito
Maurício Pontes Monteiro
Patrícia Rejane Gomes Pereira

COLABORADORES

Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA)

Adílzio Lemos da Silva
Alan Vaz Lopes
Alexandre de Amorim Teixeira
Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira
Ana Catarina Nogueira da Costa Silva
Ana Paula Montenegro Generino
Andréa Pimenta Ambrozevicius
Carlos Alberto Perdigão Pessoa
Daniel Izoton Santiago
Elizabeth Siqueira Juliato
Flávio Hadler Tröger
Luciano Meneses Cardoso da Silva
Marcela Ayub Brasil Barreto
Marcelo Luiz de Souza
Márcio de Araújo Silva
Marcus André Fuckner
Patrick Thadeu Thomas
Paulo Marcos Coutinho dos Santos
Priscyla Conti de Mesquita
Teresa Luisa Lima de Carvalho
Thamiris de Oliveira Lima

Secretaría Nacional de Saneamiento – SNS

Érica Carvalho de Almeida
Jennifer Conceição Carvalho Teixeira de Matos
Marcelo de Paula Neves Lelis
Mariana Lago Marques
Romeu Francisco Gadotti
Sérgio Brasil Abreu
Veronilton Pereira de Farias

Secretaría Nacional de Saneamiento – SNS

Breno Molinar Veloso
Cezar Eduardo Scherer
Felipe Augusto de Jesus Ribeiro
Gilson Pires Da Silva
Gustavo Zarif Frayha
Hélio José de Freitas
Jailma Marinho Bezerra de Oliveira
Luiz Carlos Perillo
Martim Júnior Valero
Tatiana Santana Timóteo Pereira
Victor Vieira Queiroz

Compañía de Desarrollo de los Valles de São Francisco y de Parnaíba
– CODEVASF

Fabício de Souza Líbano

Fundación Nacional de Salud – FUNASA

Ricardo Frederico de Melo Arantes

Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG)

Marcos Von Sperling
Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima

ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN

COBRAPE – Companhia Brasileira de Projetos y Empreendimientos

Carlos Alberto Amaral de Oliveira Pereira
Coordinación General

Rafael Fernando Tozzi
Coordinación Ejecutiva

Equipo Principal

Alceu Guérios Bittencourt
André Di Angelo Trevizan
Camila de Carvalho Almeida de Bitencourt
Carlos Eduardo Curi Gallego
Christian Taschelmayer
Gabriela Pacheco Correa
João Marcelo Lopes Siqueira
José Antônio Oliveira de Jesus
Juliana Cristina Jansson Kissula
Luis Eduardo Gregolin Grisotto
Luiz Carlos Petelinkar
Murilo Nogueira
Paula Pandolfo Bertol
Pery Nazareth
Rodrigo Pinheiro Pacheco
Roque Passos Piveli

SOCIOS INSTITUCIONALES

Asociaciones

Asociación Brasileña de las Concesionarias Privadas de Servicios Públicos de Agua y Alcantarillado – ABCON
Asociación Brasileña de las Empresas de Estados de Saneamiento – AESBE
Asociación Nacional de los Servicios Municipales de Saneamiento – ASSEMAE

Compañías de Estados

AC: Departamento de Estado de Pavimentación y Saneamiento - DEPASA
AL: Companhia de Saneamiento de Alagoas - CASAL
AP: Companhia de Agua y Alcantarillados de Amapá - CAESA
BA: Empresa Bahiana de Aguas y Saneamiento S.A. - EMBASA
CE: Companhia de Agua y Alcantarillado de Ceará - CAGECE
DF: Companhia de Saneamiento Ambiental de Distrito Federal - CAESB
ES: Companhia Espírito Santense de Saneamiento - CESAN
GO: Saneamiento de Goiás - SANEAGO
MA: Companhia de Saneamiento Ambiental de Maranhão - CAEMA
MG: Companhia de Saneamiento de Minas Gerais - COPASA
MS: Empresa de Saneamiento de Mato Grosso do Sul - SANESUL
PA: Companhia de Saneamiento de Pará - COSANPA
PB: Companhia de Agua y Alcantarillado de Paraíba - CAGEPA
PE: Companhia Pernambucana de Saneamiento - COMPESA
PI: Aguas y Alcantarillados de Piauí - AGESPISA
PR: Companhia de Saneamiento de Paraná - SANEPAR
RJ: Companhia de Estado de Aguas y Alcantarillados - CEDAE
RN: Companhia de Aguas y Alcantarillados de Rio Grande do Norte - CAERN
RO: Companhia de Aguas y Alcantarillados de Rondônia - CAERD
RR: Companhia de Aguas y Alcantarillados de Roraima - CAER
RS: Companhia Riograndense de Saneamiento - CORSAN
SC: Companhia Catarinense de Aguas y Saneamiento - CASAN
SE: Companhia de Saneamiento de Sergipe - DESO
SP: Companhia de Saneamiento Básico de Estado de São Paulo - SABESP
TO: Companhia de Saneamiento do Tocantins - SANEATINS

Apoyo Técnico

Agatha Conde Bueno Costa	Guilherme Henrique Bettini Verdiani
Alana Mioranza	Homero Gouveia da Silva
Alessandra Gava	João Jorge da Costa
Aldrey Alencar Baldovi	Lauro Pedro Jacintho Paes
Andreia Schypula	Letícia Braga da Silva
Bruna Kiechaloski Miró Tozzi	Lucas Mileski
Claudio Evaldo de Sousa Junior	Lucas Pereira de Souza
Cláudio Marchand Krüger	Luis Felipe Veloso Carvalho da Silva
Cristine de Noronha	Luis Gustavo Christoff
Daniele Melezinski de Oliveira	Matheus Vidal do Prado
David Batista de Paula	Nicolas Carvalho Fragoso
Diogo Bernardo Pedrozo	Renata Venturin
Fellipe Sanches	Robson Klisiowicz
Gabriel Volpato Melo	Rudhy Maycon Pereira da Costa
Giovanna Reinehr Tiboni	Viviane Pirolli
Golddie Casimiro Dutra	

Concesionarias Privadas

AEGEA Saneamento e Participações S.A.
Branco Peres Ltda.
CAB Ambiental S.A.
Companhia Águas de Joinville S.A.
Companhia Nacional de Saneamento S.A.
Construtora Pereira Campanha Ltda.
Construtora Premier Ltda.
Datema Ambiental Saneamento Básico Ltda.
Encomind Engenharia Comércio e Indústria Ltda.
Enorsul Ltda.
Global Engenharia Ltda.
Grupo Bertin S.A. GS Inima Brasil Ltda.
Hidro Forte Administração e Operação Ltda.
Latam Water Participações Ltda.
Nascimento Engenharia e Comércio Ltda.
OAS Soluções Ambientais S.A.
Odebrecht Ambiental S.A.
Planex Engenharia Ltda.
Saneamento Ambiental Águas do Brasil S.A.
Saneaqua Mairinque S.A.
Serrana Engenharia Ltda.
Serviço de Tratamento de Água e Esgoto Ltda.
Solvi-Participações em Projetos de Saneamento Ltda.
Trail Infraestrutura Ltda.

Servicios Municipales

ALAGOAS: Cajueiro (SAAE); Marechal Deodoro (SAAE); Penedo (SAAE); Porto Real do Colégio (SAAE); São Miguel dos Campos (SAAE); União dos Palmares (SAAE).

AMAZONAS: Coari (PM); Itacoatiara (SAAE) Manacapuru (SAAE);Parintins (SAAE); Presidente Figueiredo (SAAE); Tefé (SAAE).

BAHIA: Alagoinhas (SAAE); Bom Jesus da Lapa (SAAE); Casa Nova (SAAE); Curaçá (SAAE); Itabuna (EMASA); Itajuípe (SAAE); Itapetinga (SAAE); Jaborandi (SAAE); Juazeiro (SAAE); Macarani (SAAE); Remanso (SAAE); Santa Maria da Vitória (SAAE); Santa Rita de Cássia (SAAE); Sento Sé (SAAE); Taperoá (SAAE); Valença (SAAE); Xique-Xique (SAAE).

CEARÁ: Amontada (SAAE); Boa Viagem (SAAE); Camocim (SAAE); Canindé (SAAE); Crato (SAAEC); Granja (SAAE); Icó (SAAE); Iguatu (SAAE); Itapagé (SAAE); Jaguaribe (SAAE); Jucás (SAAE); Limoeiro do Norte (SAAE); Morada Nova (SAAE); Quixelô (SAAE); Quixeramobim (SAAE); São João do Jaguaribe (SAAE); Sobral (SAAE).

ESPÍRITO SANTO: Alegre (SAAE); Alfredo Chaves (SAAE); Aracruz (SAAE); Baixo Guandu (SAAE); Colatina (SANEAR); Governador Lindenberg (SAAE); Guaçuí (SAAE); Ibirapu (SAAE); Ibitirama (SAAE); Iconha (SAAE); Itaguaçu (SAAE); Itapemirim (SAAE); Itarana (SAAE); Jaguaré (SAAE); Jerônimo Monteiro (SAAE); João Neiva (SAAE); Linhares (SAAE); Marataízes (SAAE); Marilândia (SAAE); Mimoso do Sul (SAAE); Rio Bananal (SAAE); São Domingos do Norte (SAAE); São Mateus (SAAE); Sooretama (SAAE); Vargem Alta (SAE).

GOIAS: Abadiânia (SAAE); Caldas Novas (DEMAE); Catalão (SAE); Chapadão do Céu (SANEACEU); Mineiros (SAAE); Senador Canedo (SANESC).

MARANHÃO: Açailândia (SAAE); Bacabal (SAAE); Balsas (SAAE); Carolina (SAAE); Caxias (SAAE); Codó (SAAE); Cururupu (SAAE); Itinga do Maranhão (CAESI); São João do Paraíso (SAAE).

MINAS GERAIS: Abre Campo (SAAE); Aimorés (SAAE); Araguari (SAE); Bandeira do Sul (SAELP); Boa Esperança (SAAE); Bocaiúva (SAAE); Buritizeiro (SAAE); Caeté (SAAE); Cambuí (SAAE); Campo Belo (DEMAE); Campo do Meio (SAAE); Carangola (SEMASA); Carmo da Mata (SAAE); Carmo de Minas (SAAE); Carmo do Cajuru (SAAE); Carmópolis de Minas (SESAM); Central de Minas (SAAE); Conselheiro Pena (SAAE); Coqueiral (SAAE); Córrego Fundo (SAAE); Divinolândia de Minas (SAAE); Elói Mendes (SAAE); Formiga (SAAE); Francisco Sá (SAAE); Galiléia (SAAE); Governador Valadares (SAAE); Guanhães (SAAE); Guapé (SAAE); Guarani (SAEG); Ibiá (SAAE); Ipanema (SAAE); Itabira (SAAE); Itabirito (SAAE); Itaguara (SAAE); Itambacuri (SAAE); Itaúna (SAAE); Ituiutaba (SAE); Jequeri (DEMAE); João Monlevade (DAE); Juiz de Fora (CESAMA); Lagoa da Prata (SAAE); Lagoa Formosa (SAAE); Lajinha (SAAE); Lambari (SAAE); Lima Duarte (DEMAE); Luz (SAAE); Machado (SAAE); Manhuaçu (SAAE); Manhumirim (SAAE); Mantena (SAAE); Mariana (SAAE); Moema (SAAE); Monte Carmelo (DMAE); Muriaé (DEMSUR); Nepomuceno (SAAE); Oliveira (SAAE); Ouro Fino (DMAAE); Ouro Preto (SEMAE); Pains (SAAE); Paraisópolis (SAAE); Passos (SAAE); Patrocínio (DAEPA); Pimenta (SAAE); Pirapora (SAAE); Piumhi (SAAE); Poços de Caldas (DMAE); Ponte Nova (DMAE); Raul Soares (SAAE); Recreio (SAAE); Reduto (SAAE); Sabinópolis (SAAE); Sacramento (SAAE); São João Batista do Glória (SAAE); São João do Manteninha (SAAE); São Lourenço (SAAE); Senador Firmino (SAAE); Senhora de Oliveira (SAAE); Sete Lagoas (SAAE); Taparuba (SAAE); Três Pontas (SAAE); Uberaba (CODAU); Uberlândia (DMAE); Unaí (SAAE); Vermelho Novo (SAAE); Viçosa (SAAE).

MATO GROSSO: Cáceres (SAEC); Lucas do Rio Verde (SAAE); Mirassol d`Oeste (SAEMI); Rondonópolis (SANEAR); Tangará da Serra (SAMAE); Várzea Grande (DAE).

MATO GROSSO DO SUL: Bela Vista (SAAE); Costa Rica (SAAE); São Gabriel do Oeste (SAAE).

PARÁ: Cametá (SAAE); Canaã dos Carajás (SAAE); Paragominas (SANEPAR - PA); Parauapebas (SAAEP); Santa Isabel do Pará (SAAE); Tucuruí (SAAE/Eletronorte).

PARAÍBA: Sousa (DAESA).

PARANÁ: Abatiá (SAMAE); Andirá (AA); Bandeirantes (SAAE); Ibiporã (SAMAE); Iguaraçu (SAAE); Jaguapitã (SAMAE); Jaguariaíva (SAMAE); Jataizinho (SAAE); Jussara (SAMAE); Lobato (SAMAE); Marechal Cândido Rondon (SAAE); Marialva (SAEMA); Mariluz (SAMAE); Marumbi (SAAEM); Presidente Castelo Branco (SAMAE); Ribeirão Claro (SAAE); Santa Cecília do Pavão (SAMAE); Santa Isabel do Ivaí (SAAE); São Jorge do Ivaí (SAMAE); Sarandi (AS); Sertanópolis (SAAE); Tapejara (SAMAE); Terra Rica (SAMAE).

PERNAMBUCO: Palmares (SAAE).

RIO DE JANEIRO: Angra dos Reis (SAAE); Arraial do Cabo (ESAC); Barra Mansa (SAAE); Cachoeiras de Macacu (AMAE); Casimiro de Abreu (SAAE); Três Rios (SAAETRI); Volta Redonda (SAAE).

RIO GRANDE DO NORTE: Ceará-Mirim (SAAE); Santa Cruz (SAAE); São Gonçalo do Amarante (SAAE); Touros (SAAE).

RIO GRANDE DO SUL: Bagé (DAE); Caxias do Sul (SAMAE); Novo Hamburgo (COMUSA); Pelotas (SANEP); Porto Alegre (DMAE-POA); Santana do Livramento (DAE); São Leopoldo (SEMAE).

RONDONIA: Alta Floresta d`Oeste (SAAE); Alvorada D Oeste (SAAE); Cacoal (SAAE); Vilhena (SAAE).

SANTA CATARINA: Araranguá (SAMAE); Balneário Camboriú (EMASA); Brusque (SAMAE); Campos Novos (SAMAE); Capinzal (SIMAE); Fraiburgo (SANEFRAI); Gaspar (SAMAE); Grão Pará (SAMAE); Herval d`Oeste (SIMAE); Itajaí (SEMASA); Jaraguá do Sul (SAMAE); Joaçaba (SIMAE); Lages (SEMASA); Luzerna (SIMAE); Orleans (SAMAE); Ouro (SIMAE); Palhoça (SAMAE); Pomerode (SAMAE); Rio Negrinho (SAMAE); São Bento do Sul (SAMAE); São Ludgero (SAMAE); Urussanga (SAMAE).

SÃO PAULO: Águas de Lindóia (SAAE); Americana (DAE); Amparo (SAAE); Aparecida (SAAE); Araraquara (DAAE); Araras (SAEMA); Artur Nogueira (SAEAN); Avanhandava (DAAEA); Bariri (SAEMBA); Barra Bonita (SAAE); Barretos (SAAE); Bauru (DAE); Bebedouro (SAAE); Braúna (SASB); Brodowski (SAAEB); Brotas (SAAE); Buritama (SAAE); Cajobi (SEMAE); Campinas (SANASA); Cândido Mota (SAAE); Capivari (SAAE); Catanduva (SAE); Cerquilho (SAAEC); Colina (SAEC); Cordeirópolis (DAAE); Cruzeiro (SAAE); Dois Córregos (SAAEDOCO); Dracena (EMDAEP); Engenheiro Coelho (SAEEC); Garça (SAAE); Guaíra (DEAGUA); Guaraçaí (SAG); Guarulhos (SAAE); Holambra (SAEHOL); Ibirarema (SAAEI); Ibitinga (SAAE); Igaraçu do Tietê (SAAE); Indaiatuba (SAAE); Ipuã (SAAE); Itapira (SAAE); Itápolis (SAAE); Ituverava (SAAE); Jaboticabal (SAAE); Jacareí (SAAE) ; Leme (SAECIL); Lençóis Paulista (SAAE); Manduri (SAEMAN); Marília (DAEM); Mogi das Cruzes (SEMAE); Mogi Guaçu (SAMAE); Monte Azul Paulista (SAEMAP); Nova Odessa (CODEN); Olímpia (DAEMO); Ourinhos (SAE); Palmital (SAAE); Penápolis (DAEP); Pereira Barreto (SAAE); Pereiras (SAMASP); Pirajuí (SAAE); Pirassununga (SAE); Pompéia (SAAE); Porto Feliz (SAAE); Promissão (SAAE); Rio das Pedras (SAAE); Salto (SAAE / CONASA); Santa Bárbara d`Oeste (DAE); Santa Fé do Sul (SAAE); Santo André (SEMASA); São Caetano do Sul (DAE); São Carlos (SAAE); São José do Rio Preto (SEMAE); São Pedro (SAAE); São Pedro do Turvo (SAAE); Sertãozinho (SAEMAS); Sorocaba (SAAE); Tanabi (SAAT); Taquaritinga (SAAE); Tietê (SAMAE); Valinhos (DAEV); Valparaíso (DAEV); Vinhedo (SANEBAVI); Votuporanga (SAEV).

SERGIPE: Capela (SAAE); Estância (SAAE).



Vitória, ES
Banco de imágenes Shutterstock

PRESENTACIÓN

El déficit de atendimento de los servicios de alcantarillado sanitario en Brasil resulta en una parcela significativa de aguas residuales sin tratamiento y sin destinación adecuada, por veces dispuestos, directamente, en los cuerpos de agua, que compromete la calidad de las aguas para diversos usos, con implicaciones perjudiciales a la salud pública y al equilibrio del medio ambiente.

La Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento (ANA), en la calidad de órgano gestor de recursos hídricos, tiene el objetivo de promocionar la adecuada gestión y el uso racional y sostenible de los recursos hídricos, incluso de aquellos que son utilizados como cuerpos receptores de los efluentes domésticos. A su vez, la Secretaría Nacional de Saneamiento del Ministerio del Desarrollo Regional (SNS) es el órgano coordinador de la ejecución de la Política Federal de Saneamiento Básico, que orienta acciones e inversiones en la recogida y tratamiento de aguas residuales.

Informadas de la magnitud del desafío para hacer frente en esa área, ANA y SNS/MDR agregaron esfuerzos para ampliar el conocimiento sobre el problema por medio del análisis de los sistemas de alcantarillado sanitario de todas las sedes municipales del País y de la proposición de acciones para la recogida y tratamiento de aguas residuales, con enfoque en la protección de los recursos hídricos, en su uso sostenible para dilución de efluentes y en la mejor estrategia para avanzarse de modo racional y gradual en la universalización de los servicios. Esa estrategia también dialoga con el esfuerzo para el logro de las metas de acceso al saneamiento y mejora de la calidad del agua, establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 de los Países-Miembros de ONU.

Así, surgió el presente estudio, denominado ATLAS Aguas Residuales: Descontaminación de Cuencas Hidrográficas, que se agrega al ATLAS Brasil: Suministro Urbano de Agua, consolidado para todo el territorio nacional en 2011. Ambas publicaciones tratan de la interfaz saneamiento y recursos hídricos, por razón de cualificar la toma de decisión y orientar el desarrollo de acciones y la aplicación de los recursos financieros del sector de saneamiento con la visión de la cuenca hidrográfica y del uso sostenible de los recursos hídricos.

ANA y SNS/MDR están convencidas de que el resultado de esa alianza proporciona a los actores estratégicos de los sectores de recursos hídricos y saneamiento una valiosa herramienta de planificación y a la sociedad en general, un instrumento de seguimiento de las acciones necesarias para el avance del alcantarillado sanitario del País.

ANA y SNS/MDR



Vitória, ES
Banco de imágenes Shutterstock

SUMARIO

- 1 | SÍNTESIS DEL ATLAS AGUAS RESIDUALES13**
 - 1.1 | CONTEXTO Y OBJETIVOS14
 - 1.2 | ORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO16
 - 1.3 | PROCESO DE ELABORACIÓN.....18
 - 1.4 | PRINCIPALES RESULTADOS.....22

- 2 | SITUACIÓN DE LA RECOGIDA Y DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES27**
 - 2.1 | CARGA GENERADA DE AGUAS RESIDUALES28
 - 2.2 | ÍNDICES DE COBERTURA30
 - 2.3 | TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO32
 - 2.4 | EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....37
 - 2.5 | RESULTADOS POR MUNICIPIO46

- 3 | SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.....49**
 - 3.1 | EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS50
 - 3.2 | EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES56

- 4 | PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES E INVERSIONES63**
 - 4.1 | EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO REQUERIDO64
 - 4.2 | COSTOS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO.....70

- 5 | ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y RECOMENDACIONES77**
 - 5.1 | EVALUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO78
 - 5.2 | ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTACIÓN.....82
 - 5.3 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES86





1 | SÍNTESIS DEL ATLAS AGUAS RESIDUALES

1.1 | CONTEXTO Y OBJETIVOS

1.2 | ORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

1.3 | PROCESO DE ELABORACIÓN

1.4 | PRINCIPALES RESULTADOS

1.1 | CONTEXTO Y OBJETIVOS

La gestión de las aguas, en Brasil, que fue instituida, nacionalmente, por la Ley Federal n.º 9.433/1997, se basa en el atendimento al uso múltiple de las aguas y en la gestión por cuencas hidrográficas, y se tiene como uno de sus objetivos “asegurar a la actual y a las futuras generaciones la necesaria disponibilidad de agua, en estándares de calidad que sean adecuados a los respectivos usos”. El desafío para alcanzar ese objetivo se presenta de manera más urgente en las ciudades y regiones metropolitanas, donde se certifica una creciente complejidad para garantizar el suministro de las poblaciones urbanas.

La sucesión de eventos críticos de los últimos años, en Brasil y en el mundo, evidencia la importancia del sistema de gestión de recursos hídricos y la necesidad de inversiones en infraestructura para garantizar la oferta hídrica necesaria para el desarrollo social y económico del País.

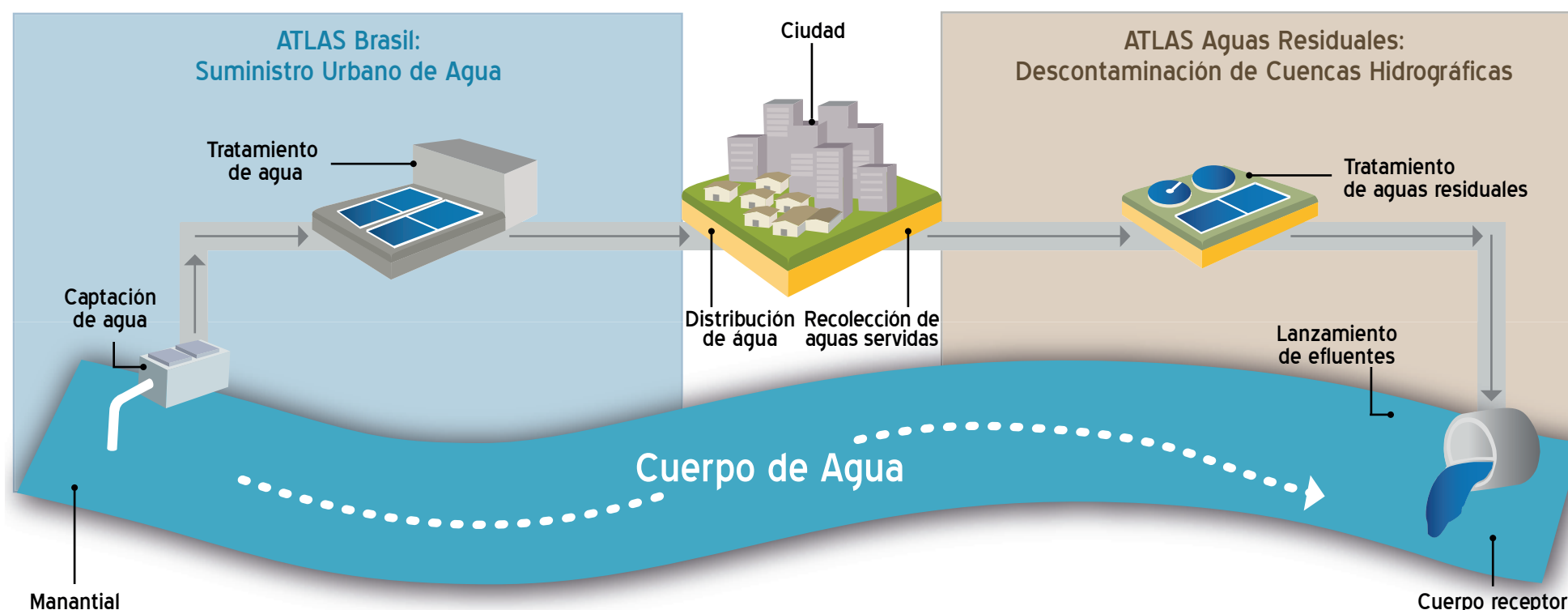
En ese sentido, ANA publicó en 2011 la consolidación del *ATLAS Brasil - Suministro Urbano de Agua*, un valioso instrumento para la toma de decisión con el objetivo de garantizar la oferta de agua para el suministro de toda la población urbana del País. La interfaz de la gestión de recursos hídricos con el saneamiento en las ciudades, por lo tanto, no termina con la garantía del suministro de agua en cantidad. Desde la perspectiva de las directrices de la Política Nacional de Recursos Hídricos también deben ser considerados los demás componentes del saneamiento, en especial aquellos relacionados con el control de la contaminación hídrica. La integración entre las políticas, sin embargo, es esencial para que los objetivos de ambas sean alcanzados.

La ley del saneamiento básico (Ley Federal n.º 11.445/2007) incorpora una serie de directrices esenciales para esa integración, como la adopción de la cuenca hidrográfica como unidad de referencia para la planificación de las acciones y la necesidad de compatibilización de los planes de saneamiento con los planes de cuenca. Pese a los avances incorporados a las leyes y a otras normativas, la materialización de esa integración en la planificación es compleja. La múltiple combinación de factores, peculiares a cada espacio geográfico, que involucran aspectos fisiográficos, institucionales, socioculturales y económicos, exige esfuerzos analíticos y metodológicos importantes para hacer frente al tema del saneamiento con enfoque en la protección de los recursos hídricos.

El alcantarillado sanitario es uno de los servicios de saneamiento que más necesitan de análisis y propuestas para el encaminamiento de soluciones, principalmente cuando nos enfocamos en la gestión hídrica. El déficit de recogida y tratamiento de aguas residuales en las ciudades brasileñas resulta en una parcela significativa de carga contaminadora, llegando a los cuerpos de agua y con implicaciones negativas para los usos múltiples de los recursos hídricos.

En la medida en que las políticas de recursos hídricos y de saneamiento en Brasil se consoliden, resultando en una estructura institucional cada vez más robusta, serán perfeccionadas las condiciones para la superación de ese déficit, respetando las características locales y regionales.

Delante de ese contexto, ANA, en alianza con la Secretaría Nacional de Saneamiento Ambiental del Ministerio de las Ciudades, elaboró el *ATLAS Aguas Residuales: Descontaminación de Cuencas Hidrográficas*, contemplando el diagnóstico del alcantarillado sanitario en Brasil, con destaque para sus implicaciones en la calidad de los cuerpos de agua receptores, las inversiones necesarias de tratamiento y la propuesta de directrices y estrategia integrada para la realización de las acciones.



El *ATLAS Aguas Residuales* utiliza el abordaje de los recursos hídricos aplicada a la planificación del sector de saneamiento, considerando la cuenca hidrográfica como unidad de planificación. Desde la meta de universalización de los servicios de alcantarillado sanitario y con enfoque en la protección de los recursos hídricos, fueron definidos los siguientes objetivos:

- Caracterizar la situación del alcantarillado sanitario de las 5.570 sedes municipales del País, con evaluación del impacto del lanzamiento de las cargas efluentes en los cuerpos hídricos;
- Proponer acciones en alcantarillado sanitario, con enfoque en el tratamiento de aguas residuales, en la protección de los recursos hídricos, en su uso sostenible para depuración de efluentes urbanos y en la racionalización de las inversiones.

Aunque sea un estudio en escala nacional, fueron realizadas evaluaciones detalladas para cada una de las 5.570 sedes urbanas de Brasil, siempre teniendo en cuenta las diversidades regionales y el abordaje por cuenca hidrográfica, representando un gran avance en el conocimiento de la situación del alcantarillado sanitario en el País y de su potencial impacto en los recursos hídricos. En función del alcance del estudio y de los objetivos establecidos, fueron consideradas, exclusivamente, las cargas domiciliarias urbanas y no fueron evaluadas soluciones para las áreas rurales.

La información para cada sede urbana fue sintetizada en la forma de croquis, que cuentan con la caracterización completa de la situación actual del alcantarillado sanitario, así como de las soluciones propuestas desde el modelado realizado u obtenidas junto al prestador. Los croquis elaborados están disponibles en las páginas de Internet de ANA (www.ana.gov.br) y del Sistema Nacional de Informaciones sobre Recursos Hídricos - SNIRH (www.snirh.gov.br).

Ese abordaje integrado, realizado de manera novedosa en el País, crea una base técnica y estratégica, convierte el *ATLAS Aguas Residuales* en un documento de referencia a ser utilizado para la toma de decisión, en la gestión de recursos hídricos y en la orientación de las inversiones del sector de saneamiento.

El resultado final, presentado en este Resumen Ejecutivo, está estructurado de la manera a continuación:

- **Capítulo 1:** síntesis de la metodología de elaboración del *ATLAS Aguas Residuales*, presentación de la organización de los servicios de alcantarillado sanitario en Brasil y de los principales resultados de los análisis realizados, cuya discusión detallada está en los capítulos siguientes;
- **Capítulo 2:** diagnóstico y evaluación de las condiciones actuales de atendimento por recogida y tratamiento de aguas residuales urbanas en el País, incluyendo datos sobre las principales tecnologías de tratamiento utilizadas y respectivas eficiencias de remoción de contaminantes;
- **Capítulo 3:** análisis del impacto de los lanzamientos de aguas residuales en los cuerpos de agua receptores, del comprometimiento de las clases de encuadramiento y evaluación de la capacidad de dilución de los cuerpos hídricos del País;
- **Capítulo 4:** evaluación y proposición de la eficiencia de tratamiento, requerida y con costos asociados, contemplando la universalización del alcantarillado sanitario en el País y que indican los distintos niveles de complejidad de la solución para el alcance de metas de calidad del agua;
- **Capítulo 5:** análisis de la situación institucional de la prestación del servicio de alcantarillado sanitario en el País, con propuesta de una estrategia de implementación de las soluciones en función de la complejidad del tratamiento requerido y de la capacidad institucional y financiera de esa prestación.



1.2 | ORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

La organización de los servicios de alcantarillado sanitario en el municipio puede ser realizada de manera indirecta, cuando ocurre la delegación de la prestación de los servicios para una entidad municipal, compañía de estado o concesionaria privada, o de manera directa, sin prestador de servicio institucionalizado.

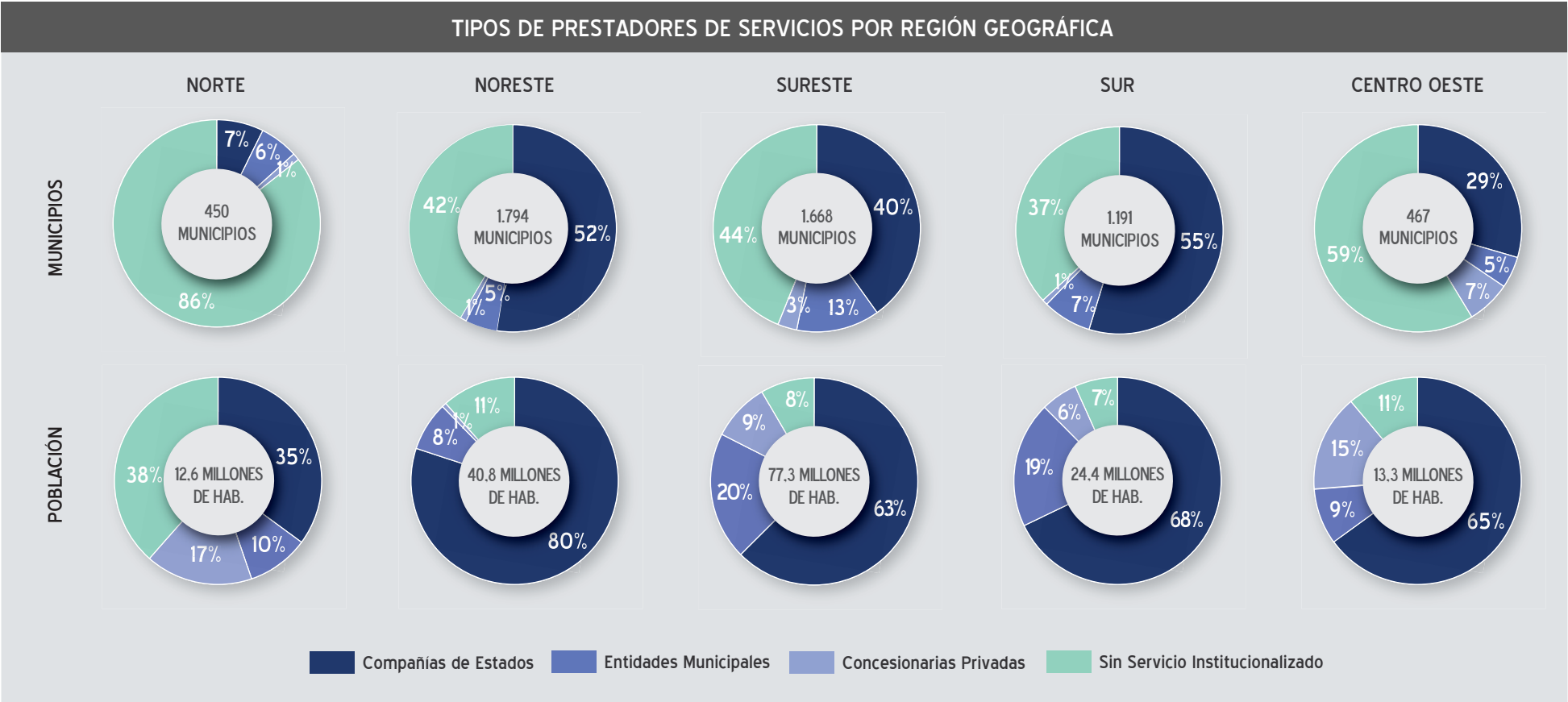
En ese contexto, hay en Brasil dos arreglos predominantes en términos de la prestación de los servicios de alcantarillado sanitario. El primero contempla 2.982 municipios con delegación para entidad municipal, compañía de estado o concesionaria privada y el segundo contempla 2.588 municipios sin prestador institucionalizado (sin delegación).

Se subraya que en los dos arreglos hay municipios cuyos servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales no son ofrecidos a la población. La ausencia de ese servicio es más

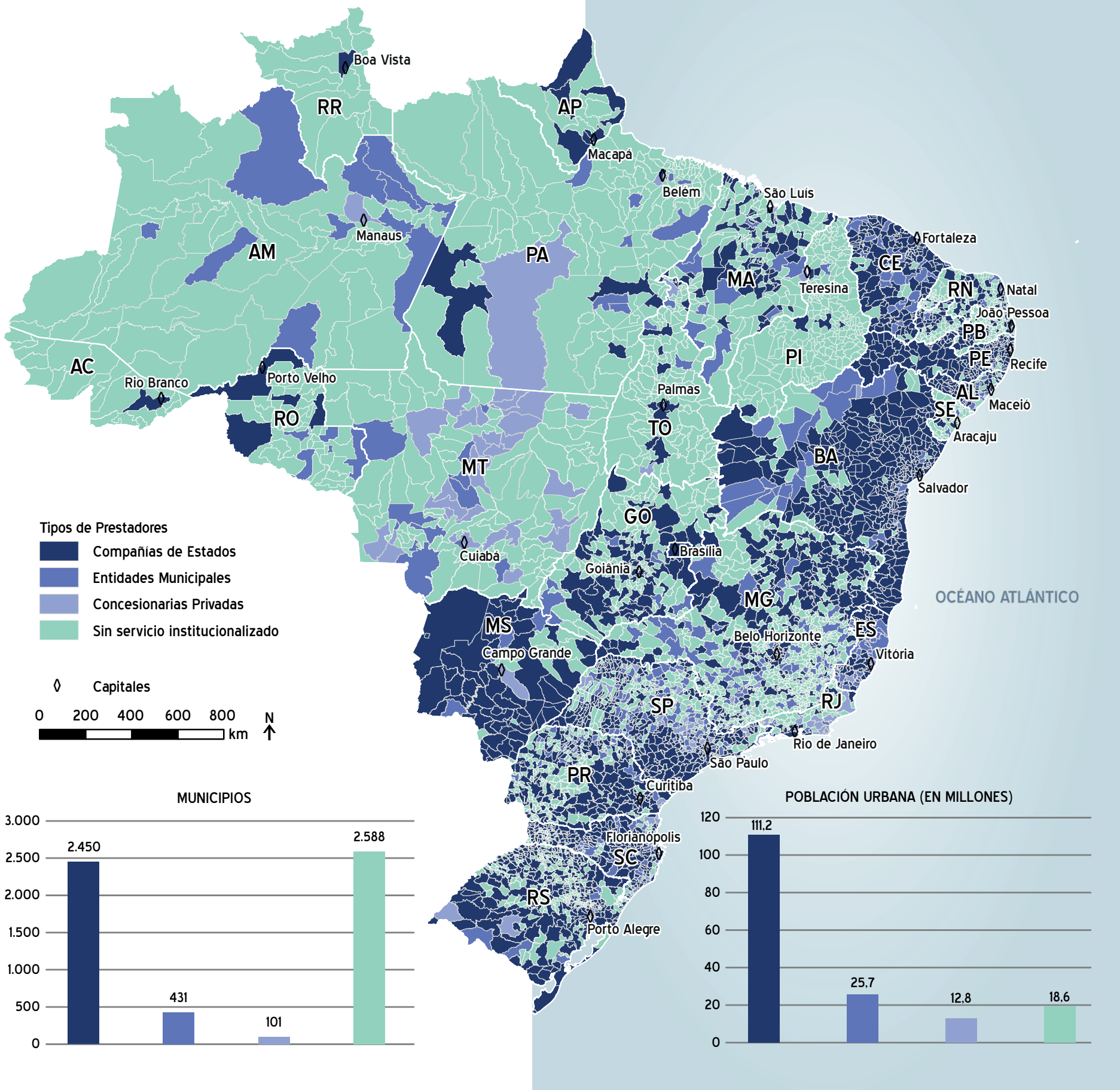
común en el segundo arreglo, en que menos del 5% de los municipios sin servicio institucionalizado poseen tratamiento colectivo de aguas residuales, mientras en el primer arreglo cerca del 50% de los municipios poseen recogida y tratamiento de aguas residuales alcanzando por lo menos el 10% de la población.

A pesar del equilibrio en el número de municipios, el primer arreglo, con predominio de las compañías de estados, concentra una población de 149,7 millones de habitantes (el 88,9% de la población urbana en el País), mientras en el segundo, en que los municipios no disponen de servicio institucionalizado, son 18,6 millones de personas, predominantemente en municipios de pequeño tamaño.

Ese aspecto se refleja en el alcance regional. En la porción este del País (Regiones Noreste, Sureste y Sur) es posible identificar una mayoría de municipios con el servicio de alcantarillado sanitario delegado, mientras más a oeste (Regiones Norte y Centro Oeste) predominan aquellos cuya responsabilidad por la prestación del servicio aun recae sobre la estructura de su administración directa (ayuntamientos municipales).



PRESTADORES DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO



1.3 | PROCESO DE ELABORACIÓN

La elaboración del *ATLAS Aguas Residuales* contó con la alianza de SNSA/MCidades y con la colaboración de representantes de órganos federales (principalmente Funasa y Codevasf), de estados y municipales, fueron realizadas reuniones técnicas para consolidación de la metodología de trabajo, recogida y validación de datos. Para la recopilación de las informaciones, los 5.570 municipios brasileños fueron divididos en dos grupos en función de los arreglos para prestación del servicio de alcantarillado sanitario.

El Grupo 1 reunió los municipios con prestador de servicio institucionalizado (compañías de estados, entidades municipales y concesionarias privadas), en los cuales fueron recopilados datos primarios por medio de visitas de campo y reuniones técnicas. En relación a los municipios sin prestador que sea institucionalizado, aquellos con población urbana superior a 50.000 habitantes fueron incorporados al Grupo 1, una vez que representan aportes de cargas contaminantes de mayor expresión.

Los municipios con población inferior a 50.000 habitantes, a cargo de los ayuntamientos, fueron organizados en un segundo grupo (Grupo 2), para los cuales fueron utilizados datos secundarios, cuyas fuentes de consulta fueron el Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento - SNIS y estudios del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística - IBGE, e incluye el Censo Demográfico de 2010, la Investigación Nacional de Saneamiento Básico - PNSB de 2000 y de 2008 y la Investigación Nacional por Muestra de Domicilios - PNAD de 2001 a 2011.

El refinamiento de las informaciones con la recopilación de datos primarios para los municipios del Grupo 1, que concentra la mayor parte de la población urbana, representó un diferencial significativo en relación a los demás estudios que fueron realizados con el mismo alcance nacional, pues permitió caracterizar la situación del alcantarillado sanitario y de los cuerpos receptores en esos municipios para además de los índices de cobertura utilizados tradicionalmente.



En síntesis, el trabajo fue realizado en cuatro bloques de actividades:

- La **Recopilación de Datos** comprendió la caracterización de los sistemas de alcantarillado sanitario desde las informaciones recogidas en visitas de campo y reuniones técnicas, alcanzando 3.005 municipios (Grupo 1) y de datos secundarios de los demás 2.565 municipios (Grupo 2). Todas las informaciones recogidas, fueron organizadas en un banco de datos georreferenciado y permitieron consultas

estructuradas y análisis espaciales. En la caracterización del sistema de alcantarillado sanitario también fueron identificados los cuerpos receptores y fue realizada la estimativa de carga orgánica proveniente de las aguas residuales que fueron generados por la población. Con las informaciones recopiladas, fueron estimadas las parcelas recogidas (con y sin tratamiento), las no recogidas y sin tratamiento y aquellas que eran asociadas a las soluciones individuales con fosa séptica. Esas informaciones subsidiaron los análisis realizados y la respectiva representación gráfica de la distribución de las cargas que son generadas en los municipios en la forma de croquis esquemáticos para cada una de las 5.570 sedes de los municipios brasileños.

- El **Diagnóstico** incluyó la evaluación de la situación de la oferta de servicios de recogida y tratamiento de aguas residuales cuanto al atendimento de la población por ese servicio y al cumplimiento de los requisitos de calidad de agua de los cuerpos receptores. El impacto de las aguas residuales en los cuerpos receptores fue evaluado con la utilización de modelo matemático que fue aplicado para simular la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO, y se tiene como referencia la base hidrográfica nacional elaborada por ANA.
- La **Planificación** involucró análisis por cuencas hidrográficas en el escenario futuro, y se tiene como horizonte el año de 2035, con el objetivo de evaluar la necesidad de soluciones integradas o individualizadas, desde la identificación de las eficiencias de remoción requeridas de carga orgánica (que fue expresada en términos de DBO), con análisis auxiliares de nutrientes (fósforo y nitrógeno) basadas en modelado simplificado. A ejemplo de la representación utilizada para la situación actual, las soluciones propuestas,

fueron materializadas en croquis esquemáticos para las sedes de los municipios brasileños. En ese bloque, también, fue realizada la estimativa de las inversiones en recolección y tratamiento de aguas residuales, con base en los déficits a superar.

- La **Estrategia de Implementación** involucró la evaluación del panorama institucional de la prestación del servicio de saneamiento y la construcción de directrices para traer a viabilidad la implementación de las alternativas que fueron propuestas y de la salvaguarda de la gestión operativa de las soluciones de alcantarillado sanitario. El modelo de evaluación del arreglo institucional partió de la recopilación de las principales características administrativas, económicas y operativas de los sistemas de alcantarillado sanitario.



Considerándose el enfoque en la protección de los recursos hídricos, la cuenca hidrográfica fue adoptada como unidad de planificación y referencia para los modelados y evaluaciones, teniendo como punto de partida la División Hidrográfica Nacional, establecida por la Resolución n.º 32/2003 del Consejo Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. La cuenca hidrográfica es el área donde, debido al relieve y a la geografía, las aguas de las precipitaciones son drenadas para un río principal por medio de sus afluentes. Es un sistema natural de fácil delimitación definido como la unidad de planificación y gestión de recursos hídricos por la Política Nacional de Recursos Hídricos (Ley Federal n.º 9.433/1997).

De esa manera, además de la organización comúnmente empleada para la presentación de los resultados por Estado y Región Geográfica, este documento también presenta, cuando pertinente, los resultados agrupados en las 12 Regiones Hidrográficas - RH de Brasil, que son:

- **RH Amazónica:** porción brasileña de la cuenca amazónica y cuencas de los ríos existentes en Isla de Marajó y en Amapá que desaguan en el Océano Atlántico, contemplando los estados de Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia y Roraima. Las capitales Manaus, Rio Branco, Porto Velho, Boa Vista, Macapá, están entre los principales centros urbanos.
- **RH Tocantins-Araguaia:** cuenca hidrográfica del río Tocantins y su principal afluente, el río Araguaia. Alcanza los estados de Goiás, Tocantins (incluye la capital Palmas), Pará (incluye la capital Belém), Maranhão, Mato Grosso y Distrito Federal.
- **RH Atlántico Noreste Occidental:** cuencas hidrográficas de los ríos que desaguan en el Atlántico – tramo Noreste occidental. Está situada, básicamente, en el Maranhão (incluye la capital São Luís) y en una pequeña porción oriental del estado de Pará.
- **RH Parnaíba:** cuenca hidrográfica del río Parnaíba, con destaque para el río Poti, uno de los principales afluentes. Esa región drena casi todo el estado de Piauí (incluye la capital Teresina) y pequeña parte de Maranhão y de Ceará.
- **RH Atlántico Noreste Oriental:** cuenca hidrográfica de los ríos que desaguan en el Atlántico – tramo Noreste oriental, destacándose los ríos Paraíba, Jaguaribe, Piranhas-Azu, Capibaribe y Acaraú. Contempla 6 estados del Noreste (Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco y Alagoas) e incluye las regiones metropolitanas de Recife, Fortaleza, Maceió, Natal y João Pessoa.
- **RH São Francisco:** cuenca hidrográfica del río São Francisco. Contempla área del Distrito Federal y de los estados de Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Goiás y Minas Gerais, incluye la región metropolitana de Belo Horizonte. Posee expresivo territorio en el Semiárido.
- **RH Atlántico Este:** cuencas hidrográficas de los ríos que desaguan en el Atlántico – tramo este (Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia y Sergipe), que contiene en su porción más al sur las cuencas hidrográficas de los ríos Jequitinhonha, Mucuri y São Mateus. En su territorio están las regiones metropolitanas de Salvador y Aracaju.

- **RH Atlántico Sureste:** cuencas hidrográficas de los ríos que desaguan en el Atlántico – tramo sureste. Sus principales ríos son el río Paraíba do Sul y el río Doce. Presenta significativas densificaciones poblacionales, donde se destacan las regiones metropolitanas de Rio de Janeiro, de Vitória y de la Baixada Santista (SP). Alcanza los estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo y São Paulo.
- **RH Atlántico Sur:** cuencas hidrográficas de los ríos que desaguan en el Atlántico – tramo sur, extendiéndose desde su porción más al norte, cercano a la divisa de los estados de São Paulo y Paraná, hasta el arroyo Chuí, al sur. Alcanza los estados de Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul, destacándose las regiones metropolitanas de Florianópolis y Porto Alegre.
- **RH Uruguay:** cuenca hidrográfica del río Uruguay situada en territorio nacional, alcanzando las porciones central y oeste de Santa Catarina y la porción oeste del río Grande do Sul.
- **RH Paraná:** cuenca hidrográfica del río Paraná situada en territorio nacional. Alcanza el Distrito Federal y los estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná y Santa Catarina. Contempla la ciudad más poblada de Suramérica, São Paulo, además de otras capitales (Brasilia, Curitiba, Goiânia y Campo Grande) e importantes centros poblacionales como Campinas (SP) y Uberlândia (MG). Grande parte de la población se concentra en las cuencas de los ríos Grande y Tietê (incluye las cuencas afluentes de los ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá, pioneras en acciones de gestión de recursos hídricos en el País). Se destacan también las cuencas de los ríos Paranaíba, Paranapanema e Iguazu.
- **RH Paraguay:** cuenca hidrográfica del río Paraguay situada en territorio nacional, alcanzando los estados de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul, con destaque para la región metropolitana de Cuiabá y la presencia de la Llanura del Pantanal.

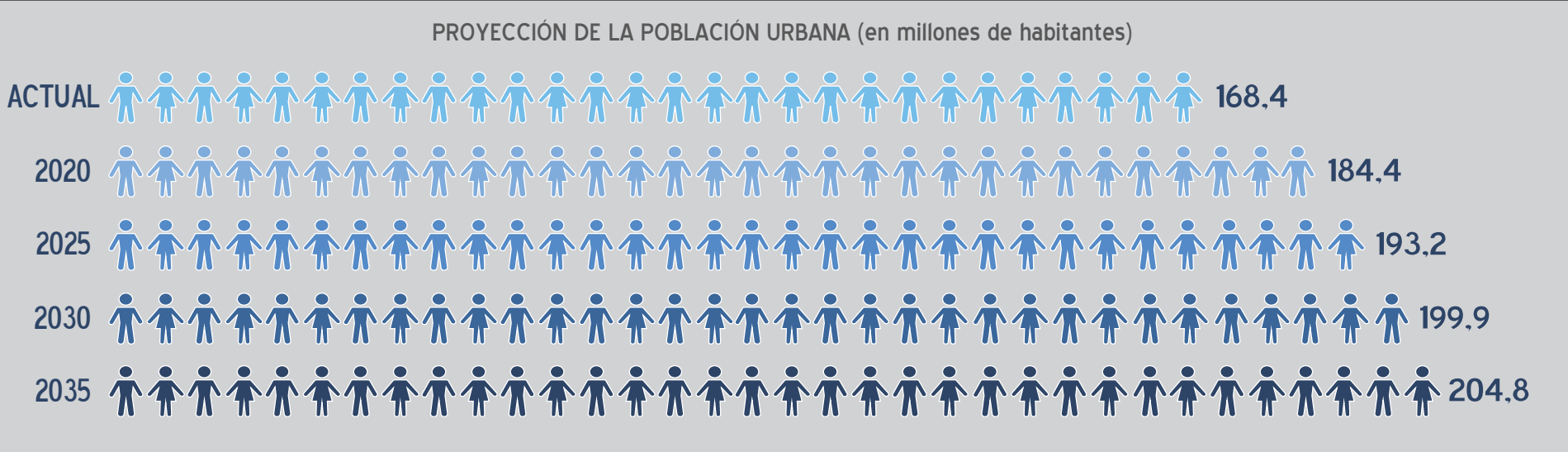
REGIONES HIDROGRÁFICAS BRASILEÑAS



DATOS POBLACIONALES

Las cargas de aguas residuales producidas y remanecientes que fueron evaluadas a lo largo del estudio, tanto en la situación actual cuanto en el escenario futuro, fueron estimadas con base en la población urbana de cada municipio. Para la población actual fueron utilizados los datos obtenidos junto a los prestadores del servicio de alcantarillado sanitario o del Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento – SNIS, con el 2013 como año de referencia.

Para estimativa de las poblaciones futuras fue realizado estudio de proyección poblacional con base en los datos del Censo del IBGE de 2010. De ese estudio, fueron obtenidas tasas de crecimiento de la población urbana que, aplicadas sobre los datos censitarios de 2010, permitieron estimar las poblaciones urbanas municipales para los años de 2020, 2025, 2030 y 2035.



REGIONES GEOGRÁFICAS	POBLACIÓN URBANA (EN MILLONES DE HABITANTES)																								
	ATUAL					2020					2025					2030					2035				
	N	NE	SE	S	CO	N	NE	SE	S	CO	N	NE	SE	S	CO	N	NE	SE	S	CO	N	NE	SE	S	CO
hasta 50 mil (5.068 sedes urbanas)	4,2	16,3	14,7	8,3	3,9	5	18,4	16,2	9,2	4,5	5,4	19,5	17	9,6	4,7	5,7	20,3	17,6	9,9	4,9	5,9	20,9	17,9	10,1	5
entre 50 y 250 mil (396 sedes urbanas)	2,6	8,5	18,4	7,9	2,8	3	9,5	20,4	8,6	3,3	3,2	9,9	21,4	9	3,5	3,4	10,3	22,2	9,3	3,7	3,5	10,6	22,7	9,6	3,8
sobre 250 mil (106 sedes urbanas)	5,9	16	44,2	8,2	6,5	6,5	17	46,6	8,8	7,6	6,9	17,7	48,1	9,2	8,1	7,2	18,1	49,4	9,5	8,5	7,4	18,8	50,1	9,8	8,8
TOTAL	12,7	40,8	77,4	24,4	13,3	14,5	44,9	83,2	26,6	15,4	15,5	47,1	86,5	27,8	16,3	16,3	48,7	89,2	28,7	17,1	16,8	50,3	90,7	29,5	17,6

1.4 | PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos a lo largo de la ejecución de este estudio están sintetizados en ese tópico, aunque sean detallados, discutidos y explorados en los próximos capítulos.

La situación del atendimento de la población brasileña con servicios de alcantarillado sanitario puede ser caracterizada de la siguiente manera: el 43% es atendida por sistema colectivo (red colectora y estación de tratamiento de aguas residuales); el 12% es atendida por solución individual (fosa séptica); el 18% de la población se encuadra en la situación en que las aguas residuales son recolectadas, pero no son tratados; y el 27% se encuentra desprovisto de atención, o sea, no hay recolección ni tratamiento de aguas residuales.

El Plan Nacional de Saneamiento Básico - PLANSAB (2014) considera como atención adecuada de alcantarillado sanitario la solución individual con fosa séptica o las aguas residuales que son recogidos y tratados de manera colectiva. En ese concepto, el 55% de la población brasileña posee atención adecuada.

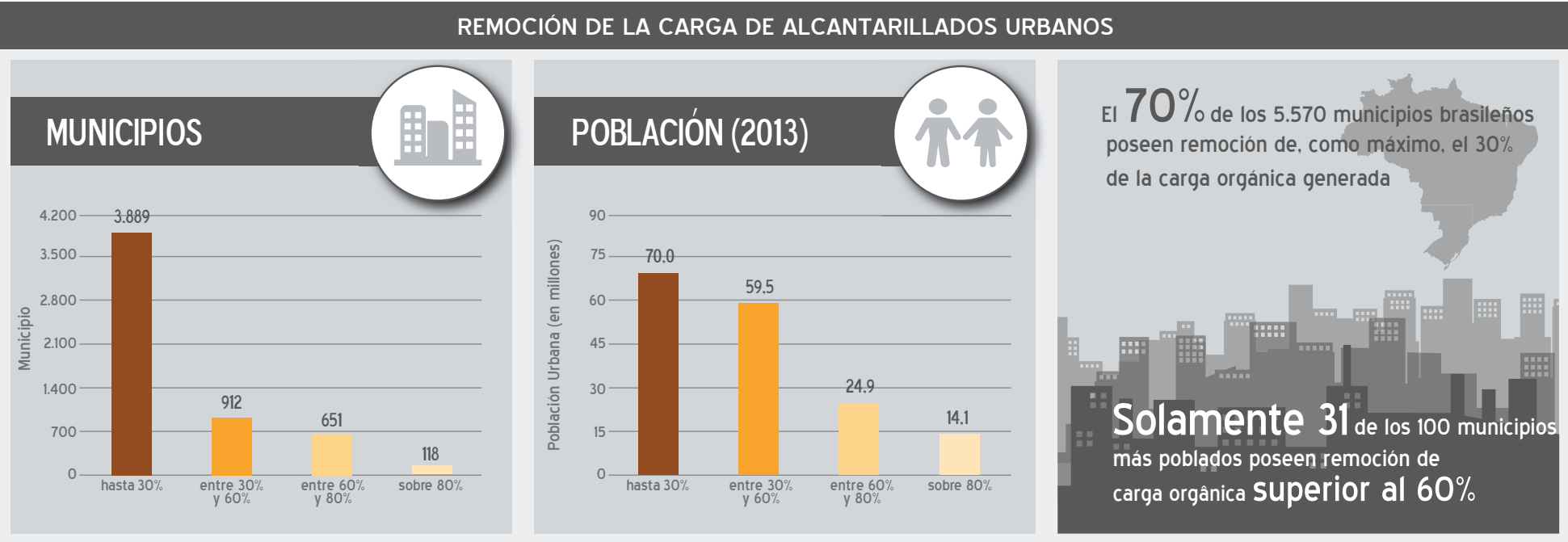
La Resolución CONAMA n.º 430/2011, que dispone sobre las condiciones y los estándares de lanzamiento de efluentes,

prescribe que el tratamiento de los efluentes debe remover el 60% de DBO para el lanzamiento directo en los cuerpos receptores. Mientras tanto, la gran mayoría de las ciudades brasileñas (4.801 ciudades, totalizando 129,5 millones de habitantes) presenta niveles de remoción de la carga orgánica inferiores al 60% de la carga generada. Hay predominancia de ciudades con bajos niveles de remoción de carga orgánica en todas las regiones geográficas, en especial en el Norte y en el Noreste.

En otro extremo, solamente 769 ciudades (el 14% del total) indican índices de remoción de DBO superiores al 60%, a pesar de que la Región Sureste concentra la gran mayoría de esas ciudades.

Desde el punto de vista de las Unidades de la Federación, solamente el Distrito Federal remueve más del 60% de la carga de aguas residuales generada. Los estados de São Paulo y Paraná se acercan a ese índice, mientras los demás estados poseen bajos índices de remoción, que aportan para reducir el promedio nacional.

En el País, de toda la carga orgánica generada (9,1 mil toneladas de DBO/día), solamente el 39% es removida con la infraestructura de tratamiento de aguas residuales existente en las sedes de los municipios brasileños. Como resultado, en términos de carga orgánica remaneciente, cerca de 5,5 mil toneladas DBO/día pueden alcanzar los cuerpos receptores.



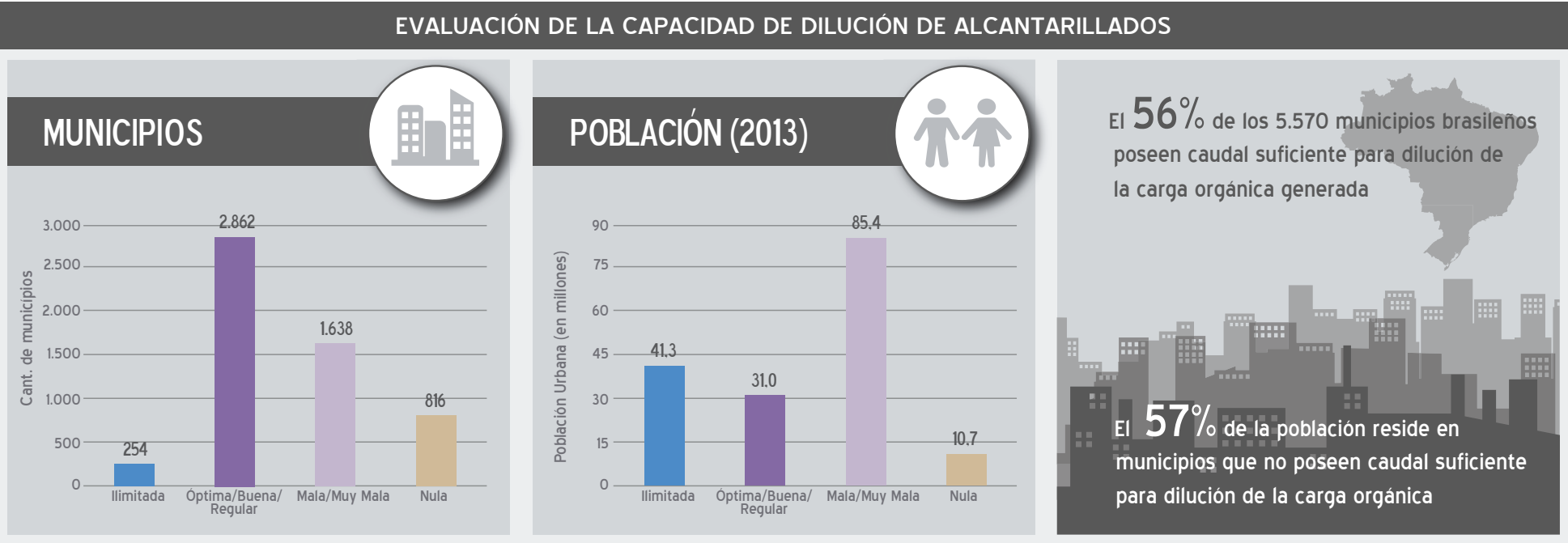
El lanzamiento de aguas residuales domésticas en los cuerpos de agua sin adecuado tratamiento o en desconformidad con los actuales estándares legales establecidos para lanzamiento de efluentes, resulta en comprometimiento de la calidad del agua del cuerpo receptor y puede inviabilizar la atención a los usos actuales y futuros de los recursos hídricos río abajo del lanzamiento. Eso ocurre, especialmente, en áreas urbanizadas.

En una evaluación del Índice de Calidad de Agua- ICA, realizada por ANA, para datos de calidad del agua obtenidos en 1.683 puntos en todo el País en el año de 2013, el 19% presentaron calidad considerada regular/mala/muy mala. Ese número aumenta para el 39% al considerarse solamente los puntos de monitoreo localizados en las áreas urbanas.

En el *ATLAS Aguas Residuales*, la capacidad de los cuerpos receptores en asimilar las aguas residuales urbanas fue evaluada para cada sede municipal. Fueron considerados los datos de población urbana en cada cuenca de contribución, el caudal de referencia usualmente empleada en los procesos de gestión de recursos hídricos (se utilizó Q95%, caudal en el cuerpo hídrico que ocurre o es superado en hasta el 95% de los registros históricos), la estimativa de la carga orgánica

remaneciente y la conformidad con las clases de encuadramiento en función del parámetro DBO, conforme Resolución CONAMA n.º 357/2005. En el caso de las ciudades costeras existe la posibilidad de que los efluentes tratados sean dispuestos en el mar por medio de emisarios submarinos; por lo tanto, se consideró una capacidad de dilución ilimitada para los efluentes de esas sedes urbanas.

Como resultado, se observó que más de la mitad de los municipios brasileños disponen de cuerpos receptores con capacidad suficiente para diluir la carga remaneciente de los efluentes sanitarios en las sedes urbanas (capacidad de dilución óptima, buena o regular). No obstante, en términos de contingente poblacional, se observa que el 57% de la población urbana reside en municipios que no poseen caudal suficiente para la dilución de la carga orgánica sin recurrir a procesos de tratamiento más eficientes o resultar en calidad de agua compatible solamente con clases de encuadramiento menos restrictivas (3 o 4), en especial en las regiones hidrográficas del Atlántico Noreste Occidental y Oriental, Parnaíba, São Francisco y Atlántico Este.



En base a las necesidades indicadas en el diagnóstico y teniendo como horizonte el año de 2035, fueron evaluadas las eficiencias de remoción de carga orgánica requeridas (representadas por la DBO). Esa evaluación tuvo soporte de modelado matemático de la calidad del agua y consideró, en la cuenca hidrográfica, la interacción entre los lanzamientos de todas las ciudades.

Las soluciones encontradas siempre buscaron la compatibilización de la calidad del agua de los cuerpos receptores con los usos más exigentes, teniendo como requisito mínimo la atención a los límites de las clases de encuadramiento establecidos por la Resolución CONAMA n.º 357/2005.

Sus resultados suministran subsidios para la definición de alternativas técnicas identificadas en función de las eficiencias requeridas y arreglos complementarios, clasificando los municipios en las tipologías a continuación:

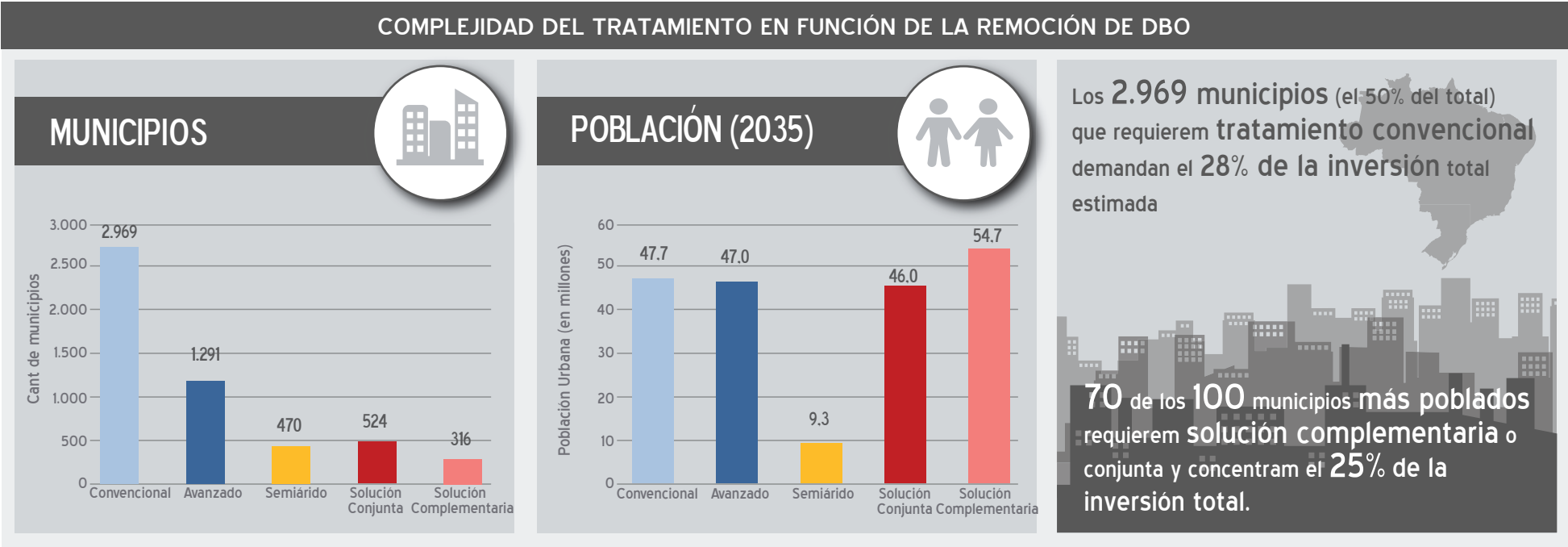
- Solución con Tratamiento **Convencional**: requiere remoción de DBO entre el 60% y el 80%;
- Solución con Tratamiento **Avanzado**: requiere remoción de DBO superior al 80%;
- Solución **Complementaria**: requiere solución complementaria como la búsqueda de nuevo cuerpo receptor, disposición en el suelo o reúso del efluente, en función del municipio presentar baja relación entre disponibilidad hídrica y carga orgánica lanzada, sin influencia de lanzamientos río arriba;

- Solución **Conjunta**: requiere definición conjunta del nivel de tratamiento de los municipios de la cuenca, debido al impacto de lanzamiento(s) río arriba en municipio(s) río abajo;
- Solución para el **Semiárido**: requiere la priorización de procesos con elevada remoción de microorganismos patogénicos o reúso del efluente.

Aunque el tratamiento convencional sea suficiente para 2.969 municipios, la mayor parte de la población brasileña está en 840 centros urbanos que demandan solución complementaria o solución conjunta (54,7 millones y 46 millones de personas, respectivamente, en 2035) para resolver el problema de alcantarillado sanitario. Casi el 55% de las inversiones previstas en tratamiento son destinadas a esos municipios, concentrados, principalmente, en las regiones hidrográficas de Paraná y Atlántico Noreste Oriental.

Adicionalmente a los análisis de DBO, fueron evaluados los impactos de las cargas de fósforo en embalses (eutrofización) o nitrógeno en las captaciones de agua para suministro público (nitratos), identificando que 1.519 sedes urbanas necesitan de atención especial cuanto a la remoción de nutrientes.

Las inversiones necesarias para universalizar los servicios de alcantarillado sanitario en las 5.570 sedes urbanas del País fueron estimadas en R\$ 150 mil millones, teniendo como horizonte el año de 2035. Al traer el detalle de esas inversiones por municipio, el *ATLAS Aguas Residuales* suministra importante subsidio a la implementación del PLANSAB. La relación entre los costos de recolección y tratamiento variaron bastante regionalmente, por ser mayores en la Región Norte (4,1x) y menores en la Región Sureste (1,3x). Para Brasil como un todo, las inversiones en recolección cuestan 2,7 veces más de los previstos en tratamiento.



Las discusiones técnicas realizadas a lo largo del período de elaboración del estudio trajeron la constatación de que solamente el aporte financiero para la implementación de las soluciones de alcantarillado sanitario no tendrá el efecto necesario si asignado sin la debida capacidad institucional para la prestación de los servicios en el municipio. En el País, existen varios ejemplos de sistemas de alcantarillado sanitario que fueron abandonados o ni siquiera entraron en operación debido a problemas asociados a ese tema.

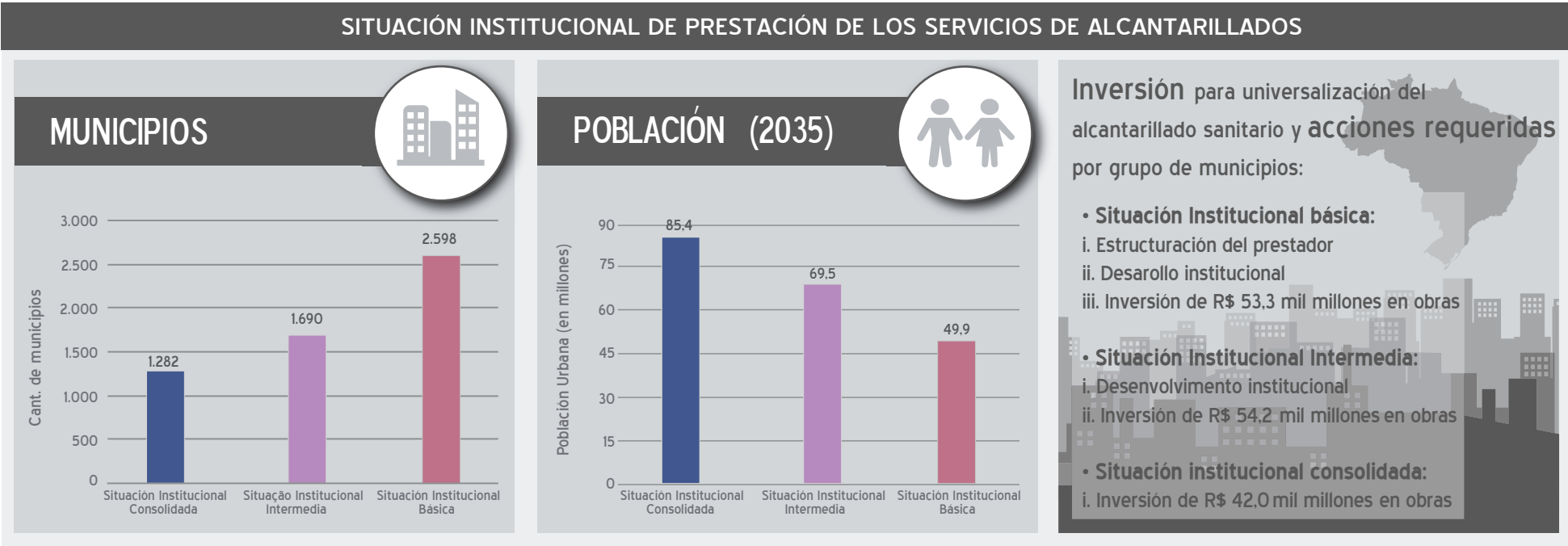
En ese contexto, en complementación a la identificación de los niveles de tratamiento de aguas residuales requeridos y de las inversiones asociadas, fue realizada la evaluación institucional de la prestación de los servicios de alcantarillados, de forma a diseñarse una estrategia de implementación más efectiva. La situación institucional fue evaluada con base en cuatro criterios principales: status institucional, capacidad operativa, capacidad financiera y contexto del municipio para adecuación de los servicios de alcantarillados (si necesario).

La situación institucional fue analizada de forma asociada a la complejidad de las soluciones de tratamiento de aguas residuales requeridas y los resultados de ese análisis subsidiaron el establecimiento de una estrategia para implementación de acciones, indicando niveles de esfuerzos en términos institucionales y/o de remoción de carga orgánica para la universalización del alcantarillado sanitario y la mitigación de los impactos causados por esa fuente contaminante en los recursos hídricos.

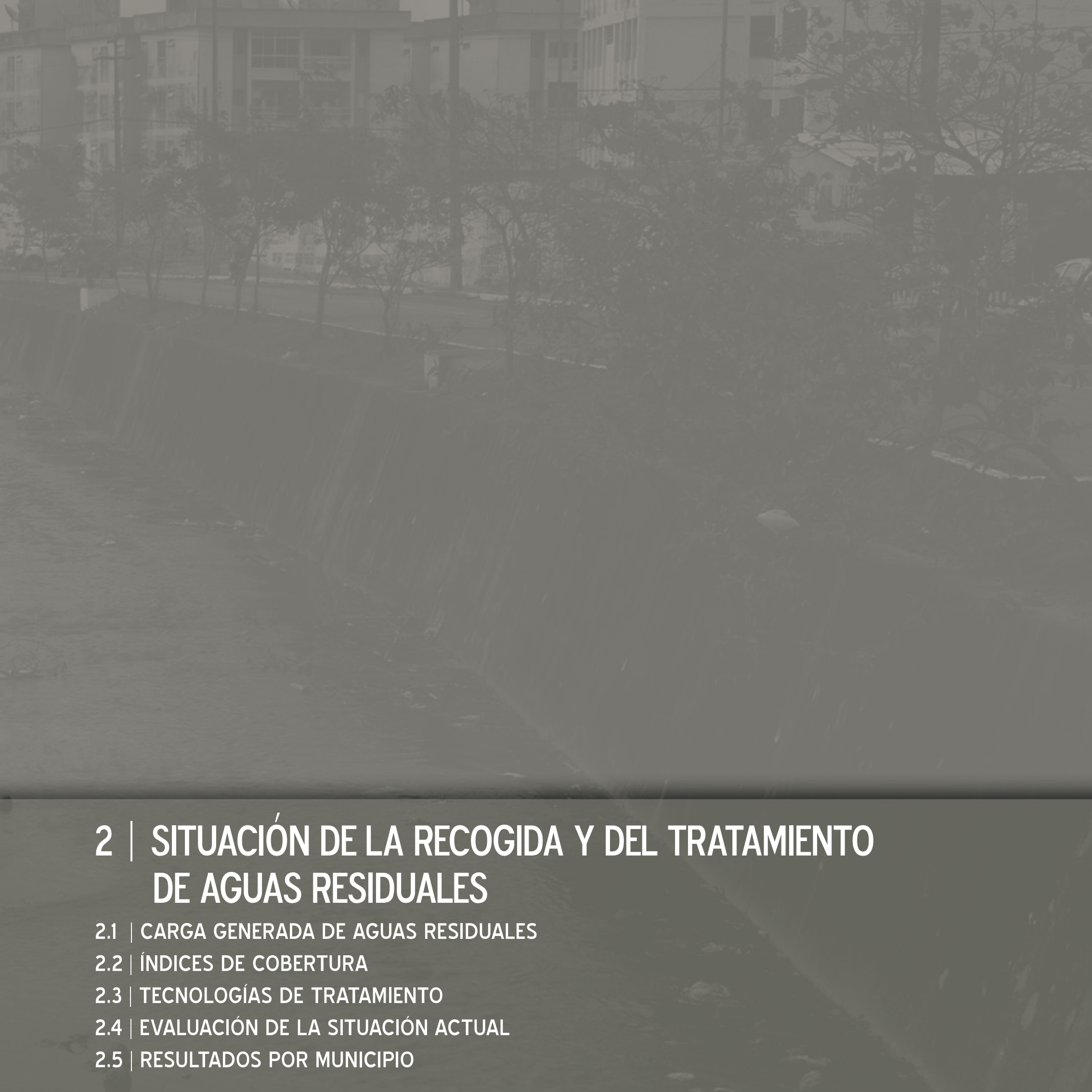
Se constató que, aunque la mayor parte de los municipios brasileños (4.288) tengan prestador de servicio de alcantarillado sanitario que precise perfeccionar su capacidad institucional o no poseen prestador de servicio de alcantarillado sanitario institucionalizado, parte significativa de la población proyectada para 2035 está en los municipios cuyo prestador de servicio posee situación institucional consolidada (85 millones de habitantes).

También fue identificado que las mayores parcelas de carga orgánica generada y de carga remaneciente en el País son provenientes de las sedes urbanas de los municipios con situación institucional consolidada, predominantemente localizados en la región Sureste. A su vez, de los 1.282 municipios en esa situación, 711 demandan soluciones más complejas para el tratamiento de las aguas residuales.

Para que la implementación del sistema de alcantarillado sanitario resulte en los beneficios esperados, es fundamental que el municipio cuente con el prestador de servicio de alcantarillado sanitario estructurado y con adecuado nivel de desarrollo institucional.







2 | SITUACIÓN DE LA RECOGIDA Y DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1 | CARGA GENERADA DE AGUAS RESIDUALES

2.2 | ÍNDICES DE COBERTURA

2.3 | TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

2.4 | EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.5 | RESULTADOS POR MUNICIPIO

2.1 | CARGA GENERADA DE AGUAS RESIDUALES

La generación de aguas residuales en el área urbana está directamente asociada a la población. Las principales concentraciones poblacionales, a su vez, ocurren en las capitales de las Unidades de la Federación y su entorno, en función de la disponibilidad de servicios, infraestructura, logística y otros elementos que privilegian el desarrollo de todos los tipos de actividades en esas regiones. Por lo tanto, es natural que las capitales y principales aglomeraciones urbanas del País concentren la mayor cantidad de las aguas residuales generadas.

La carga de aguas residuales fue estimada con base en la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO, parámetro que

caracteriza una parcela orgánica de los efluentes provenientes de alcantarillado sanitario, usualmente empleado en la evaluación de impactos en los cuerpos receptores y en el dimensionamiento de procesos de tratamiento.

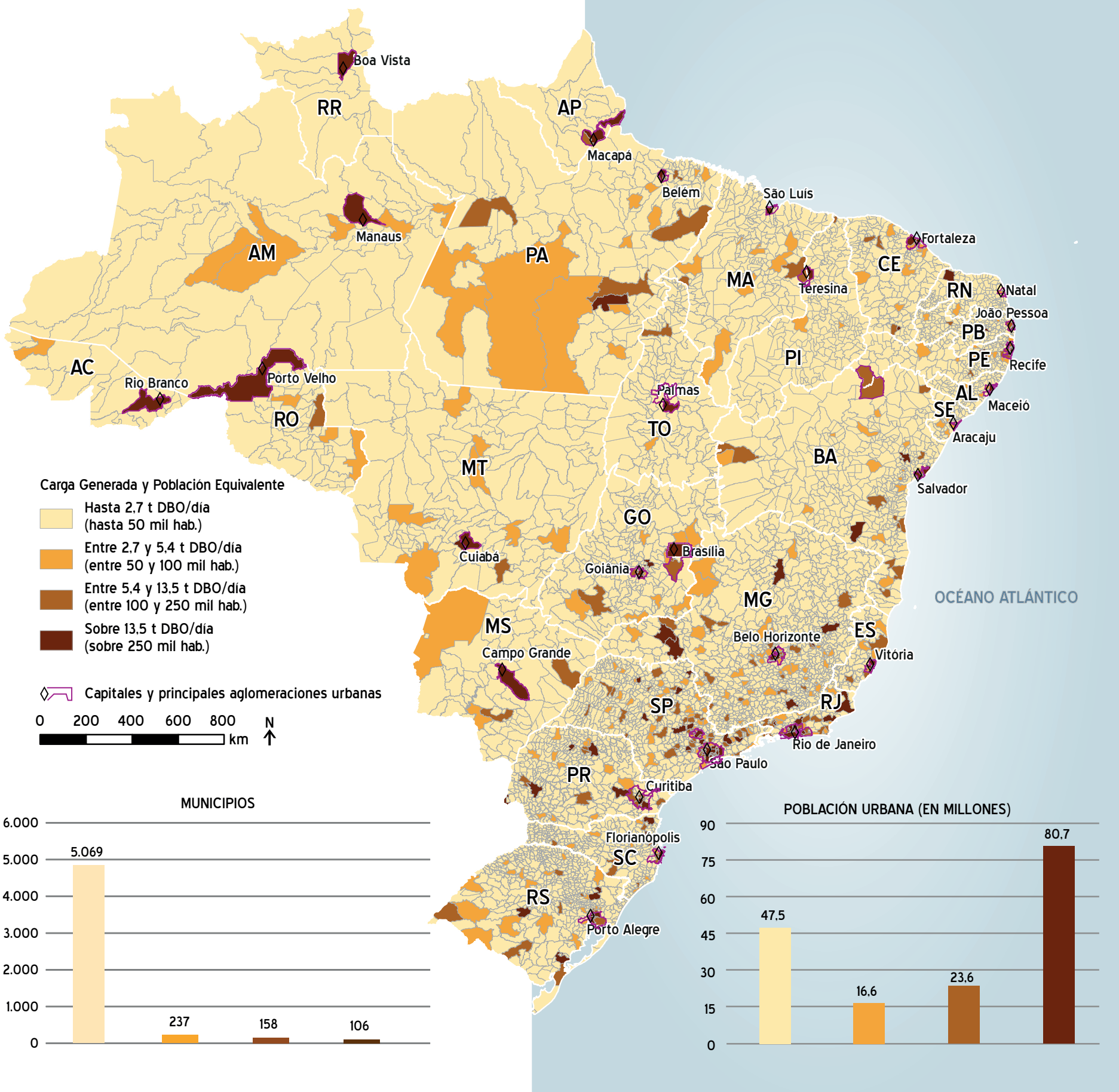
En esa estimativa fue considerado el valor “per cápita” de 54 g DBO/hab. día y datos de población urbana obtenidos desde proyecciones del IBGE o suministrados directamente por los prestadores del servicio de alcantarillado sanitario de cada municipio.

En el País son generadas cerca de 9,1 mil toneladas de DBO/día, y los 106 municipios con población superior a 250 mil habitantes son responsables por el 48% de ese total.



Región Hidrográfica del Noreste Oriental
Foto Zig Koch Cavallanti / Banco de imágenes ANA

CARGA GENERADA DE ALCANTARILLADOS URBANOS



2.2 | ÍNDICES DE COBERTURA

Los índices de cobertura en términos de recolección y tratamiento de aguas residuales en las áreas urbanas, en que pese inversiones más recientes, todavía son insatisfactorios y un reflejo de pasivo histórico.

Las redes recolectoras de aguas residuales alcanzan el 61,4% de la población urbana brasileña, quedando 65,1 millones de personas en las ciudades del País sin acceso al sistema colectivo para alejamiento de las aguas residuales sanitarias. Ni toda agua residual recolectada es conducida a una estación de tratamiento. La parcela atendida con recolección y tratamiento de las aguas residuales representa el 42,6% de la población urbana total. De ese modo, 96,7 millones de personas no disponen de tratamiento colectivo de aguas residuales.

Las aguas residuales no recolectados tienen destinos diversos, como encaminamiento para fosas sépticas o negras, lanzamiento en red de aguas pluviales o en cunetas, disposición directa en el suelo o en los cuerpos de agua. La solución individual con fosa séptica disminuye el impacto del lanzamiento de esos efluentes en los cuerpos hídricos, cuando es ejecutada adecuadamente y en condiciones propicias a su aplicación.

De las regiones brasileñas, la Sureste es la que presenta los mejores índices de recogida y tratamiento de aguas residuales, por ser la única donde el tratamiento de las aguas residuales generados alcanza más de la mitad de su población urbana. Las regiones Sur, Noreste y Centro Oeste presentan índices similares de recogida, alcanzando aproximadamente mitad de la población urbana de esas regiones, con mayor nivel de tratamiento en el Centro Oeste. La Región Norte es la más carente en términos de servicios colectivos de alcantarillado sanitario.

Pese a que 14 UF cuentan con parte del tratamiento de las aguas residuales, en relación a lo recolectado, superior al 75%, este índice no se configura como un buen indicador de la situación del alcantarillado sanitario, una vez que gran parte de esas UF aún posee bajos índices de recolección.

Los índices de cobertura fueron establecidos desde las informaciones obtenidas junto a los prestadores de los servicios de alcantarillado sanitario en las ciudades y fueron complementados con datos secundarios disponibles. Además de esos índices, utilizados, tradicionalmente, por el sector de saneamiento, para una evaluación completa de la situación del alcantarillado sanitario en el País también es importante identificar los niveles de eficiencia de tratamiento y cuantificar las cargas remanecientes de las aguas residuales con potencial para alcanzar los cuerpos hídricos.



ÍNDICES DE COBERTURA DE ALCANTARILLADOS EN BRASIL POR ESTADO Y REGIÓN GEOGRÁFICA						
REGIÓN GEOGRÁFICA	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	NÚMERO DE MUNICIPIOS	POBLACIÓN URBANA (en mil hab.)	PARCELA DE LA POBLACIÓN ATENDIDA		PARCELA TRATADA EN RELACIÓN A LA RECOLECCIÓN
				Recolección de aguas residuales	Tratamiento de aguas residuales	
NORTE	Acre	22	562,8	35%	33%	94%
	Amapá	16	658,8	7%	7%	92%
	Amazonas	62	3.014,2	22%	19%	84%
	Pará	144	5.611,0	9%	4%	45%
	Rondônia	52	1.277,3	9%	4%	41%
	Roraima	15	374,1	19%	15%	79%
	Tocantins	139	1.169,2	30%	29%	96%
	TOTAL	450	12.667,4	16%	12%	75%
NORESTE	Alagoas	102	2.426,3	26%	17%	64%
	Bahia	417	10.865,0	63%	51%	81%
	Ceará	184	6.569,3	44%	40%	91%
	Maranhão	217	4.283,4	17%	4%	23%
	Paraíba	223	2.956,4	59%	43%	72%
	Pernambuco	185	7.383,6	45%	27%	61%
	Piauí	224	2.096,9	12%	10%	81%
	Rio Grande do Norte	167	2.619,7	31%	25%	80%
	Sergipe	75	1.616,8	32%	22%	67%
	TOTAL	1.794	40.817,4	43%	32%	74%
SURESTE	Espírito Santo	78	3.136,5	61%	41%	68%
	Minas Gerais	853	17.705,0	86%	44%	51%
	Rio de Janeiro	92	15.922,1	73%	42%	58%
	São Paulo	645	40.521,4	87%	64%	74%
	TOTAL	1.668	77.285,0	83%	54%	65%
SUR	Paraná	399	9.397,5	65%	64%	98%
	Rio Grande do Sul	497	9.477,2	54%	26%	48%
	Santa Catarina	295	5.557,4	33%	24%	74%
	TOTAL	1.191	24.432,1	54%	40%	75%
CENTRO OESTE	Distrito Federal	1	2.694,3	83%	83%	100%
	Goiás	246	5.801,9	50%	48%	95%
	Mato Grosso	141	2.617,2	25%	22%	91%
	Mato Grosso do Sul	79	2.170,4	43%	42%	98%
	TOTAL	467	13.283,8	51%	49%	97%
BRASIL		5.570	168.485,7	61%	43%	70%

2.3 | TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

De manera general, el tratamiento de aguas residuales sanitarias provenientes de centros urbanos objetiva la reducción de la materia orgánica, de los microorganismos patogénicos, de los sólidos en suspensión y, en circunstancias especiales, de los nutrientes presentes en las aguas residuales sanitarias, suponiéndose la ausencia de residuos tóxicos provenientes, por ejemplo, de industrias.

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales está relacionada, entre otros aspectos, con las características del cuerpo receptor y la legislación vigente. Las normativas requieren estándares de calidad bastante amplios, de modo que los efluentes puedan ser lanzados sin traer riesgos a la salud de la población o daños significativos al medio ambiente. No obstante, la selección del proceso de tratamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR no se restringe solamente a las exigencias ambientales, de salud pública y/o legales. Adicionalmente, se consideran aspectos económicos, sociales, operativos, la disponibilidad de área e incluso los anhelos de la comunidad.

En el País hay una gran variedad de procesos de tratamiento. Para tenerse un panorama de los tipos de tratamiento de aguas residuales, los procesos fueron agrupados por franjas de eficiencia de remoción de carga orgánica, en términos de DBO, de la

siguiente manera: inferior al 60%, entre el 60% y el 80%, superior al 80% y superior al 80% con posibilidad de remoción de nutrientes (Fósforo y/o Nitrógeno). Vale la pena recordar que la Resolución CONAMA n.º 430/2011 preconiza una eficiencia de remoción mínima del 60% de DBO. Su remoción también implica en la remoción de gran parte de los demás contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas.

Fueron identificadas a lo largo del estudio 2.768 Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en operación en 1.592 ciudades, con una población atendida estimada en 71,7 millones de habitantes. De ese total, fueron obtenidas informaciones sobre las eficiencias de remoción de carga para el 96% de las PTAR, en algunos casos, bien distintos de las eficiencias encontradas en la literatura. En ese universo, distribuido en todo el País, predominan PTAR con eficiencia promedia de remoción de DBO en la franja del 60 al 80%. Esa franja contempla diversos procesos que poseen condiciones de atender a las normas vigentes, desde que el cuerpo receptor posea capacidad de dilución suficiente. Una pequeña parte de las unidades de tratamiento existentes en el País utiliza procesos de tratamiento más simplificados, con algún riesgo de generar efluentes que no atiendan a los requisitos de los estándares de lanzamiento preconizados por la legislación.

Operan con procesos más elaborados 970 PTAR, capaces de alcanzar una eficiencia de remoción de DBO superior al 80%. Esos procesos son generalmente empleados en áreas más adensadas y corresponden a la atención a la mayor porción de la población urbana con tratamiento de aguas residuales (poco más de 42 millones de personas). En ese conjunto, fueron proyectadas 131 unidades para la remoción de nutrientes.



Planta de tratamiento de aguas residuales - PTAR / Jaguariuna, SP
Foto Tomás May / Banco de imágenes ANA

FRANJAS DE REMOCIÓN DE DBO DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO EN BRASIL					
FRANJAS DE REMOCIÓN DE DBO	PRINCIPALES PROCESOS DE TRATAMIENTO EN BRASIL	SIGLA	POBLACIÓN EQUIVALENTE (en mil hab.)	EFICIENCIA PROMEDIO (%)	NÚMERO DE UNIDADES
hasta el 60%	PRIMARIO	Pr	7.947,6	35%	21
	FOSA FILTRO/FOSA SÉPTICA + FILTRO AEROBICO/TANQUE IMHOFF + FILTRO BIOLÓGICO	FosFil/FosSép+FilAer/Tqlmh+FilB	340,1	49%	215
	FOSA SÉPTICA/TANQUE IMHOFF	FosSép/Tqlmh	49,2	51%	23
	TOTAL				259
de 60% al 80%	FOSA FILTRO/(FOSA SÉPTICA + FILTRO BIOLÓGICO) + DISPOSICIÓN EN EL SUELO/SUMIDERO	FosFil/(FosSép+FilB)+DispS/Sum	6,4	66%	10
	REACTOR ANAEROBIO + LODOS ACTIVADOS	RtrAn+LodAt	26,3	80%	2
	LAGUNA ANAEROBIA	LagAn	812,8	68%	68
	PRIMARIO CON FÍSICO QUÍMICO (FILTRO AEROBIO/DECANTACIÓN/CEPT/FLOTACIÓN)	PrFisQ(FilAer/Dec/Cept/Flt)	1.902,5	68%	13
	REACTOR ANAEROBIO	RtrAn	3.876,5	69%	328
	REACTOR ANAEROBIO + DECANTADOR	RtrAn+Dec	226,7	72%	16
	LODOS ACTIVADOS MEDIO FIJO (FILTRO BIOLÓGICO)	LodAtMF(FilB)	323,1	73%	22
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO BIOLÓGICO	RtrAn+FilB	1.300,0	75%	177
	LAGUNA FACULTATIVA	LagFac	1.421,0	76%	203
	LAGUNA ANAEROBIA + LAGUNA FACULTATIVA	LagAn+LagFac	5.533,8	77%	364
	REACTOR ANAEROBIO + DISPOSICIÓN EN EL SUELO	RtrAn+DispS	183,3	77%	16
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO AEROBIO	RtrAn+FilAer	635,8	77%	64
	REACTOR ANAEROBIO + LAGUNA ANAEROBIA/FACULTATIVA/DE MADURACIÓN	RtrAn+LagAn/Fac/Mat	3.023,5	78%	145
> el 80%	TOTAL				1.428
	LAGUNA AIREADA	LagArd	743,6	80%	42
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO AEROBIO + DECANTADOR	RtrAn+FilAer+Dec	4.436,9	80%	121
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO BIOLÓGICO + DISPOSICIÓN EN EL SUELO	RtrAn+FilB+DispS	70,6	80%	15
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO BIOLÓGICO + FILTRO AEROBIO + DECANTADOR	RtrAn+FilB+FilAer+Dec	76,5	80%	10
	LODOS ACTIVADOS DE AIREACIÓN PROLONGADA	LodAtAerPln	4.479,0	88%	91
	LAGUNA ANAEROBIA + LAGUNA FACULTATIVA + LAGUNA DE MADURACIÓN	LagAn+LagFac+LagMat	1.930,4	81%	134
	LAGUNA FACULTATIVA + LAGUNA DE MADURACIÓN	LagFac+LagMat	1.212,5	81%	119
	LAGUNA AIREADA + LAGUNA DE DECANTACIÓN/FACULTATIVA/MADURACIÓN	LagArd+LagDec/Fac/Mat	2.349,0	82%	64
	REACTOR ANAEROBIO + LAGUNA AIREADA	RtrAn+LagArd	611,2	83%	12
	LODOS ACTIVADOS (CONVENCIONAL/DEEP SHAFT)	LodAt(cnv/DpS)	16.538,9	84%	110
	REACTOR ANAEROBIO + LAGUNA AIREADA + LAGUNA FACULTATIVA/MADURACIÓN	RtrAn+LagArd+LagFac/Mat	322,9	85%	7
	REACTOR ANAEROBIO + LODOS ACTIVADOS	RtrAn+LodAt	3.964,8	86%	90
	LAGUNA AIREADA + LAGUNA FACULTATIVA + LAGUNA DE MADURACIÓN	LagArd+LagFac+LagMat	658,2	87%	14
	REACTOR ANAEROBIO + LODOS ACTIVADOS DE AIREACIÓN PROLONGADA	RtrAn+LodAtAerPln	53,4	88%	4
> el 80% (con remoción de nutrientes)	REACTOR ANAEROBIO + LAGUNA FACULTATIVA + DISPOSICIÓN EN EL SUELO	RtrAn+LagFac+DispS	226,7	89%	6
	TOTAL				839
	REACTOR ANAEROBIO + FILTRO BIOLÓGICO + FILTRO AEROBIO + DECANTADOR	RtrAn+FilB+FilAer+Dec	0,6	87%	1
	LODOS ACTIVADOS EN BATELADA (CONVENCIONAL/UNITANK) - REM. N	LodAtBat(cnv/utk)-RemN	1.431,8	88%	80
	LODOS ACTIVADOS - REM. N (MBBR/IFAS)	LodAt-RemN(MBBR/IFAS)	365,5	88%	7
	REACTOR ANAEROBIO + FÍSICO QUÍMICO (DECANTACIÓN/FLOTACIÓN) - REM. P	RtrAn+FisQ(Dec/Flt)-RemP	2.401,4	88%	33
	LODOS ACTIVADOS CON REMOCIÓN FÍSICO QUÍMICA DE NUTRIENTES - REM. N & P	LodAtRemFisQNut-RemNP	95,3	91%	5
> el 80% (con remoción de nutrientes)	LODOS ACTIVADOS CON REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES - REM. N	LodAtRemBNut-RemN	153,5	93%	3
	LODOS ACTIVADOS CON REMOCIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES - REM. N & P	LodAtRemBNut-RemNP	46,6	95%	2
	TOTAL				131

En regla general, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tienen como primera etapa el tratamiento preliminar (reja y desarenador) que promueve la remoción de sólidos gruesos y materiales rápidamente sedimentables. En la concepción del proyecto de una planta deben ser evaluadas las tecnologías de tratamiento compatibles con la solución requerida, lo que puede resultar en la selección de uno o más procesos de tratamiento.

Los procesos más comúnmente encontrados en el País son los constituidos de: laguna anaerobia seguida de laguna facultativa, conocido como sistema australiano, que suman 364 PTAR; solamente reactor anaerobio, con 328 unidades; tanque séptico asociado a filtro anaerobio, con 215; solamente laguna facultativa, con 203; y reactor anaerobio seguido de filtro biológico, con 177 unidades identificadas. El sistema australiano es más representativo en la Región Sureste, mientras los reactores anaerobios predominan en las regiones Noreste, Sur y Centro Oeste.

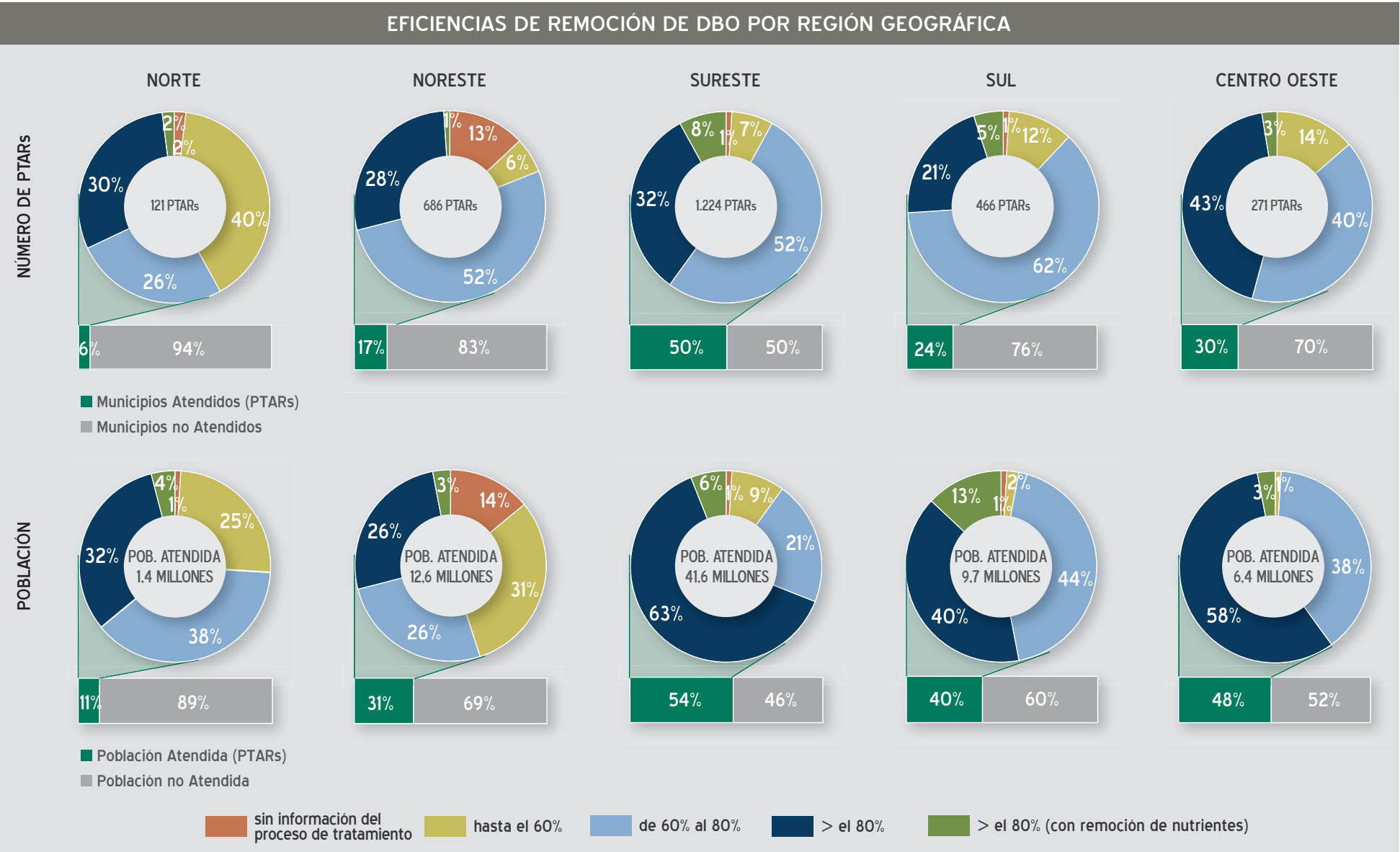
El tratamiento por lagunas requiere operación sencilla y de bajo costo, pero necesita de gran área disponible para su implantación. El sistema australiano requiere un área menor que la laguna facultativa utilizada aisladamente, el que puede explicar el mayor número de unidades con ese arreglo. Los reactores anaerobios requieren poca área para su implantación y su operación también es relativamente sencilla. Las

condiciones ambientales favorables y el desarrollo de investigaciones locales impulsaron la utilización de ese proceso en el País, que tuvo inicio en la década de 1980.

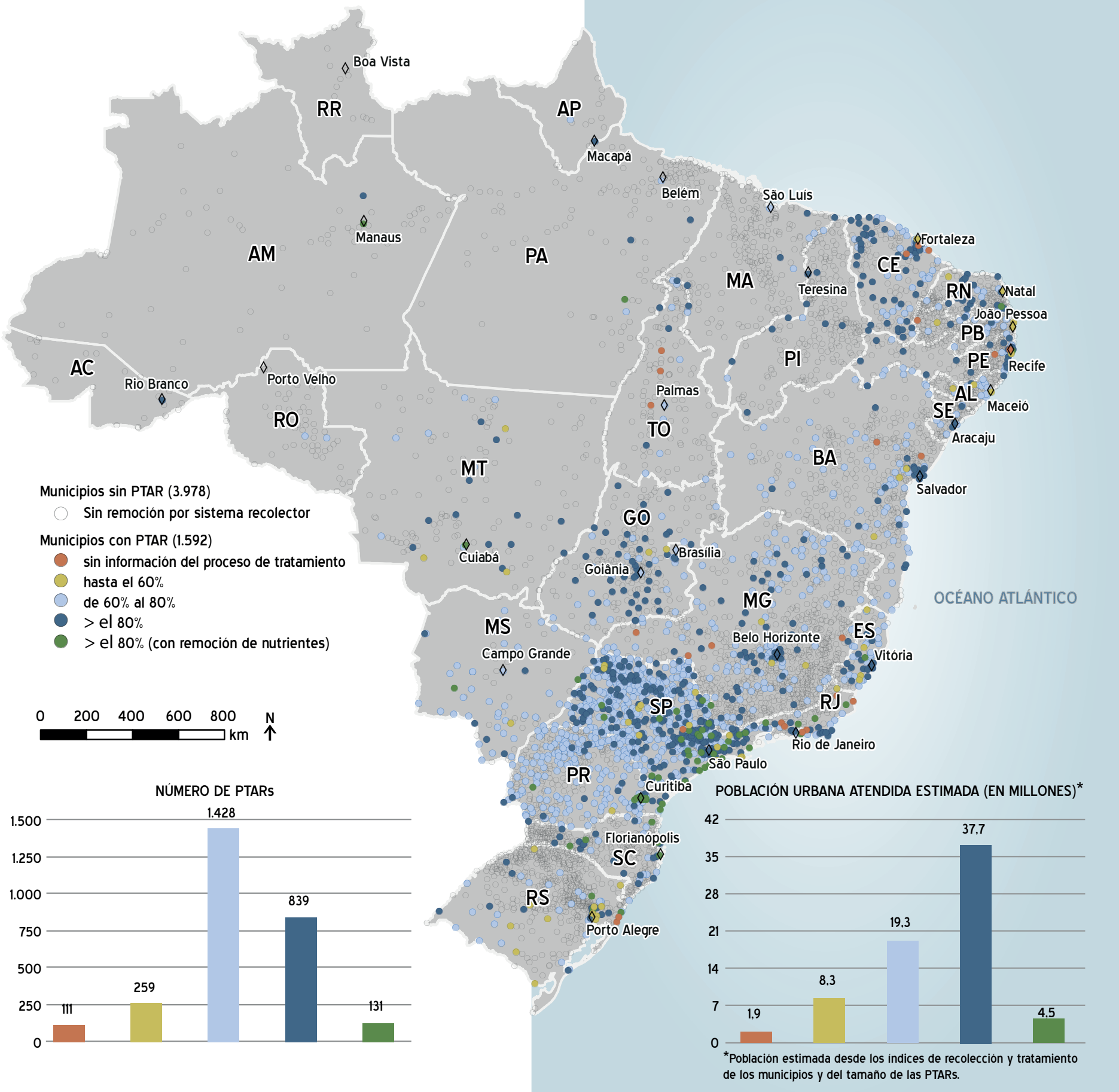
Cuanto a la población atendida, los procesos más utilizados son:

- Lodos activados convencionalmente, los cuales a pesar de la identificación de pocas unidades en el País (110), alcanzan el 24% de la población atendida por PTAR (cerca de 16,5 millones de personas), principalmente en el Sureste y Centro Oeste;
- Tratamiento en nivel primario, utilizado en unidades de tratamiento que atienden al 11% de la población servida por PTAR, es decir, 7,9 millones de personas. Ese proceso se encuentra, en la mayoría de las unidades, asociado a un emisario submarino;
- Tratamiento por laguna anaerobia seguida de laguna facultativa, alcanzando cerca de 5,5 millones de personas (el 8% del total atendido con PTAR); y
- Procesos formados por reactor anaerobio seguido de filtro aerobio y decantador y los compuestos por lodos activados de aeración prolongada. Esos últimos alcanzan a 4,4 millones de personas cada y, juntos, representan el 13% de la población atendida con tratamiento de aguas residuales.

El proceso convencional de lodos activados presenta eficiencia elevada en la remoción de DBO y demanda menor área para su implantación, pero requiere una operación más sofisticada y mayor consumo de electricidad.



EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO



PROCESOS DE TRATAMIENTO MÁS UTILIZADOS

Los procesos de tratamiento pueden ser divididos en físicos, biológicos y químicos. Los procesos físicos son aquellos que remueven materiales groseros, sólidos sedimentables y materiales flotantes (aceites, grasas, etc.) a través de separaciones físicas, tales como rejillas, tamizado, cajas separadoras, sedimentación y flotación. En general, son utilizados como tratamiento preliminar y/o parte de los demás procesos.

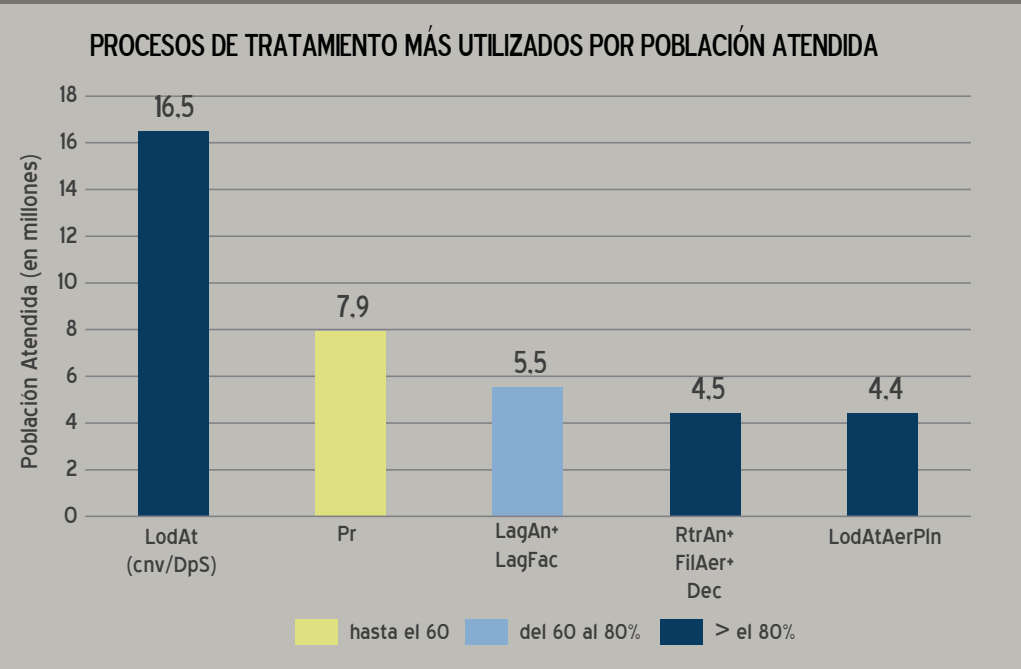
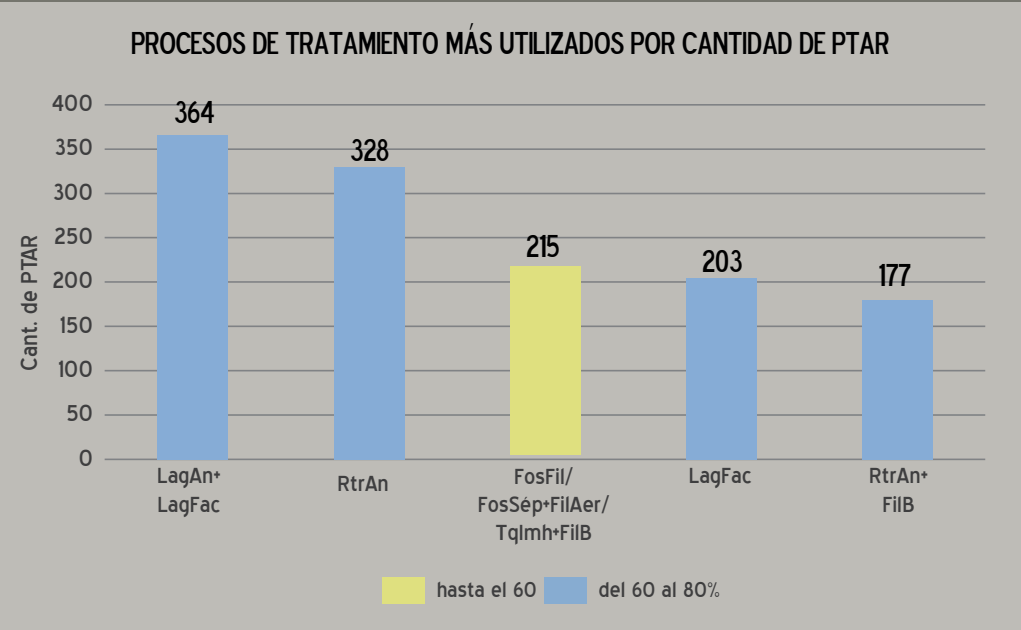
Los procesos biológicos hacen uso de la actividad microbiana para alcanzar buenos niveles de purificación de las aguas residuales. Son ampliamente utilizados en el tratamiento de aguas residuales urbanas para la remoción de materia orgánica y de nutrientes y son derivados de procesos aerobios y anaerobios que ocurren en la naturaleza. Los principales procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales sanitarias son:

- **Lagunas de Estabilización:** lagunas facultativas, lagunas aireadas facultativas, lagunas anaerobias, lagunas de alta tasa de maduración. Pueden remover materia orgánica y microorganismos patogénicos con eficiencia satisfactoria, pero sus efluentes también pueden presentar elevada concentración de algas indeseables. Deben ser tomadas medidas adicionales para que no se transformen en criaderos de mosquitos.
- **Sistemas de lodos activados y variantes:** lodos activados convencionales, reactores en bateladas secuenciales, lagunas aireadas con mezcla completa, vallum de oxidación. Más utilizados en grandes ciudades en virtud de ser más compactos y producir efluente de buena calidad, son procesos más complejos de proyectar, construir y operar y la oxigenación necesaria para la degradación de la materia orgánica ocurre por aeración artificial, y consume bastante energía. Pueden ser concebidos para remoción biológica de nutrientes, tanto Fósforo como Nitrógeno.
- **Sistemas anaerobios:** tanques sépticos, tanques Imhoff, filtros anaerobios, reactores UASB, reactores anaerobios de lecho expandido o fluidificado. En general, necesitan de una etapa adicional de tratamiento con el objetivo de reducir la carga de sólidos y mejorar la oxigenación de sus efluentes. Son bastante utilizados como unidades de pretratamiento de lagunas, filtros biológicos y lodos activados, pues reducen buena parte de la carga orgánica sin necesidad de aeración, resultando en reducción de los gastos con energía eléctrica.
- **Sistemas aerobios con lecho fijo:** filtros biológicos, biodiscos, biofiltros aireados. Más simples conceptualmente que los lodos activados, generalmente son utilizados como postratamiento de sistemas anaerobios. Presentan elevada remoción de DBO y posibilidad de remoción de nitrógeno. Poseen elevados costos de implantación.

Los procesos biológicos aerobios son más efectivos en la remoción de DBO que los anaerobios, que difícilmente consiguen aisladamente tratar los efluentes de forma a atender los estándares de la legislación ambiental brasileña. De esa manera, los procesos anaerobios presentan como desventaja la necesidad de una etapa adicional de forma a pulir el efluente generado. Por otro lado, los procesos anaerobios generan menor cantidad de lodo y presentan costos de inversiones y operativos menores.

El tratamiento químico consiste en la adición de productos químicos, como por ejemplo, el sulfato de aluminio, para la remoción de las partículas coloidales. Son asociados a los procesos biológicos y físicos para mayor eficiencia, que puede acarrear en incremento significativo del costo operacional. Como pulido final puede constituirse en una alternativa interesante cuando sea necesaria la producción de efluente de alta calidad.

Los procesos naturales de disposición en el suelo, como infiltración en el suelo, desagüe superficial y tierras húmedas construidas, aunque poco utilizados en el País, poseen calidades importantes para que sean consideradas. Cuando proyectados y operados adecuadamente, es posible obtener efluente de buena calidad, sin elevada concentración de algas; incluso, puede remover nutrientes. Pueden requerir gran área para su implantación y se debe tener cuidado cuanto a las limitaciones del suelo y de la napa de agua y cuanto al riesgo de proliferación de insectos.



2.4 | EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El panorama general de los servicios de alcantarillado sanitario para la población urbana del País puede ser resumido de la siguiente manera: el 43% tienen sus aguas residuales recolectadas y tratadas y el 12% se utilizan de solución individual, o sea, el 55% de la población urbana brasileña puede ser considerada provista con atención adecuada a la luz de los conceptos del PLANSAB; el 18% tienen sus aguas residuales recolectadas y no tratadas, lo que puede ser considerada como una atención precaria; y el 27% no cuentan ni con recolección ni tratamiento, es decir, se encuentran sin atención por servicio de alcantarillado sanitario.

La parte de la carga total de aguas residuales generadas en las ciudades brasileñas que alcanza los cuerpos de agua es denominada carga remaneciente. Para la estimativa de esa parte se utilizó el balance de cargas, que comprende la división de las aguas residuales generadas considerando sus distintas formas de encaminamiento, por ser las principales: la recolección (con o sin tratamiento), la solución individual (fosa séptica) y el lanzamiento a cielo abierto o la solución precaria (sin recolección y disposición en fosa negra).

De las 9,1 mil toneladas de DBO generadas diariamente por las aguas residuales de la población urbana del País, 5,6 mil toneladas son recolectadas y dejan de circular a cielo abierto (el 61%). Parte de la cantidad recolectada (1,7 mil t DBO/día) no es sometida a cualquier tipo de tratamiento, mientras cerca de 3,9 mil toneladas son encaminadas para tratamiento colectivo, donde una parte de la carga orgánica (DBO) es removida en las PTARs con distintos niveles de eficiencia.

En relación a la parte recolectada (3,5 mil t DBO/día), cerca de 1,1 mil toneladas son encaminadas para fosas sépticas y las 2,4 mil toneladas que quedan son dispuestas diariamente a cielo abierto o encaminadas para soluciones precarias de agotamiento (incluida aquí la carga orgánica de las aguas residuales encaminadas para fosas sépticas o fosas negras).



Arroyo en Área Urbana
Banco de imágenes Shutterstock

METODOLOGÍA DE BALANCE DE CARGAS

La distribución de las partes consideradas en el balance de cargas se basó en los conceptos presentados por el Plan Nacional de Saneamiento Básico – PLAN SAB, que encuadra los municipios en tres grupos de atención: (i) atención adecuada, (ii) atención precaria y (iii) sin atención.

El PLAN SAB clasifica como “atención adecuada” aquella suplida por fosa séptica (se presupone la “fosa séptica sucedida por postratamiento o unidad de disposición final, adecuadamente proyectadas y construidas”) o por red recolectora de aguas residuales seguida de tratamiento. Las situaciones encuadradas como “atención precaria” significan que el servicio es ofertado en condiciones insatisfactorias, potencialmente comprometedoras de la salud humana y de la calidad del medio ambiente. Por fin, la parte que no se encuadra en ninguna de las clases anteriores es considerada como “sin atención” (sin recolección ni tratamiento).

La estimativa de cada parte de la carga orgánica asociada a las aguas residuales (expresada en la forma de DBO) fue objetivo de metodología que utilizó datos de población urbana, de cobertura de alcantarillado, de eficiencias de remoción de los procesos de tratamiento empleados y de población atendida

por solución individual (fosas sépticas). Esa metodología fue aplicada para las sedes urbanas de los 5.570 municipios brasileños, utilizando siempre la mejor información disponible para cada sistema de alcantarillado sanitario, privilegiando los datos primarios (obtenidos directamente de los responsables por los servicios de alcantarillado sanitario en el municipio). En el caso de la información acerca de las fosas sépticas, fueron utilizados los datos de la Investigación Nacional de Saneamiento Básico del IBGE realizada en 2008 y publicada en 2010.

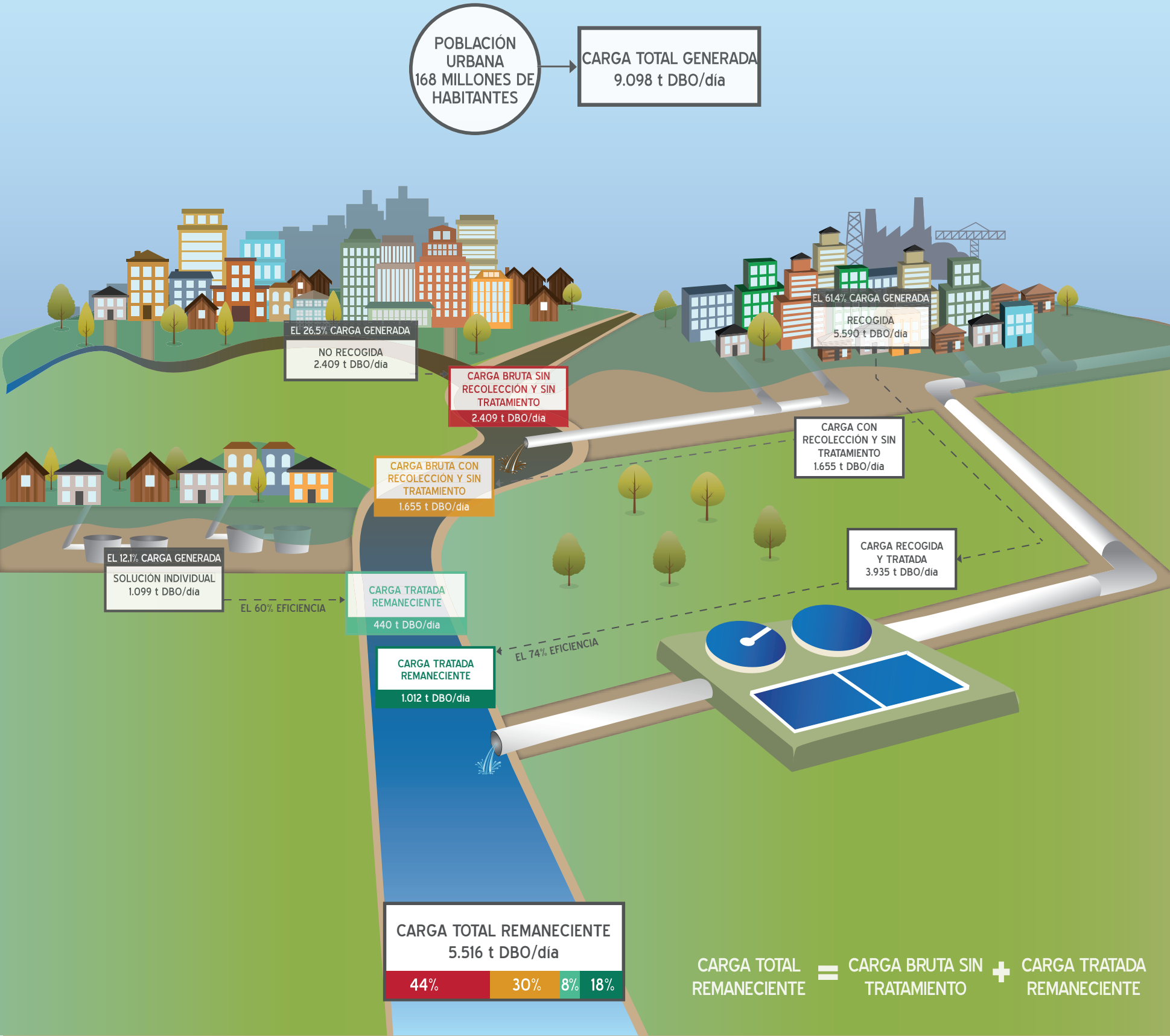
Fueron consideradas reducciones en la DBO de las partes de las cargas orgánicas de las aguas residuales con recolección y tratamiento y de aquellas encaminadas para fosas sépticas, reconocidas en el PLAN SAB como “atención adecuada”. Para las demás partes no fueron aplicadas reducciones, considerándose la dificultad metodológica de cualquier estimativa confiable para la reducción a ser aplicada a las cargas orgánicas de las aguas residuales cuyo destino son fosas rudimentarias, lanzamientos a cielo abierto o lanzamientos en desagües antes de alcanzar efectivamente los cuerpos hídricos.

En relación con el cálculo de la reducción y de la respectiva carga remaneciente de DBO proveniente de la parte de las aguas residuales recogidas y tratadas, fueron utilizadas las eficiencias de las PTAR identificadas, considerando, en cada municipio, la población urbana atendida por ese servicio. Para la población servida por solución individual (fosas sépticas con operación adecuada) se consideró una remoción del 60% de la carga orgánica.

CARGA TOTAL GENERADA		DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA GENERADA		CARGA REMANECIENTE*
9.098 t DBO/día	CON RECOLECCIÓN 5.590 t DBO/día (el 61%)	CON RECOLECCIÓN Y CON TRATAMIENTO 3.935 t DBO/día (el 43%)	1.012 t DBO/día (el 18%)	5.516 t DBO/día
		CON RECOLECCIÓN Y SIN TRATAMIENTO 1.655 t DBO/día (el 18%)	1.655 t DBO/día (el 30%)	
	SIN RECOLECCIÓN 3.508 t DBO/día (el 39%)	SOLUCIÓN INDIVIDUAL 1.099 t DBO/día (el 12%)	440 t DBO/día (el 8%)	
		SIN RECOLECCIÓN Y SIN TRATAMIENTO 2.409 t DBO/día (el 27%)	2.409 t DBO/día (el 44%)	

* La carga remaneciente consideró la disminución de las parcelas removidas en el tratamiento y en las soluciones individuales.

BALANCE DE CARGA DE ALCANTARILLADOS
PANORAMA BRASIL - SITUACIÓN ACTUAL



Al evaluarse las cargas remanecientes, de las cuales son descontadas las partes removidas en el tratamiento colectivo y en las soluciones individuales, se puede inferir una asociación con la densificación poblacional, así como observar el impacto de la infraestructura en el alcantarillado sanitario existente en la reducción de la carga de aguas residuales con potencial para alcanzar los cuerpos receptores.

Considerándose la suma de las cargas remanecientes de aguas residuales en todo el País, calculadas en base a la infraestructura de recolección y tratamiento existente y del respectivo nivel de eficiencia, se estima que más de 5,5 mil toneladas de DBO/día puedan alcanzar los cuerpos hídricos.

En función de las variaciones de contingente poblacional y de infraestructura de saneamiento entre las regiones brasileñas, son observadas grandes diferencias en los cuantitativos de la carga generada y en la distribución de las formas de encaminamiento de las aguas residuales, con consecuente rebatimiento en los totales de las cargas remanecientes.

La Región Sureste es responsable por cerca del 45% de la carga orgánica generada (4,2 mil t DBO/día). Mientras tanto, si por un lado concentra la mayor cantidad de la carga generada, por otro, posee la mayor parte de esa carga recogida y tratada en PTARs, cuyo servicio alcanza más de la mitad de sus habitantes. Es importante subrayar que, a pesar de eso, el Sureste posee

parte significativa de aguas residuales recolectadas y no encaminadas para tratamiento (el 29%) o, aún, sin recolección ni tratamiento (el 13%).

En el lado opuesto, la Región Norte es responsable por la menor parte de generación de carga (684 t DBO/día), pero también posee el menor porcentual de carga sometida a algún proceso de tratamiento, colectivo o individual. Esto significa que cerca del 67% del total generado en la región no recibe cualquier tipo de tratamiento. En el Noreste también es significativa la parte de la carga sin cualquier tratamiento, superando los 50%.

En la Región Sur llama la atención la significativa parte de la carga encaminada para fosas sépticas (el 25%). En el Centro Oeste casi toda la parte de la carga recolectada es tratada (solamente el 2% de la carga generada en la Región fue estimada como recolectada y no tratada). Se subraya, sin embargo, que esas dos regiones también tienen significativa insuficiencia de atención, con el 35% y el 37% de las aguas residuales sin cualquier tratamiento, respectivamente, para el Sur y para el Centro Oeste.

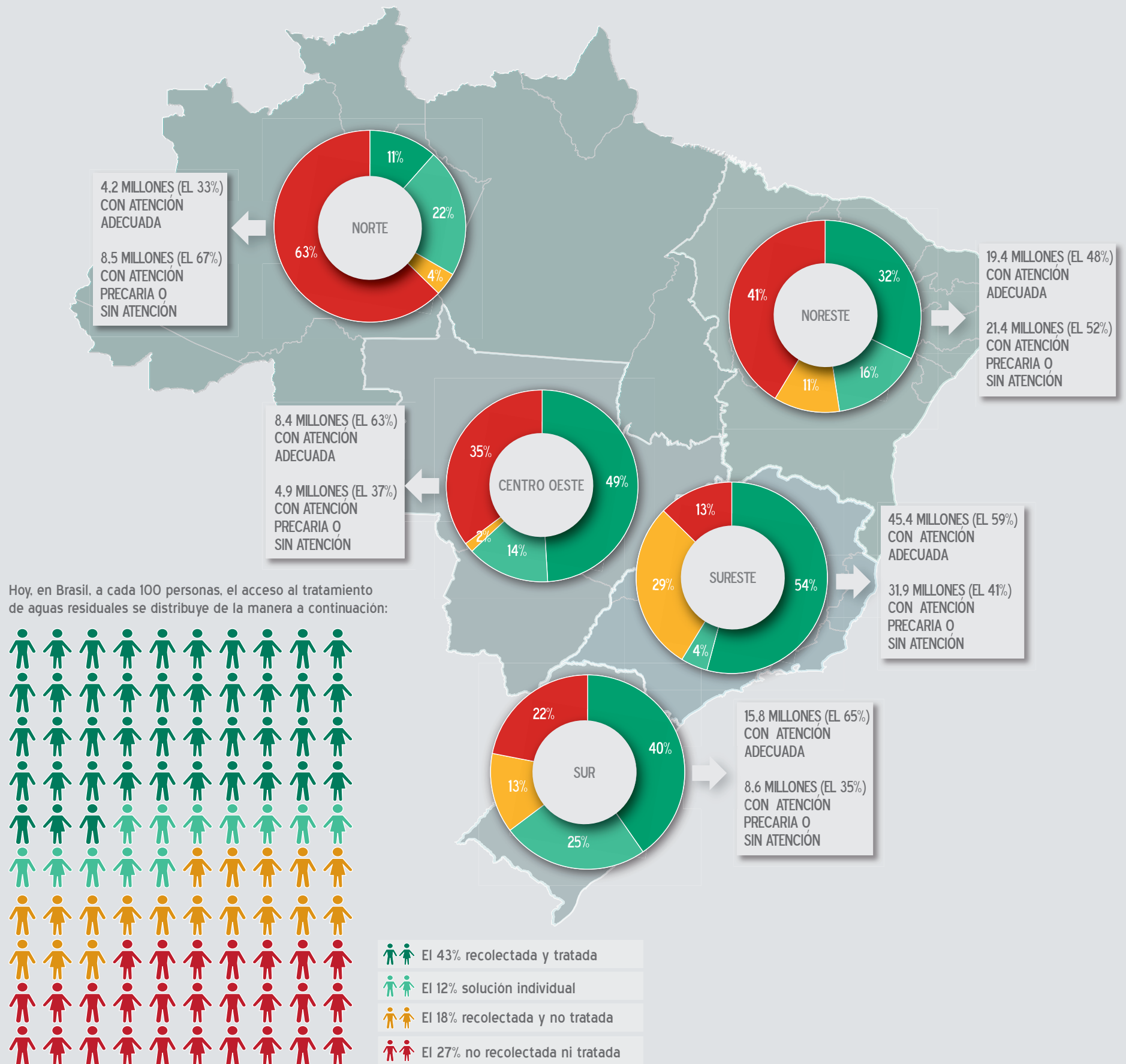
En la Región Sureste, la más poblada, se estima una carga remaneciente de 2,3 mil toneladas de DBO/día, a pesar de presentar una mejor cobertura en servicios de recolección y tratamiento de aguas residuales en relación a las otras regiones. Esa es una carga significativa, que representa poco más de la mitad de la carga total generada en sus ciudades y más del 40% del total de carga remaneciente del País.

Las regiones Norte y Noreste, a su vez, presentan los valores de carga remaneciente más cercanos a sus cargas generadas (el 79% y el 73%, respectivamente) en función de los bajos índices de atención adecuada de alcantarillado sanitario para sus poblaciones.

DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA GENERADA EN BRASIL POR REGIÓN GEOGRÁFICA						
REGIÓN GEOGRÁFICA	CARGA TOTAL GENERADA (t DBO/día)	DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA GENERADA (t DBO/día)				CARGA REMANECIENTE* (t DBO/día)
		RECOGIDA Y TRATADA	SOLUCIÓN INDIVIDUAL	RECOLECCIÓN NO TRATADA	NO RECOGIDA Y NO TRATADA	
NORTE	684	79	149	27	429	541
NORESTE	2.204	711	338	245	910	1.602
SURESTE	4.174	2.261	189	1.195	528	2.290
SUR	1.319	532	322	176	289	707
CENTRO OESTE	717	352	101	12	253	376
BRASIL	9.098	3.935	1.099	1.655	2.409	5.516

* La carga remaneciente consideró la disminución de las parcelas removidas en el tratamiento y en las soluciones individuales.

PANORAMA GENERAL DE LA RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Las 100 ciudades más pobladas del País son responsables por aproximadamente 2,2 mil toneladas de DBO/día de carga remaneciente (cerca del 40% del total), a pesar de que mitad de esa carga provienen de 15 ciudades con poblaciones urbanas superiores a 1 millón de habitantes cada. Para efecto de comparación, los cerca de 5 mil municipios con población urbana inferior a 50 mil habitantes, que representan el 90% del total de ciudades brasileñas, son responsables por un aporte de carga remaneciente total de cerca de 1,9 mil toneladas de DBO/día.

La gran mayoría de las ciudades brasileñas (cerca de 3,9 mil ciudades) presenta niveles de remoción inferiores al 30% de la carga orgánica generada, de las cuales poco más de 3,7 mil no poseen sistema colectivo de tratamiento de aguas residuales. En el otro extremo,

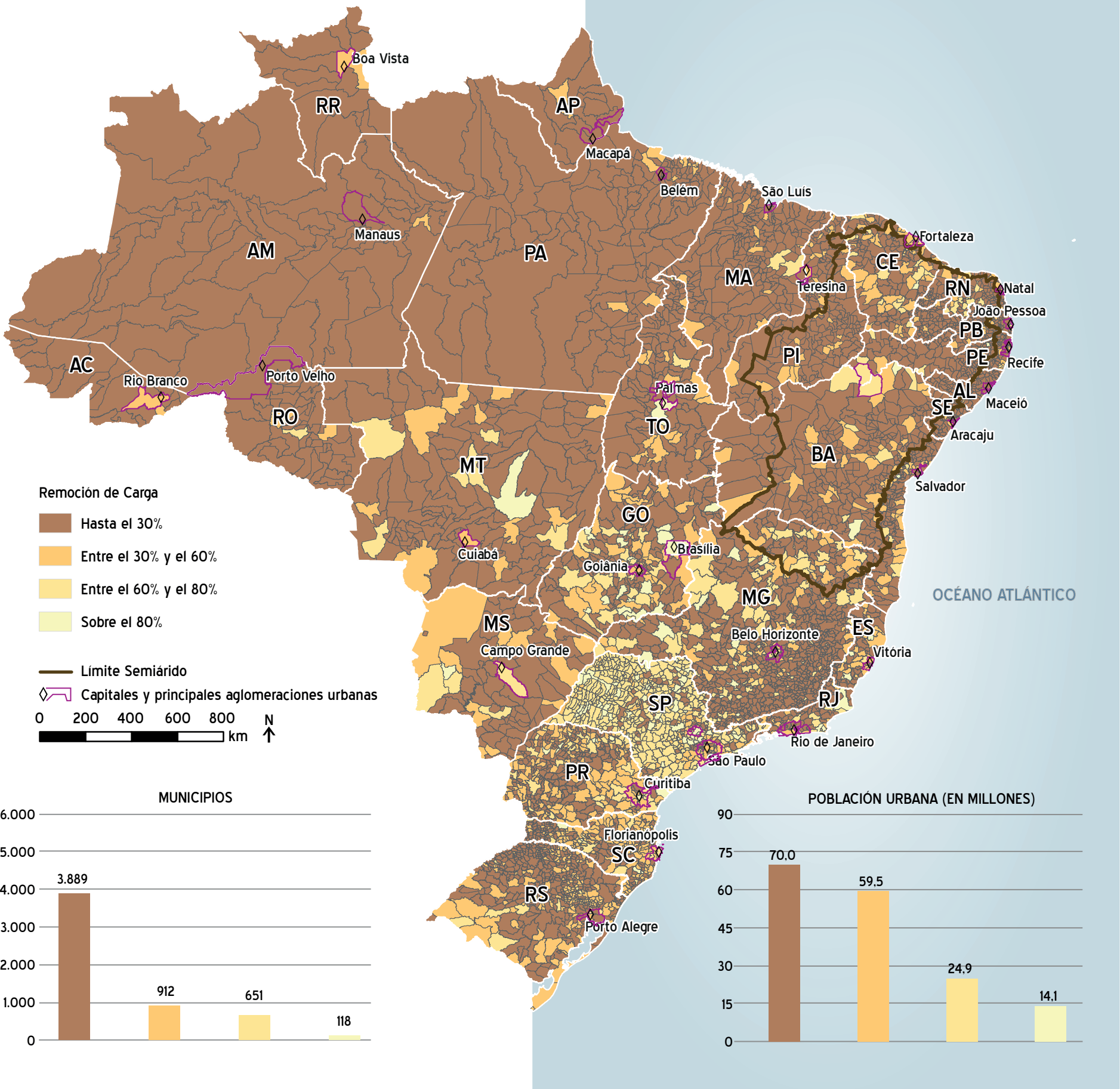
solamente 118 ciudades consiguen remover más del 80% de la DBO.

En todas las regiones geográficas también hay predominancia de ciudades con bajos niveles de remoción de la carga orgánica. La Región Sureste desentona de las demás en relación al número de ciudades con remoción superior al 60%: más de 500 sedes urbanas. En el estado de São Paulo, 461 de las 645 ciudades (más del 70%) presentan niveles de remoción de carga orgánica superior al 60%. De estas, 61 remueven más del 80% de la DBO total de las aguas residuales generadas.

En las UF se verifica que, a la excepción del Distrito Federal y de los estados de São Paulo y Paraná, todas tienen una estimativa de carga removida inferior a los 50%. El Distrito Federal posee una adecuada infraestructura de alcantarillado sanitario, por ser la única UF en que la remoción de la carga generada es superior a los 60%, y remueve el 82% de la carga generada.

DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA EN BRASIL POR ESTADO Y POR REGIÓN GEOGRÁFICA									
REGIÓN GEOGRÁFICA	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	POBLACIÓN URBANA (en mil hab.)	CARGA GENERADA (t DBO/día)	CARGA RECOLECTADA		CARGA NO RECOLECTADA		CARGA REMANECIENTE (t DBO/día)	PARCELA DE CARGA REMOVIDA
				Tratada (t DBO/día)	No Tratada (t DBO/día)	Solución Individual (t DBO/día)	No Tratada (t DBO/día)		
NORTE	Acre	562,8	30,4	10,2	0,6	3,9	15,7	19,9	35%
	Amapá	658,8	35,6	2,4	0,2	6,0	27,0	30,0	15%
	Amazonas	3.014,2	162,8	30,6	6,0	32,3	94,0	128,0	21%
	Pará	5.611,0	303,0	12,3	15,1	76,6	199,0	248,5	18%
	Rondônia	1.277,3	69,0	2,5	3,6	13,6	49,3	59,0	14%
	Roraima	374,1	20,2	3,0	0,8	6,8	9,7	13,9	31%
	Tocantins	1.169,2	63,1	18,3	0,8	9,9	34,1	41,3	35%
	TOTAL	12.667,4	684,1	79,3	27,1	149,1	428,8	540,6	21%
NORESTE	Alagoas	2.426,3	131,0	21,7	12,0	16,1	81,2	112,6	14%
	Bahia	10.865,0	586,7	298,4	72,2	33,0	183,1	451,8	23%
	Ceará	6.569,3	354,7	141,0	14,0	108,2	91,4	197,4	44%
	Maranhão	4.283,4	231,3	9,1	30,0	51,4	140,8	193,5	16%
	Paraíba	2.956,4	159,6	68,1	25,9	11,0	54,7	102,9	36%
	Pernambuco	7.383,6	398,7	107,5	70,2	45,1	175,9	293,9	26%
	Piauí	2.096,9	113,2	11,4	2,7	32,2	67,0	85,1	25%
	Rio Grande do Norte	2.619,7	141,5	34,6	8,6	31,3	66,9	98,4	30%
	Sergipe	1.616,8	87,2	18,9	9,4	10,0	49,1	65,9	25%
	TOTAL	40.817,4	2.203,9	710,7	245,0	338,3	910,1	1.601,5	27%
SURESTE	Espírito Santo	3.136,5	169,4	69,5	33,1	7,7	59,2	105,4	38%
	Minas Gerais	17.705,0	956,1	418,1	403,9	23,6	110,5	612,0	36%
	Rio de Janeiro	15.922,1	859,8	363,2	262,7	75,9	158,0	587,5	32%
	São Paulo	40.521,4	2.188,2	1.410,4	495,0	82,6	200,2	985,6	55%
	TOTAL	77.285,0	4.173,5	2.261,2	1.194,7	189,8	527,9	2.290,5	45%
SUR	Paraná	9.397,5	507,5	325,0	5,6	57,3	119,4	219,3	57%
	Rio Grande do Sul	9.477,2	511,8	134,2	144,2	122,9	110,4	331,0	35%
	Santa Catarina	5.557,4	300,1	72,8	26,1	141,9	59,3	156,3	48%
	TOTAL	24.432,1	1.319,4	532,0	175,9	322,1	289,1	706,6	46%
CENTRO OESTE	Distrito Federal	2.694,3	145,5	120,9	0,0	12,0	12,5	26,7	82%
	Goiás	5.801,9	313,3	149,9	7,9	41,0	114,5	184,8	41%
	Mato Grosso	2.617,2	141,3	31,8	3,0	29,5	77,0	98,0	31%
	Mato Grosso do Sul	2.170,4	117,2	49,4	0,9	17,9	48,9	66,8	43%
	TOTAL	13.283,8	717,3	352,0	11,8	100,4	252,9	376,3	48%
BRASIL		168.485,7	9.098,2	3.935,2	1.654,5	1.099,7	2.408,8	5.515,5	39%

REMOCIÓN DE LA CARGA DE ALCANTARILLADOS URBANOS



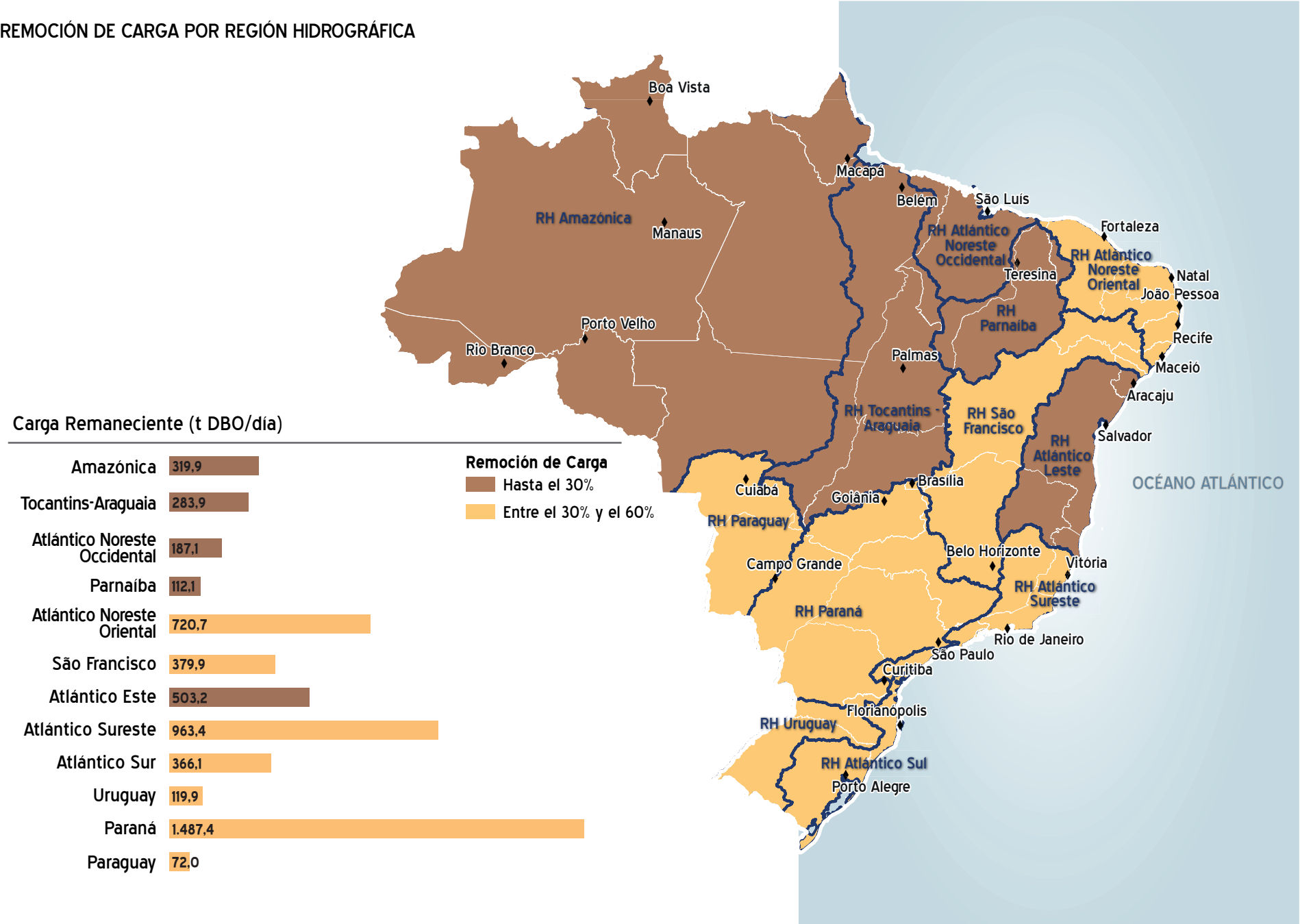
Conocer la parte de la carga orgánica removida permite tener una buena visión de los esfuerzos que ya han sido emprendidos en el tratamiento de las aguas residuales. Mientras tanto, es fundamental no dejar de fijarse en la evaluación de la carga contaminante remaneciente en cuanto a sus potenciales impactos en los cuerpos hídricos y en la salud humana, puesto que en las ciudades más pobladas, pese a los altos niveles de remoción, la carga residual puede ser significativa.

En el recorte de las Regiones Hidrográficas del País, la RH Paraná posee la mayor población urbana y el mayor número de municipios, incluyendo 6 grandes aglomeraciones urbanas. Es la Región con mayores niveles de tratamiento de Brasil, siendo la remoción de carga orgánica superior al 60% en más de 500 ciudades, con atención a una población superior a 22 millones de personas. No obstante, así permanece la mayor carga residual con potencial de causar impacto en los cuerpos hídricos.

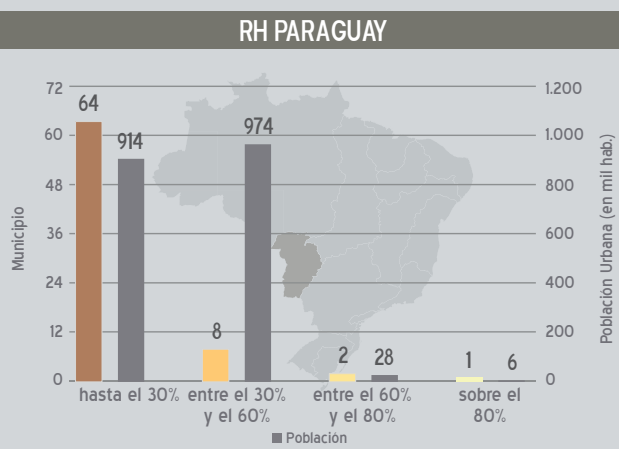
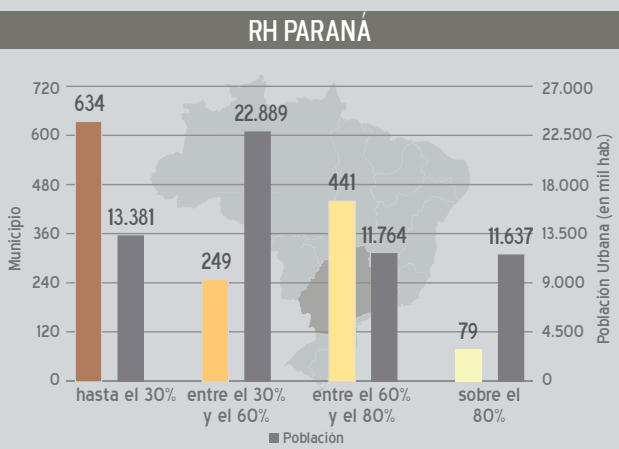
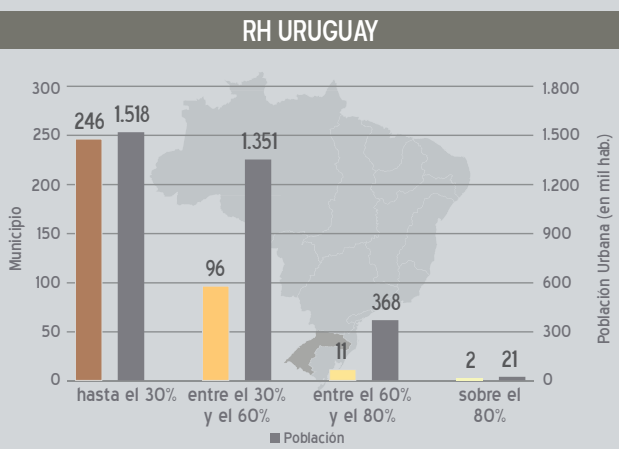
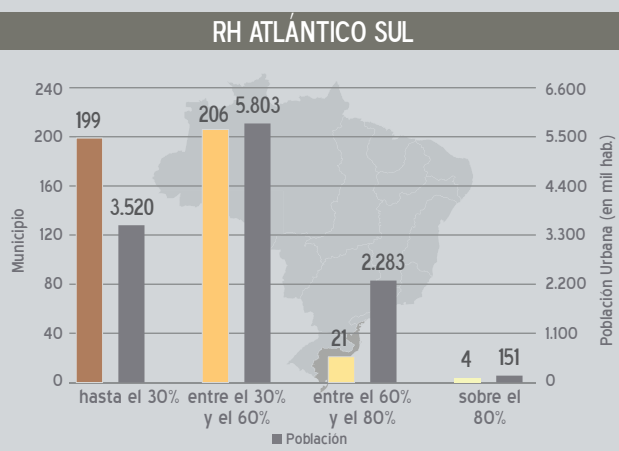
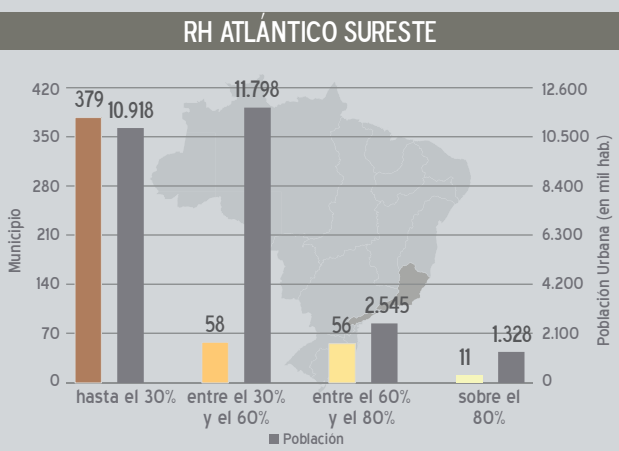
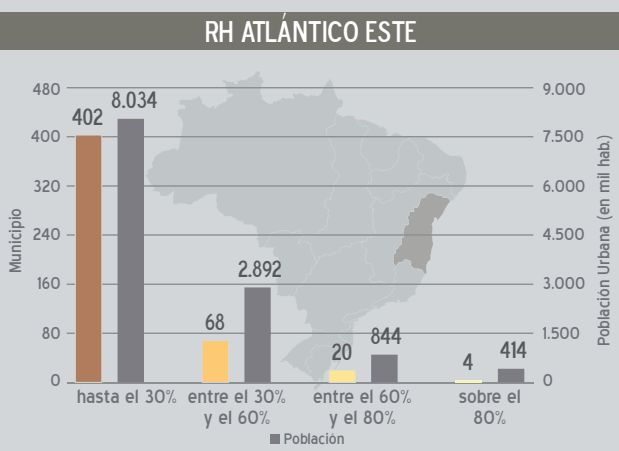
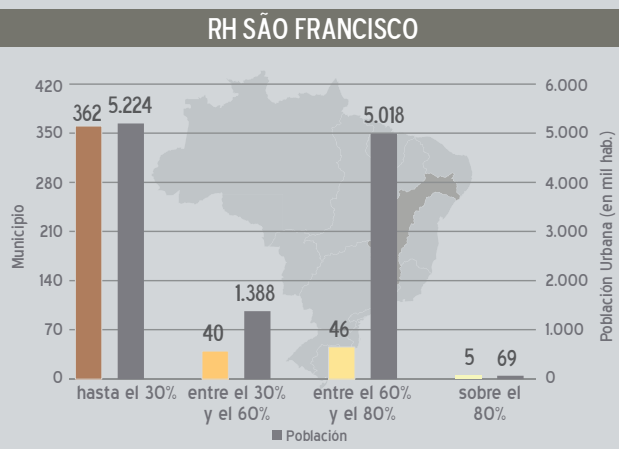
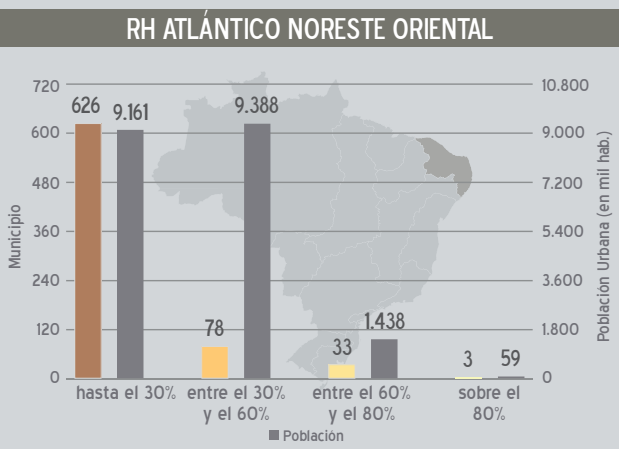
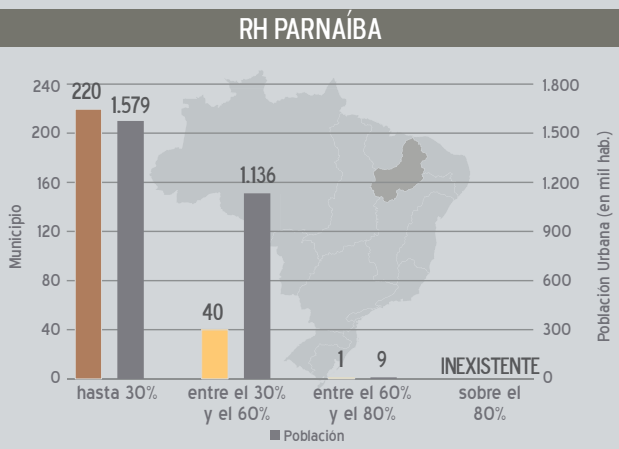
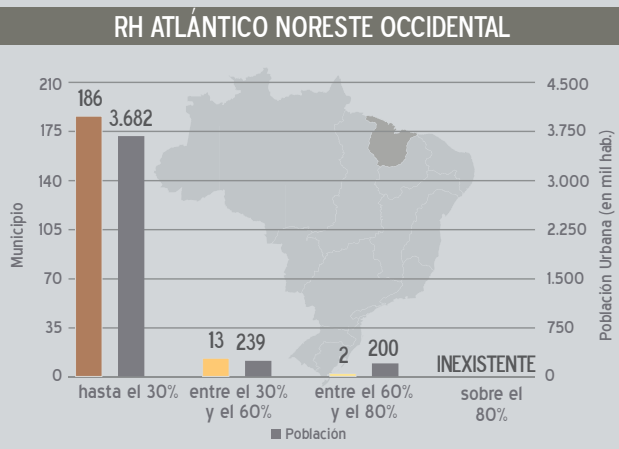
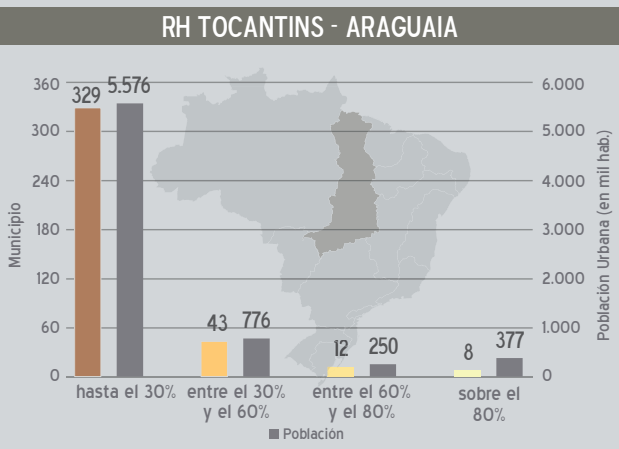
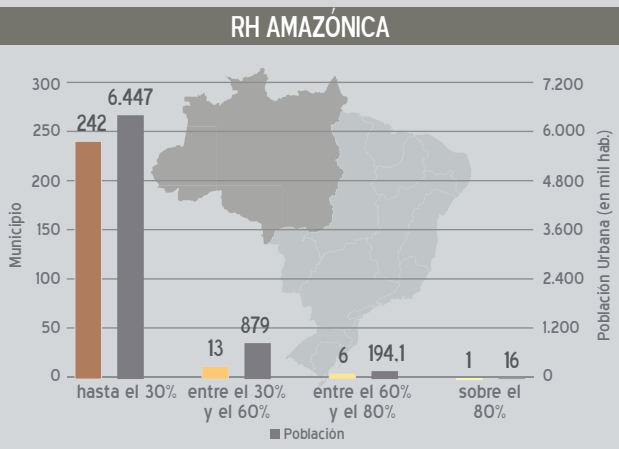
Las RH Atlántico Sureste y Atlántico Noreste Oriental vienen en seguida en relación con la carga residual. En esas regiones hay un elevado contingente poblacional y gran número de municipios con baja capacidad de remoción de la carga orgánica, con destaque para la cuenca hidrográfica del río Paraíba do Sul y cuencas costeras, respectivamente en cada RH.

En las RH Amazónica, Tocantins-Araguaia y Atlántico Noreste Occidental notablemente predominan las poblaciones en municipios con bajísima remoción de carga orgánica (hasta el 30%). La existencia de ríos caudalosos, especialmente en las dos primeras regiones, puede llevar al entendimiento de que las aguas residuales serán diluidas por sus aguas. Sin embargo, esa no es una visión adecuada, una vez que la ausencia de alcantarillado sanitario adecuado en esos municipios tiene el potencial de impactar los canales y ríos urbanos y agravar la situación de salud pública local.

REMOCIÓN DE CARGA POR REGIÓN HIDROGRÁFICA



FRANJAS DE REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA POR REGIÓN HIDROGRÁFICA



2.5 | RESULTADOS POR MUNICIPIO

Para la representación gráfica de los Sistemas de Alcantarillado sanitario (existentes y propuestos) de todas las sedes urbanas contempladas en el estudio, fueron elaborados croquis estandarizados, disponibles en las páginas web de ANA (www.ana.gov.br) y del Sistema Nacional de Informaciones sobre Recursos Hídricos - SNIRH (www.snirh.gov.br).

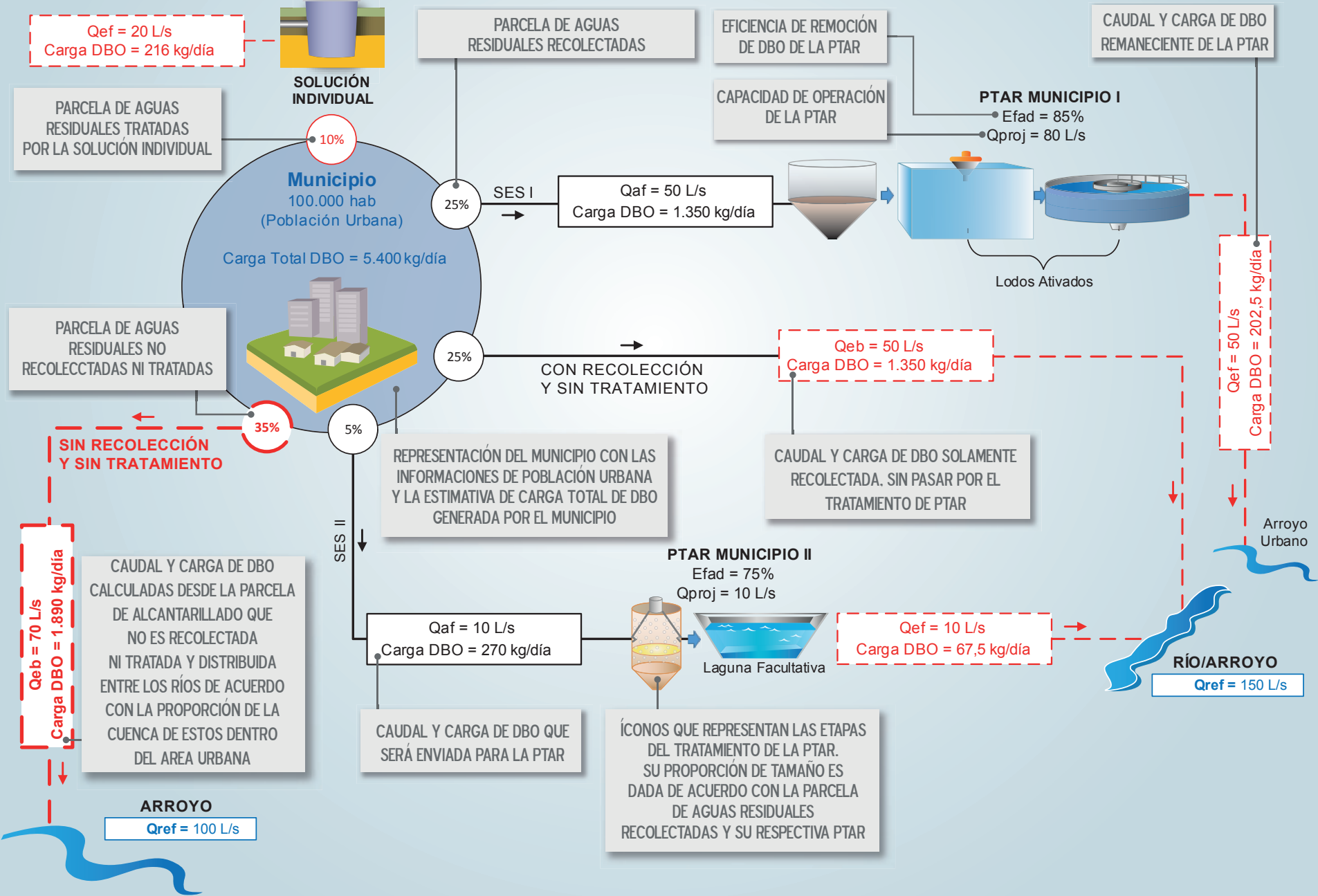
En los croquis están identificadas todas las partes de aguas residuales: recolectada y tratada, recolectada y no tratada, atendida por la solución individual con fosa séptica y sin ningún

tipo de atención. En ese contexto, están representadas las etapas de proceso de tratamiento de la etapa líquida de los efluentes. Por fin, están representados los cuerpos receptores de los lanzamientos de aguas residuales brutas y/o remaneciente. Cuando las coordenadas de lanzamiento no fueron informadas, fue adoptado como destinación final del efluente el cuerpo receptor de mayor caudal de la ciudad.

En los estudios, fueron considerados el caudal y la carga total de DBO generada por la ciudad a fin de identificar la adecuación de la capacidad de operación de las PTARs, así como la capacidad de autodepuración de los cuerpos hídricos cuanto al efluente lanzado en el mismo.

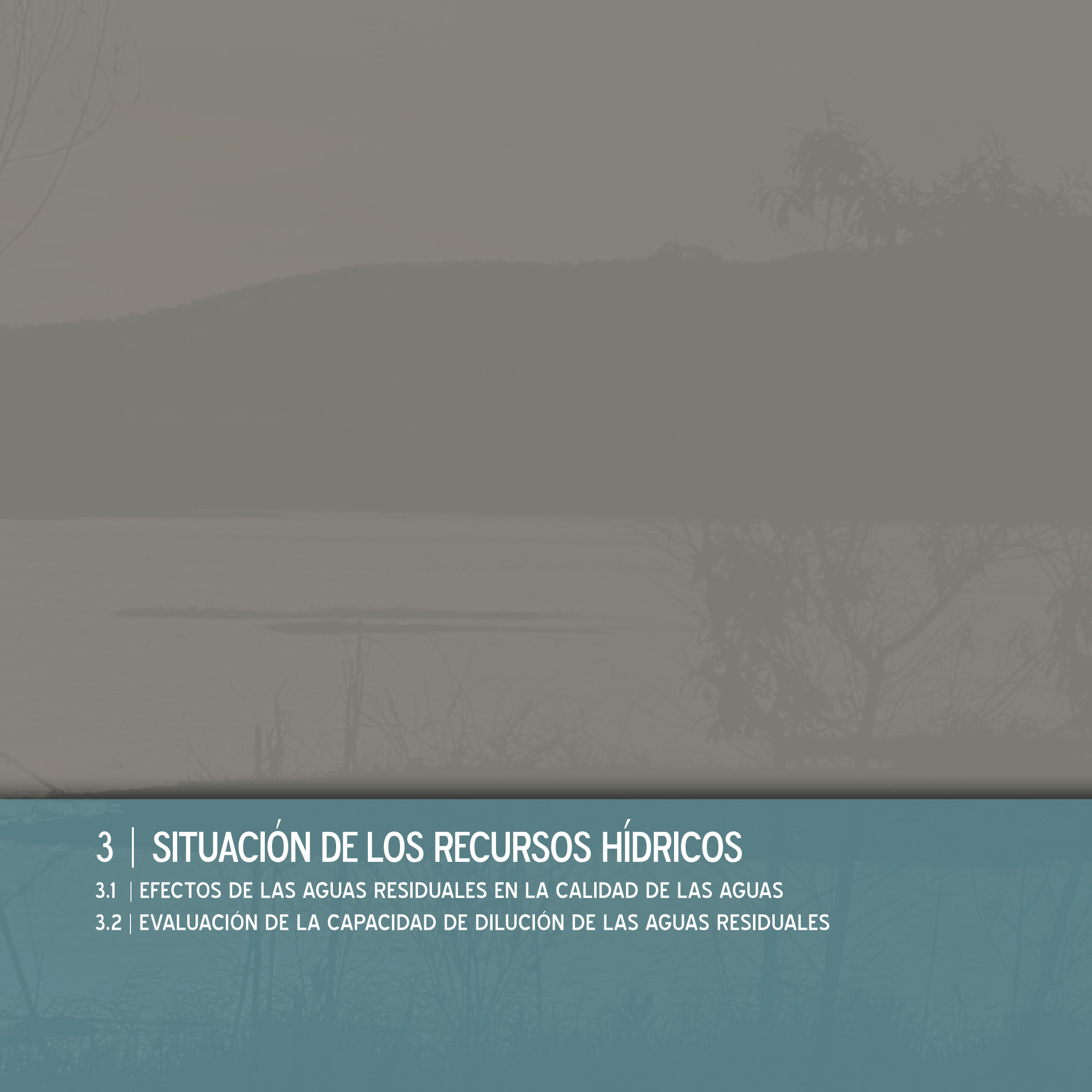
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA GENERACIÓN, RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LAS CARGAS DE ALCANTARILLADOS EN LAS CIUDADES BRASILEÑAS

Para cada uno de los 5.570 municipios de Brasil, fue hecha una representación gráfica de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado sanitario. El siguiente modelo explica la representación.



Leyenda		
Qaf: Caudal afluente	Qeb: Caudal de agua residual bruta	PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Qef: Caudal efluente	Qref: Caudal de referencia	DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
Qproj: Caudal de proyecto	Efad: Eficiencia adoptada (proyecto, operación o literatura)	SES: Sistema de Alcantarillado Sanitario





3 | SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1 | EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

3.2 | EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

3.1 | EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS

El lanzamiento de aguas residuales en los cuerpos hídricos sin el adecuado tratamiento tiene resultado en el comprometimiento de la calidad del agua, principalmente próximo a las áreas urbanas, y puede impactar en la salud de la población y hasta inviabilizar la atención de usos río abajo, especialmente el suministro humano.

El Informe de Panorama de los Recursos Hídricos en Brasil publicado en 2015 mostró que el 21% de los puntos de monitoreo localizados en cuerpos de agua próximos a áreas urbanas resultaron en un Índice de Calidad de las Aguas - ICA malo o muy malo, mientras para todo el universo de puntos monitoreados los resultados malo o muy malo fueron cerca del 7%.

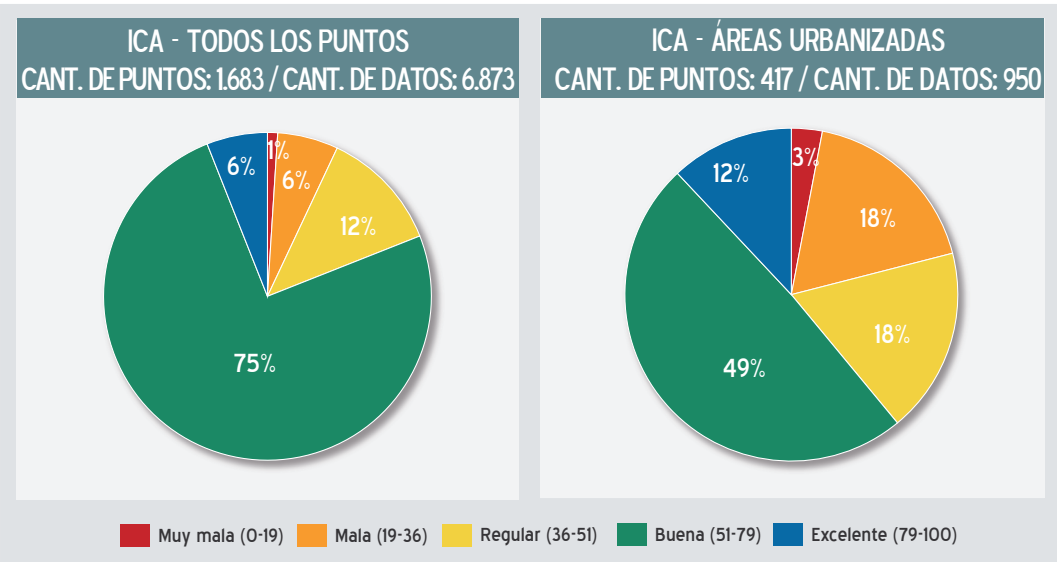
Eso corrobora la percepción de que muchos problemas de calidad de agua, especialmente relacionados al aporte de materia orgánica y nutrientes, están concentrados próximos a grandes aglomeraciones urbanas e indican la contaminación por aguas residuales lanzadas sin el tratamiento adecuado.

La recolección y el tratamiento de las aguas residuales generadas, que sea capaz de mitigar impactos en la salud pública y en los recursos hídricos, no puede prescindir de una evaluación de la capacidad de dilución de los respectivos cuerpos receptores y de la necesidad de compatibilización con la calidad requerida para el mantenimiento de los diversos usos del agua presentes en esos cuerpos hídricos. El encuadramiento de los cuerpos de agua según los usos preponderantes, instrumento previsto en la Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, es el principal guía para tal evaluación.

Para cuantificar el impacto de los lanzamientos de aguas residuales urbanas en los cuerpos de agua, considerando el encuadramiento vigente, fue aplicada una metodología con apoyo de modelado matemático de la calidad del agua. Las cargas consideradas en el modelado fueron obtenidas del detalle de los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas residuales de las ciudades.

Los resultados del modelado reflejan la capacidad de los cuerpos receptores para asimilar los lanzamientos de aguas residuales urbanas de cada ciudad sin comprometer la clase de encuadramiento en cada tramo de río. El análisis fue realizado considerando el efecto cumulativo de los efluentes en la cuenca, de forma que la influencia de los lanzamientos río arriba fuera contemplada en la evaluación de la capacidad de dilución de los tramos localizados río abajo.

Además de la DBO, fueron también evaluados los parámetros Fósforo y Nitrógeno en las simulaciones de la situación futura, como forma de identificar grupos de ciudades y/o cuencas hidrográficas que demandan atención especial cuanto a la remoción de esos nutrientes. La verificación del Fósforo fue realizada con enfoque en la influencia de las cargas afluentes a los lagos y embalses, con el objetivo del control del problema de eutrofización. En el caso del Nitrógeno, la evaluación tuvo como enfoque la potencial contaminación de manantiales río abajo.



Fuente: Panorama de Recursos Hídricos – Informe 2015, ANA

ENCUADRAMIENTO

Ese instrumento tiene el objetivo de asegurar a las aguas calidad compatible con los usos más exigentes a que sean destinadas y disminuir los costos de combate a la contaminación mediante acciones preventivas permanentes. Los parámetros y límites para la clasificación de las aguas de acuerdo con sus usos preponderantes (clases de encuadramiento) están establecidos en la Resolución CONAMA n.º 357/2005, complementada y alterada cuanto a las condiciones y estándares de lanzamiento de efluentes por la Resolución n.º 430/2011 del mismo Consejo.

Resumidamente, para las aguas dulces se tienen los siguientes usos, por clase:

- **Clase especial:** preservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas en unidades de conservación de protección integral, suministro humano después de sencilla desinfección y demás usos de las clases 1 a 4;
- **Clase 1:** protección de las comunidades acuáticas en tierras indígenas, suministro para consumo humano con tratamiento simplificado, riego de hortalizas consumidas crudas/frutas que se desarrollan cerca del suelo y demás usos de las clases 2 a 4;
- **Clase 2:** protección de las comunidades acuáticas, suministro para consumo humano después del tratamiento convencional, riego de hortalizas, plantas fructíferas y de jardines y parques, recreación de contacto primario, acuicultura, pesca y demás usos de las clases 3 y 4;
- **Clase 3:** suministro para consumo humano después del tratamiento convencional o avanzado, riego de culturas arbóreas, de cereales y forrajeras, recreación de contacto secundario, pesca aficionada y demás usos de la clase 4;
- **Clase 4:** navegación y armonía paisajística.

MODELADO DE CALIDAD DE AGUA

El modelado utilizado para evaluación de los cuerpos hídricos utilizó como base:

- Hidrografía multiescalar de ANA dividida en tramos y subcuencas, con información de los respectivos caudal y área;
- Base de datos de embalses elaborada por ANA con información de caudales, volumen, área y tiempo de permanencia;
- Base de datos de captaciones superficiales del *ATLAS Brasil: Suministro Urbano de agua*;
- Base de datos de estaciones de tratamiento de aguas residuales elaborada en base a las visitas de campo y contacto con los prestadores de servicio;
- Polígonos de las áreas urbanas, definidos desde la base Áreas Edificadas del IBGE de 2013, complementada y refinada a través de la consulta a los trabajos enumerados a continuación: (i) Áreas Urbanizadas - IBGE, 2005: Grandes Concentraciones Urbanas, Ciudades con más de 100 mil habitantes y Ciudades Costeras; (ii) Sectores Censitarios - IBGE, 2010; y, (iii) Refinamiento manual, con auxilio de la herramienta *Google Earth*.

Las áreas urbanas fueron sobrepuestas a la hidrografía y sus respectivas subcuencas para distribución de las cargas remanecientes de aguas residuales asociadas a los respectivos cuerpos hídricos. Así, fue posible identificar las parcelas asociadas a cada tramo de río, suministrando subsidios para la evaluación del impacto de las mismas a través de la simulación de los parámetros de calidad de agua, tanto en la situación actual cuanto para el año de 2035.

Parámetro DBO:

El proceso de evaluación de DBO fue estructurado con el objetivo de calcular la concentración del parámetro en el final de cada tramo de río en el caudal de referencia $Q_{95\%}$.

Fue utilizado en el modelado un esquema de análisis acumulado de cargas de aguas arriba para aguas abajo, haciéndose la diferenciación entre ambientes lénticos y lóticos. Como contribución per cápita fue utilizado el valor de 54 g DBO/hab.día. La reducción de las concentraciones en el cuerpo hídrico fue contabilizada a través de solución analítica de decaimiento de primera orden:

C = C_0 e^{-k_d t}

donde:
C es la concentración de DBO (mg/L) a lo largo del tiempo t;
C_0 es la concentración inicial de DBO (mg/L);
t es el tiempo (día);
k_d es el coeficiente de decaimiento (día⁻¹).

Fueron considerados tres valores para el coeficiente k_d:

Característica	Valor de k_d (d ⁻¹)
Ambientes lóticos y con concentraciones aguas arriba <= 5 mg DBO/L	0,15
Ambientes lóticos y con concentraciones aguas arriba > 5 mg DBO/L	0,25
Ambientes lénticos	0,033

La concentración de DBO resultante en cada tramo fue comparada con los límites establecidos en las clases de encuadramiento y utilizada como referencia para estimativa de las eficiencias de tratamiento requeridas.

Parámetro Fósforo Total:

El proceso de evaluación del Fósforo fue estructurado de forma a suministrar las concentraciones resultantes en los lagos o embalses solamente para el año de 2035. Consideró el aporte de cargas de las ciudades localizadas en el área de contribución de cada lago o embalse, utilizando una contribución per cápita de 1 g P/hab.día. El lago o embalse fue tratado como un reactor bien mezclado y la concentración fue calculada por la ecuación:

C = (L * 10^3) / (V * (1/t + 2/sqrt(t)))

donde:
C es la concentración de fósforo (mg/L) en el embalse;
L es la carga de fósforo (kg/año) afluente al embalse;
V es el volumen del embalse (m³); y,
t es el tiempo de residencia del embalse (año).

La estimativa de la carga afluente al lago o embalse fue realizada desde el caudal y de la concentración en el tramo inmediatamente río arriba de la unidad que fue analizada. La concentración río arriba fue obtenida de forma análoga a la de la DBO, considerando un coeficiente de decaimiento de 0,01 día⁻¹ para el Fósforo.

Los resultados fueron evaluados en relación al impacto en el nivel de trofía de los embalses, comparándose el valor de la carga estimada con una carga límite (calculada en función de la concentración de 0,025 mg P/L, considerada como un valor límite de referencia para eutrofización).

Parámetro Nitrógeno Total:

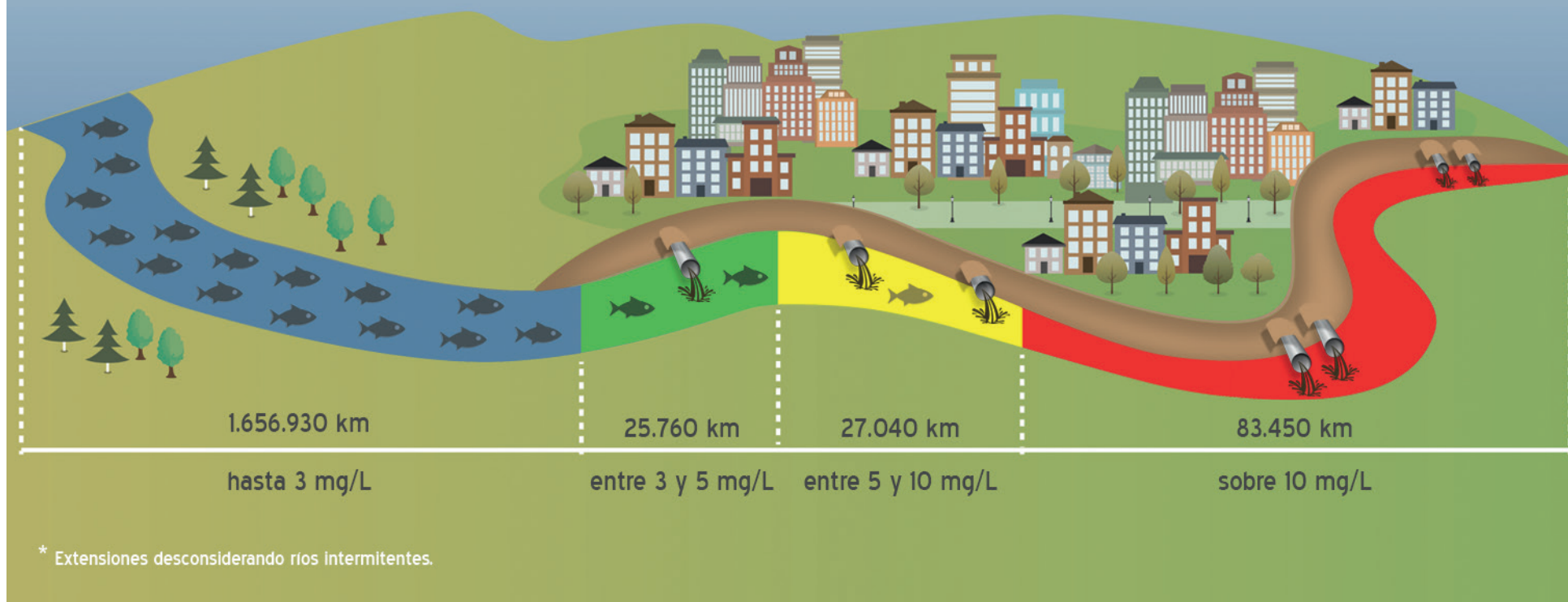
La evaluación del Nitrógeno se basó en un abordaje conservador utilizando en el cálculo la suma de la carga generada por la población de las ciudades localizadas río arriba del respectivo punto de captación, de modo acumulado y sin reducción, considerando una contribución per cápita de 8 g N/hab.día.

La concentración resultante fue calculada para el caudal de referencia del tramo de río donde se localizaba la captación evaluada. Los resultados superiores la 10 mg N/L fueron destacados como tramos que demandan atención en relación al uso para suministro público.

Nota:

El parámetro coliformes termotolerantes, a pesar de ser un importante indicador en salud pública, no fue modelado, pues el resultado no alteraría el tipo de tratamiento requerido. Su eficiente remoción exige el 100% de recogida y proceso de desinfección.

Extensión de los ríos brasileños comprometidos por DBO. Según clases de encuadramiento*



Considerando el caudal $Q_{95\%}$ y los límites establecidos para DBO en las distintas clases de encuadramiento previstas en la Resolución CONAMA n.º 357/2005, se estimó que, del total de la red hídrica evaluada en la situación actual, cerca del 4,5% (83.450 km) tienen concentración de materia orgánica equivalente a los límites establecidos para la clase 4, lo que restringe, significativamente, las posibilidades de uso de esas aguas. Los segmentos comprometidos están localizados próximos a las áreas urbanas más adensadas o en tramos con capacidad de dilución muy reducida.

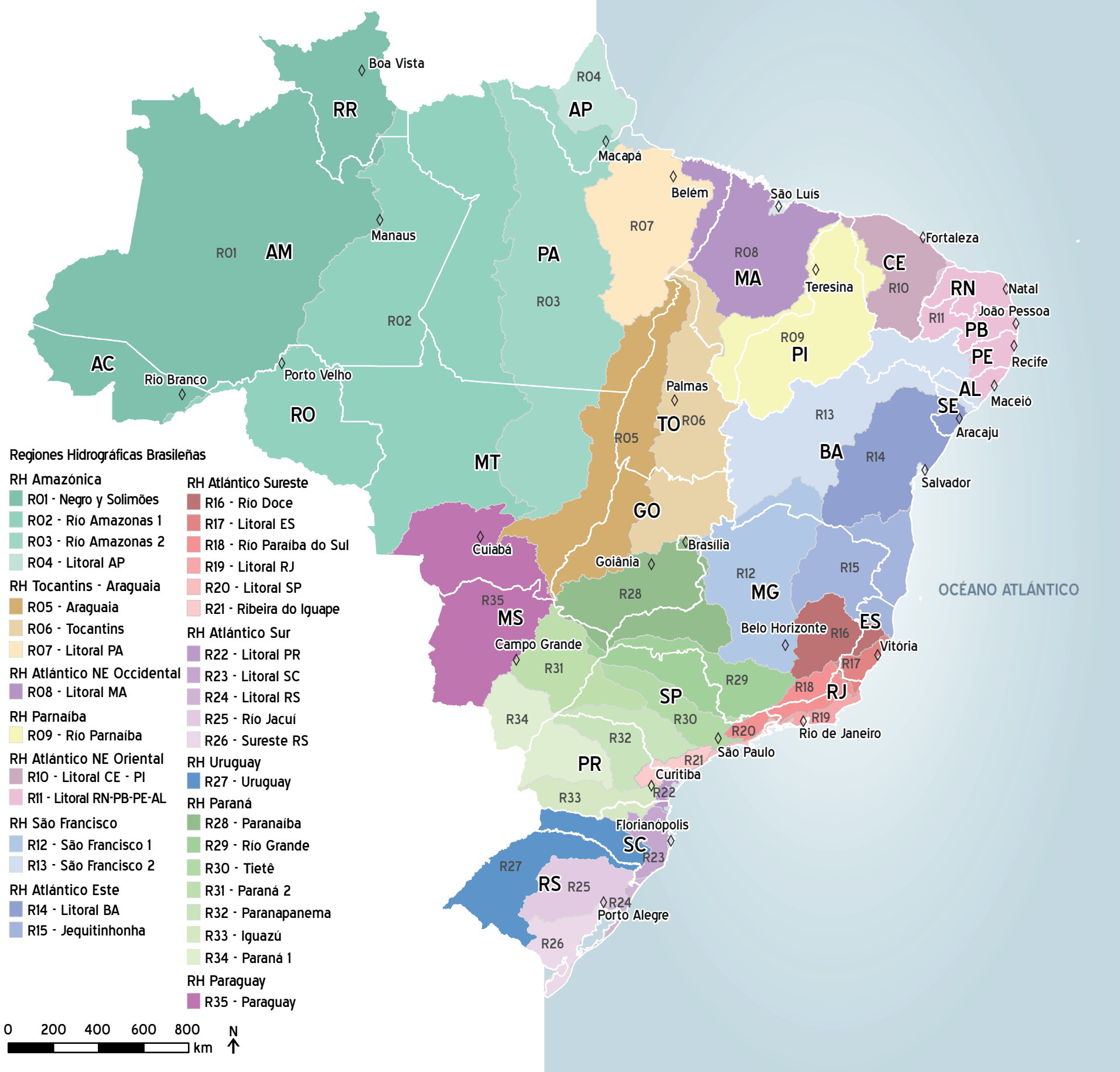
La base de cálculo utilizada en el modelado matemático fue organizada en 35 Unidades de Análisis de las Regiones Hidrográficas - UARH, estructuradas desde las 12 Regiones Hidrográficas Brasileñas - RH definidas por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos - CNRH.

La definición de esas unidades tuvo dos propósitos principales: (i) facilitar el modelado con la subdivisión de las 12 RH en unidades menores; y, (ii) reproducir unidades estratégicas utilizadas por ANA y estados en la planificación de recursos hídricos.

En el análisis de los resultados obtenidos en las 35 UARH es posible identificar una gran ocurrencia de tramos de ríos en desconformidad, principalmente, en la región semiárida y en las UARH de mayor contingente poblacional, notablemente en la porción este del País.

Por otro lado, la menor ocurrencia de tramos en desconformidad se da en la Región Hidrográfica Amazónica, que concentra el 53% de la caudal disponible en Brasil y solamente 13 millones de habitantes (el 7% de la población brasileña). Para efectos de comparación, el Sureste concentra una población 6 veces mayor que el Norte y dispone de solamente el 4% de la disponibilidad hídrica del País. Esta distribución desigual, afecta directamente la calidad de los cuerpos hídricos.

UNIDADES DE ANÁLISIS DE LAS REGIONES HIDROGRÁFICAS



Entre las unidades de análisis, la que posee, proporcionalmente, el mayor porcentual de la extensión de tramos de ríos en desconformidad con el encuadramiento es la que alcanza el Litoral del Rio de Janeiro (R19): el 30,7% de la extensión de los cuerpos de agua. En esa, se encuentran 19 de las 21 ciudades que componen la Región Metropolitana de la Capital del Estado, alcanzando casi 12 millones de brasileños. La parte orgánica remaneciente de las aguas residuales en la UARH es de casi el 70% de la carga generada por la su población, demostrando el bajo nivel de remoción de DBO del efluente, que puede alcanzar los cuerpos hídricos e impactar en la calidad de sus aguas.

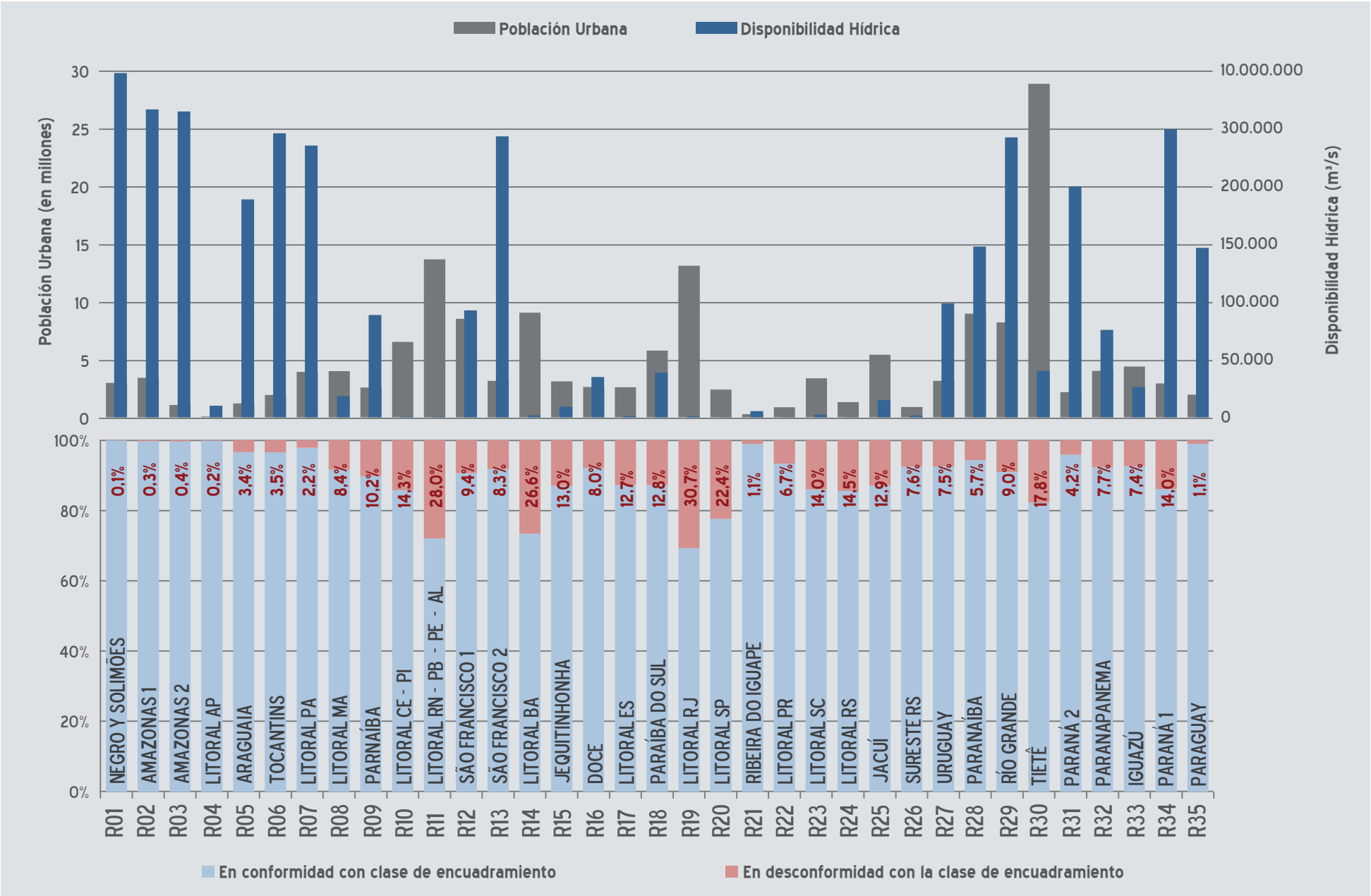
La UARH del río Tietê (R30) es la que posee la mayor población urbana residente, cerca de 29 millones de habitantes. Los cuerpos receptores desconformes con el encuadramiento de esta UARH (el 17,8% de la extensión de los cuerpos de agua evaluados) están localizados, principalmente, en las cercanías de las Regiones Metropolitanas de São Paulo y Campinas, donde el caudal de los cuerpos receptores es insuficiente para asimilar la carga generada por el elevado contingente poblacional. Sin

embargo, en el estado de São Paulo, se destaca también la unidad R20 - Litoral SP, con desconformidad en el 22,4% de la extensión de los cuerpos hídricos. Se trata de área menos poblada que la del río Tietê, pero con elevada densificación poblacional. Conviene registrar que el estado de São Paulo posee encuadramiento contemplando, generalmente, clases menos restrictivas en los tramos de ríos bajo influencia de los efluentes de los principales centros urbanos.

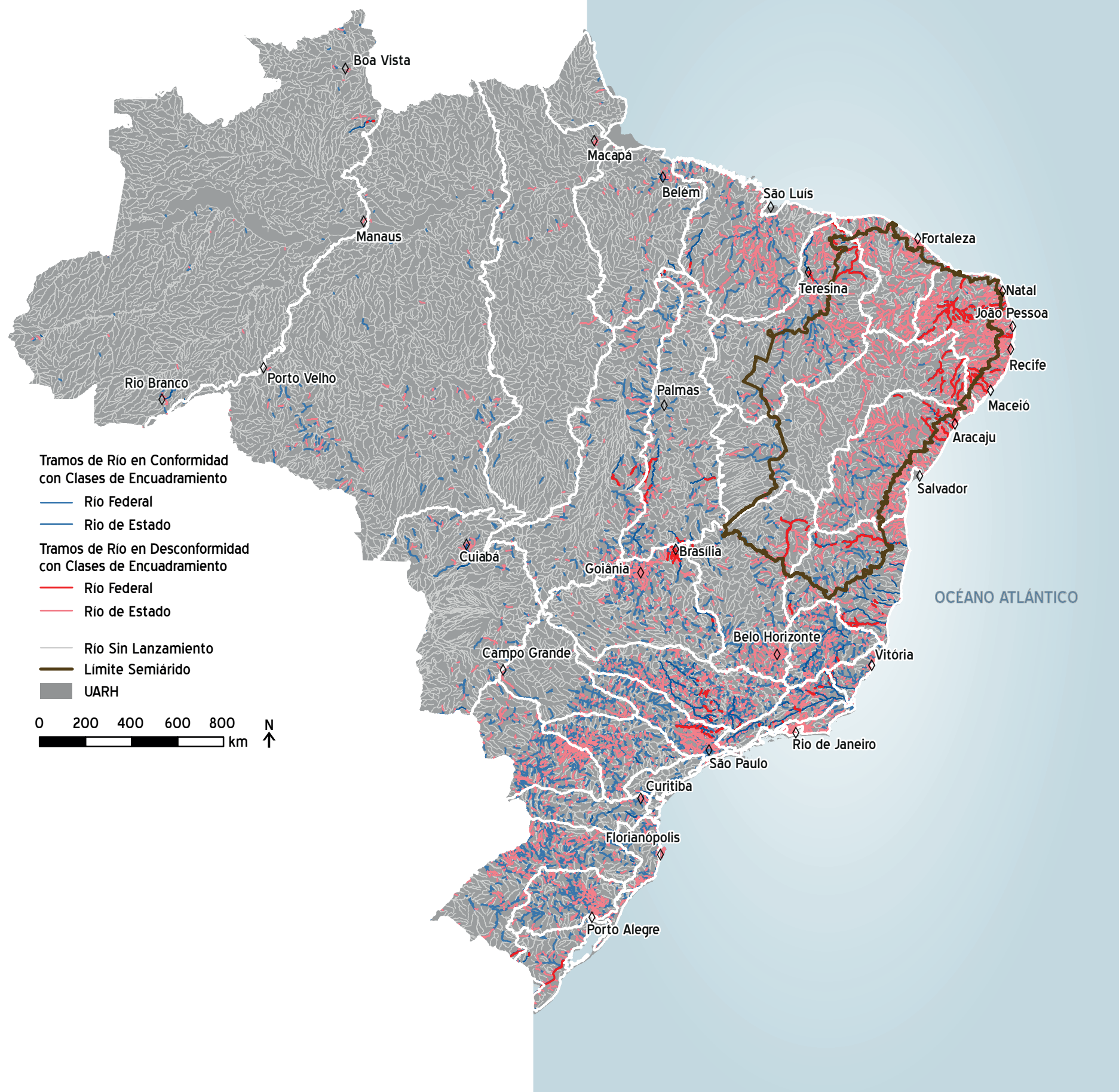
Además de las UARH ya mencionadas, también fueron elevados niveles de comprometimiento observados en cuencas costeras de la región Noreste y áreas de cabeceras con grandes aglomeraciones urbanas.

De forma general, los resultados del modelado de calidad de agua mostraron que cerca del 6% de la extensión de los tramos de ríos evaluados están con concentración de carga orgánica superior a la permitida para su encuadramiento. De estos, el 90% se refieren a ríos de dominio de estado, o sea, aquellos cuya gestión de los recursos hídricos cabe a las Unidades de la Federación.

Las mayores poblaciones urbanas no están localizadas en las UARH de mayor disponibilidad hídrica, subrayando los desafíos a ser enfrentados para resolver la cuestión del saneamiento en Brasil y su impacto en los cuerpos receptores.



ANÁLISIS DE LA CONFORMIDAD CON CLASES DE ENCUADRAMIENTO



3.2 | EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Además de comprender el impacto de las aguas residuales en los cuerpos receptores, que son función de la disponibilidad hídrica y de los requisitos de calidad de las aguas, fue importante definir un indicador que sintetizara la capacidad de dilución de las aguas residuales en relación con la población de las ciudades, con el fin de subsidiar la planificación del tratamiento de aguas residuales.

Con el fin de categorizar el principal cuerpo receptor de cada sede urbana en función de su potencial para diluir los efluentes sanitarios, se utilizó la relación entre la disponibilidad hídrica y la población urbana residente en el área de contribución de

cada cuerpo receptor. La disponibilidad hídrica, considerada en el ámbito del estudio, se refiere al caudal de estiaje con permanencia del 95% ($Q_{95\%}$). Para lanzamientos río abajo de embalses, al caudal considerado fue al caudal mínimo afluente o, en su ausencia, al caudal regularizado.

En la distribución de las categorías de capacidad de dilución fueron evaluadas franjas de capacidad de dilución de los cuerpos receptores en función del potencial de atención a las clases de encuadramiento para agua dulce, prescritas en la Resolución CONAMA n.º 357/2005, y de la remoción de carga orgánica aplicada al total generado por la respectiva población urbana del área de contribución de cada tramo de río evaluado.

CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES EN FUNCIÓN DE LAS CLASES DE ENCUADRAMIENTO			
CAPACIDAD DE DILUCIÓN	DISPONIBILIDAD HÍDRICA / POBLACIÓN URBANA (L/hab.día)		DESCRIPCIÓN
	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	
Ilimitada	No se aplica		Posibilidad de lanzamiento al mar
Óptima	> 11.000		No hay problemas para dilución de efluentes
Buena	4.500	11.000	Puede atender clase 2 con remoción de hasta el 60% da carga orgánica
Regular	2.000	4.500	Puede atender clase 2 con el 60% al 80% de remoción de carga orgánica
Mala	300	2.000	Puede atender clase 2 con el 90% al 97% de remoción de la carga orgánica o clase 3 con el 90% de remoción de la carga orgánica generada
Muy Mala	< 300		Puede atender clase 4
Nula	No se aplica		Cuerpo receptor efímero o intermitente sin caudal de dilución

CONDICIONES ESPECIALES DE DILUCIÓN

Desde el punto de vista de los recursos hídricos, las situaciones extremas que podemos observar en relación a la posibilidad de diluir los lanzamientos de aguas residuales son la de inexistencia de caudal en el cuerpo hídrico durante largos períodos de tiempo en el año o existir un caudal, infinitamente, mayor de que la carga lanzada.

El primer caso puede ocurrir, por ejemplo, en el semiárido, donde gran parte de sus ríos son intermitentes y los embalses son la solución encontrada para almacenar agua para usos más nobles, como el suministro humano, y superar los períodos sin lluvia, además de tener la función de regularizar los caudales de los cuerpos de agua de la región.

En esos locales, en función de la escasez de agua para dilución de efluentes, pueden ser requeridas soluciones más complejas, como la utilización de procesos con mayor eficiencia en la remoción de patógenos (alternativa para reducir riesgos a los usos del agua río abajo) o el reúso de efluente sanitario (alternativa para remoción de carga de nutrientes afluente a los embalses).

En el otro extremo, se encuentran las ciudades costeras, que poseen la alternativa de utilización del océano para disposición final de sus aguas residuales, pero que requieren especial atención en el entendimiento de la hidrodinámica local y en la forma de disposición del efluente, siempre con enfoque en el atendimento a las exigencias ambientales.

Más de la mitad de los municipios brasileños disponen de cuerpos receptores con capacidad de dilución óptima, buena o regular, o sea, poseen caudal suficiente para diluir los efluentes sanitarios en las sedes urbanas y lo consigue mantener, después del tratamiento adecuado de las aguas residuales, los estándares de los cuerpos receptores en las clases 1 o 2 de encuadramiento. No obstante, en términos poblacionales, ellos suman cerca del 20% de la población urbana del País, indicando que la solución para ciudades de pequeño tamaño puede demandar sistemas más simplificados para el tratamiento y la destinación final de las aguas residuales.

tratados, sin resultar en calidad de agua compatible solamente con clases de encuadramiento menos restrictivas (3 o 4). Son municipios cuyas sedes urbanas se localizan en regiones de cabecera de los ríos o de bajos índices pluviométricos, el caso del semiárido brasileño, o situados en grandes aglomeraciones urbanas. Para esos municipios las soluciones para el tratamiento y la destinación final de las aguas residuales, desde el punto de vista de los recursos hídricos, pueden exigir arreglos más sofisticados como la utilización de tecnologías de tratamiento de aguas residuales avanzadas y/o utilizar cuerpos receptores más distantes. En ambos casos, las inversiones son significativas.

La categoría de municipios con capacidad de dilución ilimitada fue atribuida aquellos 254 cuyas sedes urbanas están localizadas en la región costera y que actualmente ya disponen sus efluentes en el mar o poseen esa alternativa como potencial para disposición de los efluentes tratados. En esa categoría se encuentran algunas grandes ciudades, como Rio de Janeiro y Salvador, y representan una población urbana superior a 40 millones de personas.



Con excepción de la Región Noreste, en las demás regiones geográficas hay predominancia del número de ciudades cercanas a cuerpos receptores con óptima, buena o regular capacidad de dilución. No obstante, en términos poblacionales, esa situación solo ocurre en la Región Norte.

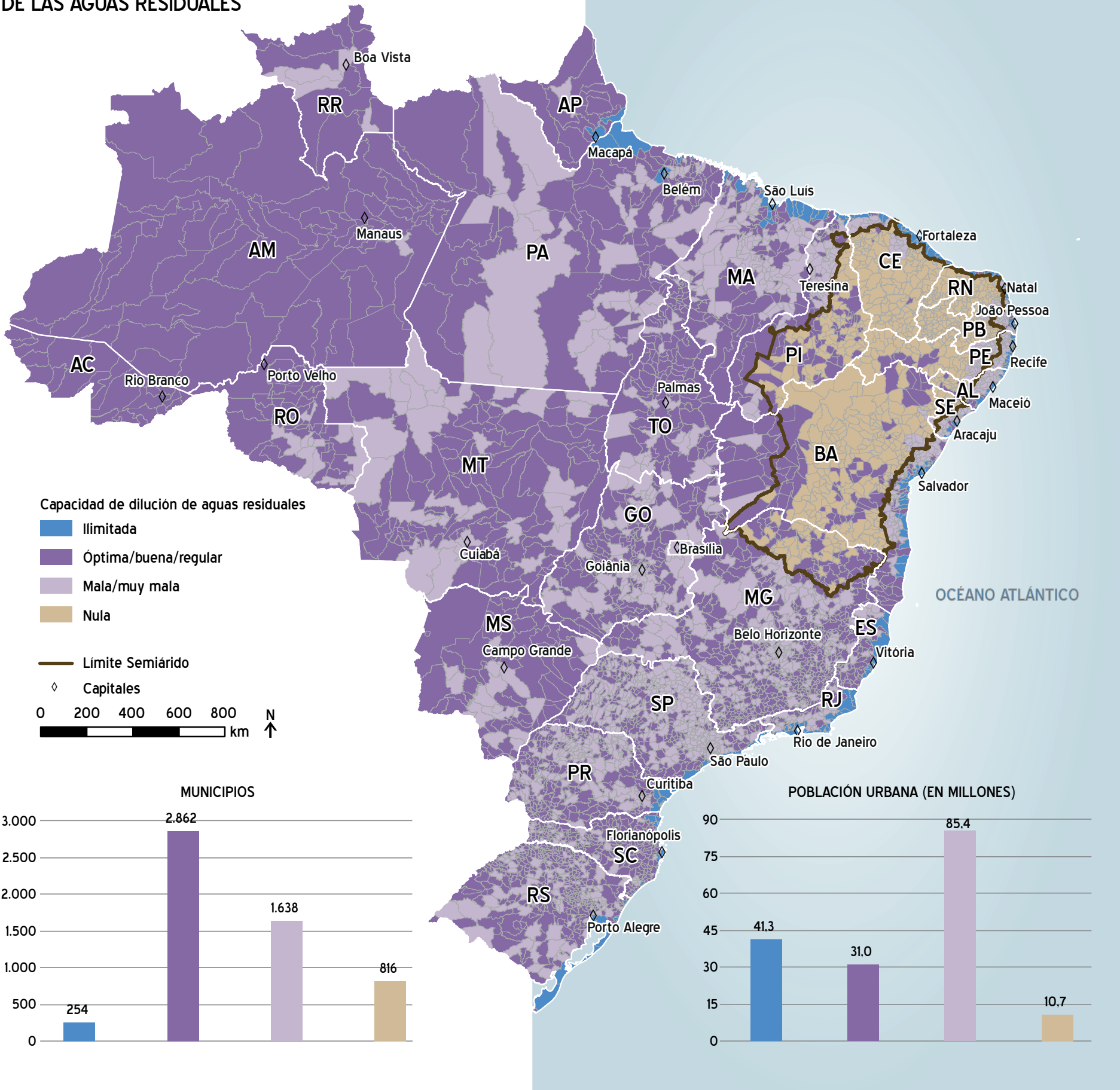
En las regiones Sureste, Sur y Centro Oeste el mayor contingente poblacional está en las ciudades cuyos cuerpos receptores poseen capacidad de dilución mala o pésima. En el Sureste, donde están localizadas las mayores aglomeraciones urbanas del

País, casi 50 millones de personas se encuentran cerca de los cuerpos receptores con baja capacidad de dilución (cerca del 60% de su población urbana).

En el Noreste, con gran parte de su área en el semiárido, casi 800 sedes no disponen de cuerpos de agua con caudal suficiente para diluir las aguas residuales. En esas ciudades están más de 10 millones de personas, cerca del 25% de la población urbana de la región. No obstante, en relación al contingente poblacional, más de 17 millones de personas en la Región Noreste están en las ciudades costeras, algunas de las más importantes de la región, que tienen, por lo tanto, la posibilidad de disposición final de los efluentes en el mar.

SOBRE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES									
REGIÓN GEOGRÁFICA	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	ILIMITADA		ÓPTIMA/BUENA/REGULAR		MALA/MUY MALA		NULA	
		Municipios	Población (en mil hab.)	Municipios	Población (en mil hab.)	Municipios	Población (en mil hab.)	Municipios	Población (en mil hab.)
NORTE	Acre	-	0	22	562,8	-	-	-	-
	Amapá	1	418,6	14	237,4	1	2,8	-	-
	Amazonas	-	0	61	2.999,2	1	15,0	-	-
	Pará	9	2.043,7	92	1.784,7	43	1.782,5	-	-
	Rondônia	-	0	41	1.028,3	11	249,0	-	-
	Roraima	-	0	11	52,9	4	321,2	-	-
	Tocantins	-	0	117	508,8	22	660,5	-	-
	TOTAL	10	2.462,3	358	7.174,1	82	3.031,0	-	-
NORESTE	Alagoas	16	1.198,1	12	113,6	47	703,1	27	411,6
	Bahia	27	4.201,4	108	1.617,1	88	1.664,6	194	3.381,9
	Ceará	22	3.700,7	6	68,8	22	333,2	134	2.466,5
	Maranhão	22	1.317,9	84	1.280,0	111	1.685,4	-	-
	Paraíba	10	1.089,5	6	57,5	63	547,7	144	1.261,7
	Pernambuco	18	3.745,7	7	85,5	96	2.409,1	64	1.143,4
	Piauí	4	163,9	87	363,7	60	1.206,3	73	362,9
	Rio Grande do Norte	21	1.247,4	3	9,7	19	248,1	124	1.114,5
	Sergipe	6	775,0	9	64,0	42	631,4	18	146,4
	TOTAL	146	17.439,6	322	3.659,9	548	9.428,9	778	10.288,9
SURESTE	Espírito Santo	12	2.151,9	49	773,2	17	211,5	-	-
	Minas Gerais	0	0	579	4.935,4	236	12.321,2	38	448,4
	Rio de Janeiro	30	13.093,9	33	805,6	29	2.022,5	-	-
	São Paulo	16	2.005,4	311	3.719,7	318	34.796,3	-	-
	TOTAL	58	17.251,2	972	10.233,9	600	49.351,5	38	448,4
SUR	Paraná	6	240	244	2.047,2	149	7.110,3	-	-
	Rio Grande do Sul	14	2.080	387	2.635,7	96	4.761,5	-	-
	Santa Catarina	20	1.833,4	242	2.289,8	33	1.434,1	-	-
	TOTAL	40	4.153,4	873	6.972,7	278	13.305,9	-	-
CENTRO OESTE	Distrito Federal	-	-	-	-	1	2.694,3	-	-
	Goiás	-	-	169	1.189,1	77	4.612,9	-	-
	Mato Grosso	-	-	108	1.008,4	33	1.608,9	-	-
	Mato Grosso do Sul	-	-	60	809,4	19	1.361,0	-	-
	TOTAL	-	-	337	3.006,9	130	10.277,1	-	-
BRASIL		254	41.306,5	2.862	31.047,5	1.638	85.394,4	816	10.737,3

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN
DE LAS AGUAS RESIDUALES



El análisis de la situación de cada ciudad en relación a sus cuerpos receptores refuerza la atención que debe ser dada a la evaluación de la calidad de las aguas en las áreas de mayor densificación poblacional y en el semiárido, puesto que son regiones más críticas y que pueden requerir soluciones más complejas para adecuarse a las exigencias normativas.

Además de la situación crítica de muchos municipios localizados en el semiárido, con caudal nulo para dilución de efluentes tratados, los estados de Minas Gerais y São Paulo merecen destaque, una vez que poseen el mayor número de municipios y contingente poblacional próximos a cuerpos hídricos con capacidad de dilución mala o muy mala.

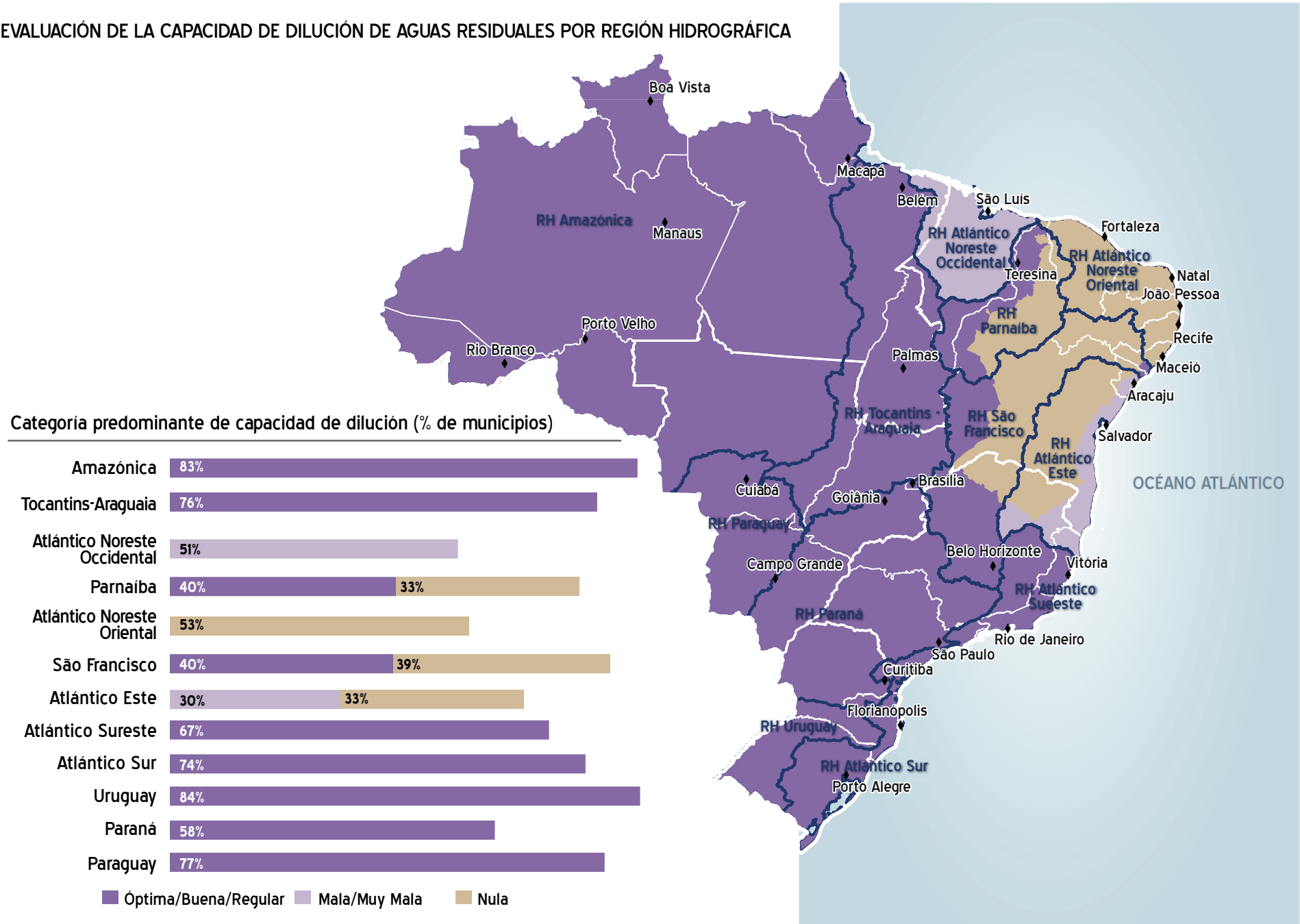
Al observar las Regiones Hidrográficas, RH Paraná se destaca como la de mayor número de municipios y mayor contingente

poblacional con caudal de dilución mala/muy mala. O sea, es RH que revela la mayor necesidad de tratamiento avanzado de aguas residuales (eficiencia superior al 80%) o de soluciones complementarias para mejorar la condición de sus recursos hídricos.

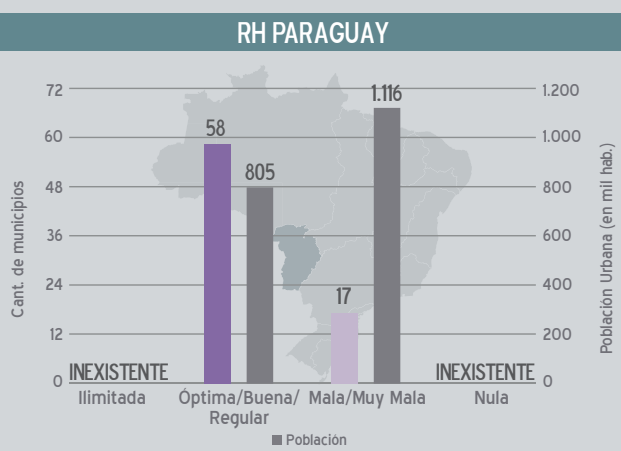
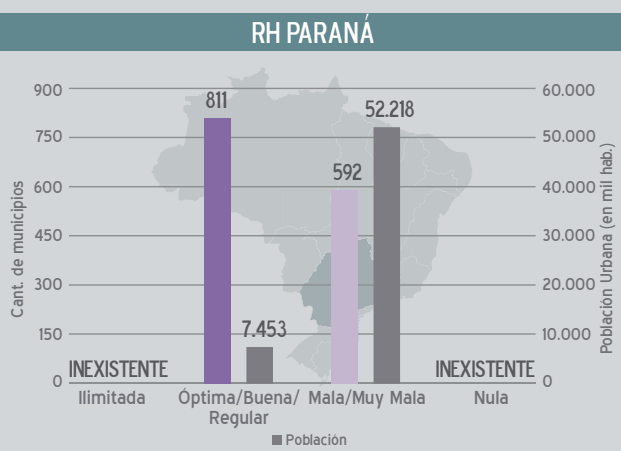
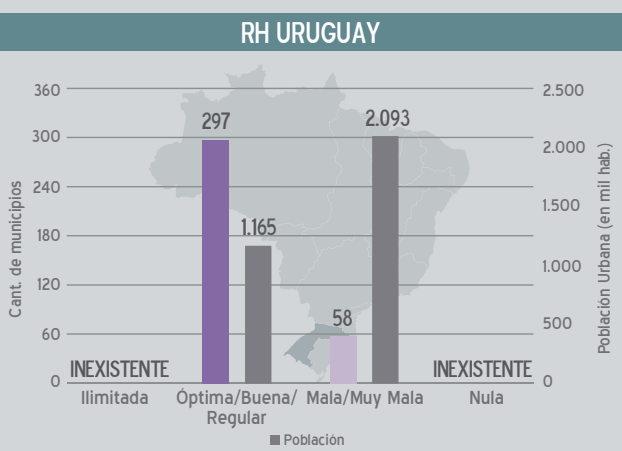
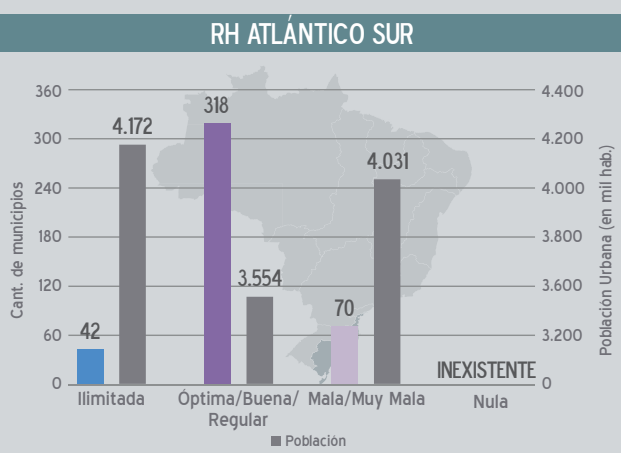
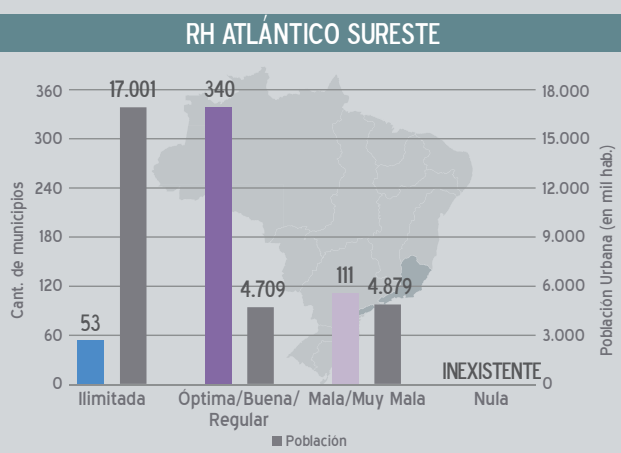
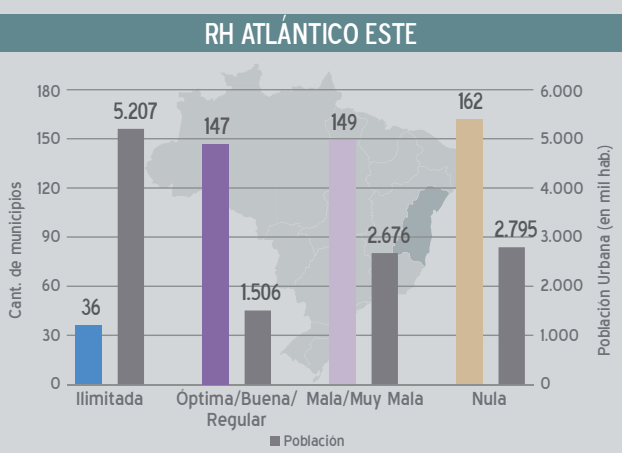
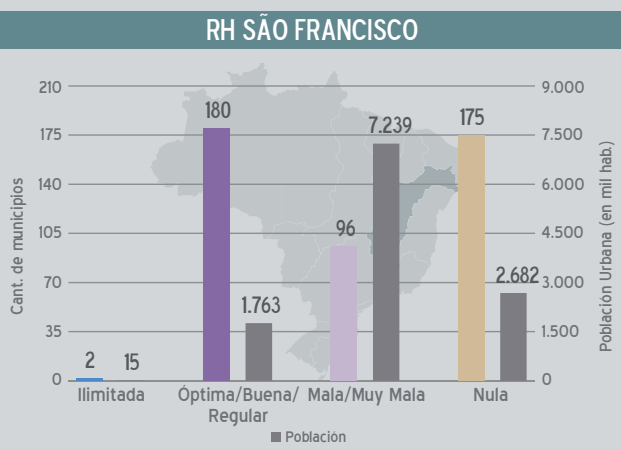
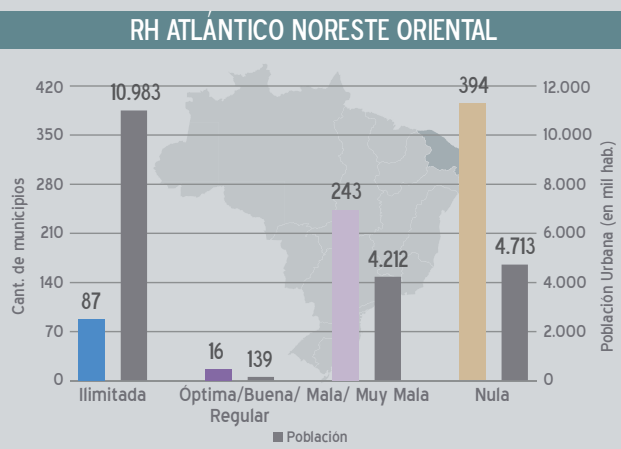
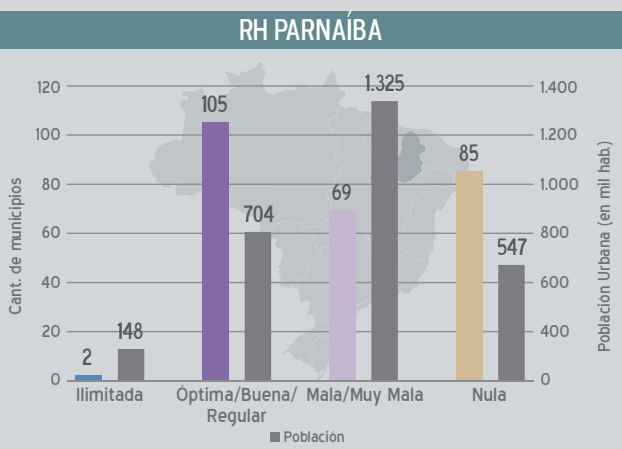
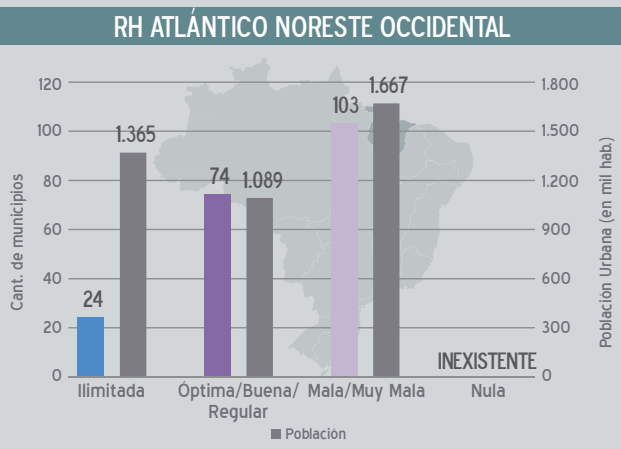
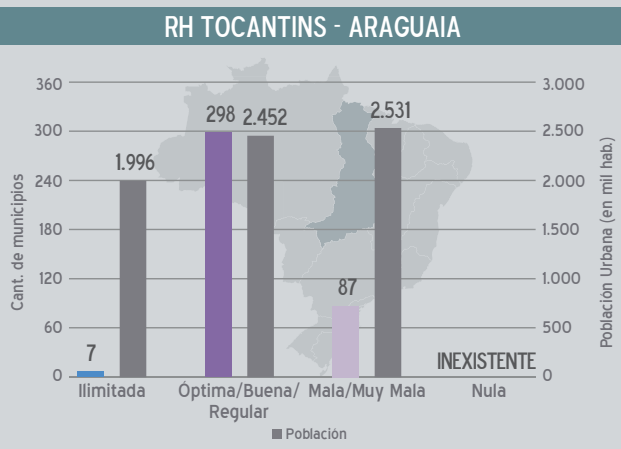
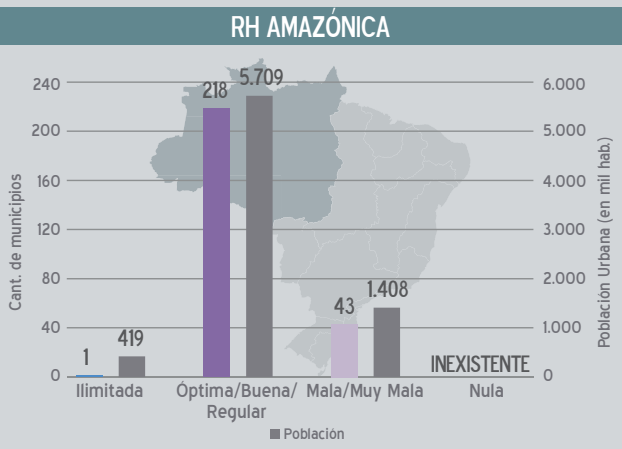
En el otro extremo, está RH Amazónica con elevada disponibilidad hídrica y la mayor parte de sus municipios necesitando solamente tratamiento de aguas residuales convencional para mantener sus ríos en la condición de clase 2 de encuadramiento.

A su vez, RH Parnaíba, Atlántico Noreste Oriental, São Francisco y Atlántico Este tienen en común el hecho de poseer municipios con disponibilidad hídrica nula por estar localizados en la región del semiárido. Esos municipios requieren un tratamiento de aguas residuales con elevada remoción de patógenos o con disposición en el suelo, una vez que el efluente tratado será, en muchos casos, la única agua disponible para uso río abajo.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR REGIÓN HIDROGRÁFICA



CAPACIDAD DE DILUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR REGIÓN HIDROGRÁFICA







4 | PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES E INVERSIONES

4.1 | EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO REQUERIDO

4.2 | COSTOS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO

4.1 | EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL TRATAMIENTO REQUERIDO

El análisis de los efectos de los efluentes sanitarios en los cuerpos hídricos, también, fue elaborado para el horizonte de 2035, con base en la población urbana proyectada y bajo la premisa de la universalización de la atención de los servicios de alcantarillado sanitario. Los niveles de cobertura por red recolectora y tratamiento en el horizonte 2035 fueron considerados iguales o superiores al 90%, y fueron complementados por soluciones individuales (fosas sépticas). A su vez, fueron utilizados en ese horizonte futuro los mismos índices de solución individual que, actualmente, han sido observados en los municipios, excepto cuando los mismos son superiores al 10%.

Los datos de la proyección poblacional urbana y de la estimativa de la respectiva carga orgánica remaneciente (expresada en términos de DBO) fueron utilizados en ese análisis futuro del impacto del lanzamiento de las aguas residuales en los recursos hídricos.

El modelado de la calidad del agua, considerando la interacción entre los lanzamientos de todas las ciudades y utilizando la cuenca hidrográfica como unidad de análisis, suministró subsidios para la definición de las eficiencias que fueron requeridas, con base en los límites de las clases de encuadramiento establecidos por la Resolución CONAMA n.º 357/2005.

Se determinó, entonces, la remoción de DBO necesaria para cada PTAR existente o prevista desde el modelo, organizadas por procesos convencionales (de 60% al 80% de eficiencia) o avanzados (arriba del 80%). No fueron considerados tratamientos con eficiencia inferior al 60%, aunque cuando el cuerpo receptor posea elevada disponibilidad hídrica, aunque esa flexibilización sea prevista en la Resolución CONAMA n.º 430/2011. Adicionalmente, el análisis fue ampliado contemplando los potenciales efectos negativos de las cargas de Fósforo y de Nitrógeno.

Los resultados del modelado para DBO, que consideraron el efecto acumulado de las cargas de aguas residuales provenientes de río arriba, fueron confrontados con la solución requerida en cada ciudad cuando es analizada individualmente, sin influencia de los demás lanzamientos. Cuando identificadas divergencias entre los resultados del modelo y del análisis individual de modo a exigir incremento de la eficiencia requerida, los municipios fueron caracterizados por la necesidad de definición conjunta de las soluciones. No obstante, como solución adoptada para estimativa de costos fueron mantenidas las eficiencias requeridas identificadas desde el modelado de calidad de agua.

En los casos cuya máxima eficiencia de remoción de carga orgánica no fue suficiente para atender a las limitaciones legales, los municipios fueron caracterizados por la necesidad de soluciones complementarias, como la disposición en el suelo o reúso del efluente. Parte significativa de los municipios del Semiárido Brasileño se encuentran en esa situación, considerando la condición de intermitencia de caudal en gran parte de los cuerpos receptores.

Por ser considerados casos extremos de la necesidad de soluciones complementarias, ese grupo de municipios fue caracterizado separadamente.

Como producto de ese análisis los municipios fueron organizados en función de tipologías de soluciones para el tratamiento y la destinación final del efluente, de la manera a continuación:

- **Tipo 1 (Solución con Tratamiento Convencional):** Municipio cuyo principal cuerpo receptor posee capacidad hídrica suficiente para diluir las aguas residuales, manteniéndose las concentraciones de DBO dentro de los límites para la clase 2 con tratamiento mínimo (remoción entre del 60% al 80%).
- **Tipo 2 (Solución con Tratamiento Avanzado):** Municipio cuyo principal cuerpo receptor requiere tratamiento con elevada remoción de DBO (mayor que el 80%) para encuadrarse en los requisitos de la clase 2. Esa situación ocurre en municipios con cuerpos receptores con baja capacidad de dilución para los efluentes lanzados, en los cuales la solución de ampliación de la eficiencia de remoción de DBO es suficiente.
- **Tipo 3 (Solución para el Semiárido):** Municipio cuyo principal cuerpo receptor es intermitente o efímero y está localizado en el Semiárido Brasileño. Además de los requisitos de remoción de DBO, es importante considerar la posibilidad de reúso del efluente tratado y/o priorizar procesos de tratamiento que resulten en elevada remoción de microorganismos patogénicos. Dada la escasez hídrica, los efluentes pueden convertirse en fuentes alternativas de agua, consecuentemente, constituyéndose en un riesgo a la salud pública. No obstante, la preocupación con los aspectos de protección a la salud remite a la búsqueda de soluciones con mayor remoción de patógenos. Otra opción para los municipios localizados en el Semiárido es la disposición en el suelo (subsuperficial o superficial).
- **Tipo 4 (Solución Conjunta):** Municipio cuyo principal cuerpo receptor es impactado por lanzamientos de efluentes río arriba, y disminuye la capacidad de asimilación del cuerpo receptor e inviabilizando el lanzamiento de otros efluentes de río abajo. En ese caso, los niveles de tratamiento de aguas residuales que serán adoptados en cada municipio requieren una discusión más amplia, y resulta conveniente una discusión entre los municipios involucrados de modo a alcanzar una solución conjunta considerando las distintas capacidades institucionales y financieras.
- **Tipo 5 (Solución Complementaria):** Municipio cuyo principal cuerpo receptor no posee capacidad de dilución debido a la baja relación entre la disponibilidad hídrica y la carga orgánica lanzada. Ejemplo típico de esa situación son los municipios localizados en las regiones de cabeceras de los ríos. Es necesario buscar soluciones adicionales, tales como: la selección de un nuevo cuerpo receptor, la disposición del efluente en el suelo, el reúso del efluente tratado, entre otros.

Sobre el reúso, el Ministerio de las Ciudades, en alianza con ANA y con la colaboración del Ministerio de la Integración y del Ministerio del Medio Ambiente, lleva a cabo un proyecto específico con el objetivo de proponer un plan de acciones para la institución de una Política de Reúso de Efluentes Sanitarios Tratados en Brasil. Algunas de las etapas del Proyecto son: plantear las potencialidades del reúso, subrayando las dificultades y potencialidades de implementación; definir estándares de calidad para el reúso de agua; evaluar las tecnologías disponibles; debatir sobre aspectos institucionales; y proponer modelos de financiaciones y/o subsidios tarifarios.

REGIONES DE ESPECIAL INTERÉS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

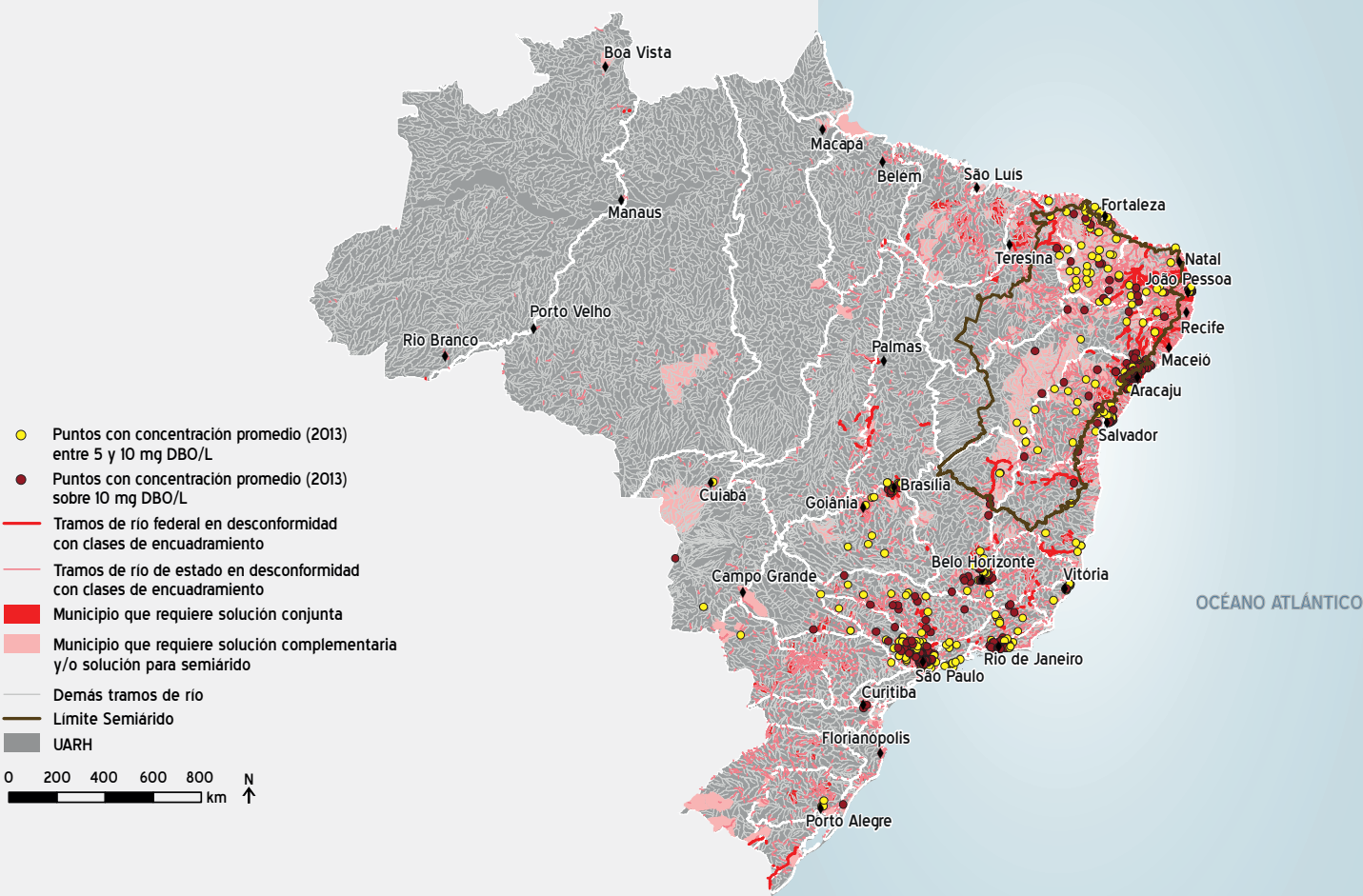
Uno de los objetivos de la Política Nacional de Recursos Hídricos es la utilización racional e integrada de los recursos hídricos con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible. En el caso del alcantarillado sanitario, el uso racional se da por medio del lanzamiento de efluentes tratados en compatibilidad con la capacidad de dilución del cuerpo receptor y con los usos del agua preponderantes en el cuerpo hídrico.

Durante el establecimiento de las tipologías de soluciones para el tratamiento, fueron identificados grupos de municipios que comparten las mismas cuencas hidrográficas y demandan una solución conjunta, cuencas esas caracterizadas como de especial interés para la gestión de recursos hídricos. Entre las cuencas con esas características se subrayan algunas con histórica actuación de las entidades integrantes del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos – SINGREH, como las cuencas de los ríos Tietê, e incluye cuencas PCJ (región de la capital paulista y Campinas), Sinos (en el estado de Rio Grande do Sul), Alto Iguazu (en el estado de Paraná), Paraíba do Sul (en la región de la divisa de los estados de São Paulo, Minas Gerais y Rio de Janeiro), Velhas (en Minas Gerais), Descoberto (alrededor del Distrito Federal), Meia Ponte (en el estado de Goiás), Ipojuca (en el estado de Pernambuco), entre otras.

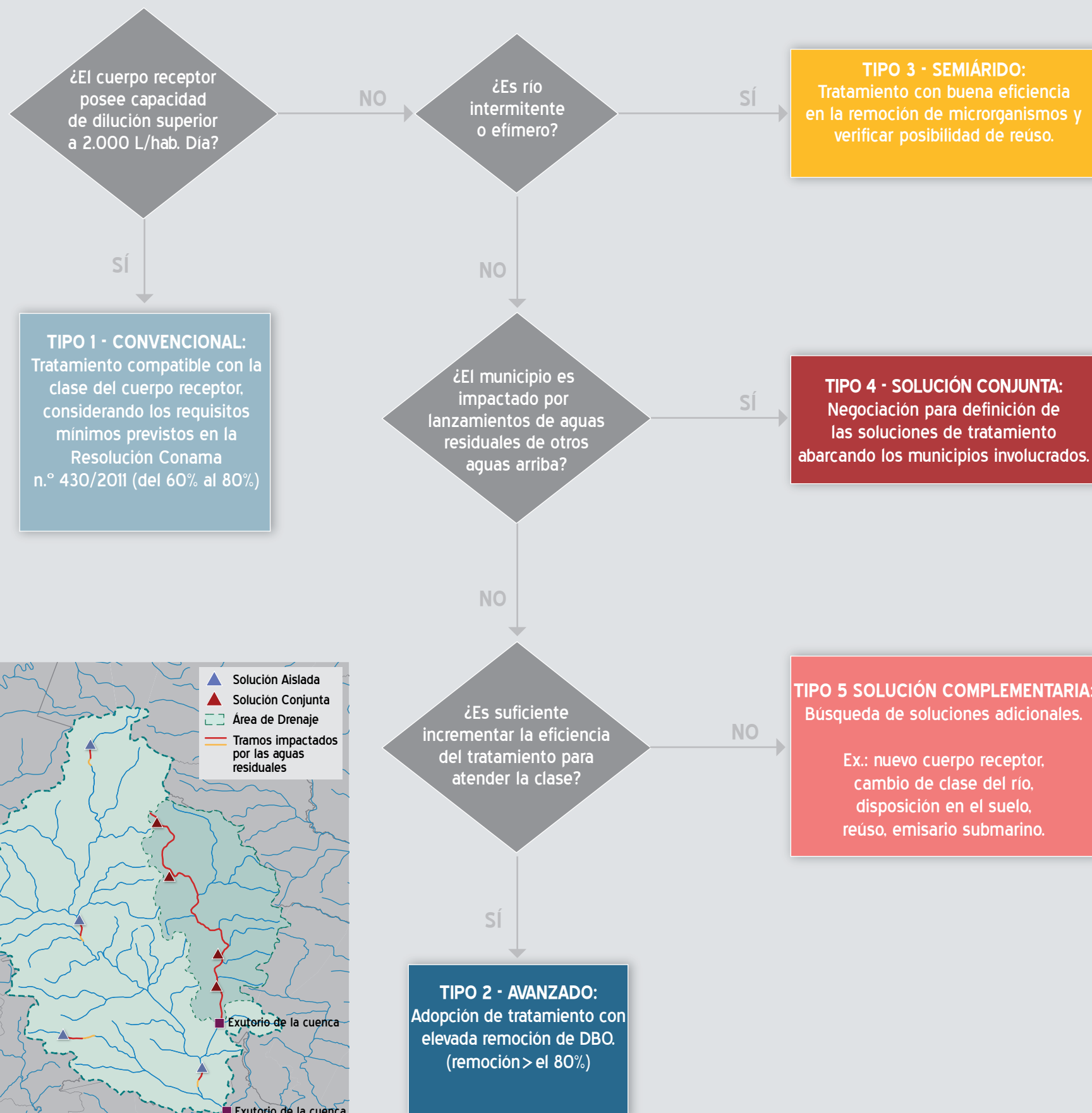
Además de las soluciones de alcantarillado sanitario para los municipios de esas cuencas, también son de relevante interés para la gestión de recursos hídricos las discusiones de soluciones para los municipios localizados en las regiones de cabecera de los ríos (que requieren alguna solución complementaria y tiene como objetivo la baja relación entre población y disponibilidad hídrica) y aquellas orientadas a los municipios del semiárido, en función de la elevada ocurrencia de ríos intermitentes y de embalses.

Desde el cruce entre la conformidad de los tramos de río cuanto a las clases de encuadramiento (2013), los datos de monitoreo de DBO (2013) y la complejidad del tratamiento de aguas residuales requerida en función de la remoción de DBO (2035), es posible identificar significativa ocurrencia de valores elevados de DBO y de tramos de río en desconformidad al encuadramiento en esos municipios cuyas soluciones de alcantarillado previstas en el *ATLAS Aguas Residuales* son más complejas. Eso refuerza la importancia del tratamiento de aguas residuales para la calidad de las aguas superficiales brasileñas.

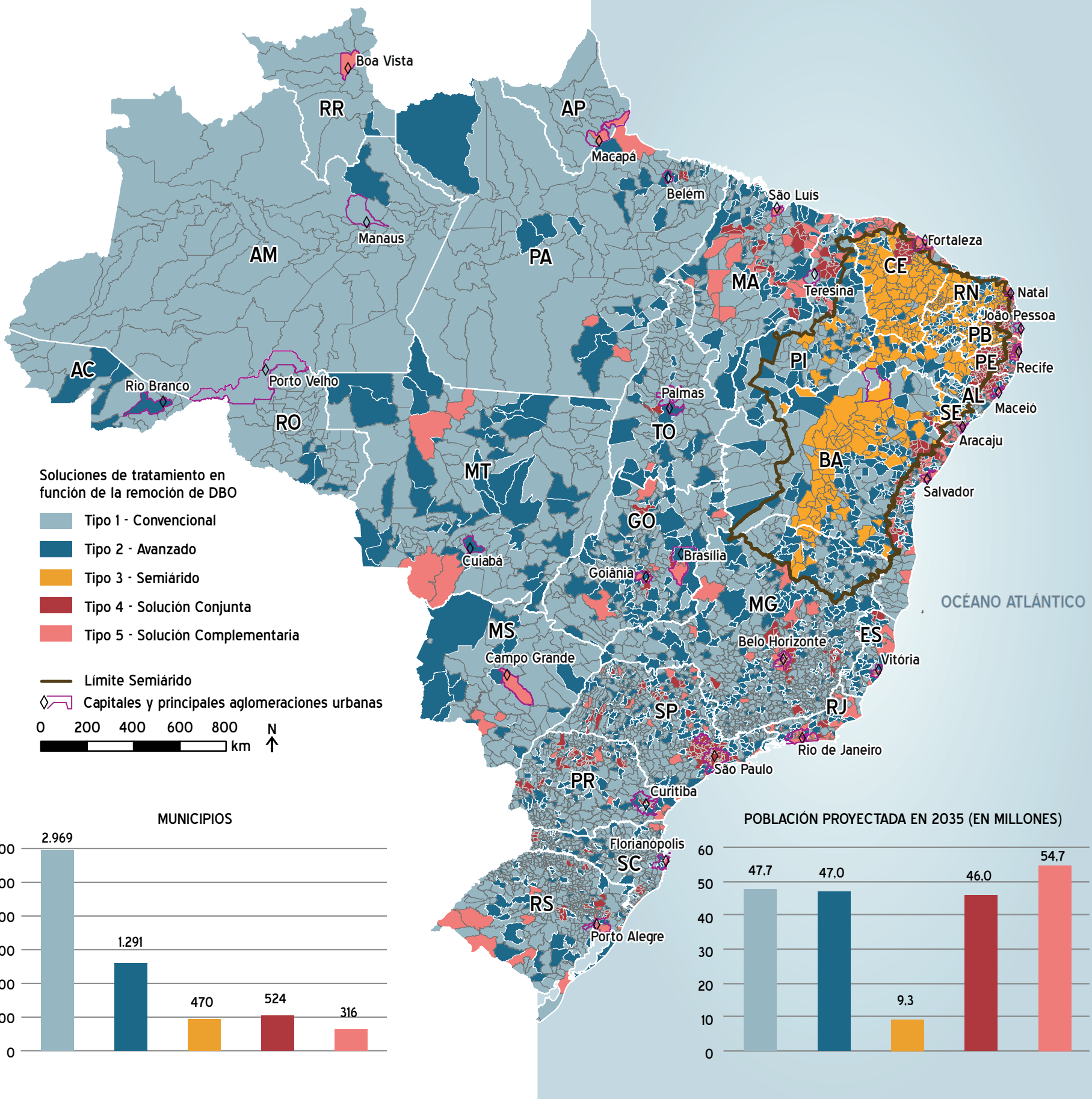
IMPACTO DE AGUAS RESIDUALES EN LOS CUERPOS DE AGUA Y COMPLEJIDAD DE LAS SOLUCIONES DE TRATAMIENTO



COMPLEJIDAD DEL TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA REMOCIÓN DE DBO



COMPLEJIDAD DEL TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA REMOCIÓN DE DBO



La existencia de embalses río abajo del lanzamiento de efluente domestico requiere análisis de la necesidad de adopción de tecnologías de tratamiento que remuevan Fósforo. Las simulaciones de Fósforo Total fueron realizadas para el horizonte de 2035, considerando una base de informaciones que fueron producidas por ANA para 854 lagos y embalses distribuidos en el País. El Fósforo es un importante elemento en el proceso de eutrofización de esos cuerpos de agua en regiones de clima templado y su concentración excesiva desequilibra el crecimiento de algas con consecuencias negativas en la calidad del agua.

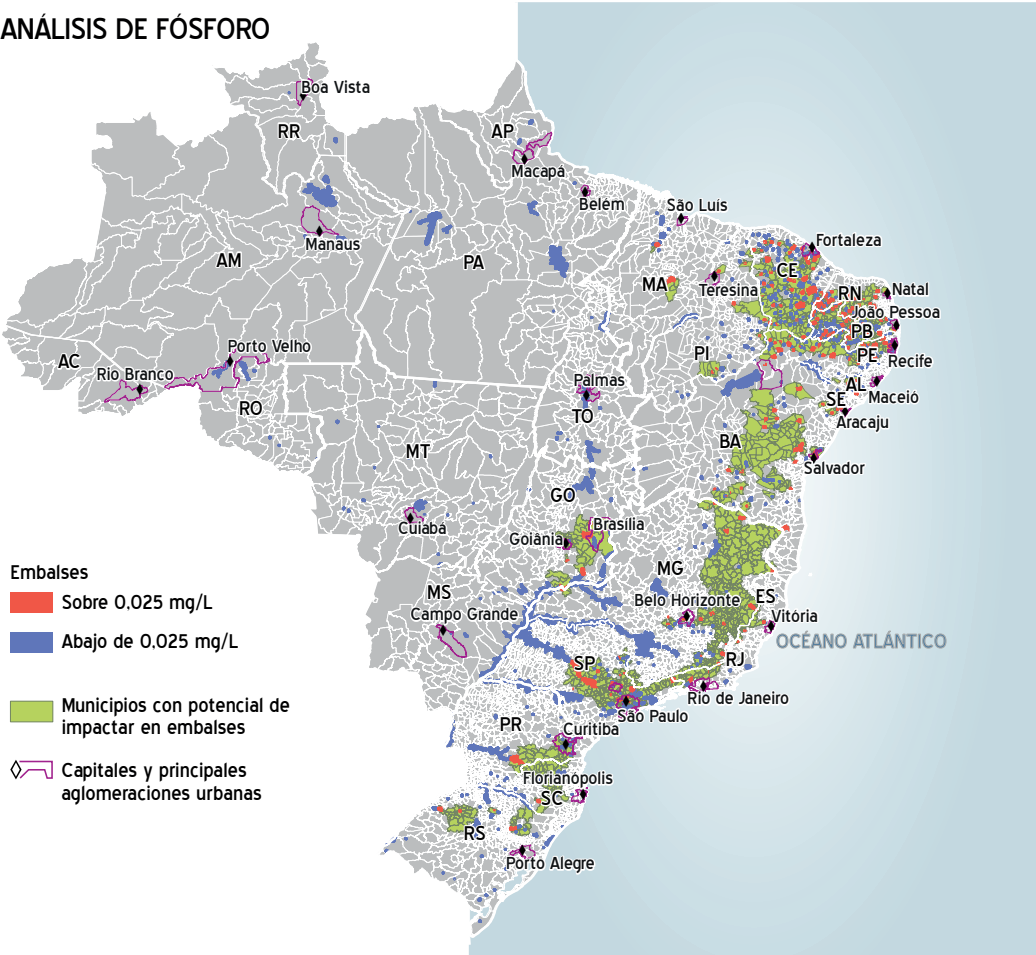
Cerca del 71% de los lagos y embalses que fueron evaluados presentaron concentraciones de Fósforo abajo del 0,025 mg P/L, indicando, en esos casos, bajo impacto potencial de la carga de Fósforo proveniente de los lanzamientos de las aguas residuales urbanas. En cerca de 250 lagos y embalses que quedaron, las concentraciones obtenidas eran superiores a ese límite. Fueron identificados los municipios localizados en el área de contribución de cada embalse de ese grupo, responsables por el aporte de Fósforo. Para esos municipios fue indicada la necesidad de evaluación conjunta de soluciones para la remoción de carga de Fósforo. Los procesos de tratamiento de aguas residuales que fueron utilizados para la remoción de Fósforo (biológicos o químicos) requieren, generalmente, mayor costo de implantación y mayor capacidad técnica operativa. No obstante, es conveniente haber una negociación entre los municipios que se encuadren en esa situación, de modo que cada uno pueda contribuir para la solución global.

En las simulaciones del Nitrógeno Total que fueron realizadas para el horizonte 2035, fue considerado como enfoque la protección de las captaciones para el suministro público, utilizando las informaciones recopiladas en el ámbito del *ATLAS Brasil: Suministro Urbano de Agua*. La existencia de captaciones río abajo requiere investigación que defina la necesidad de utilización de procesos de tratamiento que incluyan la nitrificación y la desnitrificación biológica, con el objetivo de reducir la concentración de nitratos en las aguas de suministro público. Además de la cuestión relacionada a la indeseada presencia de nitrato en aguas destinadas al suministro público, el Nitrógeno, así como el Fósforo, es un nutriente esencial para el crecimiento de algas, y puede conducir, cuando en altas concentraciones, a la eutrofización de los cuerpos hídricos.

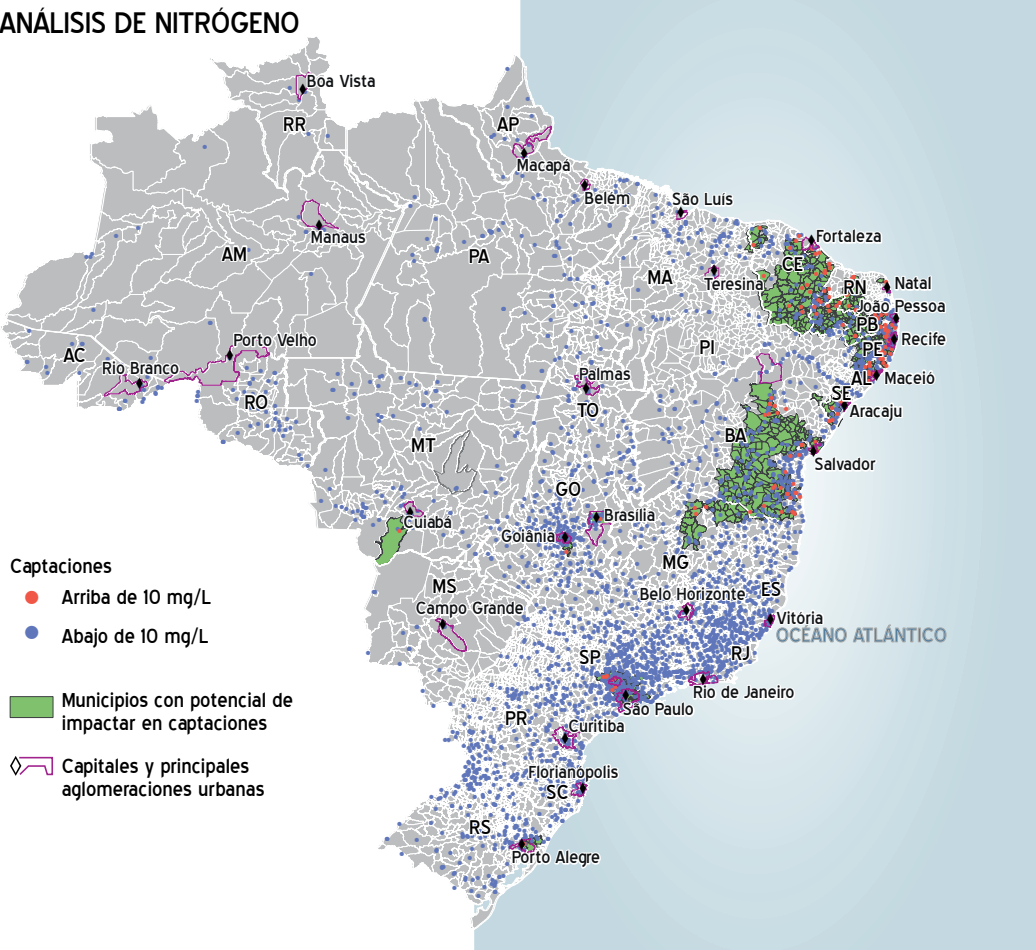
Delas 3.277 captaciones evaluadas, los resultados indicaron el 5% con concentraciones de Nitrógeno arriba del estándar de potabilidad, o sea, arriba de 10 mg N/L. A ejemplo del Fósforo, también fueron identificados los municipios cuyos lanzamientos aportan para que las captaciones río abajo ultrapasasen la concentración límite de nitrógeno. Para esos municipios fue indicada la necesidad de soluciones conjuntas para la remoción de ese nutriente.

Desde la coyuntura de los tres parámetros que fueron analizados por el *ATLAS Aguas Residuales* (DBO, Fósforo y Nitrógeno), los municipios fueron clasificados de acuerdo con la eficiencia de remoción de DBO requerida y la necesidad de atención respecto de la remoción de Fósforo y Nitrógeno. Esa clasificación se basó en la búsqueda de soluciones que viabilicen la mejora de la calidad del agua y, consecuentemente, garanticen los demás usos río abajo, considerando la capacidad del agua y, consecuentemente, garanticen los demás usos río abajo, considerando la capacidad de dilución de los cuerpos receptores y el potencial impacto de los lanzamientos dentro del arreglo espacial de la cuenca hidrográfica donde están insertados.

ANÁLISIS DE FÓSFORO



ANÁLISIS DE NITRÓGENO



Un gran número de municipios en la Región Noreste requiere soluciones de tratamiento de las aguas residuales más complejas. Eso se debe a la característica semiárida de la región, con predominancia de ríos de baja o nula capacidad de dilución y muchos embalses. En el extremo opuesto se encuentran los municipios de la Región Norte del País, donde expresiva mayoría de los cuerpos receptores posee elevada capacidad de dilución de las aguas residuales y, consecuentemente, requiere a los municipios procesos de tratamiento de menor complejidad.

En la Región Sureste está la segunda mayor concentración de municipios que requieren soluciones más complejas. Merece destaque la gran cantidad de

municipios que demanda el análisis integrado en la búsqueda de soluciones globales para los problemas relacionados al tratamiento de las aguas residuales generadas. De manera general, esa solución es frecuentemente demandada en áreas densamente habitadas, como en las capitales y su entorno.

En las regiones Sur y Centro Oeste predominan las soluciones de menor complejidad para el tratamiento, con la salvedad de los municipios localizados en regiones de cabecera o de mayor densificación humana.

COMPLEJIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES															
REGIÓN GEOGRÁFICA	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	MENOS COMPLEJO				MÁS COMPLEJO						ANÁLISIS COMPLEMENTARIO DE NUTRIENTES*			
		TIPO 1 - CONVENCIONAL		TIPO 2 - AVANZADO		TIPO 3 - SEMIÁRIDO		TIPO 4 - SOLUCIÓN CONJUNTA		TIPO 5 - SOLUCIÓN COMPLEMENTARIA		ATENCIÓN AL FOSFORO		ATENCIÓN AL NITRÓGENO	
		Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)	Municipios	Población (mil hab.)
NORTE	Acre	18	339,8	4	476,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amapá	15	348,0	-	0,0	-	-	-	-	1	599,0	-	-	-	-
	Amazonas	61	4.077,8	1	20,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pará	107	4.211,3	32	2.559,8	-	-	2	220,9	3	148,2	-	-	-	-
	Rondônia	47	1.585,0	5	109,6	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-
	Roraima	13	107,9	1	6,1	-	-	-	-	1	413,6	-	-	-	-
	Tocantins	116	853,6	20	592,6	-	-	2	61,8	1	7,7	-	-	-	-
	TOTAL	377	11.523,4	63	3.765,4	-	-	4	282,7	6	1.168,5	-	-	-	-
NORESTE	Alagoas	12	176,2	37	560,1	10	348,8	33	533,6	10	1.348,1	8	121,4	33	1.745,3
	Bahia	124	2.545,3	123	2.821,4	95	2.300,1	46	681,1	29	4.758,6	117	6.410,5	186	7.900,8
	Ceará	10	156,0	19	464,9	116	2.817,3	10	208,5	29	4.687,4	103	2.611,3	115	2.744,3
	Maranhão	92	2.050,2	77	1.066,3	0	0,0	21	322,2	27	2.060,6	5	175,0	0	0,0
	Paraíba	9	224,0	63	318,0	86	1.275,1	50	467,6	15	1.302,7	150	1.758,6	170	1.865,5
	Pernambuco	8	470,2	39	893,7	31	714,1	73	2.422,3	34	4.327,4	73	1.763,0	85	2.667,5
	Piauí	95	1.509,0	84	442,8	15	236,6	22	197,4	8	96,5	16	164,2	1	3,7
	Rio Grande do Norte	6	345,7	35	259,7	97	1.282,6	14	117,4	15	1.285,9	83	1.693,8	68	571,0
	Sergipe	11	160,4	21	148,9	9	154,6	15	278,7	19	1.378,4	5	215,6	20	441,5
	TOTAL	367	7.637,0	498	6.975,8	459	9.129,2	284	5.228,8	186	21.245,6	560	14.913,4	678	17.939,6
SURESTE	Espírito Santo	28	604,7	39	2.187,8	-	-	4	40,3	7	1.328,2	11	183,3	-	-
	Minas Gerais	580	7.113,5	204	5.207,3	11	174,6	44	6.087,1	14	1.891,9	286	6.334,3	33	764,9
	Rio de Janeiro	35	1.167,2	28	1.681,4	-	-	4	300,1	25	14.986,8	27	1.712,5	-	-
	São Paulo	351	5.501,9	166	8.428,5	-	-	103	29.537,7	25	4.536,3	193	35.347,5	81	28.482,2
	TOTAL	994	14.387,3	437	17.505,0	11	174,6	155	35.965,2	71	22.743,2	517	43.577,6	114	29.247,1
SUR	Paraná	275	3.751,6	74	4.542,9	-	-	40	2.128,9	10	1.140,8	37	4.094,8	-	-
	Rio Grande do Sul	405	3.405,5	54	2.285,1	-	-	20	1.135,9	18	3.694,1	37	1.457,8	8	2.893,3
	Santa Catarina	230	2.732,1	46	2.821,6	-	-	12	405,6	7	1.464,5	38	698,0	-	-
	TOTAL	910	9.889,2	174	9.649,6	-	-	72	3.670,4	35	6.299,4	112	6.250,6	8	2.893,3
CENTRO OESTE	Distrito Federal	0	0,0	1	3.860,0	-	-	-	-	0	0,0	1	3.860,0	1	3.860,0
	Goiás	162	1.317,3	64	3.353,3	-	-	9	858,0	11	1.922,4	44	4.660,4	8	2.650,3
	Mato Grosso	98	1.752,8	39	1.458,7	-	-	-	-	4	201,7	-	-	1	24,8
	Mato Grosso do Sul	61	1.233,3	15	468,4	-	-	-	-	3	1.148,0	-	-	-	-
	TOTAL	321	4.303,4	119	9.140,4	-	-	9	858,0	18	3.272,1	45	8.520,4	10	6.535,1
BRASIL		2.969	47.740,3	1.291	47.036,2	470	9.303,8	524	46.005,1	316	54.728,8	1.234	73.262,0	810	56.615,1

* Municipios y población ya contempladas en las tipologías anteriores.

4.2 | COSTOS DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO

Con el intuito de contribuir para el análisis de los problemas relacionados al lanzamiento de aguas residuales urbanas en los cuerpos hídricos, de manera articulada y no puntual, el *ATLAS Aguas Residuales* verificó alternativas para las 5.570 ciudades brasileñas, que alcanzan desde la ampliación en las eficiencias de tratamiento de sistemas ya existentes, cuando necesario, a la propuesta de solución para las ciudades que aún no poseen tratamiento de sus aguas residuales.

Para tales alternativas, fueron consideradas las peculiaridades de las ciudades o regiones y los encuadramientos vigentes en los cuerpos receptores de los efluentes. Además de eso, siempre fue considerada la universalización de los servicios en el horizonte de 2035 y propuesto tratamiento con eficiencia mínima del 60% de remoción de materia orgánica, aunque cuando el río presentaba caudal suficiente para diluir los efluentes sanitarios sin tratamiento.

Desde la identificación de las eficiencias de remoción requeridas y del conjunto de municipios que impactan captaciones y embalses, fueron elaboradas curvas de costos de recolección y tratamiento de aguas residuales, con el intuito de estimar los recursos financieros necesarios para universalizar los servicios de alcantarillado sanitario. Se subraya que la estimativa del valor requerido para la universalización de los servicios de alcantarillado sanitario no consideró los costos asociados a los aspectos a continuación:

- Construcción y manutención de las fosas sépticas, utilizadas en las soluciones individuales;
- Reemplazo de redes recolectoras antiguas que no podrán ser aprovechadas en nuevos proyectos de los sistemas de alcantarillado sanitario o sustitución de sistemas recogedores mixtos o unitarios por sistemas del tipo separador absoluto;
- Adecuación del tratamiento en función de aguas residuales combinadas (aguas pluviales y aguas residuales sanitarias);
- Aprovechamiento y/o procesamiento de subproductos, como el lodo y el biogás.

El análisis de los costos, tanto de recolección como de tratamiento, involucró la recopilación de proyectos existentes para que fueran obtenidas curvas que suministran el costo mediano por habitante para el servicio deseado.

En el caso del tratamiento, fueron seleccionadas las alternativas técnicas más representativas para cada tramo de remoción adoptado por el *ATLAS Aguas Residuales*, para que las mismas fueran utilizadas en la estimativa de costo para cada municipio. Se subraya, mientras tanto, que existen varios tipos de tratamiento disponibles para una misma franja de eficiencia de remoción y que la selección del proceso a ser utilizado debe ser compatible con la realidad local.

Para los municipios que requieren una solución conjunta para el tratamiento de sus efluentes, fueron adoptados los costos referentes a la eficiencia de tratamiento requerida en función

de los resultados del modelado de calidad de agua, considerando la lógica de río arriba para río abajo, sin considerar el que sería el mejor arreglo posible encontrado después de la discusión entre los municipios de la cuenca.

La estimativa de los costos de recogida representa una aproximación más compleja en función de todas las variables que influyen en la determinación de un costo mediano por habitante. Factores como densificación poblacional, topografía, tipo de suelo y número mediano de personas por residencia pueden influenciar sustancialmente en el costo de implantación de red recolectora de aguas residuales. En razón de la diversidad observada en todo Brasil, tales factores presentan grandes variaciones regionales. Los resultados obtenidos deben ser tratados con cautela una vez que el *ATLAS Aguas Residuales* es un instrumento de planificación.

ACCIONES COMPLEMENTARIAS

Algunas acciones no fueron consideradas en el cálculo de los costos necesarios para la universalización de los servicios de alcantarillado sanitario en Brasil:

- **Construcción y manutención de fosas sépticas:** el uso de fosas sépticas es una buena solución en los locales donde la instalación de redes recolectoras es inviable. Ese sistema, si bien construido (fosa séptica y filtros biológicos o sumideros) y operado, genera un efluente con calidad compatible con el producido por los procesos de tratamiento secundario de las PTAR. Por eso, ese tipo de solución es considerado adecuado. Las estaciones de tratamiento analizadas o propuestas en el ámbito del *ATLAS Aguas Residuales* poseen capacidad de tratar los efluentes de la limpieza de las fosas sépticas, aunque el costo de construcción y manutención de esas fosas no haya sido considerado.
- **Reemplazo de redes recolectoras antiguas o sustitución de sistemas recolectores mixtos:** muchas ciudades poseen redes recogedoras antiguas o sistemas mixtos que pueden ser utilizados en una estrategia de transformación gradual de la situación actual en la deseada. El costo de ese arreglo incluye la construcción de una nueva red recogedora, el cual no fue calculado por el *ATLAS Aguas Residuales*.
- **Tratamiento de aguas residuales combinadas:** algunas ciudades poseen sistemas recogedores mixtos (agua pluvial y aguas residuales en la misma tubería) cuyas aguas residuales combinadas pueden ser tratadas como una solución intermedia hasta la construcción del sistema separador absoluto. Las adecuaciones necesarias al proceso de tratamiento para esos casos no fueron consideradas en los costos.
- **Aprovechamiento y/o procesamiento de subproductos:** el aprovechamiento de esos subproductos, como el lodo y el biogás, contribuye para la sostenibilidad ambiental y económica de las estaciones de tratamiento de aguas residuales. No fueron considerados los costos de tecnologías de aprovechamiento y/o procesamiento de los mismos, pues dependen de una evaluación más específica para cada unidad. En relación al lodo proveniente del tratamiento de aguas residuales, su disposición final debe ser cuidadosa y considerar el riesgo potencial de contaminación del medio ambiente.

CURVAS DE COSTO

La evaluación de los costos y presupuestos de las intervenciones, propuestas en el ámbito del *ATLAS Aguas Residuales*, fue efectuada para todas las unidades componentes de los sistemas de alcantarillado sanitario. Fueron considerados los costos de proyectos existentes actualizados por el Índice Nacional de Costo de la Construcción - INCC (2015) y regionalizados para la recolección y el transporte por el Sistema Nacional de Investigación de Costos y Índices de la Construcción Civil - SINAPI.

Costos de Recolección y Transporte de Aguas Residuales:

Desde los costos de una red recolectora, estaciones elevadoras de aguas residuales, líneas de recalque e interceptores, fueron realizadas simulaciones para municipios de tamaños variados, con una adicional proporcional de población de acuerdo con el tamaño de cada uno de ellos. El objetivo de la simulación fue calcular un costo mediano per cápita para la recolección y transporte de aguas residuales, para permitir la construcción de curvas de costo.

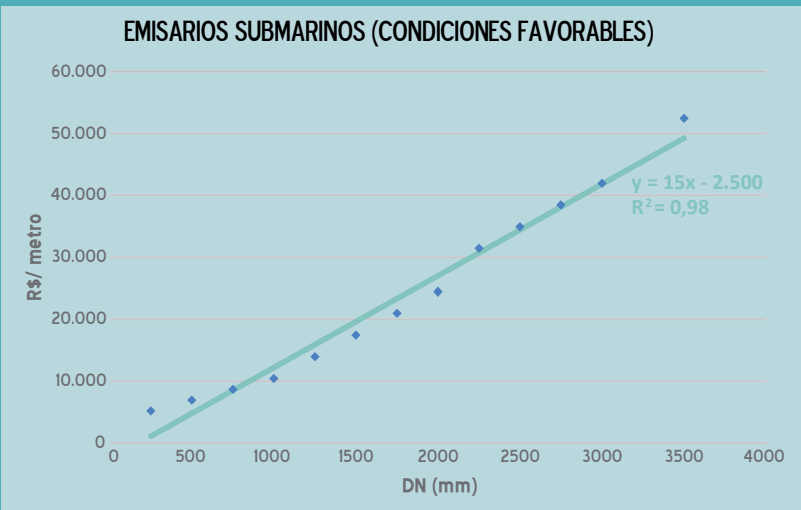
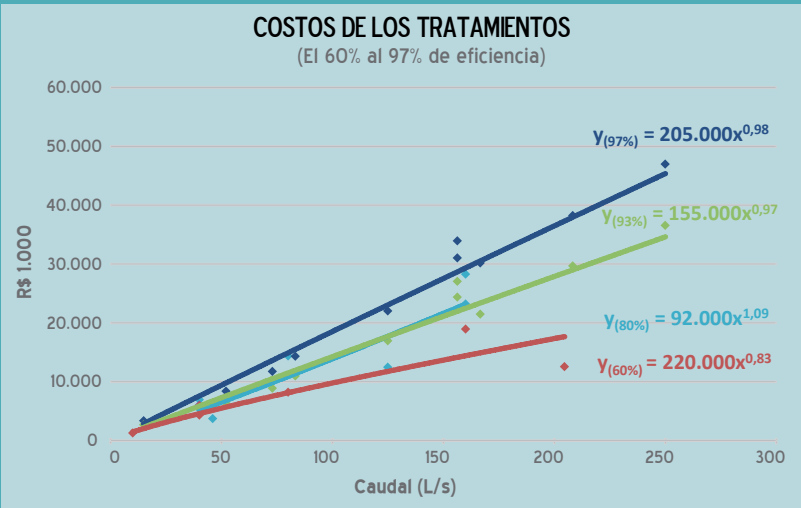
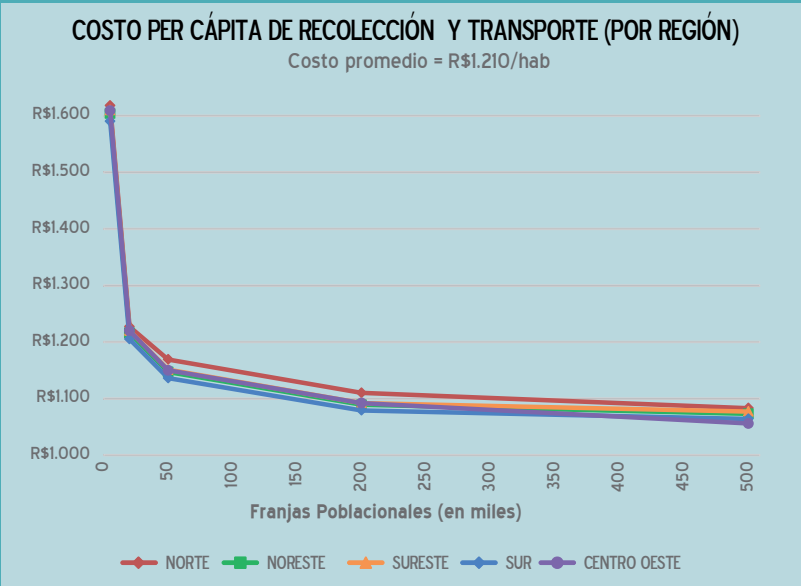
Costos de las Soluciones de Tratamiento de Aguas Residuales:

La metodología para la determinación de los costos de las estaciones de tratamiento consideró cuatro procesos de tratamiento con distintos porcentuales de eficiencia de remoción de DBO. Para cada proceso de tratamiento fue presentada una curva de costo, que fue adoptada en función de la eficiencia requerida para atender los límites del cuerpo receptor.

Cuando las soluciones requeridas implicaron en procesos de elevada eficiencia de remoción de carga orgánica, fueron evaluados, adicionalmente, los costos de alternativas que consideraran el lanzamiento del efluente tratado en tramo más a río abajo o en otro cuerpo receptor. En esos casos fueron calculados los costos de implantación de emisario para conducir las aguas residuales tratadas hasta el punto de lanzamiento alternativo, adicionados al costo de la nueva eficiencia de remoción de carga requerida y seleccionada la solución de menor costo total.

Costos de Emisarios Submarinos:

Para los municipios costeros, cuyos ríos no tenían disponibilidad hídrica suficiente para la dilución de los efluentes lanzados, fue considerada como solución la implantación de emisarios submarinos, precedidos de tratamiento con eficiencia de remoción de carga orgánica entre el 60% y el 80%. Para la determinación de los costos de estos emisarios fueron actualizados los costos de literatura, considerando las condiciones normales de mareas (amplitudes de olas, profundidades y zona de oleaje).



CAPITALES Y PRINCIPALES AGLOMERACIONES URBANAS



La casi totalidad de las principales aglomeraciones urbanas necesita de adecuaciones en los sistemas de alcantarillado sanitario. Los R\$ 57,4 mil millones previstos para esas regiones (cerca del 38% del total del País) beneficiarán 182 sedes urbanas, donde, juntas, reside casi mitad de la población urbana brasileña (el 46%).

Del total de recursos previstos en intervenciones de alcantarillado sanitario en esas aglomeraciones urbanas, más del 80% (R\$ 47,5 mil millones) están asociadas a municipios atendidos por Compañías de estados.

La universalización de la recolección de efluentes urbanos suma R\$ 29 mil millones en estas regiones. El monto de R\$ 18,5 mil millones previstos para inversiones en mejoras o implantaciones de Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales requiere una eficiencia mínima del 80% en la remoción de DBO en 146 de los 182 municipios.

SEMIÁRIDO



Los recursos previstos en alcantarillado sanitario para los municipios del semiárido brasileño totalizan R\$ 15 mil millones (cerca del 10% del total previsto para el País), con destaque para los Estados de Bahia y de Ceará, que concentran más de la mitad de ese monto.

En la región semiárida fueron identificados 470 municipios cuyo cuerpo receptor es intermitente o efímero y, a pesar de haber sido considerados en las estimativas de costos solamente procesos basados en la remoción de DBO, con eficiencia del 80%, es importante que para el proyecto de las PTARs sean evaluados procesos con alta remoción de patógenos y las posibilidades de disposición en el suelo o reúso del efluente.

Los municipios atendidos por compañías de estados abarcan el 70% (R\$ 10,5 mil millones) de las inversiones previstas para la región semiárida. Otros R\$ 3,1 mil millones están asociados a municipios con población urbana inferior a 50 mil habitantes y sin delegación de ese servicio.

El monto de inversiones necesario para universalizar los servicios de alcantarillado sanitario en Brasil, en el horizonte de planificación de 2035, fue estimado en cerca de R\$ 149,5 mil millones. En el PLANSAB, las estimativas de inversiones en alcantarillado sanitario para el período 2014-2033 fueron de R\$ 181,9 mil millones, de estos, los R\$ 47,6 mil millones (el 26,2% del valor total) son previstos para expansión de las instalaciones hidrosanitarias, reposición de la recolección e interceptación de las aguas residuales o del reemplazo en el tratamiento de aguas residuales, costos estos no incorporados a las estimativas realizadas por el *ATLAS Aguas Residuales*. Sin esa parte, el valor previsto por el PLANSAB resulta en un monto de R\$ 134,3 mil millones.

De las inversiones estimadas por el ATLAS Aguas Residuales para el País, aquellas destinadas a la recolección de las aguas residuales sanitarias representaron más que el doble del monto previsto para el tratamiento. Valores similares son encontrados en el PLANSAB, cuyo monto destinado a la expansión de la recolección e interceptación fue estimado en R\$ 102,1 mil millones. El PLANSAB prevé aun R\$ 30,8 mil millones para la reposición de red recolectora y de interceptores de las aguas residuales.

La obra para implantación de red recolección es una etapa que requiere inversión inicial más elevada y la realidad encontrada en el País corrobora los elevados valores demandados, una vez que 3.301 municipios poseen menos del 50% de la población con red recogedora de aguas residuales.

El valor estimado para tratamiento de las aguas residuales en el ATLAS Aguas Residuales fue de R\$ 47,6 mil millones, mientras en el PLANSAB el monto previsto fue de R\$ 32,3 mil millones. Aunque con un costo de reposición del tratamiento de aguas residuales de R\$ 5,3 mil millones adicionales previstos en el PLANSAB, el valor superior estimado en el ATLAS Aguas Residuales se justifica por el análisis de la capacidad de dilución de los cuerpos receptores, de la acumulación de cargas en la cuenca hidrográfica de río arriba para río abajo y, consecuentemente, en el detalle de las eficiencias de tratamiento requeridas en cada sede municipal.

La mayor parcela de las inversiones fue estimada para la región Noreste, donde cerca del 70% de los inversiones fueron previstos para implantación de red recogedora. Los estados de Pernambuco, Bahia y Ceará, juntos, representan el 56% de los recursos necesarios para la región.

En el Sureste el valor estimado representa cerca del 29% del total para el País. Casi R\$ 7 mil millones fueron previstos para las cuatro capitales, más del 15% del total para la región. Con gran número de aglomeraciones urbanas densamente habitadas en la región, 612 ciudades precisan tratar sus aguas residuales con eficiencia superior al 80% de remoción de carga y demandan R\$ 30,1 mil millones de los R\$ 43,5 mil millones totales estimados.

La región Sur fue la de tercer mayor monto estimado. La intervención en red recolectora representó el 71% de ese valor, que fueron distribuidos en porciones similares en los tres estados de la región. En la región, 940 ciudades demandan inversiones en soluciones con eficiencia de remoción inferior al 80%.

En el Norte, los estados de Amazonas y de Pará suman el 67% de las inversiones de la región, con destaque para las capitales Manaus y Belém, que juntas representan más de un tercio de las inversiones necesarias en los dos estados (R\$ 4,2 mil millones). Cerca de R\$ 14,8 mil millones fueron previstos para ciudades cuya solución requiere hasta el 80% de remoción de la carga de DBO.

En el Centro Oeste, el Estado de Goiás alcanza el mayor volumen de inversiones previstas para la región, el 44% del total. En la región predominan sedes urbanas con necesidad de remoción inferior al 80% de la carga de DBO, sin embargo estas representan solamente el 31% de las inversiones (R\$ 5,4 mil millones para 328 municipios).

INVERSIONES REQUERIDAS EN BRASIL POR ESTADO Y POR REGIÓN GEOGRÁFICA						
REGIÓN GEOGRÁFICA	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	CANTIDAD DE MUNICIPIOS	POBLACIÓN URBANA (en mil hab.)	INVERSIÓN REQUERIDA (en Millones de R\$)		
				Recogida	Tratamiento	Total
NORTE	Acre	22	562,8	697	144	841
	Amapá	16	658,8	904	232	1.136
	Amazonas	62	3.014,2	3.390	916	4.306
	Pará	144	5.611,0	6.804	1.798	8.602
	Rondônia	52	1.277,3	1.706	367	2.073
	Roraima	15	374,1	517	59	577
	Tocantins	139	1.169,2	1.328	275	1.603
	TOTAL	450	12.667,4	15.346	3.792	19.138
NORESTE	Alagoas	102	2.426,3	2.355	761	3.116
	Bahia	417	10.865,0	6.760	2.836	9.596
	Ceará	184	6.569,3	5.676	2.545	8.221
	Maranhão	217	4.283,4	4.947	1.724	6.671
	Paraíba	223	2.956,4	1.920	987	2.907
	Pernambuco	185	7.383,6	6.116	3.774	9.890
	Piauí	224	2.096,9	2.484	542	3.027
	Rio Grande do Norte	167	2.619,7	2.650	1.096	3.745
	Sergipe	75	1.616,8	1.647	926	2.573
	TOTAL	1794	40.817,4	34.555	15.191	49.746
SURESTE	Espírito Santo	78	3.136,5	2.215	1.008	3.222
	Minas Gerais	853	17.705,0	5.370	4.177	9.547
	Rio de Janeiro	92	15.922,1	5.729	5.455	11.185
	São Paulo	645	40.521,4	11.497	8.031	19.528
	TOTAL	1668	77.285,0	24.811	18.671	43.482
SUR	Paraná	399	9.397,5	5.221	2.021	7.242
	Rio Grande do Sul	497	9.477,2	5.517	2.784	8.301
	Santa Catarina	295	5.557,4	5.847	1.794	7.641
	TOTAL	1191	24.432,1	16.584	6.599	23.183
CENTRO OESTE	Distrito Federal	1	2.694,3	1.305	398	1.702
	Goiás	246	5.801,9	4.447	1.744	6.191
	Mato Grosso	141	2.617,2	2.908	757	3.665
	Mato Grosso do Sul	79	2.170,4	1.905	484	2.389
	TOTAL	467	13.283,8	10.565	3.383	13.947
BRASIL		5.570	168.485,7	101.862	47.635	149.496

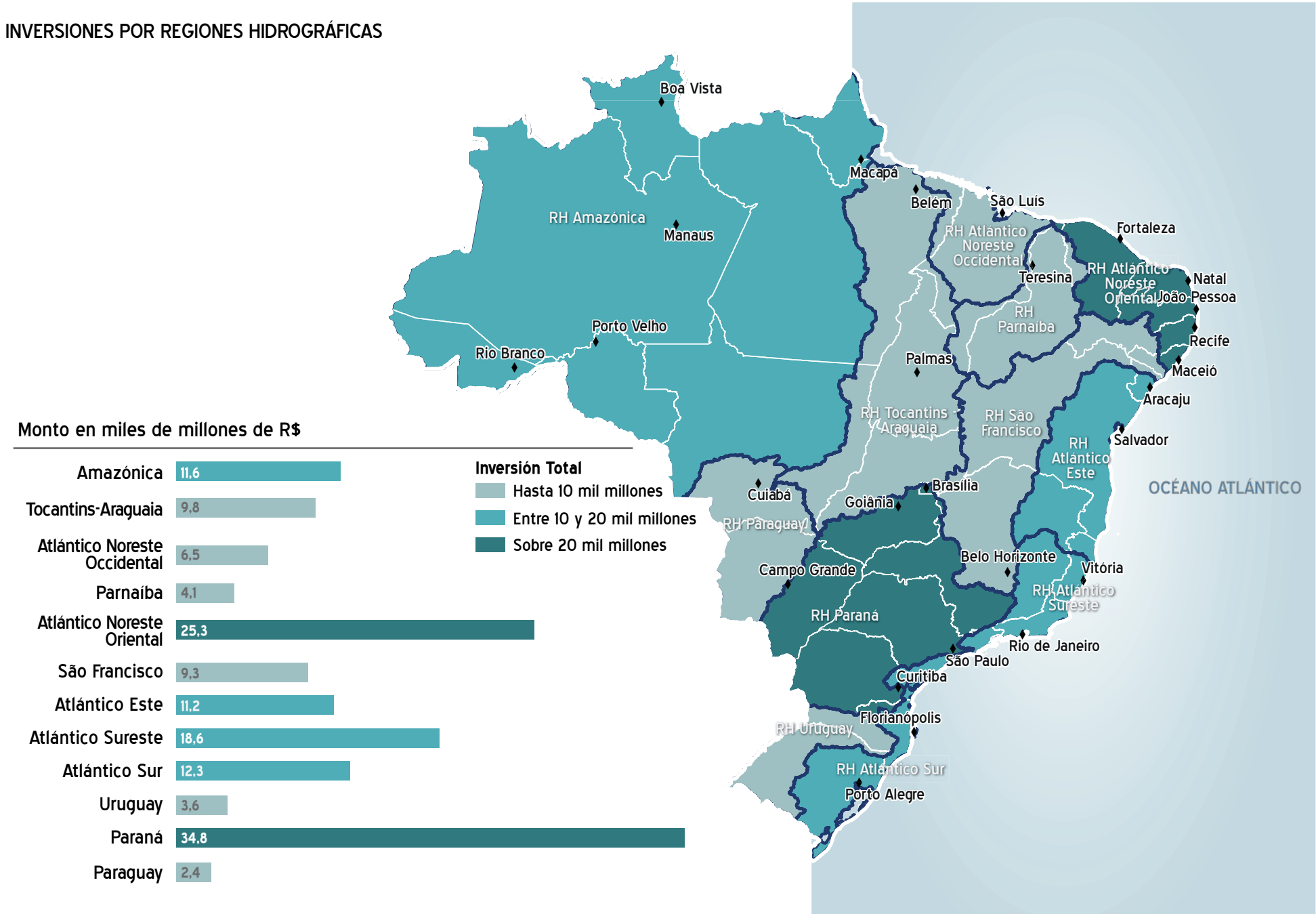
En las regiones hidrográficas, las mayores inversiones requeridas están en la RH Paraná (cerca del 23% del total). A pesar del mayor nivel de atendimento por recogida y tratamiento de aguas residuales existente en esa región, el contingente poblacional es muy elevado y los índices de cobertura son insuficientes para alcanzar la remoción de carga necesaria para atender a los límites de capacidad de dilución de los cuerpos receptores.

En esa región hidrográfica, las inversiones estimadas para tratamiento de aguas residuales considerando procesos de mayor complejidad (eficiencia superior al 80%) representan el 77,9% del total previsto. Ese alto porcentual proviene de la mayor concentración de capitales y aglomeraciones urbanas. Las regiones Atlántico Este y Atlántico Sureste poseen características similares a esa.

La RH Atlántico Noreste Oriental es la segunda en inversión requerida. En esa región hidrográfica predominan tramos de ríos intermitentes y ciudades con bajo nivel de atendimento por recolección y tratamiento de aguas residuales. A pesar de que los costos estimados indiquen para mayores inversiones en procesos con eficiencias entre el 60% y el 80%, es fundamental que se observe en la región soluciones compatibles con la realidad del semiárido.

En el extremo opuesto, la RH Paraguay es la que requiere menor monto de inversión, por ser una región de pequeño contingente poblacional y con buena capacidad de dilución en los cuerpos receptores. Situaciones similares a esa son encontradas en la RH Amazónica y en la RH Tocantins-Araguaia. Sin embargo, en esas regiones las inversiones estimadas son elevadas por ser compuestas, predominantemente, por ciudades con bajo nivel de atención en recolección y tratamiento de aguas residuales.

INVERSIONES POR REGIONES HIDROGRÁFICAS

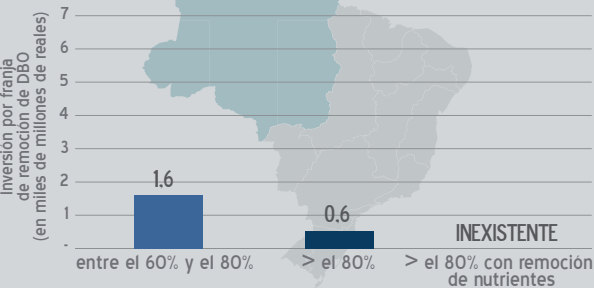


INVERSIÓN TOTAL EN BRASIL 149,5 MIL MILLONES

RH AMAZÓNICA

Inversión Total: R\$11,6 mil millones
Inversión en Recolección: R\$9,4 mil millones

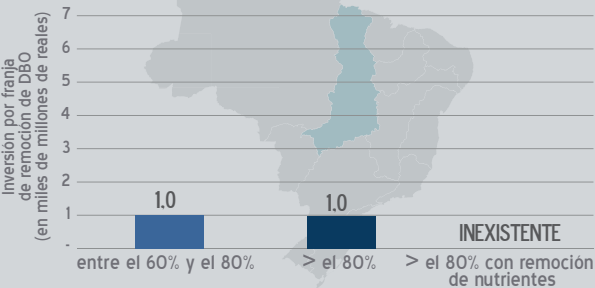
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$2,2 MIL MILLONES



RH TOCANTINS - ARAGUAIA

Inversión Total: R\$9,8 mil millones
Inversión en Recolección: R\$7,8 mil millones

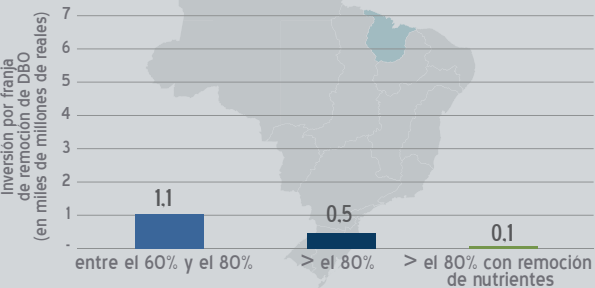
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$2 MIL MILLONES



RH ATLÁNTICO NORDESTE OCCIDENTAL

Inversión Total: R\$6,5 mil millones
Inversión en Recolección: R\$4,8 mil millones

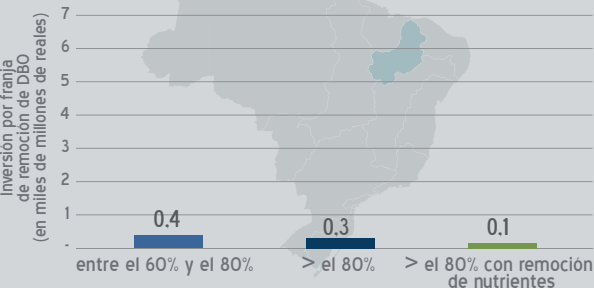
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$1,7 MIL MILLÓN



RH PARNAÍBA

Inversión Total: R\$4,1 mil millones
Inversión en Recolección: R\$3,3 mil millones

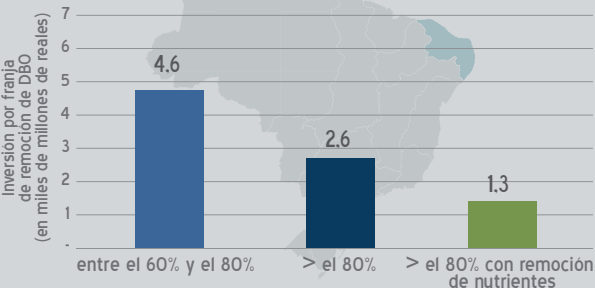
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$0,8 MIL MILLÓN



RH ATLÁNTICO NORESTE ORIENTAL

Inversión Total: R\$25,3 mil millones
Inversión en Recolección: R\$16,8 mil millones

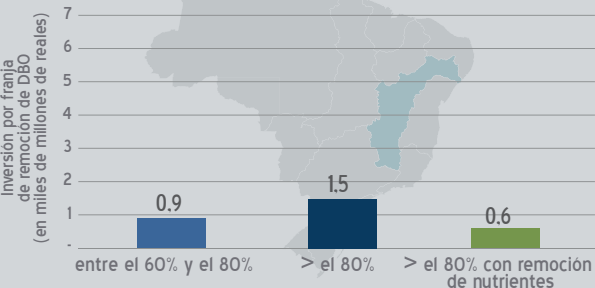
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$8,5 MIL MILLONES



RH SÃO FRANCISCO

Inversión Total: R\$9,3 mil millones
Inversión en Recolección: R\$6,3 mil millones

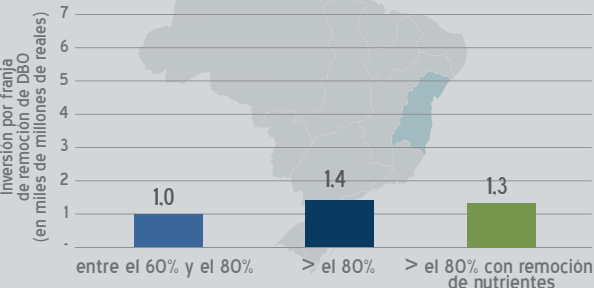
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$3 MIL MILLONES



RH ATLÁNTICO ESTE

Inversión Total: R\$11,2 mil millones
Inversión en Recolección: R\$7,5 mil millones

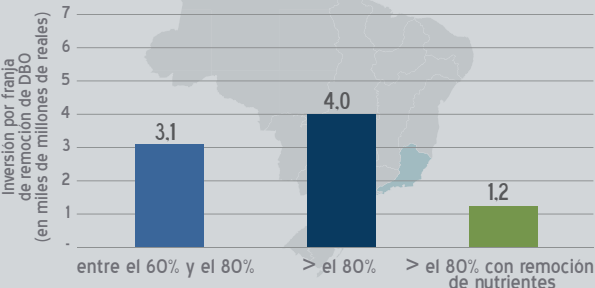
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$3,7 MIL MILLONES



RH ATLÁNTICO SURESTE

Inversión Total: R\$18,6 mil millones
Inversión en Recolección: R\$10,3 mil millones

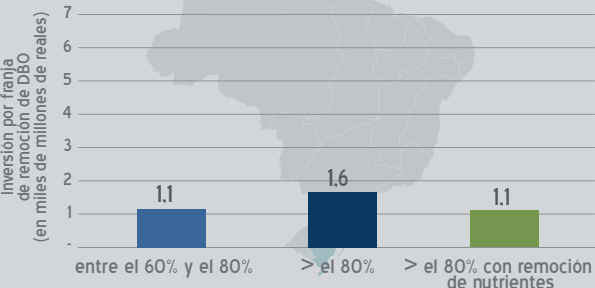
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$8,3 MIL MILLONES



RH ATLÁNTICO SUR

Inversión Total: R\$12,3 mil millones
Inversión en Recolección: R\$8,5 mil millones

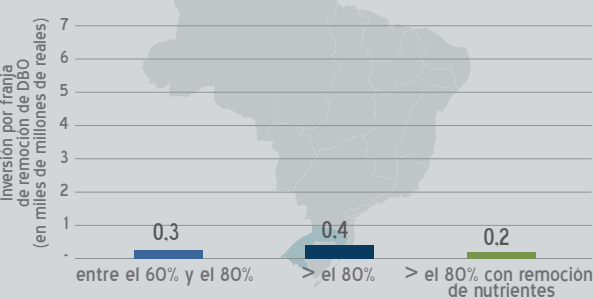
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$3,8 MIL MILLONES



RH URUGUAY

Inversión Total: R\$3,6 mil millones
Inversión en Recolección: R\$2,7 mil millones

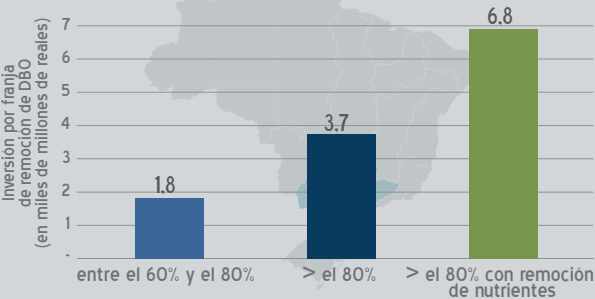
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$0,9 MIL MILLÓN



RH PARANÁ

Inversión Total: R\$34,8 mil millones
Inversión en Recolección: R\$22,5 mil millones

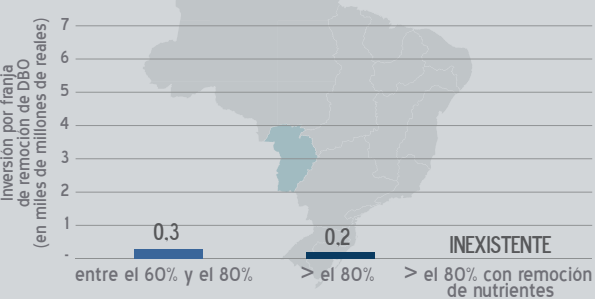
INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$12,3 MIL MILLONES



RH PARAGUAY

Inversión Total: R\$2,4 mil millones
Inversión en Recolección: R\$1,9 mil millón

INVERSIÓN EN TRATAMIENTO: R\$0,5 MIL MILLÓN





An aerial photograph of a river delta, showing a network of water channels and land. The image is in grayscale and has a teal-colored overlay at the bottom. The text is white and positioned on the teal background.

5 | ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTACIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1 | EVALUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

5.2 | ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTACIÓN

5.3 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 | EVALUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Históricamente, la organización institucional y la provisión de la infraestructura de saneamiento ganaron peso en las décadas de 1960 y 1970. En esa época, el Plan Nacional de Saneamiento - PLANASA, apoyado en el entonces Banco Nacional de Habitación - BNH y en los recursos del FGTS, estipuló metas para el atendimento del 70% de la población urbana brasileña con suministro de agua y el 30% con sistemas de alcantarillado sanitario.

Programas y acciones gubernamentales, como el Proyecto de Modernización del Sector de Saneamiento - PMS (1992) y el Programa de Aceleración del Crecimiento - PAC (desde 2007) orientaron acciones y destinaron recursos para la reducción de los déficits en alcantarillado sanitario manteniéndose, sin embargo, aun lejanos de la anhelada universalización de los servicios.

Más recientemente, el PLANSAB (2014) definió un conjunto sustantivo de macro directrices, estrategias, metas e inversiones, tornándose una de las principales referencias técnicas y políticas para el sector.

Si, por un lado, ese conjunto de esfuerzos refuerza la importancia del aporte y de la continuidad de inversiones en alcantarillado sanitario, por el otro expone la necesidad de considerar otros aspectos estratégicos para alcanzar la universalización de los servicios.

Además de los recursos financieros, los avances político-institucionales, la regulación y la modernización operativa, tecnológica y de la gestión son cuestiones, igualmente, fundamentales e indisolubles de un progreso consistente de los índices de cobertura de recogida y tratamiento de aguas residuales y, por recurrencia, de una efectiva mejora de las condiciones sanitarias y ambientales.

Es preciso considerar el conjunto de variables jurídicas, administrativas, económicas, socioambientales y técnicas para que las soluciones sean seleccionadas de forma adecuada, y tengan por objetivo las peculiaridades regionales, la capacidad de asimilación de cargas contaminadoras en los cuerpos hídricos, la viabilidad técnica y económica y, especialmente el marco institucional de la prestación de servicios en los municipios brasileños. Hacer caso omiso a ese conjunto de aspectos puede perjudicar la efectividad de las inversiones o de las perspectivas de cálculo definitivo del tema.

Es bajo ese enfoque integrado que el *ATLAS Aguas Residuales* propone caminos para el enfrentamiento de los problemas e impactos relativos a las aguas residuales, por medio de la evaluación institucional de la prestación de servicios de alcantarillado sanitario.

El marco institucional de la prestación de servicios de alcantarillado sanitario revela que poco más de la mitad de los municipios delegaron esos servicios a alguna compañía de estado, empresa privada o entidad municipal, en los cuales están el 89% de la población urbana brasileña. Los demás no cuentan con prestadores de servicios de alcantarillados institucionalizados.

Aunque la mayor parte de esos prestadores demuestre largo tiempo de actuación, hay un universo considerable de órganos y entidades con estructura insuficiente, desprovistos de recursos o, además, carentes de soporte regulatorio, político-administrativo, financiero y de mecanismos que apoyen acciones e inversiones en el sector.

Tales cuestiones, en conjunto, definen la situación institucional de los prestadores de servicio, las cuales condicionan su capacidad y determinan el ritmo de implementación de las soluciones e inversiones propuestas. En función de esas condiciones, el *ATLAS Aguas Residuales* estableció las categorías a continuación:

- **Grupo A - Situación Institucional Consolidada:** en ese grupo se incluyen los municipios más estructurados, con servicios de alcantarillado sanitario institucionalizados y, generalmente, son dotados de buenas condiciones administrativas y financieras, existencia de recursos materiales, humanos y organizacionales y mejores condiciones técnicas y operativas, resultando en servicios ofrecidos con buena calidad. Por el histórico de sus realizaciones y por el hecho de demostrar menor dificultad para la implementación de acciones e inversiones, se considera que las propuestas indicadas en el *ATLAS Aguas Residuales* encontrarían, en ese grupo, mayor facilidad en viabilizar las soluciones para la recolección y el tratamiento de aguas residuales.
- **Grupo B - Situación Institucional Intermedia:** incluye municipios que poseen prestadores de servicios con razonables condiciones institucionales, pero demandando en alguna medida adecuaciones en su capacidad de gestión técnica y operativa, estructuración administrativa y mejoras relativas a la situación económico-financiera. De ese modo, las inversiones en obras en ese grupo deben ser acompañadas de acciones de desarrollo institucional.
- **Grupo C - Situación Institucional Básica:** corresponde al conjunto de municipios en condiciones menos favorables desde el punto de vista institucional, sin prestador de servicio de alcantarillado sanitario institucionalizado o con prestador poco estructurado, con baja capacidad operativa o financiera. Generalmente, demuestran un histórico de inversiones insuficientes y una baja o nula capacidad de viabilizar planes, proyectos y obras de recogida y tratamiento de aguas residuales, lo que dificulta la superación de problemas y la mejora de los déficits existentes.

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN INSTITUCIONAL

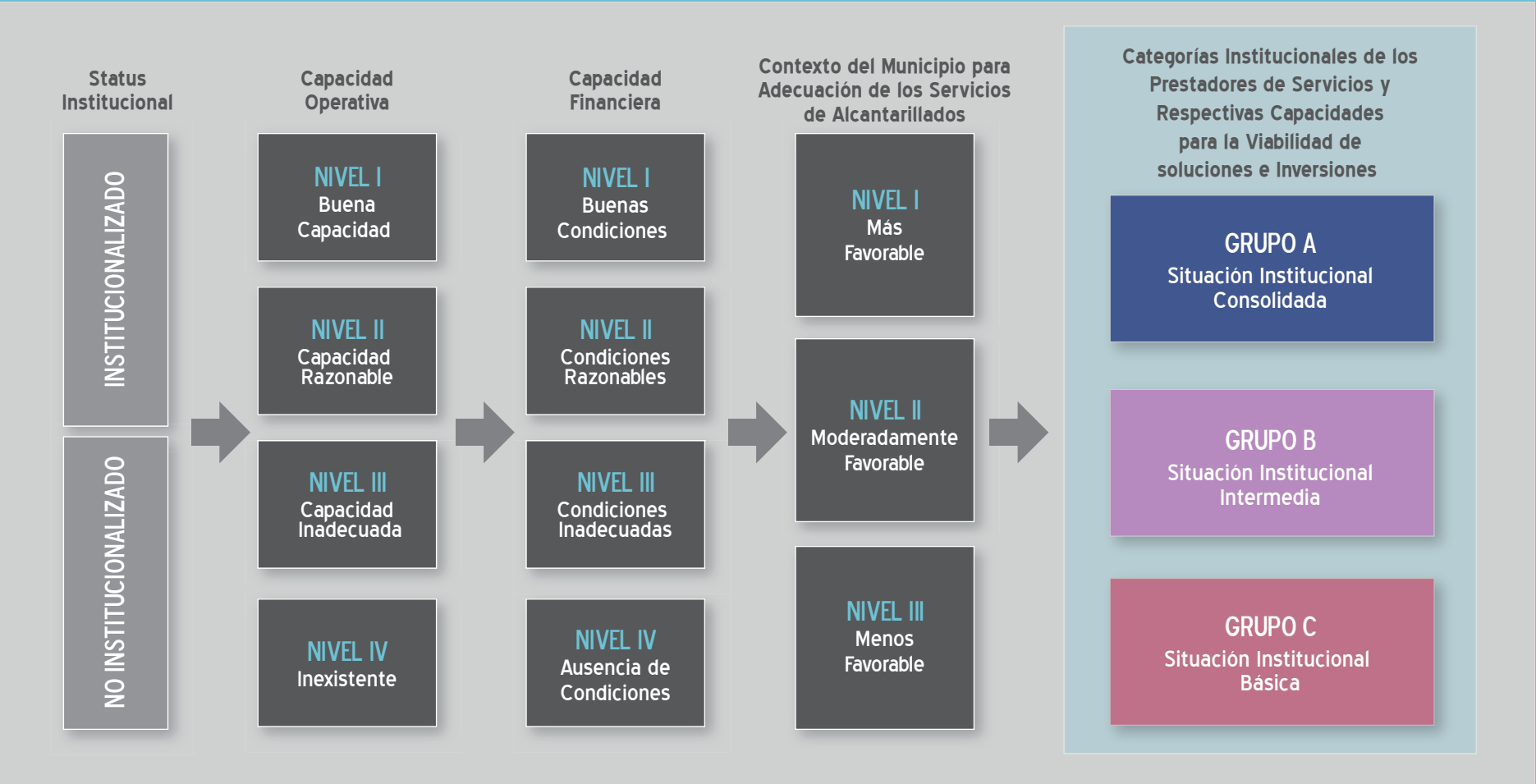
Para evaluar las condiciones institucionales de los prestadores de servicios de saneamiento fueron recolectadas y fueron analizadas informaciones pertinentes a los dispositivos legales y normativos de creación de las entidades y órganos; estructura física, administrativa y organizacional; situación de la operación de los sistemas de suministro de agua y de alcantarillado sanitario; aspectos comerciales, fiscales y patrimoniales (cuando disponibles); representatividad interinstitucional (como, por ejemplo, actuación en foros colegiados, consejos, comités, etc.); capacidad técnica y financiera; pasivos existentes; entre otros aspectos.

Los datos fueron obtenidos por medio de consultas directas a los prestadores de servicios y, también, desde fuentes secundarias, incluyéndose el Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento - SNIS, IBGE, entidades sectoriales (Asociación de las Empresas de Saneamiento Básico de estados - AESBE, Asociación Brasileña de las Concesionarias Privadas de Servicios Públicos de Agua y Alcantarillado - ABCON, Asociación Nacional de los

Servicios Municipales de Saneamiento- ASEMAE y Asociación Brasileña de la Infraestructura e Industrias de Base - ABDIB), sindicatos, asociaciones de clase, entre otras.

Con base en el extenso conjunto de informaciones obtenidas, fueron seleccionados 4 criterios principales que pudieran expresar la situación institucional y la respectiva capacidad para viabilizar soluciones e inversiones, a saber: (i) Status Institucional; (ii) Capacidad Operativa; (iii) Capacidad Financiera; y (iv) Contexto del Municipio para Adecuación de los Servicios de Alcantarillados (si necesario).

La combinación de esos 4 criterios generó múltiples tipologías institucionales, que fueron organizadas en tres Grupos: A - Situación Institucional Consolidada; B - Situación Institucional Intermedia; y C - Situación Institucional Básica, de acuerdo con lo que está ilustrado a continuación.

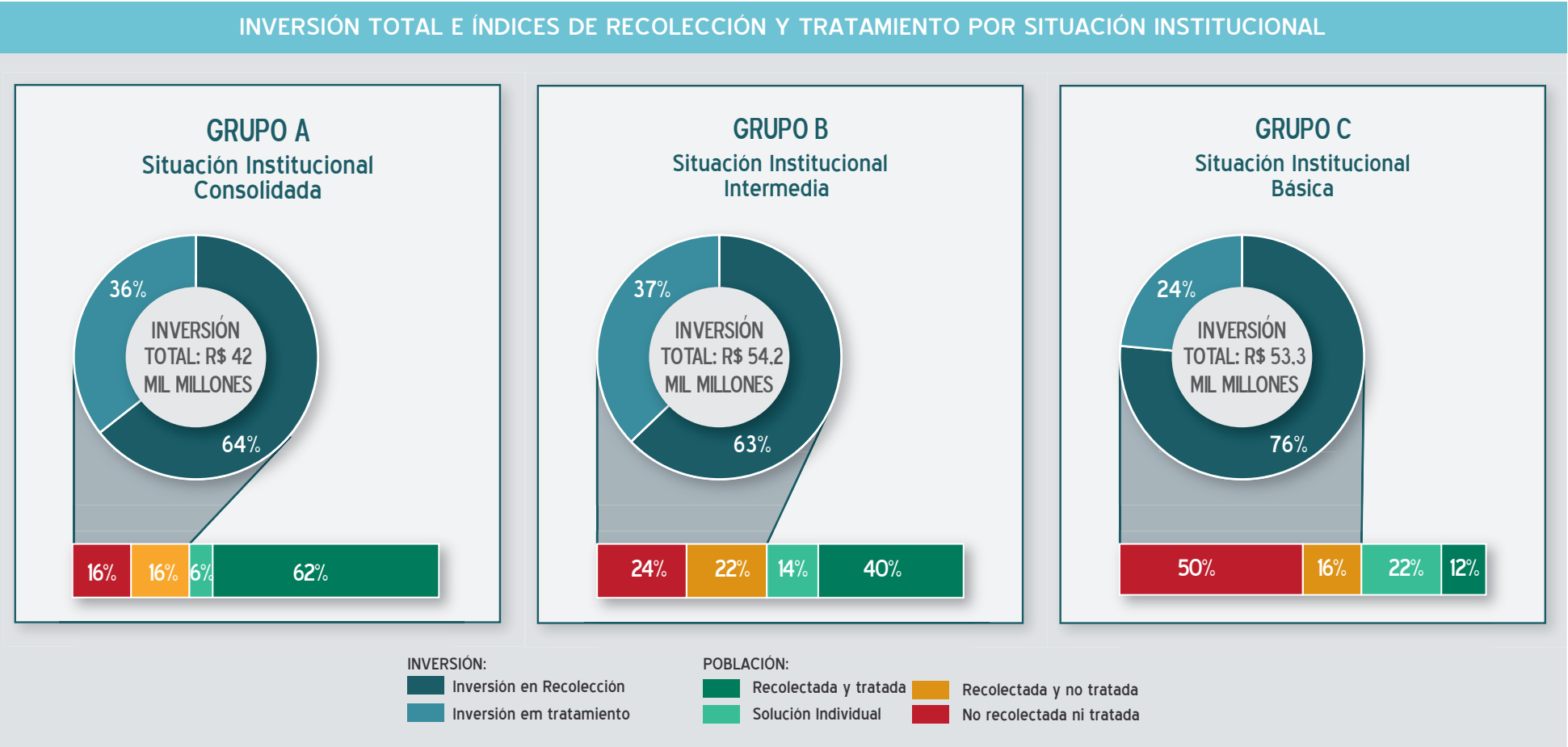


El grupo de municipios con Situación Institucional Consolidada abriga el mayor contingente poblacional y contempla 80 ciudades en regiones metropolitanas y seis de ellas con más de 1 millón de habitantes. Además del Distrito Federal, esos municipios están localizados, predominantemente en los estados de Bahia, Minas Gerais, São Paulo y Paraná. El Grupo A presenta los mejores índices de atención, con el 79% de cobertura de recolección de aguas residuales y el 62% de tratamiento colectivo pero, aun así, elevada necesidad de inversiones. En total, para el pleno atendimento de las demandas en el horizonte de 2035, son necesarios R\$ 42 mil millones en inversiones, de los cuales R\$ 27 mil millones destinados a la recolección y cerca de R\$ 15 mil millones para el tratamiento de aguas residuales.

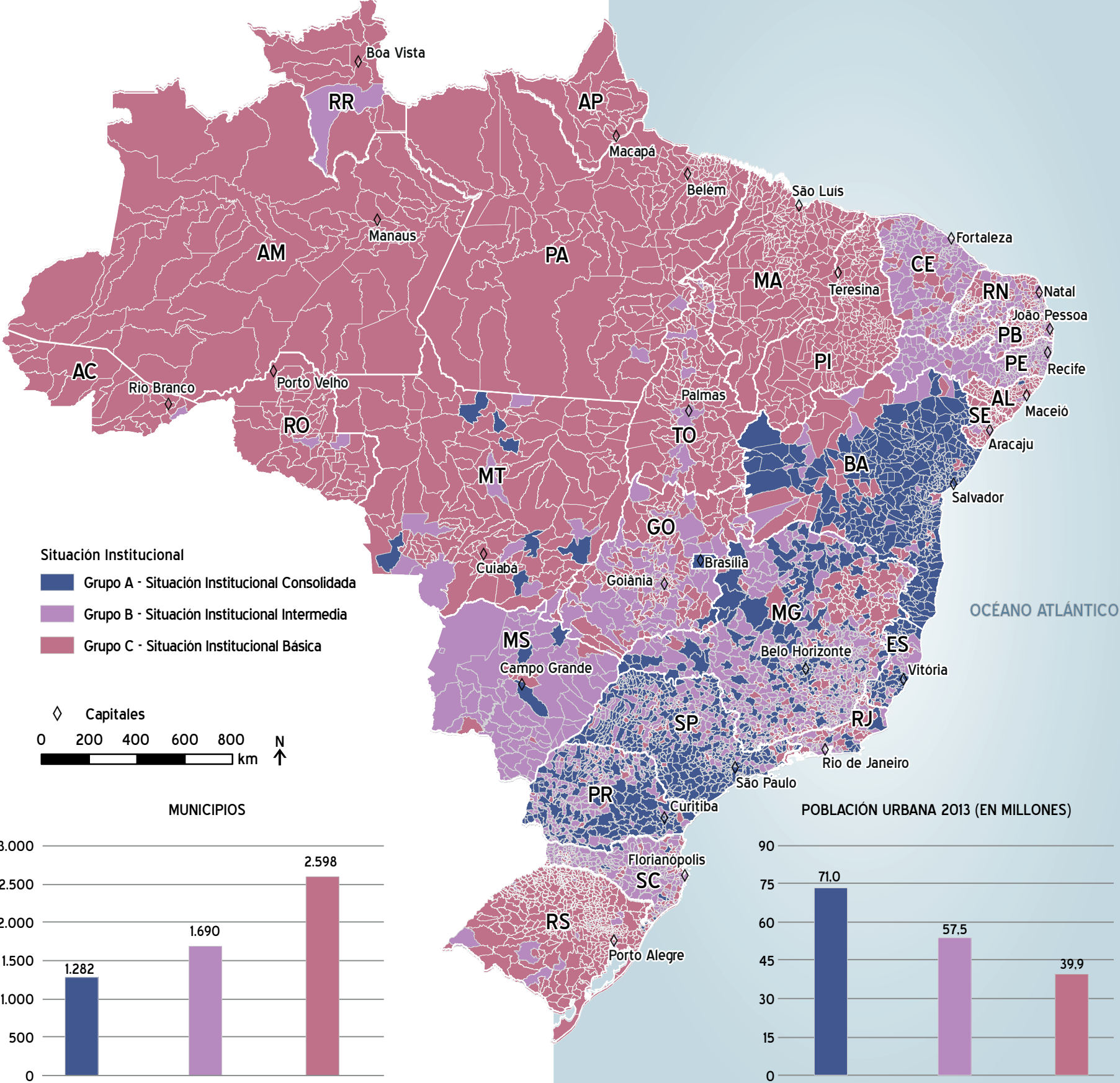
El grupo de municipios con Situación Institucional Intermedia concentra número considerable de ciudades situadas en regiones metropolitanas (65 sedes municipales), aunque la mayor parte de los municipios sea de pequeño tamaño, con 1.239 sedes con menos de 20 mil habitantes. En ese grupo, cerca del 62% de la población posee recolección de aguas residuales y el 40% posee tratamiento colectivo, niveles muy próximos al promedio del País. Están previstos R\$ 54,2 mil millones en inversiones para ese conjunto de municipios, de los que R\$ 34,1

mil millones se destinan a la recogida y R\$ 20,1 mil millones al tratamiento de aguas residuales. Los municipios del Grupo B están bastante dispersos en el País cuando comparados a los demás grupos, con presencia en las regiones Noreste (Ceará, Rio Grande Norte, Paraíba, Pernambuco), Sur, Sureste y Centro Oeste.

El grupo de municipios con Situación Institucional Básica corresponde al mayor número de municipios (el 47% del universo), con 37 de ellos insertados en regiones metropolitanas. Como esperado, gran parte de ese grupo (el 86%) está representada por municipios de pequeño tamaño, con población menor que 20.000 habitantes. En términos de población, sin embargo, representan el universo con menor número de habitantes (39,9 millones de habitantes). También, en ese conjunto están las mayores demandas debido a los menores índices de cobertura, con el 28% de recolección de aguas residuales y solamente el 12% de tratamiento de las aguas residuales puestas a la disposición de la población. En función de esas características, esa agrupación presentó los mayores montos de inversiones requeridas en recolección de aguas residuales, completando R\$ 40,7 mil millones. Esa situación no se refleja en el monto exigido para el tratamiento de aguas residuales, en función de demandar, predominantemente, soluciones más simplificadas asociadas a condiciones más favorables cuanto a los recursos hídricos disponibles, necesarios a la dilución de los efluentes. Desde el punto de vista espacial, hay mayor concentración de municipios en la región Norte y, principalmente, en los estados del Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Tocantins, Rio Grande do Sul y al norte de Minas Gerais.



SITUACIÓN INSTITUCIONAL DE LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADOS



5.2 | ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El enfoque por cuenca hidrográfica, asociando el tratamiento de aguas residuales a una visión sistémica de los recursos hídrico es el enfoque del *ATLAS Aguas Residuales* y reflejo de actuación integrada entre ANA y SNSA/MCidades, y de estos con las diversas partes involucradas en temas de alcantarillado sanitario y gestión de las aguas.

Aun así, las discusiones durante la elaboración del estudio evidenciaron la percepción de que, aunque las soluciones de recolección y de tratamiento de aguas residuales sean dimensionadas en consonancia con los principios de la gestión de recursos hídricos, el aporte financiero sin la debida capacidad institucional instalada en el municipio puede no llevar al resultado anhelado. Hay muchos ejemplos en todo el País de sistemas de alcantarillado sanitario abandonados o que ni siquiera entraron en operación debido a problemas asociados a ese tema.

De esa manera, se buscó establecer una estrategia que considerara la diversidad institucional existente en la prestación de los servicios de alcantarillado sanitario en el País, así como la complejidad de las soluciones de tratamiento de aguas residuales requeridas, con enfoque en la universalización del alcantarillado sanitario y en la mitigación de los impactos en los recursos hídricos.

Como parte de la estrategia, fueron establecidas las siguientes etapas:

i. Estructuración del prestador (solamente para municipios con Situación Institucional Básica - Grupo C): propuesta como etapa previa a la implementación de cualquier otra acción. Sea cual sea el modelo seleccionado por el municipio, es fundamental que el mismo disponga de prestador de servicio institucionalizado, con la definición clara de atribuciones y con un nivel mínimo de estructuración suficiente para elaborar o al menos evaluar las soluciones de alcantarillado para el municipio.

ii. Desarrollo institucional (municipios con Situación Institucional Básica e Intermedia - Grupos B y C): etapa importante para impulsar la capacidad operativa y financiera de los prestadores. Prevista en el PLANSAB, esa acción es necesaria para garantizar la mejora en la calidad de los servicios prestados y asegurar la continuidad de la operación de los sistemas de alcantarillado sanitario.

iii. Inversiones en obras (todos los municipios - Grupos A, B y C): recursos financieros necesarios para la ejecución de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales, que deben estar condicionados a un prestador de servicios con capacidad institucional.

De acuerdo con lo indicado por las etapas, la cuestión institucional para la efectividad de las obras de recolección y de tratamiento de aguas residuales, resulta importante el establecimiento de metas de gestión asociadas a los indicadores físicos en el programa de los inversiones.

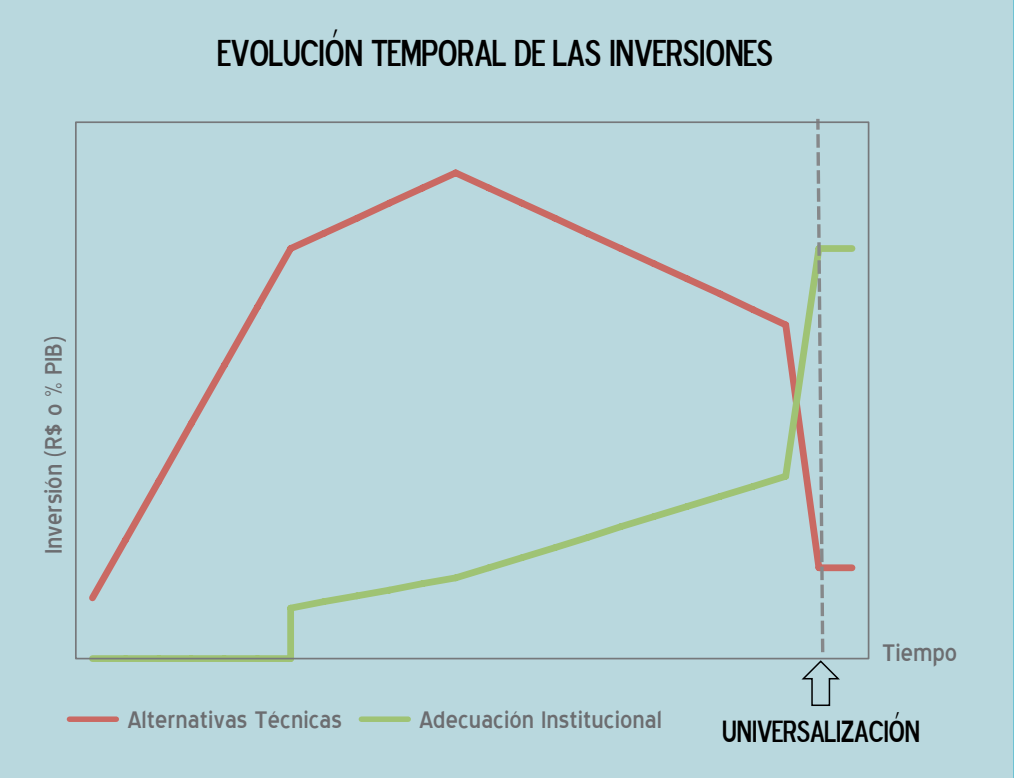
LA IMPORTANCIA DE LA ADECUACIÓN INSTITUCIONAL SEGÚN EL PLANSAB

El PLANSAB caracteriza el adecuado balance entre las medidas estructurantes y estructurales, denominadas en el *ATLAS Aguas Residuales* de Desarrollo institucional e Inversiones en obras (en recolección y tratamiento de aguas residuales), respectivamente, como la premisa central para la lógica de las inversiones planeados en el ámbito del Plan.

De acuerdo con lo que fue presentado en PLANSAB, se defiende la importancia de las medidas estructurales hasta la universalización del alcantarillado sanitario, sin embargo, con el creciente fortalecimiento de las medidas estructurantes que la sostendrán.

Después de la universalización del atendimento poblacional, las alternativas técnicas serían necesarias, principalmente para la sustitución de sistemas obsoletos o la adecuación de sistemas a nuevos estándares de calidad sanitaria y ambiental.

El apoyo a la gestión pública de los servicios de saneamiento tiene el objetivo de crear condiciones de sostenibilidad para la adecuada atención poblacional, e incluye la cualificación de la participación social y su control sobre los servicios.



Fuente: Adaptado de PLANSAB.

Además de las etapas mencionadas, la estrategia propuesta contempla la posibilidad de implementación de las soluciones de alcantarillado e inversiones asociados de manera gradual, respetando las eficiencias de remoción necesarias para el cumplimiento de las exigencias aplicables a los cuerpos receptores.

Esa gradualidad, considerando el establecimiento de metas progresivas en consonancia con las Políticas de Saneamiento y de Recursos Hídricos, debe ser observada en los Planes Municipales de Saneamiento Básico y Planes de Cuencas Hidrográficas.

Para las soluciones de tratamiento de agua residual de menor complejidad, la progresividad puede ser limitada a la ampliación gradual de las áreas a ser atendidas, por ejemplo, en función de las cuencas de agotamiento del municipio.

Para soluciones más complejas, se propone que también sea evaluada, caso a caso, la posibilidad de implantación por etapas de los procesos complementarios de tratamiento, cuando la tecnología seleccionada lo permita, necesarios para alcanzar eficiencias más elevadas de remoción de carga asociadas a las metas finales de calidad de agua.

Otras particularidades pueden ser consideradas, como la definición por el reúso no potable de efluente o la discusión conjunta de la solución de tratamiento involucrando varios municipios de una cuenca.

ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN EN FUNCIÓN DE LA SITUACIÓN INSTITUCIONAL Y DE LA COMPLEJIDAD DEL TRATAMIENTO				
GRUPOS PRESTADORES	MENOS COMPLEJO	MÁS COMPLEJOS		
		GENERAL	SEMIÁRIDO	SOLUCIÓN CONJUNTA
GRUPO A SITUACIÓN INSTITUCIONAL CONSOLIDADA	\$ ●◎	\$ ●◎◎	\$ ●◎ ◎	\$ ●◎◎ ┌ ┐
GRUPO B SITUACIÓN INSTITUCIONAL INTERMEDIA	D\$ ●◎	D\$ ●◎◎	D\$ ●◎ ◎	D\$ ●◎◎ ┌ ┐
GRUPO C SITUACIÓN INSTITUCIONAL BÁSICA	ED\$ ●◎	ED\$ ●◎◎	ED\$ ●◎ ◎	ED\$ ●◎◎ ┌ ┐
\$ Inversión en obras D Desarrollo institucional E Estructuración del prestador ● Tratamiento simplificado ◎ Tratamiento convencional ◎◎ Tratamiento avanzado ┌ ┐ Reúso ┌ ┐ Arreglo técnico (en bloque)				

Desde la definición de la estrategia presentada, con análisis integrado de la situación institucional y de la complejidad del tratamiento, se puede inferir que, de manera general, los municipios con Situación Institucional Consolidada o intermedia están, predominantemente, en regiones con baja capacidad de dilución de las aguas residuales. De ese modo, requieren tratamiento más complejo y, en muchos casos, la discusión de solución conjunta entre los municipios de una misma cuenca o solución complementaria.

Por otro lado, la mayor parte de los municipios que demandan atención a la estructuración y al desarrollo institucional está en regiones con elevada disponibilidad hídrica y que llegarían a la universalización con tratamiento convencional de sus efluentes sanitarios.

En un escenario tendencial de los esfuerzos emprendidos en alcantarillado sanitario en Brasil, es de esperarse que los municipios con situación institucional consolidada sean los primeros a alcanzar la universalización de ese servicio. Eso equivale a una remoción de 1.105 toneladas de DBO/día y una inversión estimada en R\$ 42,0 mil millones.

Luego, se espera que los municipios con Situación Institucional Intermedia logren el desarrollo institucional necesario para

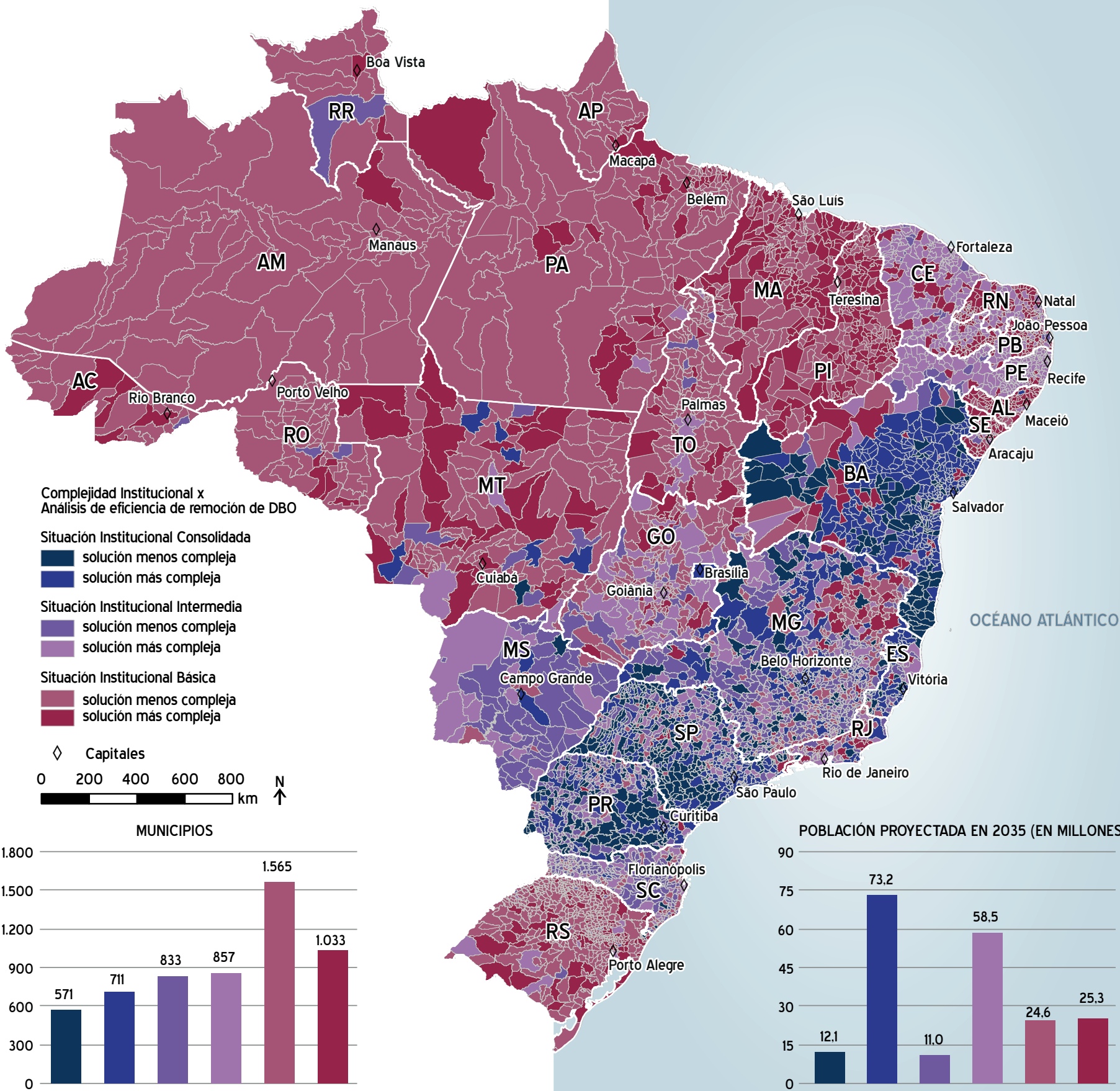
impulsar y gestionar recursos financieros del orden de R\$ 54 mil millones en favor de la construcción y manutención de sistemas de alcantarillado sanitario que remuevan 1.197 toneladas de DBO/día.

Por fin, por seguir el escenario tendencial, estarían los municipios con Situación Institucional Básica, que necesitan aun definir un prestador para el servicio de alcantarillado sanitario y/o dotarlo de capacidad operativa y financiera para gestionar los respectivos sistemas de alcantarillado sanitario. Esos municipios alcanzarían la universalización del alcantarillado sanitario por medio de la remoción de 1.298 toneladas de DBO/día y de la aplicación de R\$ 53,3 mil millones. Se subraya que en ese grupo, más que recursos financieros, es necesario un esfuerzo de articulación e inducción para que estos municipios estructuren sus servicios, evaluando, entre las alternativas posibles, cual modelo sería el más adecuado para el municipio y para las metas a ser alcanzadas.

En términos de resultados para la calidad del agua de los cuerpos receptores, se subraya que las inversiones en las situaciones más complejas, consecuentemente con mayor impacto sobre los recursos hídricos e independiente de la situación institucional (Grupos A, B y C), ocurren en un número equivalente de municipios (2.601), pero demandan inversiones 2,5 veces mayores (R\$ 107,7 mil millones). Además de los beneficios ambientales, es importante tener claro que los avances en la universalización del alcantarillado sanitario, independiente de la estrategia adoptada, son fundamentales en función de los reflejos positivos en la salud pública.

COMPLEJIDAD DE TRATAMIENTO Y SITUACIÓN INSTITUCIONAL				
SITUACIÓN INSTITUCIONAL	COMPLEJIDAD EN EL TRATAMIENTO REQUERIDO (REMOCIÓN DE DBO) 2035	DATOS GENERALES 2035	CARGA A SER REMOVIDA PARA LA UNIVERSALIZACIÓN 2035 (T DBO/DÍA)	INVERSIÓN NECESÁRIA 2035 (R\$)
GRUPO A CONSOLIDADA	Menos complejo (entre el 60 y el 80%)	571 municipios Población 12.1 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 21.191 hab	145	6,8 mil millones
	Más complejo (sobre el 80%, solución conjunta o complementaria)	711 municipios Población 73.2 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 102.953 hab	960	35.2 mil millones
GRUPO B INTERMEDIA	Menos complejo (entre el 60 y el 80%)	833 municipios Población 11.0 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 13.205 hab	249	8,4 mil millones
	Más complejo (sobre el 80%, solución conjunta o complementaria)	857 municipios Pobación 58.5 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 68.261 hab	948	45,8 mil millones
GRUPO C BÁSICA	Menos complejo (entre el 60 y el 80%)	1.565 municipios Población 24.6 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 15.719 hab	652	26,6 mil millones
	Más complejo (sobre el 80%, solución conjunta o complementaria)	1.033 municipios Población 25.3 millones habitantes (2035) Población promedio por municipio: 24.492 hab	646	26,7 mil millones

COMPLEJIDAD DE TRATAMIENTO Y SITUACIÓN INSTITUCIONAL DE LOS MUNICIPIOS



5.3 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El *ATLAS Aguas Residuales* es el resultado de un trabajo conjunto, desarrollado bajo la coordinación de ANA en alianza con SNSA/MCidades y con la colaboración de instituciones federales, de estados y municipales de todo Brasil. Al traer la mirada de la gestión de los recursos hídricos, este estudio reúne y presenta informaciones, diagnósticos y propuestas de soluciones para todas las 5.570 sedes urbanas del País, amparados en la evaluación de la situación de la recolección y del tratamiento de las aguas residuales y del impacto del lanzamiento de esos efluentes en los cuerpos hídricos, con una visión sistémica por cuenca hidrográfica. Las propuestas de soluciones fueron elaboradas para el horizonte de 2035, con enfoque en la protección de los recursos hídricos, en su uso sostenible para depuración de efluentes urbanos y en la racionalización de las inversiones.

Al alcanzar la totalidad de los municipios brasileños, el primer desafío se presentó pronto en la obtención de las informaciones, que deberían subsidiar la evaluación del impacto de los lanzamientos de aguas residuales, tratadas o no, en los cuerpos receptores. Fue entonces definido un abordaje que contempló visitas a 472 órganos autónomos municipales (SAAE o similar) o privados, responsables por la prestación de los servicios de alcantarillado sanitario, además de reuniones técnicas con las 25 compañías de estados que actúan en el País. Fueron visitados, también, los municipios con población arriba de 50 mil habitantes y que no habían delegado la prestación de los servicios. En 2013, ese universo alcanzaba 157,7 millones de habitantes, representando cerca del 90% de la población urbana brasileña.

La evaluación de la situación actual del alcantarillado sanitario y de los respectivos cuerpos receptores evidenció la relevancia de esa carga contaminante cuanto al comprometimiento de la calidad de los recursos hídricos, en especial próximo a las grandes aglomeraciones urbanas y áreas de baja disponibilidad hídrica, subrayándose los aspectos a continuación:

- El 55% de la población brasileña posee atendimento adecuado de alcantarillado sanitario a la luz de los conceptos del PLANSAB (solución individual o recogida y tratamiento de las aguas residuales). Mientras tanto, solamente el 39% de toda la carga orgánica generada en Brasil es removida, resultando en 5,5 mil t DBO/día que pueden alcanzar los cuerpos receptores.
- Hay un predominio de bajos niveles de remoción de la carga orgánica en las sedes urbanas (cerca de 3,9 mil ciudades presentan niveles de remoción de DBO inferior al 30%) y, consecuentemente, situación similar en las parcelas totales de las UF. Solamente las UF del Distrito Federal, São Paulo y Paraná remueven más del 50% de la carga orgánica generada en su territorio.
- Además del significativo déficit existente en recolección y tratamiento de las aguas residuales, solamente 1/3 de las plantas de tratamiento de aguas residuales identificadas utilizan procesos con remoción de DBO superior al 80%, estando concentradas en la región Sureste.
- La elevada carga orgánica proveniente de las aguas residuales, tratadas o no, que afluye a los cuerpos receptores, implica en una gran ocurrencia de tramos de ríos con calidad del agua compatible con las clases de encuadramiento 3 o 4 (concentraciones de DBO superior a 5 mg/L), sumando cerca de 110 mil kilómetros de cursos de agua, notablemente en la porción este del País. Así, el 57% de la población brasileña reside en municipios que no poseen caudal suficiente para la dilución de la carga orgánica sin recurrir a procesos de tratamiento más eficientes o resultar en una condición de calidad de agua compatible solamente con los usos del agua previstos en las clases de encuadramiento 3 o 4.
- Las peores condiciones de dilución están próximas a las grandes aglomeraciones urbanas y en la región semiárida, donde la relación entre la población y la disponibilidad hídrica en los cuerpos receptores es desfavorable. En el semiárido la situación requiere atención adicional, considerando la elevada ocurrencia de ríos intermitentes o efímeros y el elevado número de embalses utilizados para suministro humano, potencial destino final de la carga orgánica de las aguas residuales resultantes del lavado del suelo por las lluvias.

La evaluación de las insuficiencias en la atención de los servicios de alcantarillado y de sus impactos en los cuerpos hídricos, buscando soluciones que atendieran a los requisitos de calidad del agua para garantizar el uso múltiple de los recursos hídricos, subsidió la construcción de un abordaje estratégico, complementado con estimativa de costos, con los aspectos principales a continuación:

- La gran heterogeneidad en la disponibilidad hídrica de los cuerpos de agua del País demanda soluciones, igualmente, diversas de remoción de carga contaminante. Además de la adopción de procesos de tratamiento más avanzados para municipios cuyos cuerpos receptores poseen capacidad de dilución menos favorable, son necesarios abordajes diferenciados con mayor involucramiento del sector de recursos hídricos en las áreas críticas de calidad de agua, incluyendo la región semiárida, las áreas con ciudades localizadas en cabecera de ríos y, principalmente, regiones muy adensadas de una misma cuenca hidrográfica.
- Los resultados del modelado de calidad de agua, corroborados por los datos de monitoreo de la calidad del agua, indican la relevancia de las acciones de alcantarillado en esas áreas críticas. También es deseable en esas áreas el involucramiento del sector de recursos hídricos en las discusiones de la implementación de las soluciones, en especial en aquellas regiones más adensadas y que ya cuentan con comités de cuenca instituidos, como las cuencas de los ríos Sinos, Tietê, Velhas, Paraíba do Sul, Doce, Meia Ponte, Piracicaba, Capivari y Jundiá (cuencas PCJ), Mogi-Guaçu, entre otras.
- El análisis de la necesidad de remoción de Fósforo y Nitrógeno de las aguas residuales para 2035 reveló que el 29% de los embalses presentan concentración de Fósforo arriba de lo deseado (hasta 0,025 mg/L) y el 5% de las captaciones presentan concentración de Nitrógeno superior al estándar de potabilidad (hasta 10 mg/L), de los que son indicados los municipios que deben enfocarse en el tratamiento de sus aguas residuales, cuanto a la remoción de nutrientes.
- La inversión necesaria para universalizar los servicios de alcantarillado sanitario en Brasil, en el horizonte de 2035, fue estimada en R\$ 149,5 mil millones, y las regiones Noreste y Sureste son las mayores demandantes, sea por los bajos niveles de cobertura y alta ocurrencia de ríos intermitentes o efímeros (caso del Noreste), sea por el gran número de aglomeraciones urbanas densamente habitadas (caso del Sureste). De la inversión total en el País, el 44% fueron previstos para aplicación en 840 municipios que requieren solución conjunta o solución complementaria. La población asociada a esos municipios suma más de 100 millones de habitantes.

- Las inversiones en recolección y tratamiento estimados en el *ATLAS Aguas Residuales* no consideraron los costos asociados a la construcción y manutención de las fosas sépticas, a la reposición de redes recolectoras antiguas o sustitución de sistemas recolectores mixtos, al tratamiento de aguas residuales combinadas o al aprovechamiento y/o procesamiento de subproductos, como el lodo y el biogás. En el PLANSAB las inversiones estimadas para el período 2014-2033 en alcantarillado sanitario fueron de R\$ 181,9 mil millones, incorporando acciones en expansión de las instalaciones hidrosanitarias, reposición de la recolección e interceptación de las aguas residuales y de la reposición en el tratamiento de aguas residuales.

PLANSAB como instrumento federal de planificación del saneamiento en el País, además del diagnóstico de los servicios, trae también las directrices para el sector, metas a ser alcanzadas e instrumentos que deberán ser utilizados para su logro. Resguardada la importancia de todos los aspectos constantes en el PLANSAB, se destaca la preocupación en él colocada, relativa al fortalecimiento institucional, regulatorio y de capacidad de ejecución y gestión de los prestadores de servicio de saneamiento, los cuales figuran, por cierto, entre las principales trabas para la concretización de intervenciones en todas las regiones del País.

Con base en los resultados y en las discusiones técnicas realizadas a lo largo del período de ejecución del estudio, queda evidente y reforzada la preocupación ya planteada por el PLANSAB de que las acciones de concretización y tratamiento de aguas residuales presentadas pueden no resultar en el efecto anhelado en el caso de que el aporte financiero en infraestructura sea realizado sin la debida competencia institucional instalada en el municipio y sin considerar las particularidades de las soluciones que fueron requeridas en función de la capacidad de dilución de los cuerpos receptores.

Todos esos puntos considerados, las premisas adoptadas en el *ATLAS Aguas Residuales* fueron basadas en la definición de una estrategia de implementación, considerando la diversidad institucional existente en la prestación de los servicios de alcantarillado sanitario en el País y de las soluciones de tratamiento de aguas residuales requeridas. Esa estrategia debe orientar los procesos de planificación, regulación, financiación y toma de decisión en el ámbito del SINGREH y del sector de saneamiento y también está alineada con los esfuerzos para el cumplimiento de las metas de acceso al saneamiento y mejora de la calidad del agua, que fueron establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 de los Países-Miembros de la ONU.

En ese contexto, se presentan las siguientes recomendaciones, agrupadas en tres dimensiones: (i) dimensión político-estratégica; (ii) dimensión organizacional (gestión y prestación de servicios de alcantarillado sanitario); y (iii) dimensión operativa.



Dimensión político-estratégica:

- Uno de los principales retos a ser enfrentados en la dimensión político-estratégica incluye la amplia discusión acerca de la reorganización del sector de saneamiento, cuyas acciones hoy son realizadas de manera dispersa, por múltiples agentes (Ministerio de las Ciudades/ SNSA, Ministerio de la Planificación, Ministerio del Medio Ambiente/SRH/ANA, Ministerio de la Salud/FUNASA, Ministerio de la Integración Nacional, Ministerio de la Acción Social, Caixa, BNDES, Ministerio de la Defensa, Codevasf, entre otros). Aunque el comando de la política de saneamiento está a cargo del Ministerio de las Ciudades y la coordinación de la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos sea efectuada por ANA, para que la estrategia de implementación planteada en el *ATLAS Aguas Residuales* oriente, de hecho, las acciones y las inversiones en tratamiento de aguas residuales en el nivel federal, es imprescindible que haya una instancia interministerial que garantice la articulación entre todos esos agentes involucrados y la racionalidad en la toma de decisiones.
- En lo que se refiere a la planificación, el *ATLAS Aguas Residuales*, por ofrecer un detalle de la situación del alcantarillado sanitario por municipio, considerando arreglos regionales y de cuenca hidrográfica, debe ser considerado como instrumento complementario al PLANSAB, subsidiando sus revisiones y orientando acciones de fomento a la universalización y a la calidad de los servicios, incluyendo la aplicación de recursos financieros.
- El *ATLAS Aguas Residuales* establece también un referencial técnico para estudios, diagnósticos y pronósticos que integren los planes municipales y micro-regionales de saneamiento y los planes de recursos hídricos (nacional, de estados y de cuencas hidrográficas), constituyéndose como punto de inicio y base mínima para el tema alcantarillado sanitario.
- Algunas de las alternativas técnicas indicadas aún carecen de líneas orientadoras para su aplicación, por medio de la elaboración de referenciales técnicos y normativos, entre otros. Eso se aplica, por ejemplo, para el caso de reúso de efluentes, estrategia que hoy cuenta con una propuesta de plan de acciones para instituir una política específica en Brasil, en curso en el ámbito del Programa Interaguas.
- El establecimiento de metas progresivas en consonancia con las Políticas de Saneamiento y de Recursos Hídricos, de acuerdo con la estrategia diseñada en el *ATLAS Aguas Residuales*, debe ser observado en los planes municipales de saneamiento, planes de cuenca y propuestas de encuadramiento de cuerpos de agua. Esas metas contemplan la implementación de las soluciones de alcantarillado e inversiones asociados de manera gradual, respetando las eficiencias de remoción necesarias para el cumplimiento de las exigencias aplicables a los cuerpos receptores y requisitos de calidad del agua de los diversos usos.

- Son, igualmente, importantes los esfuerzos para el perfeccionamiento de procesos y mecanismos de regulación del sector de saneamiento, así como de la estructura legal de los procesos de emisión de otorgas de derecho de uso del agua y permisos ambientales, que consideren el análisis integrado efectuado en el *ATLAS Aguas Residuales*, contemplando la visión de la cuenca hidrográfica y la diversidad institucional y de las soluciones de tratamiento de aguas residuales requeridas. Ese análisis evidencia la necesidad de un abordaje uniforme para la definición de la gradualidad de las acciones, compatibilizando las metas progresivas de expansión y calidad de los servicios con las metas de logro de los objetivos de calidad de agua de los cuerpos hídricos, además de decisiones que independan del dominio de los recursos hídricos, que deben ser asumidas y ser acordadas por las entidades reguladoras, órganos de medio ambiente y los de control.

Dimensión organizacional:

- En esa dimensión prevalecen cuestiones relativas a la organización de los prestadores de servicios, donde se encontraron brechas en los arreglos institucionales de gestión y operación vigentes. En ese sentido, la base de datos y los resultados del *ATLAS Aguas Residuales*, agregados a otros instrumentos, pueden subsidiar la discusión sobre modelos institucionales más adecuados para la prestación de los servicios de alcantarillado sanitario, considerándose los aspectos técnicos, así como la amplia diversidad de los municipios del País con relación a sus capacidades técnicas, financieras y de recursos humanos.
- Esa organización de la prestación de los servicios de aguas residuales, que incluye la institucionalización de la gestión y acciones de desarrollo institucional, es fundamental para garantizar la efectividad de las inversiones en obras estimadas en el *ATLAS Aguas Residuales* y, cuando necesario, puede ser utilizada como condicionante para la aplicación de los recursos públicos.

En la dimensión operacional:

- En el ámbito de una dimensión operativa, se subrayan los aspectos relativos al funcionamiento y a la operación de los sistemas de alcantarillado sanitario, en particular de la garantía de la eficiencia de las estaciones de tratamiento de aguas residuales. En ese sentido, experiencias como la del Programa Descontaminación de Cuencas Hidrográficas - PRODES, que fue creado y es mantenido por ANA desde 2001, pueden servir de modelo, con una forma de actuar en el monitoreo del resultado de la acción de saneamiento (aguas residuales recogidas y tratadas) y no en la ejecución física (PTAR construida), además del enfoque en la mitigación de los impactos en los recursos hídricos.

- PRODES y otras acciones de esa naturaleza, debido a su potencial contribución para mejora operativa y garantía de la efectividad en la remoción de cargas contaminantes, deben considerar, prioritariamente, las cuencas con mayor criticidad de calidad de agua y que demanden soluciones más complejas de tratamiento, de acuerdo con lo indicado en el *ATLAS Aguas Residuales*.
- Es importante también que los indicadores de eficiencia de tratamiento sean incorporados, definitivamente, en el establecimiento de metas y en el seguimiento de la implementación de las acciones, para que la métrica de evaluación no se base solamente en la ejecución de obras y en la evolución de la cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario, sino también en la eficiencia operativa de las PTARs y en la mejora de la calidad del agua de los cuerpos receptores.

Además de las recomendaciones mencionadas, hay algunas salvedades importantes a ser enumeradas y que no están contempladas en las dimensiones abordadas:

- Con relación a la opción realizada en el *ATLAS Aguas Residuales* de indicar, prioritariamente, como solución sistemas colectivos de recolección y tratamiento de aguas residuales, conviene acordar que las fosas sépticas también pueden ser consideradas soluciones apropiadas, desde que sean ejecutadas y sean operadas de manera adecuada. Algunos estudios indican, incluso, que en determinadas condiciones son una alternativa de mayor economía delante de sistemas colectivos. No obstante, es fundamental que se avance en la reglamentación de esta solución, y definiendo con claridad las responsabilidades sobre su manutención y la disposición final de los residuos, y en el establecimiento de directrices para su utilización como una alternativa de política pública para la universalización del alcantarillado sanitario.
- Con relación a la utilización del *ATLAS Aguas Residuales* para la toma de decisiones, es importante tener claro que las alternativas técnicas que componen el documento no son proyectos de sistemas de recogida y tratamiento de aguas residuales para los municipios, sino una indicación de soluciones posibles en relación a las eficiencias requeridas cuando evaluados los cuerpos receptores identificados en la base geográfica utilizada. A pesar de contemplar proposiciones basadas en informaciones robustas para esa escala de planificación, la elaboración de proyectos de sistemas de alcantarillado sanitario requiere informaciones más detalladas, considerando una serie de otras variables, como disponibilidad y costo de terreno, topografía, entre otras, además de una mirada más determinada sobre las tecnologías disponibles y su adecuación a la realidad local.

La publicación de este Resumen Ejecutivo simultáneamente a la divulgación de los resultados del *ATLAS Aguas Residuales* en el portal de ANA en el internet (www.ana.gov.br), pone a la disponibilidad de la sociedad un amplio conjunto de informaciones de todas las ciudades brasileñas, representando una contribución preciosa para la planificación y para el proceso decisorio nacional, regional o local. Por lo tanto, es importante que esas informaciones sean actualizadas permanentemente, de modo que los análisis realizados y la planificación propuesta puedan ser perfeccionados y seguidos cuanto a sus progresos y nuevos desafíos.

Por fin, se espera que el *ATLAS Aguas Residuales* fortalezca el proceso de planificación y gestión de recursos hídricos y del saneamiento, motivando el establecimiento de alianzas y de una ampliada cooperación intergubernamental, comprometida con las inversiones en alcantarillado sanitario necesarios para la mejora de las condiciones de salud, ambientales y urbanas del País.



APOYO:



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

En cooperación con la
**Oficina
en Brasilia**



INTERÁGUAS
Programa de Desarrollo del
SECTOR AGUA



MINISTERIO DE
DESARROLLO REGIONAL



ISBN: 978-65-88101-16-2



9 786588 101162