



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



DAVID MARQUES SOARES

ESGOTO DOMÉSTICO NA BACIA DO ALTO RIO DOCE

Ouro Preto, julho de 2018

DAVID MARQUES SOARES

ESGOTO DOMÉSTICO NA BACIA DO ALTO RIO DOCE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção de Grau em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hubert Mathias Peter Roeser

Ouro Preto, julho de 2018

S676e Soares, David Marques .
Esgoto doméstico na Bacia do Alto Rio Doce [manuscrito] / David
Marques Soares. - 2018.

81f.: il.: color; graf; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Hubert Mathias Peter Roeser.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas. Departamento de Engenharia Ambiental.

1. Água - Poluição ambiental. 2. Engenharia sanitária. 3. Bacia do Alto Rio
Doce (MG). 4. Saneamento. 5. Contaminação fecal. I. Roeser, Hubert Mathias
Peter . II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 504

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas
Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental - CEAMB
Campus Universitário Morro do Cruzeiro-S/N - CEP:35400-000 Ouro Preto – MG
Brasil - Tel.: (31) 3559.1542 – e-mail: ceamb@em.ufop.br

Folha de Aprovação

David Marques Soares

ESGOTO DOMÉSTICO NA BACIA DO ALTO RIO DOCE.

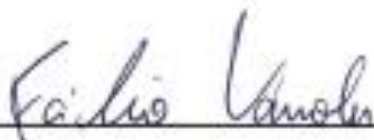
Trabalho Conclusão de Curso defendido e aprovado em 19/07/2018 pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Hubert Mathias Peter Roeser - UFOP (Orientador)



Aníbal da Fonseca Santiago (UFOP)



Eng. Fábio Vassoler (PROAMB/UFOP)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar, iluminar, guiar meus caminhos e socorre-me quando foi preciso.

À minha família, meu pai José Domingos Soares, minha mãe Maria da Anunciação Marques Soares e minha irmã Marília Marques Soares, por me apoiarem, respeitarem, confiarem e por doação que fizeram para que eu pudesse concluir essa etapa.

Ao professor Hubert por aceitar em me orientar e me incentivar e principalmente por tornar possível.

A todas as pessoas que participaram desta caminhada acadêmica, dentro e fora dos limites desta universidade, de forma direta ou indireta, mas que possibilitaram o meu desenvolvimento.

.

RESUMO

A crescente urbanização promovida pelo aumento populacional, tem gerado maior pressão sobre os recursos hídricos. A não implantação de serviços de esgotamento sanitário tem gerado a degradação dos cursos d'água ao redor de todo mundo. Esta pesquisa apresenta dados referentes ao esgotamento sanitário, no mundo, no Brasil e na Bacia do Alto Rio Doce. Foram utilizados dados governamentais e de pesquisas acadêmicas para traçar o panorama das regiões citadas. O panorama mundial utilizou dados do Programa de Monitoramento Conjunto realizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundos das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). Para o ano de 2015 estimou-se que 5 bilhões de pessoas utilizam instalações sanitárias apropriadas e não compartilhadas com outras famílias, o que classificaria pelo menos como básico os serviços utilizados. 2,8 bilhões de utilizam sistemas ligados à rede de esgoto e que a predominância deste tipo de serviço está ligada aos centros urbanos. No Brasil, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) apenas 45% dos municípios são atendidos com serviços de esgotamento sanitário, cobrindo 50,39% da população. As regiões Norte e Nordeste possuem o menor nível de cobertura populacional por esse serviço, 9,09% e 25,57% respectivamente. No Brasil 74,09% do esgoto coletado é tratado e a região Sul apresenta o melhor índice para este indicador, 93,61%. Na Bacia do Alto Rio Doce, foram analisadas as sub bacias do Rio Piranga e Rio Piracicaba. Segundo os dados do SNIS 56,37% da população da bacia do Rio Piracicaba é atendida por serviços de esgotamento sanitário e apenas 6,45% do esgoto coletado é tratado. Na bacia do Rio Piranga o panorama é um pouco melhor, 86,97% da população é atendida e 36,06% do esgoto coletado é tratado. Os dados fornecidos pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e de pesquisadores que atuam na região, deixam claro que ambas as bacias estão em grave estado de degradação devido ao lançamento de esgoto doméstico não tratado. É preciso, não só para as bacias estudadas, mas como também para o Brasil e Mundo um maior empenho na gestão dos recursos hídricos e a implementação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's).

Palavras chaves: Água – Poluição Ambiental, Engenharia sanitária, Bacia do Alto Rio Doce (MG), Saneamento, Contaminação fecal

ABSTRACT

The increasing urbanization promoted by the population increase, has generated greater pressure on the water resources. The non-implementation of wastewater services has generated the degradation of watercourses around the world. This research presents data on sanitary sewage, in the world, in Brazil and in the Upper Rio Doce Basin. Governmental and academic research data were used to outline the regions. The global picture used data from the Joint Monitoring Program conducted by the World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF). By 2015 it has been estimated that 5 billion people use appropriate and non-shared health facilities with other families, which would classify at least as basic the services used. 2.8 billion use wastewater systems and the predominance of this type of service is linked to urban centers. In Brazil, according to data from the National Sanitation Information System (SNIS), only 45% of municipalities are served with sanitary wastewater services, covering 50.39% of the population. The North and Northeast regions have the lowest level of population coverage for this service, 9.09% and 25.57% respectively. In Brazil 74.09% of the wastewater collected is treated and the South region presents the best index for this indicator, 93.61%. In the Upper Rio Doce Basin, the subbasins of the Piranga River and the Piracicaba River were analyzed. According to data from the SNIS 56.37% of the population of the Piracicaba River basin is served by sanitary wastewater services and only 6.45% of the collected wastewater is treated. In the Piranga River basin the panorama is a bit better, 86.97% of the population is served and 36.06% of the collected wastewater is treated. Data provided by the Minas Gerais Water Management Institute (IGAM) and researchers in the region make it clear that both basins are in a serious state of degradation due to the release of untreated wastewater. It is necessary, not only for the basins studied, but also for Brazil and the World, a greater commitment in the management of water resources and the implementation of Wastewater Treatment Stations (WWT's).

Key words: Water - Environmental Pollution, Sanitary engineering, Upper Rio Doce (MG), Sanitation, Fecal contamination

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto bruto (em termos de concentrações)	17
Figura 3-1 Proporção de serviços básicos e limitados.....	30
Figura 3-2 Regiões do Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	31
Figura 3-3 Progresso na universalização entre países com menos de 95% de atendimento por serviços de esgotamento	32
Figura 3-4 População utilizando diferentes tipos de tecnologias, urbana e rural, 2015(cada bloco equivale a 100 milhões de pessoas)	33
Figura 3-5 Nível de cobertura populacional na região Norte	37
Figura 3-6 Comparativo entre volumes de esgotos coletados e tratados no Nordeste ...	39
Figura 3-7 Nível de cobertura populacional na região Centro Oeste	41
Figura 3-8 Comparativo entre volumes de esgotos coletados e tratados no Sudeste	42
Figura 3-9 Nível de cobertura populacional na região Sul.....	44
Figura 3-10 Nível de cobertura populacional no Brasil	45
Figura 3-11 Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2016	46
Figura 3-12 Concentração de média de DBO entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados	52
Figura 3-13 Concentração de média de Oxigênio Dissolvido entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados	53
Figura 3-14 Concentração de média de Fósforo entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados	54
Figura 3-15 Concentração de média de Turbidez entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados	55
Figura 3-16 Incidência de doenças relacionadas à água nas regiões brasileiras	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 4-1 Sub bacias do Rio Doce	59
Figura 4-2 Estações de amostragem no Rio Piranga	65
Figura 4-3 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016	68

Figura 4-4 Estações de amostragem no Rio Piracicaba.....	70
Figura 4-5 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016	71
Figura 4-6 Poluição do Rio Piracicaba pelo esgoto doméstico na comunidade de Santa Rita Durão	73
Figura 4-7 Lançamento de esgoto doméstico no município de Raul Soares.....	74
Figura 4-8 Flocos de espumas no Rio do Peixe próximo à Itabira-MG	75
Figura 4-9 Lançamento de esgoto doméstico no Rio Piranga no município de Ponte Nova	75
Figura 4-10 Lançamento de esgoto doméstico no Rio Piranga.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Exemplos de algumas doenças de veiculação hídrica relacionadas com os microrganismos patogênicos presentes na água contaminada.....	24
Tabela 2-2 Características dos principais níveis de tratamento.....	27
Tabela 3-1 Avaliação do esgotamento sanitário na região Norte.....	36
Tabela 3-2 Avaliação do esgotamento sanitário na região Nordeste.....	38
Tabela 3-3 Avaliação do esgotamento sanitário na região Centro Oeste.....	40
Tabela 3-4 Avaliação do esgotamento sanitário na região Sudeste.....	41
Tabela 3-5 Avaliação do esgotamento sanitário na região Sul.....	43
Tabela 3-6 Avaliação do esgotamento sanitário no Brasil.....	44
Tabela 3-7 Indicadores e ponderações do Ranking do Saneamento 2018.....	47
Tabela 3-8 Melhores índices de atendimento total de esgoto.....	48
Tabela 3-9 Piores índices de atendimento total de esgoto.....	48
Tabela 3-10 Melhores índices de atendimento urbano de esgoto.....	49
Tabela 3-11 Piores índices de atendimento urbano de esgoto.....	49
Tabela 3-12 Melhores índices de esgoto tratado referido a água consumida.....	50
Tabela 3-13 Piores índices de esgoto tratado referido a água consumida.....	51
Tabela 4-1 Avaliação do esgotamento sanitário na Bacia do Rio Piranga.....	61
Tabela 4-2 Avaliação do esgotamento sanitário na Bacia do Rio Piracicaba.....	62
Tabela 4-3 Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado.....	63
Tabela 4-4 Classes do Índice de Estado Trófico (Rios) e seu Significado.....	64
Tabela 4-5 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016.....	66

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.1	Introdução	11
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Geral	13
1.3.2	Específicos.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Caracterização dos esgotos	14
2.2	Impactos do lançamentos de esgotos <i>in natura</i>	20
2.3	Generalidades sobre o tratamento de esgotos	25
3	PANORAMA MUNDIAL E PANORAMA NACIONAL	28
3.1	Panorama Mundial	28
3.2	Panorama Nacional	33
4	PANORAMA NA BACIA DO ALTO RIO DOCE.....	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

Desde as eras mais remotas, o homem procurou estabelecer-se próximo a cursos d'água. Decisão natural dada a extrema importância deste recurso para manutenção da vida como um todo. Com o advento da agricultura, a domesticação de animais, as relações de interdependência foram intensificadas, e assim, foram surgindo aldeias e vilas, que dariam origem as primeiras cidades.

Com o aumento populacional, alguns problemas começaram a surgir tais como: abastecimento de água, a drenagem pluvial, a geração de lixo e esgotos entre outros.

De forma geral, a primeira solução encontrada para os problemas advindos do processo de urbanização, tiveram os rios como principal ator. As águas para abastecimento eram neles captadas e os lixos e esgotos neles despejados. Essas ações, apesar de amenizar tais problemas, acabou levando a outro, com grandes implicações sociais, a proliferação de doenças.

Os romanos foram os mais notórios na busca de soluções para estes problemas. Construíram intrincados sistemas de aquedutos e também a famosa Cloaca Máxima, um dos primeiros sistemas de coleta de esgoto no mundo. A essa altura já tinham percebido a relação intrínseca entre as práticas sanitárias básicas com a prevenção de doenças.

A utilização dos recursos hídricos para a disposição de todo tipo de resíduos gerados pelo homem, líquidos ou sólidos, tem ocasionado a sua degradação, diminuindo a sua oferta e qualidade. Essa degradação ocorre em todo o mundo e gera maiores impactos negativos nos países em desenvolvimento e suas populações mais pobres. Assim, um esforço tem sido feito para alterar essa situação e a ferramenta desenvolvida para tal tarefa constitui-se na implementação do saneamento básico.

Entende-se por saneamento básico, o conjunto de medidas que visam preservar e/ou modificar o meio ambiente tendo vistas para a prevenção de doenças, a promoção da saúde pública, melhoria da qualidade de vida da população, da produtividade do indivíduo e que facilitem a atividade econômica (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012)

Compreendendo a importância dessas medidas e com o intuito de universalizar esse direito a toda a população brasileira, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445/2007 em 05 de janeiro de 2007. Tal Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Em seu parágrafo III, do Artigo 2º, ela estabelece como uns dos princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento ambiental, o seguinte (BRASIL, 2007):

"III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;" (BRASIL, 2007).

No Art. 3º o esgotamento sanitário é considerado como o conjunto de serviços, infraestruturas, e instalações operacionais, que promovam a coleta, o transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, abrangendo desde as instalações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007).

A NBR 9648, define esgotos sanitários como o conjunto de esgotos industriais, esgotos domésticos, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

Os esgotos industriais são provenientes do uso da água nas indústrias, sendo extremamente diversos, já que adquirem características inerentes aos processos a que foram destinada (JORDÃO; PESSÔA, 1995). Portanto, o seu tratamento fica a cargo da própria indústria geradora, uma vez que as características variam quantitativa e qualitativamente, não sendo possível o seu lançamento em redes públicas, para que suas substâncias químicas diversas não comprometam o tratamento dos esgotos domésticos, que possuem, de forma geral, características similares.

Os esgotos domésticos são aqueles provenientes do uso da água em ambientes domiciliares, comércios, escolas, assim como qualquer instituição que possua instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas e similares (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

Este trabalho visa fazer um panorama geral da situação referente aos impactos do lançamento de esgoto sanitário sem tratamento nos cursos d'água a nível mundial, nacional e mais especificamente nas bacias hidrográficas dos Rio Piranga e Rio Piracicaba.

1.2 Justificativa

O estado de degradação dos rios brasileiros chega hoje a níveis cada vez mais alarmantes. A situação é generalizada e vem piorando a cada ano. O Rio Doce não é uma exceção a este panorama. Há mais de vinte anos tem sido desenvolvido o projeto de Diagnóstico Ambiental do Rio Doce, por vários grupos de pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto, fazendo o levantamento de dados físicos, químicos e biológicos de cada sub-bacia que contribui para a formação do Rio Doce (FERNANDES, 2016). Este trabalho designa-se a fazer uma contribuição para este projeto fazendo uma revisão dos trabalhos realizados na região do Alto do Rio Doce.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Apresentar um panorama do saneamento básico, no Brasil e na região da Bacia do Alto Rio Doce, no que tange os aspectos inerentes ao tratamento do esgoto doméstico. Concomitantemente, são traçados paralelos da situação do esgoto doméstico no mundo, para os anos de 2014 a 2016.

1.3.2 Específicos

Apresentar dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referentes ao esgoto doméstico no Brasil.

Apresentar dados do Programa de Monitoração Conjunta realizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).

Apresentar, em linhas gerais, os impactos do lançamento de esgoto doméstico sem o devido tratamento.

Apresentar dados obtidos em dissertações de mestrado quanto à poluição provocado pelo lançamento de esgoto doméstico no Alto da Bacia do Rio Doce.

Confecção de tabelas, gráficos e mapas, que elucidem o quadro da situação nos rios da referida bacia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização dos esgotos

Segundo von Sperling (2005) e Mota (2006) os esgotos domésticos são compostos de 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos. Para Jordão e Pessôa (1995) a porcentagem de sólidos, se limita a 0,08%. Essa fração de sólidos, aparentemente irrisória, é a responsável pelos impactos causados pelos esgotos.

As características dos esgotos varia de acordo com os usos à que a água foi destinada e que, de forma geral, está condicionada ao clima local, situação socioeconômica e os hábitos da população.

Apesar dessa variação a que o esgoto possa ser submetido, a sua composição é bem definida quanto aos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

As principais características físicas relativas aos esgotos são (VON SPERLING, 2005) e (JORDÃO; PESSÔA, 1995):

- **Temperatura:** Ligeiramente superior à da água de abastecimento, variando conforme as estações do ano. Influencia diretamente na atividade microbiana, na solubilidade dos gases, na velocidade das reações químicas e na viscosidade do líquido, melhorando as condições de sedimentação.
- **Cor:** usada para caracterizar o estado de decomposição do esgoto. Cores acinzentadas indicam esgoto fresco e cores negras, um esgoto velho em estágio de decomposição parcial.
- **Odor:** esgotos frescos possuem um odor relativamente suportável, enquanto esgotos velhos ou sépticos possuem odor desagradável devido à produção de gás sulfídrico e possivelmente a presença de sulfetos orgânicos, produtos amoniacais, sulfurosos, nitrogenados, ácidos orgânicos entre outros.
- **Turbidez:** definida pela presença de sólidos em suspensão. Os esgotos mais frescos ou mais concentrados normalmente possuem maior turbidez.

As principais características químicas dos esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005) e (JORDÃO; PESSÔA, 1995):

- **Sólidos totais:** orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.

- **Matéria orgânica:** mistura heterógena de diversos compostos como proteínas, carboidratos e lipídeos;
- **Nitrogênio total:** orgânico, amônia, nitrito e nitrato. Fundamental para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico.
- **Fósforo:** orgânico e inorgânico. Nutriente indispensável no tratamento biológico.
- **pH:** indica as características básicas ou ácidas dos esgotos.
- **Alcalinidade:** indica a capacidade de tamponamento do meio. Deve-se a presença de bicarbonato, carbonato e o íon hidroxila.
- **Cloretos:** proveniente da água de abastecimento e dos dejetos humanos.
- **Óleos e graxas:** fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Provenientes das gorduras e óleos utilizados nas comidas.
- **Compostos de enxofre:** particularmente sulfatos e gás sulfídrico, este último pode causar corrosão e odores fétidos.
- **Sais de ferro:** podem causar danos ao processo biológico pela colmatação dos difusores dos tanques de aeração ou do meio filtrante em filtros biológicos.

Os principais microrganismos encontrados nos esgotos domésticos (VON SPERLING, 2005):

- **Bactérias:** organismos unicelulares, principais responsáveis pela conversão da matéria orgânica. Algumas podem ser patogênicas
- **Arqueobactérias:** similares às bactérias quanto ao tamanho e componentes celulares básicos. Importantes nos processos anaeróbios.
- **Algas:** organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila. Produtoras de oxigênio. Sua proliferação excessiva pode causar a eutrofização dos corpos d'água.
- **Fungos:** organismos uni ou multicelulares, heterotróficos, não fotossintetizantes e predominantemente aeróbios. Decompositores de matéria orgânica.
- **Protozoários:** organismos unicelulares sem parede celular. Respiração aeróbia ou facultativa. Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos, sendo essenciais no tratamento biológico para a manutenção do equilíbrio entre os diversos grupos. Podem ser patogênicos.
- **Vírus:** causam doenças e tem difícil remoção no tratamento.

- **Helminetos:** animais superiores, seus ovos podem causar doenças.

Dentre todas essas características físicas, químicas e biológicas, os parâmetros de qualidade de maior interesse nos esgotos domésticos são:

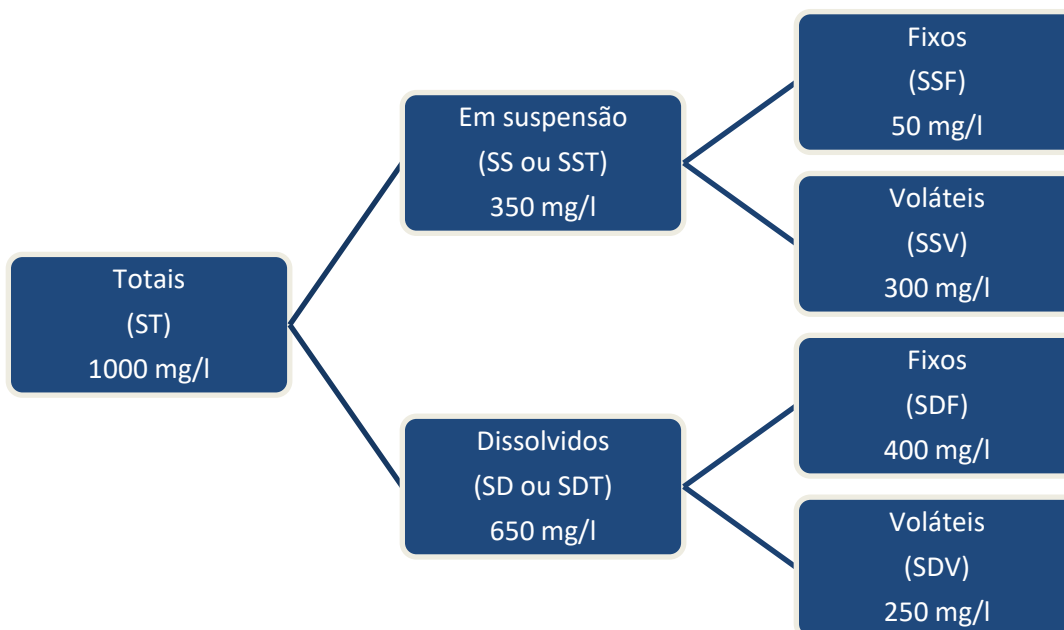
- Sólidos.
- Indicadores de matéria orgânica.
- Nitrogênio.
- Fósforo.
- Indicadores de contaminação fecal.

Sólidos

Segundo von Sperling (2005), com exceção dos gases dissolvidos, todos os contaminantes contribuem para a carga de sólidos. Estes são usualmente classificados da seguinte forma (Figura 2-1):

- Por tamanho e estado:
 - Sólidos em suspensão.
 - Sólidos dissolvidos.
- Pelas características químicas.
 - Sólidos voláteis.
 - Sólidos fixos.
- Pela sedimentabilidade
 - Sólidos em suspensão sedimentáveis.
 - Sólidos em suspensão não sedimentáveis.

Figura 2-1: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto bruto (em termos de concentrações)



Fonte: von Sperling (2005)

Indicadores de Matéria Orgânica

A matéria orgânica é a principal causa de poluição dos corpos d'água advinda dos esgotos domésticos. Isso se deve ao consumo do oxigênio dissolvido pelo microrganismos que degradam e estabilizam a matéria orgânica. As principais substâncias orgânicas presentes nos esgotos são (VON SPERLING, 2005):

- Compostos de proteínas (40% a 60%).
- Carboidratos (25% a 50%).
- Gordura e óleos (8% a 12%).
- Ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas, metais e outros (menos quantidade).

Sua classificação é feita quanto à (VON SPERLING, 2005):

- Forma e tamanho
 - Em suspensão (particulada).
 - Dissolvida (solúvel).
- Biodegradabilidade
 - Inerte.
 - Biodegradável.

A determinação da quantidade de matéria orgânica pode ser realizada por métodos diretos e indiretos.

- Métodos indiretos: medição do consumo de oxigênio
 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).
 - Demanda Última de Oxigênio (DBO_u).
 - Demanda Química de Oxigênio (DQO).
- Métodos diretos: medição do carbono orgânico
 - Carbono Orgânico Total (COT).

Nitrogênio

Dentro de seu ciclo o nitrogênio ocorre sobre várias formas e estados de oxidação no ambiente terrestre. Ele tem papel importante tanto em relação à poluição das águas quanto ao tratamento de esgotos, principalmente devido aos seguintes (VON SPERLING, 2005):

- Poluição das águas
 - Por ser indispensável ao crescimento de algas, pode, em determinadas condições, propiciar a ocorrência do fenômeno de eutrofização de lagos e represas.
 - Nos processos de nitrificação, a conversão de amônia em nitrito e nitrito em nitrato, há o consumo do oxigênio dissolvido do corpo d'água.
 - Em sua forma de amônia livre, torna-se extremamente tóxico aos peixes.
 - Na forma de nitrato, é associado a doenças como a metahemoglobinemia.
- Tratamento de esgotos
 - Elemento indispensável ao crescimento e desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos.
 - No processo de nitrificação, que eventualmente pode ocorrer em uma estação de tratamento de esgotos, implica no consumo de oxigênio e alcalinidade.
 - No processo de desnitrificação, conversão do nitrato a nitrogênio gasoso, implica em:
 - o Economia de oxigênio e alcalinidade (quando realizado de forma controlado).

- o Deterioração da sedimentabilidade do lodo, devido à aderência de bolhas de N_2 aos flocos de sedimentação.

Com a determinação da forma predominante do nitrogênio pode-se estimar o grau de estabilização da matéria orgânica presente nos esgotos. A predominância de nitrogênio orgânico ou amônia indica uma poluição recente. Quando predomina a forma de nitrato, há a indicação de uma contaminação antiga. Por ser um estado muito instável a presença de nitrito é sempre muito baixa (JORDÃO; PESSÔA, 1995).

O nitrogênio orgânico está quase todo combinado sob a forma de proteínas, aminoácidos e ureia.

Fósforo

O fósforo total está presente nos esgotos domésticos como fosfatos sob as seguintes formas (VON SPERLING, 2005):

- Inorgânica: sob a forma de polifosfatos e ortofosfatos com origem em produtos químicos domésticos, principalmente os detergentes.
- Orgânica: combinado principalmente a proteínas e aminoácidos de origem fisiológica.

A sua importância está ligada aos seguintes aspectos (VON SPERLING, 2005):

- Por ser um nutriente essencial ao crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica nos processos do tratamento de esgotos.
- Por ser indispensável ao crescimento de algas, pode, em determinadas condições, propiciar a ocorrência do fenômeno de eutrofização de lagos e represas.

Indicadores de contaminação fecal

Em virtude das suas baixas concentrações, a detecção de agentes patogênicos em uma amostra d'água é extremamente difícil. Assim, procede-se a utilização de organismos indicadores. Estes são predominantemente não patogênicos, porém, a sua presença é um forte indicador da contaminação por fezes humanas ou animais, resultando numa grande probabilidade de transmissão de doenças.

Os organismos usualmente investigados são as bactérias do grupo coliforme. E, segundo von Sperling (2005) as principais razões para sua utilização são:

- Apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas (cada indivíduo elimina cerca de 10^9 a 10^{12} células por dia), o que faz com que sua detecção seja incomparavelmente superior à dos organismos patogênicos;
- Apresentam resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Se tivessem resistência menor, a sua não detecção não eliminaria a probabilidade da água não conter bactérias patogênicas. Se sua resistência fosse muito maior, poderiam tornar suspeitas, águas já depuradas.
- Os mecanismos de remoção dos coliformes e de bactérias patogênicas são muito semelhantes tanto nas estações de tratamento de água quanto nas estações de tratamento de esgoto.
- As técnicas bacteriológicas para detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

Os principais indicadores utilizados são:

- Coliformes totais (CT).
- Coliformes fecais (CF), também denominados por coliformes termotolerantes.
- *Escherichia coli* (EC).

Apesar da utilização dos Coliformes totais e Coliformes fecais, somente a *Escherichia coli* dá garantia de contaminação exclusivamente fecal. Ainda assim, sua detecção não dá garantia de que a contaminação tem origem humana.

2.2 Impactos do lançamentos de esgotos *in natura*

Segundo von Sperling (2005) a poluição das águas pode ser definida como a adição de substâncias ou formas de energia que, direta ou indiretamente, modifiquem as características de um corpo d'água, de tal forma que prejudique os usos que dele são feitos.

Mota (2006) classifica como contaminada, a água poluída que traz danos à saúde do ser humano. Assim, uma água que contenha microrganismos patogênicos ou substâncias químicas ou radioativas que causem doenças e/ou a morte do homem é dita contaminada.

Para Mota (2006), as consequências negativas da poluição das águas podem ser de caráter sanitário, ecológico, social ou econômico, e pode-se enumerá-las da seguinte forma:

- Prejuízos ao abastecimento humano, tornando-se veículo de transmissão de doenças;
- Prejuízos a outros usos das águas tais como, industrial, irrigação, pesca, recreação e etc;
- Agravamento dos problemas de escassez de água de boa qualidade;
- Elevação do custo do tratamento da água, refletindo-se no custo a ser pago pela população;
- Assoreamento dos mananciais, resultando em problemas de diminuição de oferta de água e de inundações;
- Desvalorização das propriedades marginais;
- Prejuízos aos peixes e a outros organismos aquáticos, desequilíbrios ecológicos;
- Proliferação excessiva de algas e vegetação aquática, com suas consequências negativas;
- Degradação da paisagem;
- Impactos sobre a qualidade de vida da população.

De forma mais específica, o lançamento de esgotos domésticos em mananciais sem o devido tratamento, traz como principais impactos negativos a adição de matéria orgânica/consumo de oxigênio, eutrofização do corpo d'água e transmissão de doenças infecciosas.

Autodepuração

A autodepuração de um corpo d'água, está relacionada a capacidade deste em reestabelecer o equilíbrio no meio aquático, após as alterações ocasionadas por despejos afluentes (VON SPERLING, 2005). Todo recurso hídrico, levando-se em conta a sua vazão e os parâmetros de qualidade, tem uma certa capacidade de autodepuração. Porém, caso essa capacidade seja excedida, o corpo d'água atinge um estágio de degradação que não permite que os usos desta água sejam compatíveis com aqueles anteriores à inserção da fonte de poluição (MOTA, 2006).

A autodepuração está ligada principalmente a carga de matéria orgânica afluyente e, assim, ao consumo de oxigênio dissolvido. Em linhas gerais, a adição de matéria orgânica, leva à proliferação de bactérias aeróbias que utilizam o oxigênio dissolvido (OD) para degradar a matéria orgânica excedente. Esse fenômeno, aumenta a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Restando uma menor quantidade de OD ou, a sua

inexistência, a diversidade de espécies que necessitam de OD em uma maior taxa, como membros da ictiofauna, diminui ou desaparecem deste trecho, dando lugar à bactéria anaeróbias ou facultativas.

Eutrofização

O esgoto doméstico, como visto anteriormente, é também composto por nutrientes, principalmente por nitrogênio e fósforo. Uma elevada carga destes nutrientes resultará num excessivo crescimento de algas e plantas aquáticas, fenômeno este, denominado eutrofização.

A eutrofização altera o sabor, odor e toxidez da água, principalmente pela liberação de gás de sulfídrico. Reduz a penetração por luz solar e de OD, diminuindo a atividade fotossintética e levando eventualmente à mortandade de peixes. Aumenta os custos do tratamento da água.

Doenças

A água, como fonte da vida, possui papel indispensável em diferentes fases do desenvolvimento dos seres vivos. Porém, o desenvolvimento e proliferação de certos organismos, afetam de forma negativa a saúde dos seres humanos, podendo inclusive, leva-los à morte. Este é o caso dos microrganismos patogênicos, que podem ser vírus, bactérias, protozoários e helmintos.

Muitos destes microrganismos patogênicos são parasitas do intestino humano, e assim, acabam sendo eliminados junto às fezes (MOTA, 2006). Nos locais onde não há o devido sistema de esgotamento sanitário, os dejetos humanos são lançados diretamente nos corpos d'água, introduzindo esses microrganismos na água.

As doenças de veiculação hídrica são aquelas em que a água atua como o meio de transmissão, ou seja, é o contato direto com a água contaminada que permite o contágio dessas doenças. Não há a reprodução dos microrganismos na água, ela faz apenas a ponte entre a pessoa doente e a contaminada (MOTA, 2006). As principais doenças de veiculação hídrica são: cólera, febre tifoide, hepatite A, leptospirose, amebíase, giardíase e doenças diarreicas agudas (Tabela 2-1).

A infecção por um organismo patogênico não necessariamente implica em prejuízos à saúde do hospedeiro. A infecção diz respeito ao sucesso que o patogênico obtém ao se

reproduzir no hospedeiro. Dependendo do patogênico e do hospedeiro, quanto ao seu sistema imunológico, a infecção pode chegar a quatro níveis diferentes (CALIJURI; CUNHA, 2013):

- Infecção assintomática: sem sintomas e sem danos ao hospedeiro;
- Enfermidade branda: sintomas brandos e danos não permanentes ao hospedeiro;
- Enfermidade aguda: sintomas severos, com alto risco de sequelas;
- Óbito: morte do hospedeiro.

Tabela 2-1: Exemplos de algumas doenças de veiculação hídrica relacionadas com os microrganismos patogênicos presentes na água contaminada

Organismos	Doença	Quantidade excretada por indivíduo infectado(g de fezes)	Máxima sobrevivência na água(dias)	Dose Infectante	Principais Sintomas
Bactérias					
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite	10 ⁸	90	10 ² -10 ⁹	Diarreia
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	10 ⁶	-	-	Febre alta, diarreia, úlcera no intestino delgado
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	10 ⁶	30	10 ⁸	Diarreias extremamente fortes e desidratação
<i>salmonella</i>	Salmonelose	10 ⁶	60-90	10 ⁶ -10 ⁷	Infecção alimentar
Protozoários					
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiose	10 ²	-	1-30	Diarreia
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disenteria amebiana	10 ⁷	25	10-100	Diarreia prolongada com hemorragia, abscesso no fígado e no intestino delgado
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase	10 ⁵	25	1-10	Diarreia fraca, náuseas, Indigestão
Vírus					
Enterovírus(71 tipos - polio, echo, coxsackie)	Gastroenterite, anomalias no coração, meningite	10 ⁷	90	1-72	Vários
Hepatite A	Hepatite infecciosa	10 ⁶	5-27	1-10	Icterícia, febre
Rotavírus	Gastroenterite	10 ⁶	5-27	1-10	Vários
Helmintos					
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase	10-10 ⁴	365	2-5	Vômito, larvas ou vermes vivos nas fezes
<i>Taenia solium(solitária)</i>	Cisticercose	10 ³	270	1	Dor abdominal, distúrbios digestivos, perda de peso
<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose	-	-	-	Infecção no fígado e na vesícula

Fonte: Daniel (2013)

2.3 Generalidades sobre o tratamento de esgotos

A fim de se prevenir os impactos gerados pelo lançamento de esgotos *in natura*, deve-se proceder ao seu tratamento.

Os principais objetivos do tratamento de esgotos são (SANTIAGO, 2016):

- Controle de impactos ambientais
 - Controle de assoreamento e condições sépticas (remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis).
 - Controle do balanço de oxigênio (remoção da matéria orgânica).
 - Controle da eutrofização (remoção de nitrogênio e fósforo).
 - Controle da toxicidade à vida aquática (remoção de substâncias tóxicas).
- Promoção da saúde pública
 - Remoção de patógenos (doenças de veiculação hídrica).
 - Remoção de substâncias prejudiciais à saúde humana
 - Compostos tóxicos, bioacumulativos, carcinogênicos.
 - Poluentes orgânicos persistentes (POP's).
 - Viabilização de reuso (agrícola/industrial/doméstico) das águas residuárias.

As soluções para o tratamento de esgotos podem utilizar sistemas individuais ou sistemas coletivos. Os sistemas individuais são aqueles em que uma residência ou uma unidade predial pequena trata o seu próprio efluente. Os sistemas coletivos são aqueles que atendem diversas residências, comércios, escolas etc.

Fossas sépticas e latrinas são os sistemas individuais mais utilizados ao redor do planeta e são em geral aplicados em ambientes rurais ou em áreas com residências esparsas.

Os sistemas coletivos são os mais recomendáveis e utilizados para as cidades. Eles compreendem basicamente uma rede coletora e uma estação de tratamento de esgotos (ETE).

De acordo com Braga et al.(2005), o nível de eficiência a ser alcançado com o tratamento varia de lugar para lugar e depende dos seguintes fatores:

- Usos preponderantes das águas receptoras à jusante do ponto de lançamento;

- Capacidade do corpo d'água em assimilar por diluição e autodepuração o líquido tratado sem apresentar problemas do ponto de vista ambiental;
- Cumprimento das exigências legais estabelecidas pelos órgãos de controle da poluição para o corpo receptor;

O tratamento de esgotos é usualmente classificado por meio de níveis (VON SPERLING, 2005) (Tabela 2.2):

- Preliminar.
- Primário.
- Secundário.
- Terciário.

As unidades de tratamento preliminar (grade, caixa de areia, peneira rotativa, peneira estática, etc) tem o objetivo de fazer a remoção dos sólidos grosseiros em suspensão e areia. Todos os sistemas de tratamento de esgoto têm esse nível de tratamento.

No tratamento primário (decantadores, flotores) realizam a remoção dos sólidos sedimentáveis e a matéria orgânica associada a eles (CALIJURI; CUNHA, 2013).

O tratamento secundário, onde predominam mecanismos biológicos, promove a remoção da matéria orgânica particulada e dissolvida (CALIJURI; CUNHA, 2013).

As unidades de tratamento terciário objetivam a remoção de poluentes específicos tais como macronutrientes (nitrogênio e fósforo), patógenos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e em suspensão remanescentes (CALIJURI; CUNHA, 2013).

A maioria dos níveis de tratamento geram lodo, que deve receber o tratamento necessário para a sua estabilização e posteriormente receber a disposição final adequada, que usualmente é o encaminhamento para aterros sanitários.

Tabela 2-2 Características dos principais níveis de tratamento

	Preliminar	Primário	Secundário
Poluentes removidos	Sólidos grosseiros	Sólidos sedimentáveis DBO em Suspensão	Sólidos não sedimentáveis DBO em suspensão fina Eventualmente nutrientes Eventualmente patógenos
Eficiências de remoção	-	SS: 60 a 70 % DBO: 25 a 35% Coliformes:30 a 40%	DBO : 60 a 98% Coliformes: 60 a 99%
Mecanismos de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico
Cumpe padrões de lançamento usuais?	Não	Não	Usualmente sim
Aplicação	Montante de elevatória Etapa inicial de todos os processos de tratamento	Tratamento parcial Etapa de tratamento intermedária	Tratamento mais completo(para remoção de matéria orgânica)

Fonte: von Sperling (2005)

PANORAMA MUNDIAL E PANORAMA NACIONAL

2.4 Panorama Mundial

Em 2015 a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável definiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) componentes da Agenda 2030. O processo foi iniciado em 2013 seguindo mandato emanado da Conferência Rio +20. Os 17 ODS devem orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional durante os próximos quinze anos, atualizando assim, os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (BRASIL, 2018).

Objetivo 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Metas do objetivo 6:

6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável, segura e acessível para todos.

6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.

6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura em âmbito mundial.

6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.

6.5 Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.

6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.

6.a Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio ao desenvolvimento de capacidades para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de afluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso.

6.b apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento. (ONU, 2018)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para Infância (UNICEF) promovem um Programa de Monitoramento Conjunto de Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene (PMC) com o intuito de acompanhar o progresso dos ODS. No ano de 2017 lançaram o relatório: “*Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baseline*” onde fazem um diagnóstico mundial quanto à esses três quesitos.

O programa desenvolveu uma “escada” (*ladder*) para fazer a classificação de cada um dos três quesitos analisados.

O item Saneamento tem sua escada constituída por cinco degraus: defecação à céu aberto, impróprio, limitado, básico e seguro, à saber em inglês: *open defecation, unimproved, limit, basic, safely managed* (WHO; UNICEF,2017).

É classificado como defecação à céu aberto o serviço em que as fezes humanas são dispostas em campos, florestas, arbustos, praias, corpos d’água ou qualquer outro espaço aberto.

Para impróprio temos o uso de latrinas sem laje ou plataforma, ou latrinas de balde.

É considerado como um serviço limitado, aquele onde as instalações são compartilhadas com outras famílias.

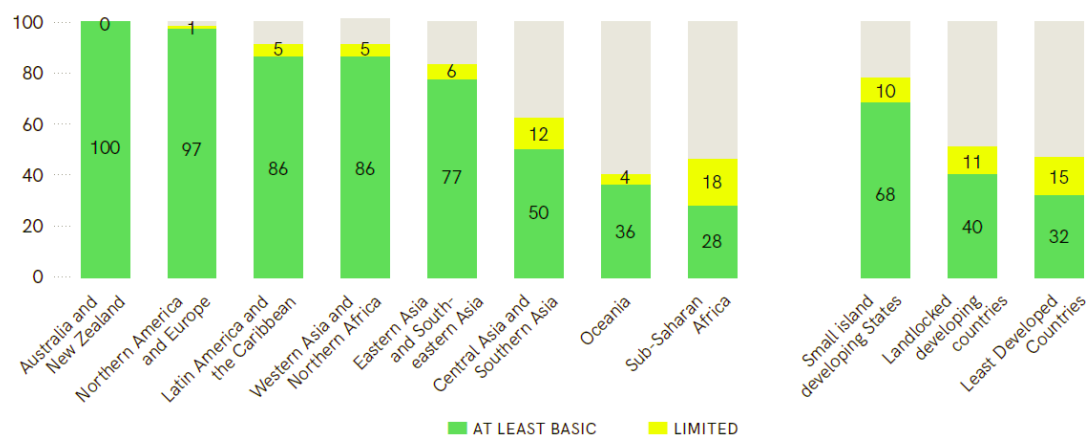
É considerado como um serviço básico, aquele onde as instalações sanitárias não são compartilhadas com outras famílias.

Os serviços seguros são aqueles onde a excreta é separada do contato humano de forma segura e tratada localmente ou estocada temporariamente e depois transportada para tratamento *ex-situ* ou conduzida via tubulação juntamente com águas residuárias e tratadas *ex-situ*.

No relatório de 2017, os dados utilizados têm 2015 como ano base. Neste ano base, estimou-se que 5 bilhões de pessoas utilizam instalações sanitárias apropriadas e não compartilhadas com outras famílias, o que classificaria pelo menos como básico os serviços utilizados. Outros 600 milhões de pessoas utilizam sistemas apropriados,

porém, são sistemas compartilhados e, portanto, classificados como limitados (Figura 3.1) (WHO; UNICEF,2017).

Figura 2-2 Proporção de serviços básicos e limitados

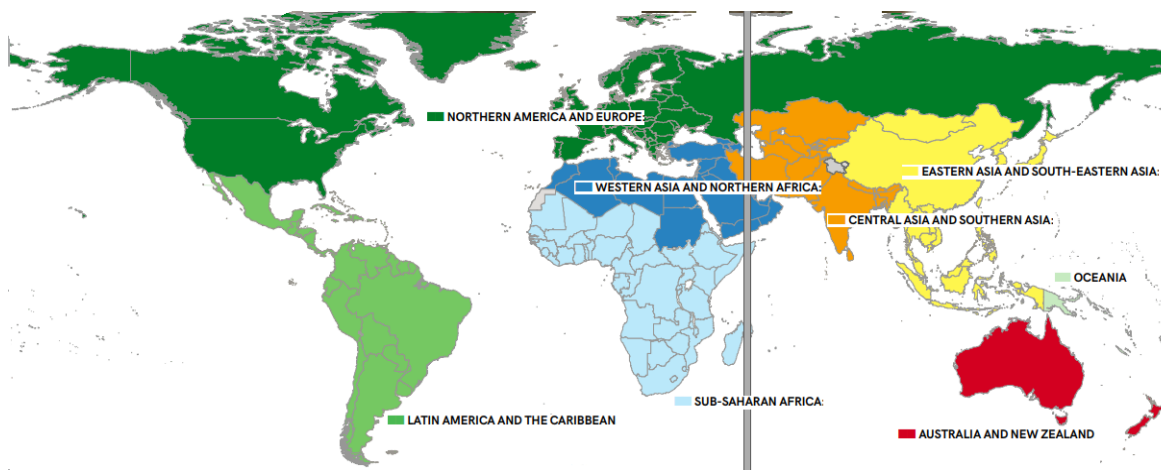


Fonte: WHO e UNICEF (2017)

Por critérios desconhecidos, mas de forma a facilitar o acompanhamento do progresso referente aos ODS, foi feita a separação de grupos regionais, quais sejam (Figura 3-2):

- I. Austrália e Nova Zelândia;
- II. Ásia Central e Sul da Ásia;
- III. América Latina e Caribe;
- IV. América do Norte e Europa;
- V. Oceania;
- VI. Países em Desenvolvimento não litorâneos
- VII. África Sub-saariana;
- VIII. Oriente Médio e Norte da África;
- IX. Países Menos Desenvolvidos;
- X. Pequenas Ilhas em Desenvolvimento.

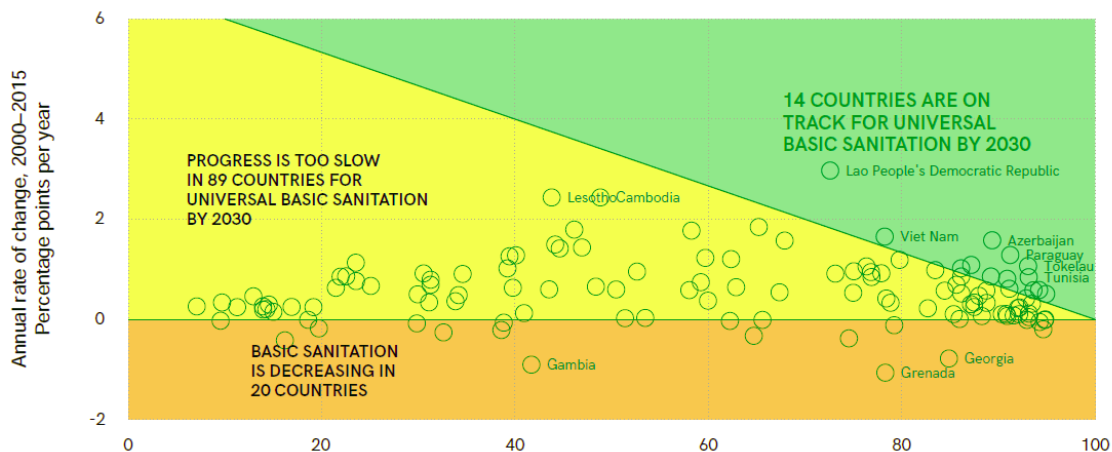
Figura 2-3 Regiões do Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: WHO e UNICEF (2017)

De acordo com o relatório, o uso de serviços básicos de saneamento, entenda-se aqui como apenas aqueles relativos ao esgotamento sanitário, tem crescido a uma velocidade maior do que aos de água potável, em uma taxa de 0,63% entre os anos 2000 e 2015. Apesar deste crescimento, estima-se que nenhuma região ODS venha a alcançar o objetivo de universalizar o acesso à serviços básicos até o ano de 2030. A única exceção é a região ODS Austrália e Nova Zelândia, em que a cobertura de serviços básicos já é praticamente universal. De fato, os dados mostram que, 9 em 10 países onde mais de 5% da população não tem acesso aos serviços básicos, estão avançando muito lentamente para atingir a universalização em 2030 e que, 1 em 7 países, estão na verdade tendo um decréscimo no uso de serviços básicos (Figura 3.3).

Figura 2-4 Progresso na universalização entre países com menos de 95% de atendimento por serviços de esgotamento

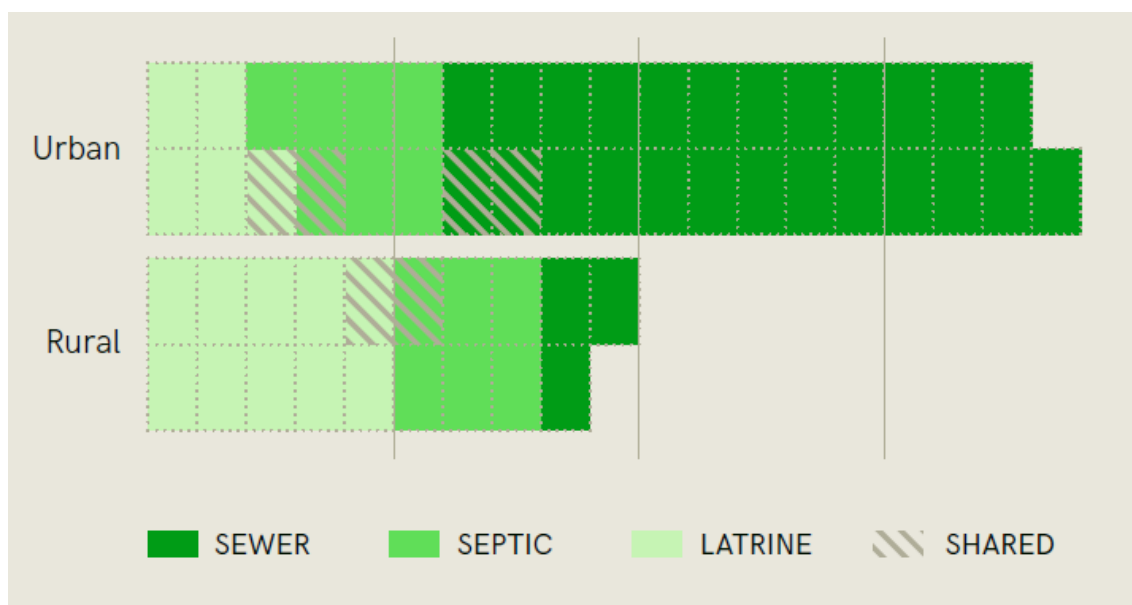


Fonte: WHO e UNICEF (2017)

Devido às diferentes formas de gestão que são necessárias para o tratamento das excretas, torna-se conveniente, para os serviços básicos e seguros, a distinção daqueles ligados à rede esgoto e àqueles não ligados à rede, sistemas locais. Os sistemas locais são aqueles que utilizam fossas sépticas ou latrinas.

Ao redor do mundo 2,8 bilhões de pessoas (38%) utilizam sistemas ligados à rede de esgoto e, outros 2,8 bilhões de pessoas utilizam sistemas locais. Nas áreas urbanas predomina o uso de sistemas ligados à rede, onde dois terços da população (63%) o utilizam, enquanto em áreas rurais apenas 9% fazem uso desse sistema. Por outro lado, os sistemas locais são utilizados por 48% da população rural, e nas áreas urbanas esse tipo de sistema é utilizado por 29% da população (Figura 3.4).

Figura 2-5 População utilizando diferentes tipos de tecnologias, urbana e rural, 2015(cada bloco equivale a 100 milhões de pessoas)



Fonte: WHO e UNICEF (2017)

Os sistemas ligados à redes são muitos comuns em áreas urbanas de vários países, porém, nas regiões ODS Oceania, África Sub-saariana e Ásia Central e Sul da Ásia, os sistemas locais são as principais formas serviços melhorados, tanto nas áreas urbanas, quanto nas áreas rurais.

A falta de serviços de esgotamento sanitários adequados tem levado a escassez de recursos hídricos com qualidade para o abastecimento público. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 361 mil crianças com menos de 5 anos morrem por ano devido a doenças diarreicas. (ONU,2017).

2.5 Panorama Nacional

No ano de 1996, utilizando dados do ano de referência de 1995, o governo federal criou e vem administrando o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Este é o maior e mais importante sistema de informações relativas ao setor de saneamento no Brasil. Em sua base de dados há informações e indicadores quanto à prestação de serviços de Água e Esgoto, Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. O SNIS está vinculado ao Ministério das Cidades e, dentro dele, à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (BRASIL 2018)..

Um dos princípios básico do SNIS é a evolução do sistema, assim, ano após ano, ele aumenta em tamanho e complexidade. Abrangência do sistema aumentou exponencialmente ao longo dos anos, em 1995, 28 dos 42 municípios solicitados publicaram dados e, em 2016, 5.161 dos 5.570 solicitados, publicaram, ou seja, possui hoje uma abrangência superior a 92% dos municípios brasileiros (BRASIL 2018)..

Os dados obtidos pelo SNIS são fornecidos pelos prestadores de serviço, através de um programa específico na internet. Após o preenchimento dos dados, estes têm sua consistência verificada, tanto pelo programa, quanto pela equipe técnica do SNIS. Após esta etapa, eles são tabulados e enviados para os prestadores de serviço para análise, crítica, sugestões e revisões (BRASIL 2018)..

A tipologia dos prestadores de serviço pode variar quanto a abrangência de sua atuação (Regional, Microrregional, Local), a sua natureza jurídica-administrativa (Pública direta, Autarquia, Pública, Sociedade de economia mista com administração Pública, Sociedade de economia mista com administração Privada, Privada e Organização Social) e também quanto ao tipo de serviço prestado (serviços de água, serviços de esgoto e serviços de água e esgoto) (BRASIL 2018)..

Após a consolidação das informações, estas são liberadas para o cálculo de indicadores, que passam por uma análise crítica de forma a detectar inconsistências que passaram na fase anterior. Uma versão preliminar é enviada para os prestadores de serviço para revisão, críticas e sugestões. Após o recebimento de comentários e revisões são feitas alterações pertinentes e então o Diagnóstico é produzido e publicado (BRASIL 2018)..

O produto final do SNIS consiste em (BRASIL 2018):

- Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto;
- Tabelas completas de informações e indicadores;
- Tabelas Resumos;
- Programa Série Histórica de Dados do SNIS;

É importante ressaltar que o SNIS é composto a partir das respostas voluntárias dos prestadores de serviço de saneamento, e que dessa forma algumas informações podem ser ocultadas ou adulteradas. Adicionalmente, alguns municípios podem não fornecer informações, como de fato acontece.

O diagnóstico divulga que “Para esgotamento sanitário, a quantidade de municípios (atendidos) é de 4.084 e a população urbana de 162,1 milhões de habitantes, uma representatividade de 73,3% em relação ao total de municípios e de 93,1% em relação à população urbana do Brasil” E dessa forma parece que todos esses municípios possuem serviços públicos de esgotamento sanitário (BRASIL 2018).

Esses 4.084 municípios, correspondem àqueles que forneceram dados ao sistema. Eles são divididos em dois grupos: os que possuem serviços públicos de esgotamento sanitário (2.495) e os que não possuem serviços públicos de esgotamento sanitário.

Existem dois tipos de formulários para a coleta de dados: completos e simplificados. O prestador de serviços deve a princípio responder se o município possui ou não sistema público de esgotamento sanitário. Caso a resposta seja afirmativa ele irá fazer o preenchimento de dados do formulário do tipo completo onde constam informações descritivas, gerais, financeiras, operacionais, qualidade dos serviços, dados de balanço contábil e pesquisa sobre estrutura tarifária (BRASIL 2018)..

Caso o prestador afirme que o município não possui sistema público, ele irá preencher o formulário simplificado cujas informações são relativas às chamadas soluções alternativas e individuais, tais como, fossas sépticas, fossas rudimentares, galeria de águas pluviais, lançamento de esgotos em cursos d’água, etc (BRASIL 2018)..

A partir dos dados fornecidos pelo SNIS em seu sistema online, foram geradas planilhas e delas as tabelas resumo abaixo. As tabelas são referentes ao atendimento de serviços públicos de esgotamento sanitário para o Brasil, as regiões Norte, Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Sul e também para o estado de Minas Gerais .

Nas suas análises o SNIS utiliza, para a população, as estimativas populacionais realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apenas para os municípios que forneceram dados ao sistema.

Para a elaboração das tabelas abaixo foram consideradas apenas os municípios que possuem serviço público de esgotamento sanitário e as estimativas populacionais do IBGE para o ano de 2016 referente a toda população, ou seja, considerando os municípios que forneceram os dados e também os que não forneceram dados.

Tabela 2-3 Avaliação do esgotamento sanitário na região Norte

NORTE	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	449
Número de municípios sem informações no SNIS	un	88
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	19,59
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	56
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	12,47
População total estimada	hab	17.707.783
População atendida com esgotamento sanitário	hab	1.609.796,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	1.590.860,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	18.936,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	9,09
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	90.352,36
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	72.176,77
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	79,88

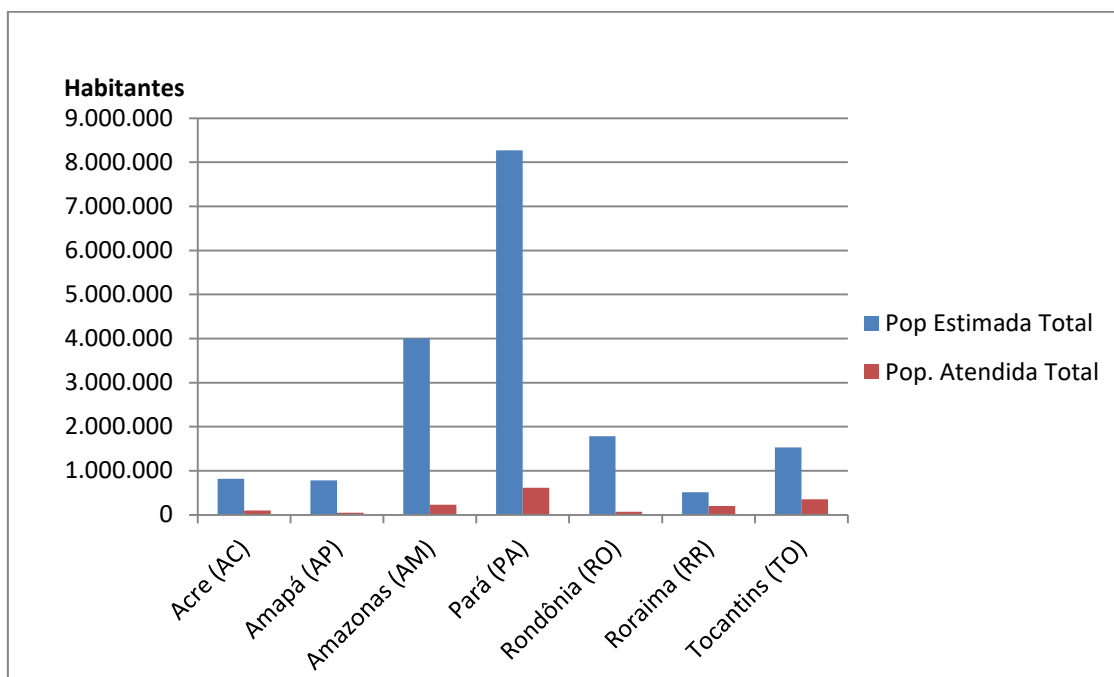
Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região Norte é composta por sete estados Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. É a maior das regiões em extensão territorial, porém a com a menor concentração populacional. Nela está localizada a maior bacia hidrográfica das Américas e o maior rio do mundo, o Amazonas. Toda a região é cortada por uma densa malha hidrográfica e sua população é caracterizada por viver nas margens desses rios (BRASIL, 2018).

De todas as regiões, é a que apresenta os piores dados referentes ao esgotamento sanitário (Tabela 3-1). Apesar de ter a porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado superior à média nacional (74,09%), tem a menor porcentagem de municípios e população atendidos por serviços públicos, que exprimem um nível de negligência absurda quanto à questão (Figura 3-5).

É possível que isso se justifique pela baixa concentração populacional despejando suas excretas em rios de grandes volumes e, possivelmente, com uma alta capacidade de autodepuração.

Figura 2-6 Nível de cobertura populacional na região Norte



Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

Roraima é o estado da região que apresenta o maior nível de cobertura em relação a população total (38,39%) e por tratar 100% do esgoto coletado.

A região Norte apresenta os quatro piores índices de cobertura populacional por serviços públicos de esgotamento: Rondônia (3,98%), Amazonas (5,65%), Amapá (5,86%) e Pará (7,43%).

Tabela 2-4 Avaliação do esgotamento sanitário na região Nordeste

NORDESTE	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	1796
Número de municípios sem informações no SNIS	un	173
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	9,9
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	523
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	29,12
População total estimada	hab	56.915.936
População atendida com esgotamento sanitário	hab	14.553.668,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	14.051.275,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	502.393,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	25,57
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	709.077,06
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	573.618,43
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	80,90

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

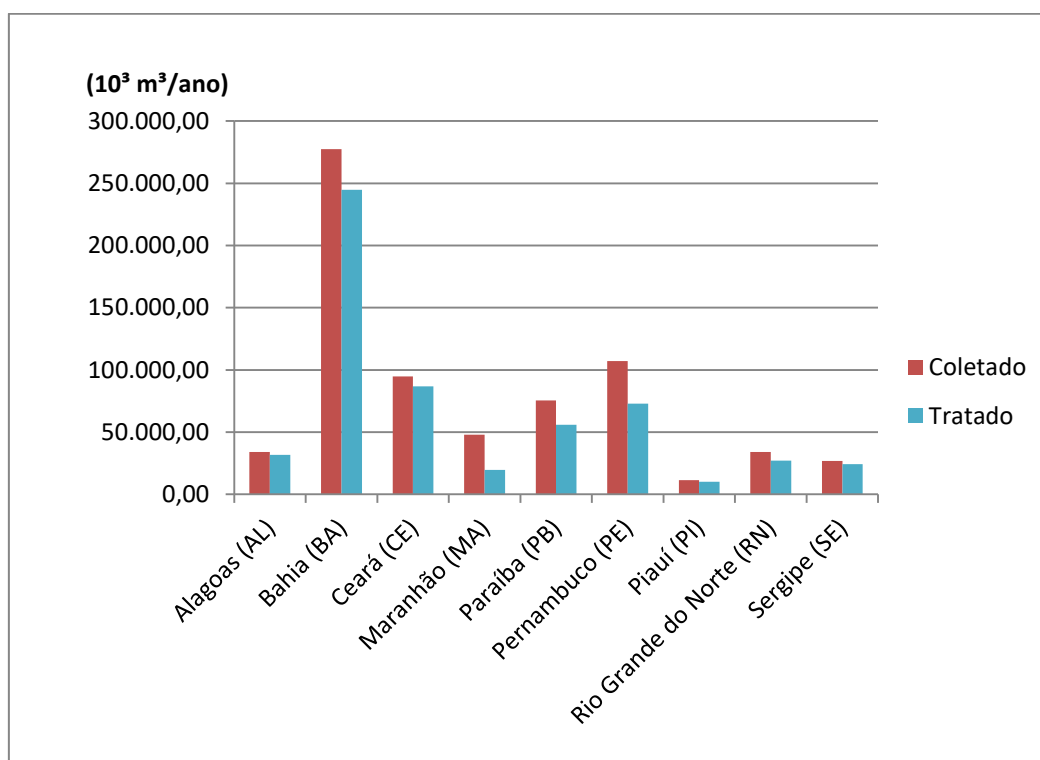
A região Nordeste é formada por nove estados litorâneos Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. A região apresenta distintas características físicas e é dividida em quatro sub-regiões (TODA MATÉRIA, 2018) (BRASIL, 2018):

- Zona da Mata: uma faixa litorânea de clima tropical úmido.
- Agreste: uma faixa paralela à Zona da Mata, menor em extensão e com menor índice de pluviosidade.
- Sertão: maior sub-região com clima semiárido
- Meio Norte: região mais a oeste e de clima tropical.

Essas diferenças físicas refletem na urbanização da região e, assim, a maior parte da população fica concentrada na região da Zona da Mata. À exceção de Teresina, capital do Piauí, todas as outras capitais são litorâneas.

É a região mais desprovida em termos de recursos hídricos. Apesar de ser cortada pelo Rio São Francisco que banha os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, é castigada com a escassez de chuvas principalmente na sub-região do Sertão. Lá, encontram-se vários rios intermitentes.

Figura 2-7 Comparativo entre volumes de esgotos coletados e tratados no Nordeste



Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região apresenta uma baixa cobertura dos serviços públicos de esgotamento onde aproximadamente três quartos da sua população não é contemplada com esses serviços (Tabela 3-2).

Porém, é interessante notar que, em vários estados é tratado quase todo esgoto coletado, como é caso de Alagoas (93,05%), Ceará (91,62%), Sergipe (90,56%) e Piauí (90,08%) (Figura 3-6).

Tabela 2-5 Avaliação do esgotamento sanitário na região Centro Oeste

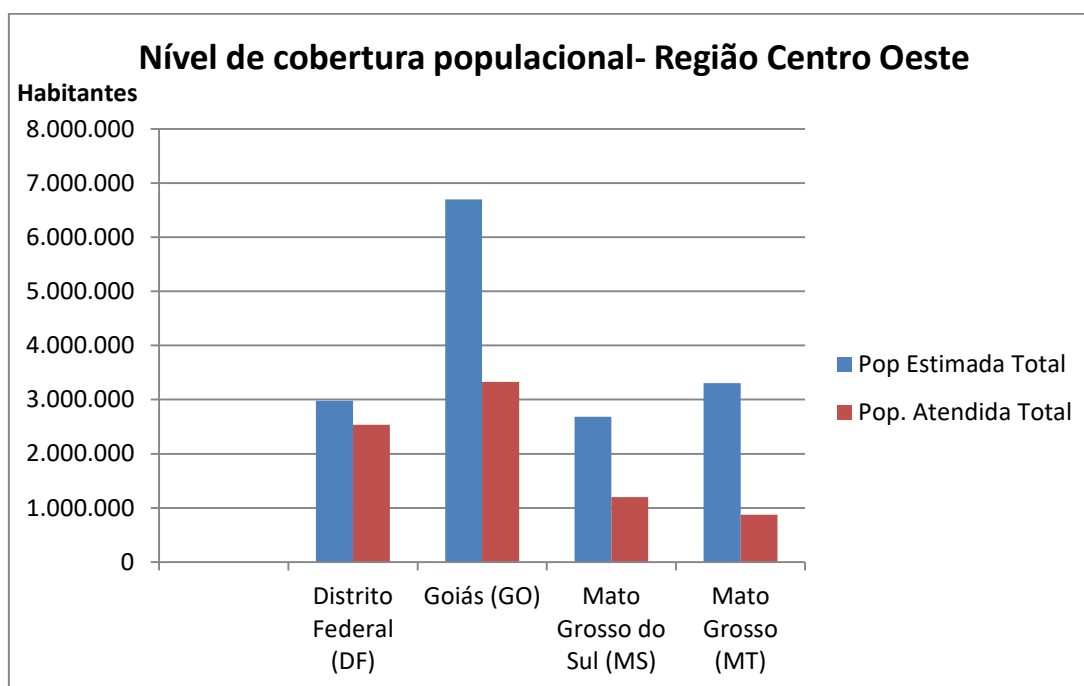
CENTRO OESTE	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	466
Número de municípios sem informações no SNIS	un	31
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	6,65
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	159
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	34,12
População total estimada	hab	15.660.988
População atendida com esgotamento sanitário	hab	7.937.164,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	7.816.945,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	120.219,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	50,68
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	394.529,14
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	363.275,71
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	92,08

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região Centro Oeste é a segunda maior região e é formada pelo Distrito Federal e pelos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. É a região menos populosa e possui a segunda menor densidade demográfica. É caracterizada por vastas regiões despovoadas e alguns aglomerados urbanos, que concentram a maior parte de sua população. Quanto aos recursos hídricos, é também uma região privilegiada drenada por rios que formam as bacias Amazônica, Tocantins-Araguaia e Platina (BRASIL, 2018)

Nela verifica-se também uma baixa cobertura dos serviços públicos de esgotamento, apenas 34,12% dos municípios possuem esse serviço, atendendo cerca de 50,68% da população (Tabela 3-3).

Figura 2-8 Nível de cobertura populacional na região Centro Oeste



Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

No entanto, o Distrito Federal destaca-se na região por tratar 100% do esgoto coletado e por ter uma cobertura de 96,57% dos serviços público de esgotamento em relação à sua população urbana e de 85,23% em relação a população total (Figura 3-7).

O estado do Mato Grosso possui a menor cobertura em relação à população total e a menor porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado (75,87%)

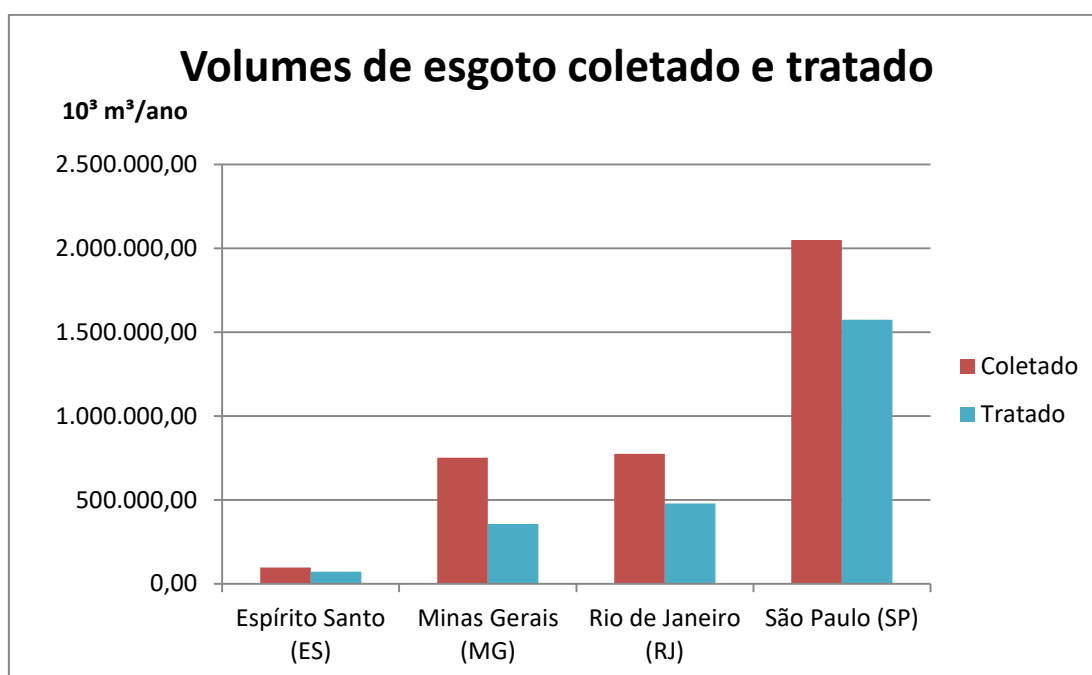
Tabela 2-6 Avaliação do esgotamento sanitário na região Sudeste

SUDESTE	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	1668
Número de municípios sem informações no SNIS	un	70
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	4,19
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	1383
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	82,91
População total estimada	hab	86.356.952
População atendida com esgotamento sanitário	hab	67.381.124,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	66.423.148,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	957.976,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	78,03
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	3.676.428,14
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	2.481.807,64
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	67,51

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região Sudeste é segunda menor região e é formada pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. É a região mais populosa e com a maior densidade demográfica do país. Predominam os climas Tropical, nas regiões litorâneas e o Tropical de Altitude nos planaltos. Sua população é predominantemente urbana e a região é responsável por 55,2% do PIB brasileiro. Em termos de recursos hídricos possui vários rios importantes como o Tietê, Paraíba do Sul, Paraná, Doce além da nascente do Rio São Francisco (BRASIL, 2018) (WIKIPÉDIA, 2018).

Figura 2-9 Comparativo entre volumes de esgotos coletados e tratados no Sudeste



Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região apresenta a maior cobertura por serviços públicos de esgotamento sanitário do país, tanto em relação ao número de municípios atendidos quanto em relação à população total estimada (Tabela 3-4). Possui duas, das três unidades federativas com maior nível de cobertura, São Paulo (88,32%) e Minas Gerais (70,89%) Apesar dessa cobertura, tem uma porcentagem de esgoto tratado (67,51%) inferior à média nacional (74,09%) (Figura 3-8).

Tabela 2-7 Avaliação do esgotamento sanitário na região Sul

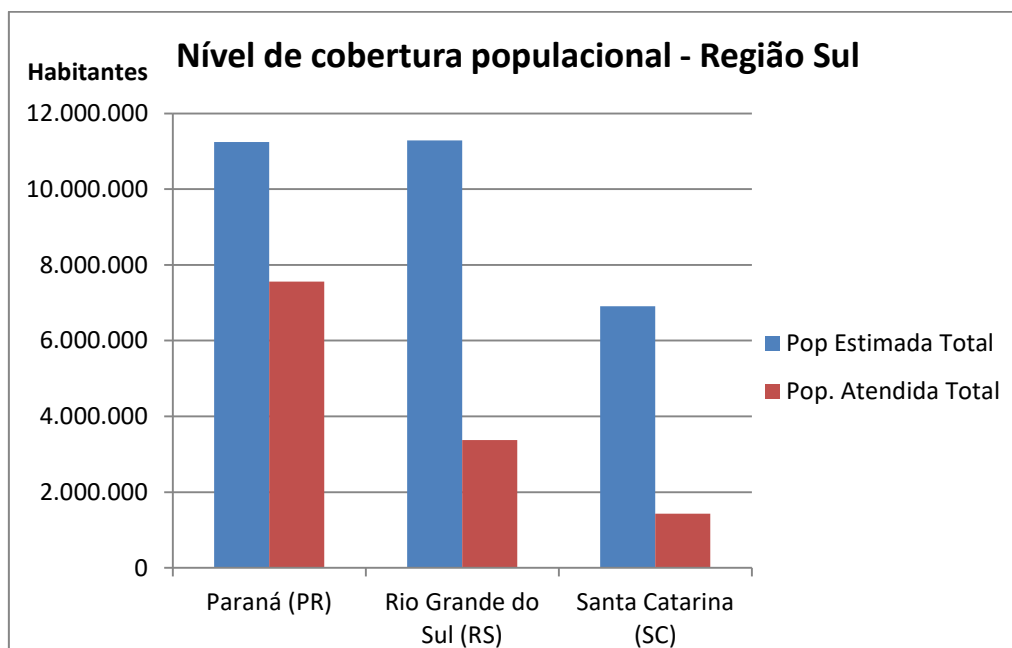
SUL	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	1191
Número de municípios sem informações no SNIS	un	47
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	3,94
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	374
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	31,40
População total estimada	hab	29.439.773
População atendida com esgotamento sanitário	hab	12.365.205,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	12.197.656,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	167.549,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	42,00
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	603.507,90
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	564.965,76
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	93,61

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

A região Sul é a menor do Brasil, sendo formada pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. É a segunda região mais populosa do país. Nela predomina o clima subtropical e tem seus rios concentrados nas grandes bacias hidrográficas do Rio Paraná e Rio Uruguai (BRASIL, 2018).

A região possui uma baixa cobertura de serviços públicos de esgotamento sanitário tanto em relação à quantidade de municípios atendidos quanto à população atendida (Tabela 3-5).

Figura 2-10 Nível de cobertura populacional na região Sul



Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

O Paraná possui a maior cobertura da região atendendo 67,26% da sua população. O Paraná possui também a maior porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado (99,67%).

Já Santa Catarina possui o menor nível de cobertura (20,71%) e o Rio Grande do Sul a menor porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado (79,71%) (Figura 3-9).

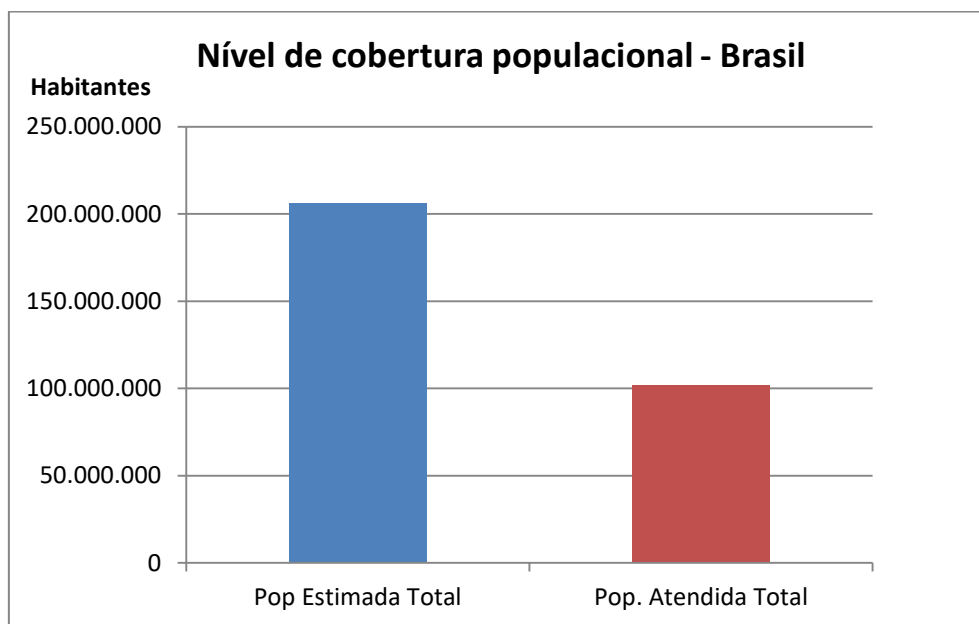
Tabela 2-8 Avaliação do esgotamento sanitário no Brasil

BRASIL	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	5570
Número de municípios sem informações no SNIS	un	409
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	7,34
Quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário	un	2.495
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário	%	45
População total estimada	hab	206.081.432
População atendida com esgotamento sanitário	hab	103.846.957
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	102.079.884
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	1.767.073
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	50,39
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	5.473.894,60
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	4.055.844,31
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	74,09

Fonte: elaborado pelo autor, dados BRASIL, 2018 e BRASIL, 2016

O Brasil é país signatário dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que tem, entre outros objetivos, o de universalizar os serviços de saneamento até o ano de 2030. A partir da Tabela 3-6 acima, verifica-se que o país está muito longe de atingir tal objetivo tendo apenas 45% de seus municípios atendidos com serviços públicos esgotamento sanitário e 50,39% de sua população (Figura 3-10).

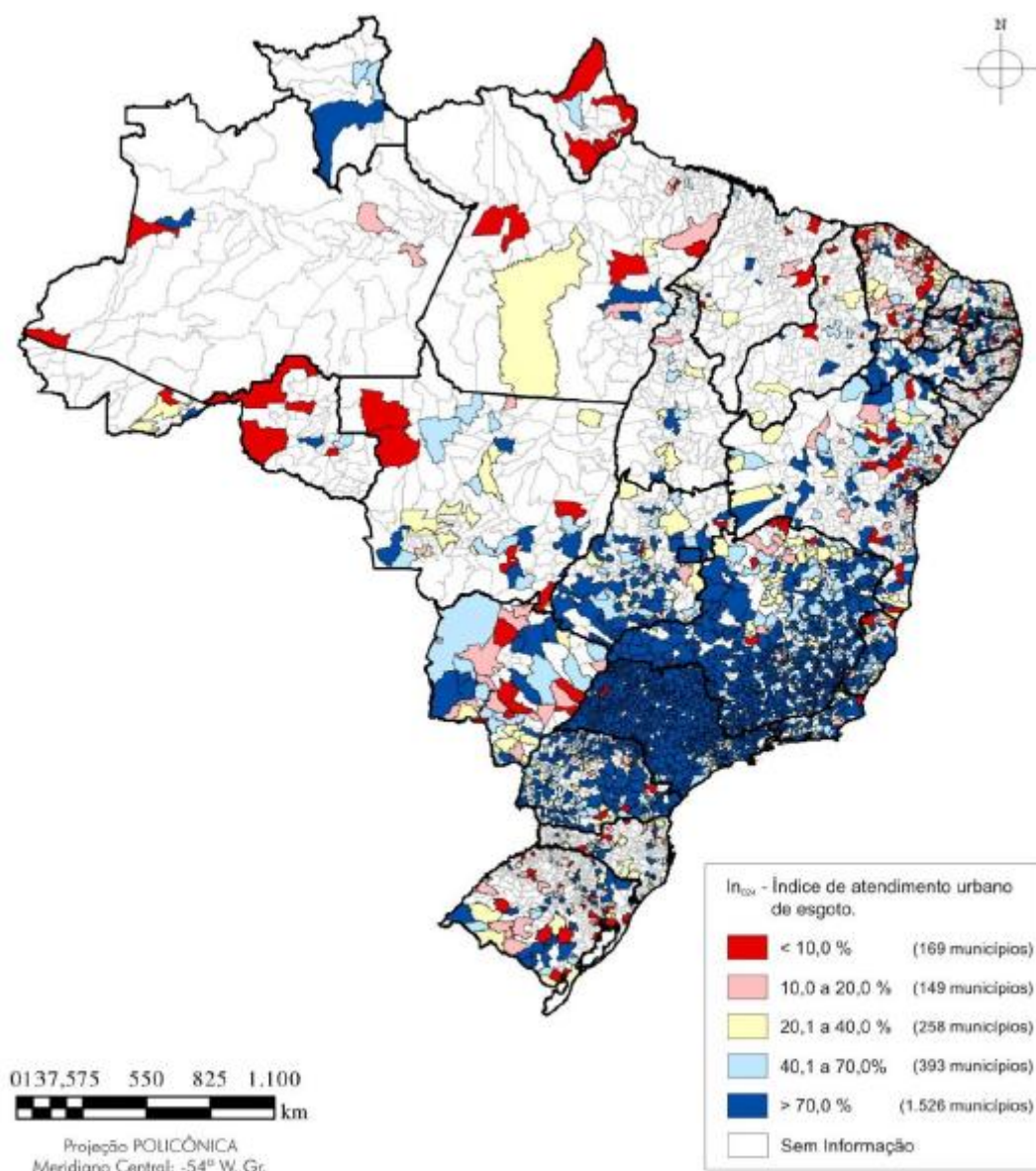
Figura 2-11 Nível de cobertura populacional no Brasil



Fonte: elaborado pelo autor, dados BRASIL, 2018 e BRASIL, 2016

A nível municipal, quanto ao índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos observa-se que, segundo dados do Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto – 2016, 1.526 municípios possuem índice superior a 70%, 394 municípios estão dentro da faixa de 40 a 70%. 258 entre e 20 e 40%, 148 municípios entre 10 e 20% e 169 municípios com menos de 10% de atendimento (Figura 3.11) (BRASIL, 2018).

Figura 2-12 Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2016



Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (Brasil, 2018)

O Instituto Trata Brasil (ITB) é uma OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, formada por empresas que tem interesse na proteção dos recursos hídricos e nos avanços realizados no Brasil na área do saneamento básico. Vem desde 2007 trabalhando para a melhoria da saúde pública e a proteção dos recursos hídricos nos que tange os aspectos do saneamento básico. Realiza estudos e projetos em comunidade relacionados ao setor do saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

No ano de 2018, o ITB publicou o estudo “Ranking do Saneamento 2018”, uma atualização de um estudo que vem sendo feito anualmente desde 2007. Neste estudo, são considerados os 100 maiores municípios do Brasil em termos de população. Contudo são considera-se a estimativa populacional de 2017. As informações consideradas nesse estudo são retiradas do SNIS. Como as informações fornecidas pelo SNIS possuem dois anos de defasagem, os dados utilizados em tal estudo são referentes ao ano de 2016 (BRASIL, 2018).

Para a definição do ranking são atribuídas notas conforme a tabela 3.7 abaixo:

Tabela 2-9 Indicadores e ponderações do Ranking do Saneamento 2018

Indicador	Descrição	Ponderação
Água Total	População urbana e rural atendida por abastecimento de água	5,0%
Água Urbano	População urbana atendida por água	5,0%
Coleta Total	População urbana e rural atendida por coleta de esgoto	12,5%
Coleta Urbano	População urbana atendida por coleta de esgoto	12,5%
Tratamento	Volume de esgoto tratado em relação ao volume de água consumido controlado pelos índices de coleta	25,0%
Investimentos/Arrecadação	Porcentagem da arrecadação do município investida no sistema	10,0%
Novas Ligações de Água/Ligações Faltantes	Porcentagem realizada do número de ligações faltantes para universalização do serviço de água	5,0%
Novas Ligações de Esgoto/Ligações Faltantes	Porcentagem realizada do número de ligações faltantes para universalização do serviço de esgoto	10,0%
Perdas na Distribuição	Água consumida medida em porcentagem da água produzida	5,0%
Perdas de Faturamento	Água faturada medida em porcentagem da água produzida	5,0%
Evolução Perdas de Faturamento	Evolução das perdas de faturamento dos municípios	2,5%
Evolução Perdas de Distribuição	Evolução das perdas na distribuição dos municípios	2,5%

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

A seguir, são listados os melhores e piores, segundo o Ranking do Saneamento 2018, para os indicadores: Coleta Total, Coleta Urbana e Tratamento.

Tabela 2-10 Melhores índices de atendimento total de esgoto

Colocação	Município	UF	Nota(%)
1	Cascavel	PR	100
1	Piracicaba	SP	100
3	Curitiba	PR	99,99
3	Londrina	PR	99,99
3	Maringá	PR	99,99
3	Ponta Grossa	PR	99,99
7	Santos	SP	99,88
8	Franca	SP	99,62
9	Santo André	SP	98,77
10	Uberaba	MG	98,5
11	Jundiaí	SP	98,23
12	Ribeirão Preto	SP	98
13	Governador Valadares	MG	97,45
14	São José dos Campos	SP	97,33
15	Uberlândia	MG	97,23
16	Bauru	SP	97,15
17	Taubaté	SP	97,03
18	Limeira	SP	97,02
19	São Paulo	SP	96,3
20	Sorocaba	SP	96,11

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Tabela 2-11 Piores índices de atendimento total de esgoto

Colocação	Município	UF	Nota(%)
91	Aparecida de Goiânia	GO	24,93
92	Teresina	PI	23,49
93	Rio Branco	AC	22
94	Jaboatão dos Guararapes	PE	18,95
95	Belém	PA	12,62
96	Manaus	AM	10,18
97	Macapá	AP	8,91
98	Santarém	PA	4,29
99	Porto Velho	RO	3,39
100	Ananindeua	PA	0,75

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Dos municípios analisados, apenas dois tem efetivamente universalizados os serviços de coleta, porém outros dez estão acima de 98% e, segundo o estudo, podem também ser considerados como universalizados.

Nota-se também que os melhores índices concentram-se nas regiões Sul e Sudeste e, além disso, por apenas três estados Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

Os piores índices são da região Norte e quatro capitais dessa região figuram entre os piores índices Belém (12,62%), Manaus (10,18%), Macapá (8,91%), Porto Velho (3,39%).

Tabela 2-12 Melhores índices de atendimento urbano de esgoto

Colocação	Município	UF	Nota(%)
1	Cascavel	PR	100
1	Franca	SP	100
1	Limeira	SP	100
1	Piracicaba	SP	100
1	São José do Rio Preto	SP	100
1	Uberlândia	MG	100
7	Curitiba	PR	99,99
7	Londrina	PR	99,99
7	Maringá	PR	99,99
7	Ponta Grossa	PR	99,99
11	Santos	SP	99,95
12	Jundiaí	SP	99,5
12	Uberaba	MG	99,5
14	São José dos Campos	SP	99,35
15	Taubaté	SP	99,17
16	Bauru	SP	98,8
17	Santo André	SP	98,77
18	Ribeirão Preto	SP	98,28
19	Governador Valadares	MG	97,73
20	Sorocaba	SP	97,1

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Tabela 2-13 Piores índices de atendimento urbano de esgoto

Colocação	Município	UF	Nota(%)
91	Aparecida de Goiânia	GO	24,96
92	Teresina	PI	24,92
93	Rio Branco	AC	23,96
94	Jaboatão dos Guararapes	PE	19,37
95	Belém	PA	12,73
96	Manaus	AM	10,23
97	Macapá	AP	9,04
98	Santarém	PA	5,86
99	Porto Velho	RO	3,38
100	Ananindeua	PA	0,75

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Seis municípios possuem atendimento urbano igual a 100% e outros 12 possuem índices maiores que 98% e, portanto pode-se considerar que sua população urbana tem o serviço universalizado.

Observa-se também que a relação dos municípios é praticamente a mesma que a verificada para o indicador de coleta total. Nos 20 melhores índices, há uma mudança nas colocações, porém, nos piores índices a colocação é justamente a mesma.

Tabela 2-14 Melhores índices de esgoto tratado referido a água consumida

Colocação	Município	UF	Nota(%)
1	Jundiaí	SP	100
1	Limeira	SP	100
1	Niterói	RJ	100
1	Petrópolis	RJ	100
1	Piracicaba	SP	100
1	Salvador	BA	100
7	Campina Grande	PB	99,89
8	Maringá	PR	99,08
9	Franca	SP	98,03
10	Santos	SP	97,63
11	Cascavel	PR	94,57
12	Curitiba	PR	92,93
13	São José dos Campos	SP	92,2
14	Maceió	AL	92,09
15	Taubaté	SP	91,11
16	Londrina	PR	89,23
17	Ribeirão Preto	SP	89,23
18	São José do Rio Preto	SP	87,57
19	Ponta Grossa	PR	86,71
20	Vitória da Conquista	BA	86,36

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Tabela 2-15 Piores índices de esgoto tratado referido a água consumida

Colocação	Município	UF	Nota(%)
91	Duque de Caxias	RJ	3,89
92	Bauru	SP	3,44
93	Belém	PA	2,67
94	Guarulhos	SP	2,12
95	Porto Velho	RO	1,54
96	Santarém	PA	1,39
97	Ananindeua	PA	0,91
98	Governador Valadares	MG	0
98	Nova Iguaçu	RJ	0
98	São João de Meriti	RJ	0

Fonte: Ranking do Saneamento 2018 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018)

Para o tratamento de esgoto referido à água consumida seis municípios apresentam 100% e outros 16 municípios estão acima de 80%, o que, para o referido estudo, representa que tal serviço é universalizado. O valor mínimo obtido foi de 0% para os municípios de Governador Valadares, Nova Iguaçu e São João do Meriti.

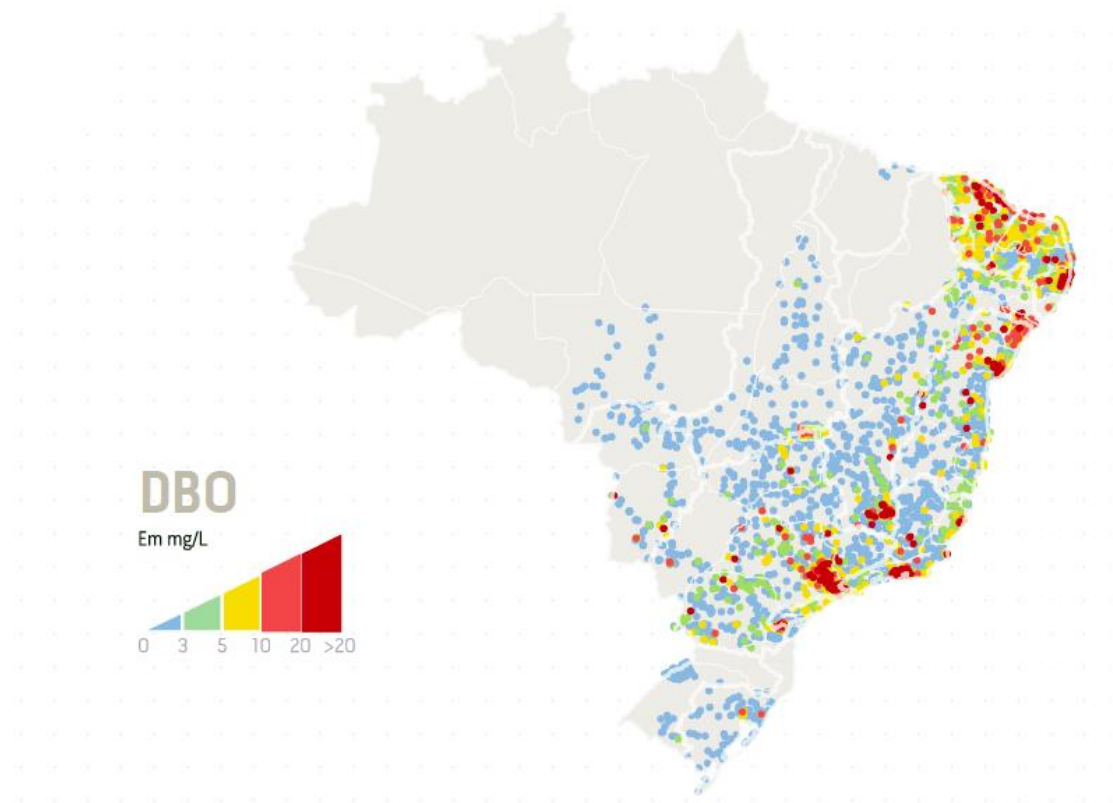
Na listagem dos piores índices, diferentemente dos indicadores Coleta Total e Coleta Urbana, há presença majoritária de cidades localizadas na região sudeste e norte do Brasil.

A Agência Nacional de Águas (ANA) lançou em 2017 o relatório “Conjuntura dos Recursos Hídricos - 2017”. Este relatório é produto de um acompanhamento sistemático da situação dos recursos hídricos do país. Apesar de ser produzido pela ANA, ele é fruto de uma rede estabelecida com mais 50 instituições parceiras. São utilizados dados da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), que em 2016 possuía mais de 20 mil estações, das quais 1.652 fazem o monitoramento da qualidade das águas. Além da RHN, há as redes estaduais monitoramento da qualidade das águas em 17 Unidades Federativas (UF’s), que somam mais de 2.700 pontos de monitoramento.

O Conjuntura utilizou dados de 118.457 amostras para análise da qualidade das águas no período compreendido entre 2001 e 2015. Os parâmetro de Fósforo (P), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e Turbidez foram analisados separadamente a partir de valores médios. Abaixo seguem as figuras das concentrações médias desses parâmetros nos pontos monitorados.

É importante ressaltar que, apesar da quantidade de dados, ainda há um grande vazio de informações, pois algumas UF's não fazem nenhum monitoramento da qualidade das águas.

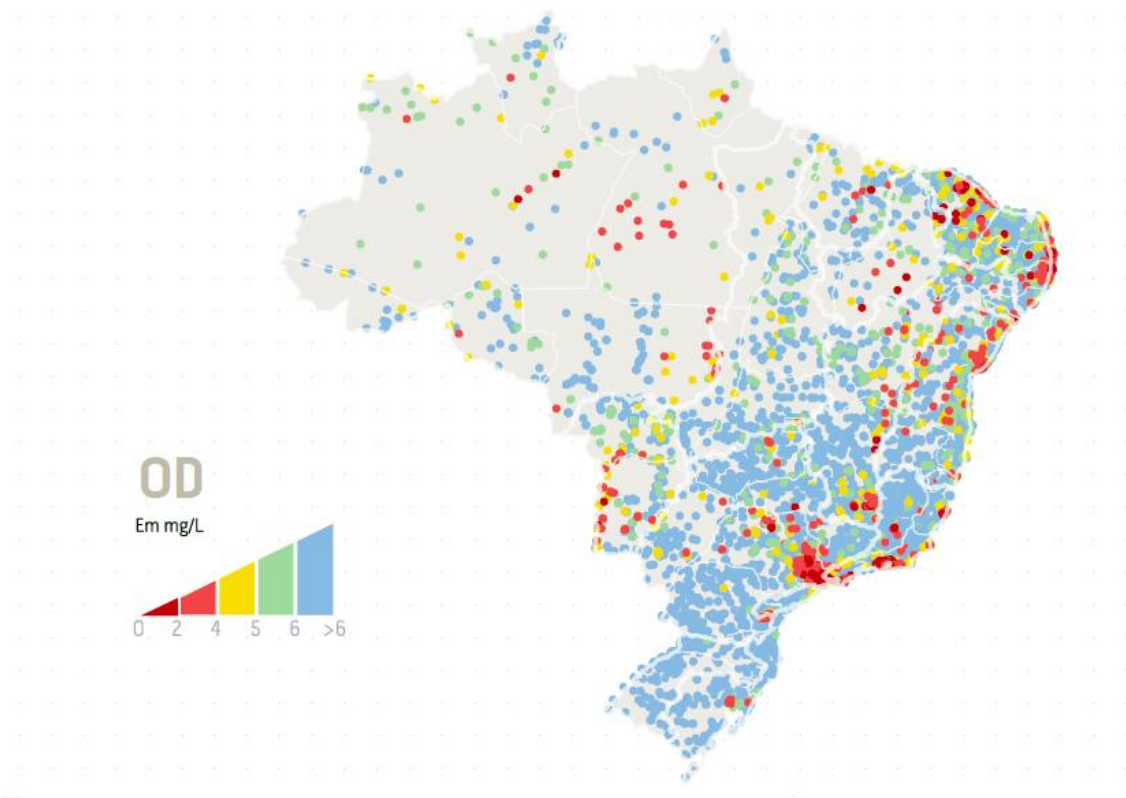
Figura 2-13 Concentração de média de DBO entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados



Fonte: ANA (BRASIL, 2017)

Dos dados amostrais obtidos entre 2001 e 2015 para DBO indicam que as maiores concentrações ocorrem nas regiões metropolitanas e nos açudes nordestinos. Já é sabido que as cargas orgânicas oriundas do esgoto doméstico não tratado tem forte influência na elevação da DBO, principalmente nos corpos d'água de menor capacidade de autodepuração, geralmente os de menor porte.

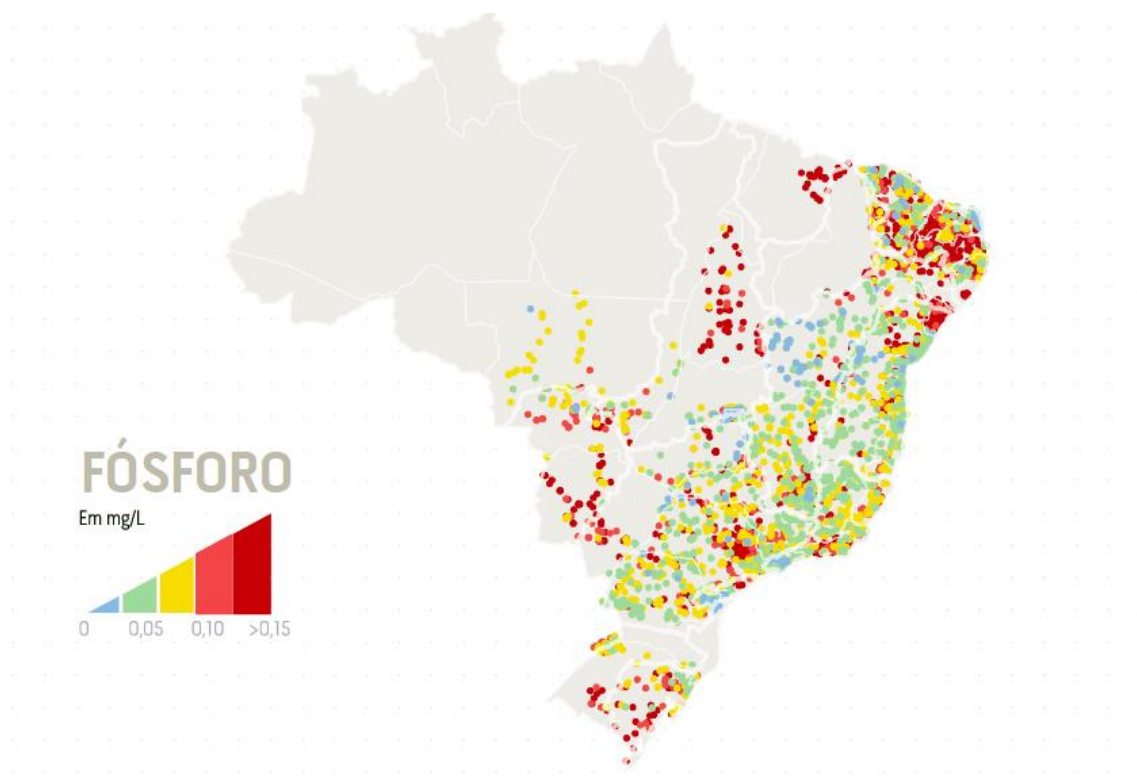
Figura 2-14 Concentração de média de Oxigênio Dissolvido entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados



Fonte: ANA (BRASIL, 2017)

Para o Oxigênio Dissolvido há uma maior quantidade de pontos de monitoramento e também se observa que as regiões onde as concentrações se encontram em níveis mais críticos são as regiões metropolitanas.

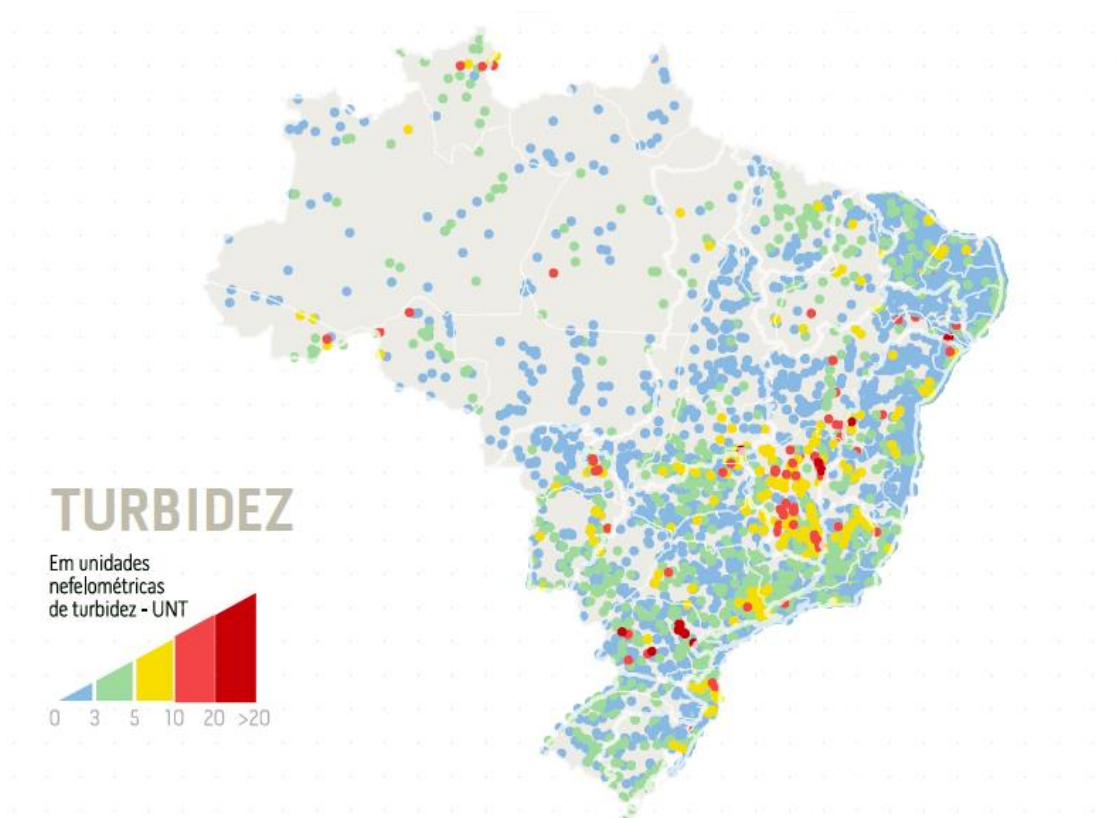
Figura 2-15 Concentração de média de Fósforo entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados



Fonte: ANA (BRASIL, 2017)

Para o fósforo se observa que as concentrações críticas não ocorrem somente nas regiões metropolitanas, mas também nas áreas rurais. No ambiente urbano atribui-se o lançamento de esgotos domésticos e industriais não tratados a responsabilidade por essas elevadas taxas. Ainda que os esgotos domésticos sejam tratados, os índices de redução da concentração de fósforo nas ETE's brasileiras são baixos. Já no campo, as elevadas concentrações estão associadas ao aporte de sedimentos e nutrientes originados em processos erosivos pelo manejo inadequado do solo e fertilizantes.

Figura 2-16 Concentração de média de Turbidez entre 2001 e 2015, nos pontos monitorados



Fonte: ANA (BRASIL, 2017)

A turbidez é relativa a interferência que materiais em suspensão podem causar na passagem de luz na água. Nas áreas urbanas, o aumento da turbidez pode indicar fontes de poluição pontuais, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, que estão ligadas às estruturas de drenagem, e também fontes difusas.

O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), visa promover a modernização por meio da tecnologia da informação para apoiar o Sistema Único de Saúde (SUS), dessa forma, além de prover informações que subsidiem o planejamento e gestão para os gestores da área da saúde, ele também disponibiliza essas informações para os cidadãos através da internet (BRASIL, 2018).

Utilizando os dados disponíveis pelo DATASUS, foram confeccionadas tabelas relativas à doenças de origem hídrica para o ano de 2016 (BRASIL, 2018):

Tabela 2-16 Incidência de doenças relacionadas à água nas regiões brasileiras

Região	Esquistossomose	Cólera	Febre Tifóide	Leptospirose	Malária	Total
Região Norte	63	0	74	481	*	618
Região Nordeste	1107	0	12	321	90	1440
Região Sudeste	3849	0	3	988	291	4840
Região Sul	56	1	1	1211	41	1269
Região Centro-Oeste	69	0	2	72	79	143
Total	5144	1	92	3073	501	8310

Fonte: elaborado pelo autor, dados BRASIL, 2018

Os dados do DATASUS são referentes aos casos que foram notificados ao Sistema de Informação de Agravos de Notificação. Ou seja, é função do nível de cobertura do SUS nas regiões. Assim, é possível que uma região com baixa cobertura do SUS, não seja notificada de casos das doenças.

Em relação à esquistossomose, a região Sudeste é a que apresenta mais casos notificados (3849). Minas Gerais é o estado que mais contribuiu para essa estatística totalizando 2890 casos, mais que o dobro de casos das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul somadas.

Em 2016, houve apenas um caso de cólera no Brasil, notificado no estado do Rio Grande do Sul.

O DATASUS informa a notificação de 52 casos de febre amarela no Brasil, porém a página online do Ministério da Saúde, informa que de julho de 2016 a 17 de fevereiro de 2017 foram confirmados 532 casos com 166 óbitos.

A região Norte apresentou o maior número de casos de Febre Tifoide e o estado do Pará é responsável por mais da metade desses casos, com 37 casos notificados.

Quanto à Leptospirose, a região Sul possui os três estados com o maior número de notificações do país, Paraná (432), Rio Grande do Sul (404) e Santa Catarina (375).

Para a região Norte, o DATASUS, não fornece dados sobre malária. É exibida a mensagem "Casos notificados por estados da região amazônica são registrados no SIVEP Malária (www.saude.gov.br/sivep_malaria).". Porém, ao acessar a página é necessário um login, impossibilitando o acesso aos dados.

A malária é uma doença endêmica da região amazônica, concentrando 99% casos. Para o ano de 2016, no Brasil, foram notificados 129 mil casos (FOLHA DE SÃO PAULO, 2018).

Para o ano de 2016 não foram encontrados dados no DATASUS para doenças como gastroenterite, cisticercose, ascaridíase e outras doenças de veiculação hídrica.

3 PANORAMA NA BACIA DO ALTO RIO DOCE

Neste trabalho foi considerado como Bacia do Alto Rio Doce a região abrangida pelos Comitês de Bacia do Rio Piranga (DO1) e do Rio Piracicaba (DO2) (Figura 4-1).

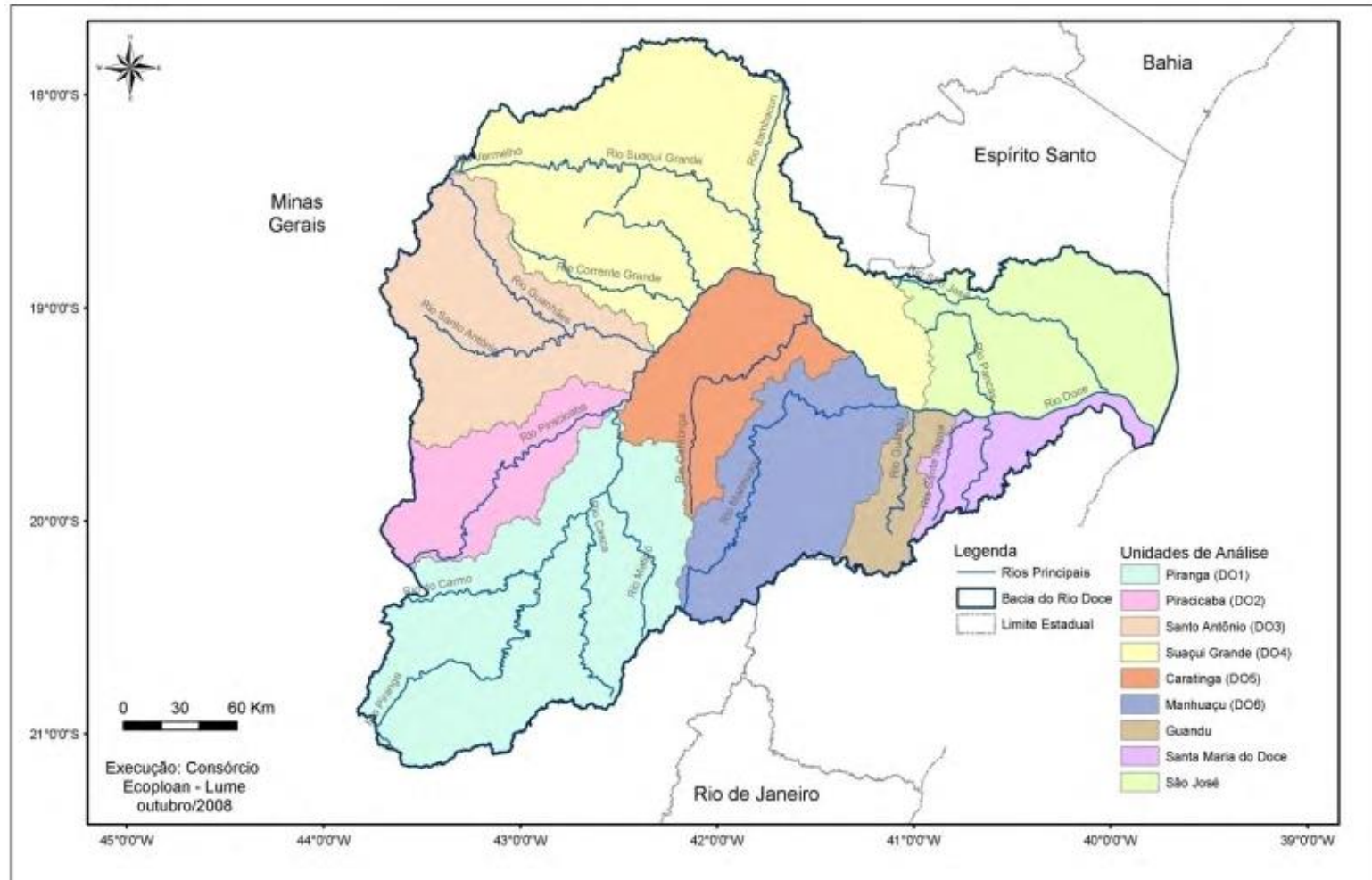
A Bacia Hidrográfica do Rio Piranga compreende uma área de 17.571km², totalmente localizada no estado de Minas Gerais, estando sua maior parte nas regiões da Zona da Mata e Campos das Vertentes. São 77 municípios por ela abrangidos, parcial ou totalmente. A bacia é formada pelos rios Piranga, do Carmo, Casca, Matipó e por rios de menor porte como o do Peixe, Sem Peixe, Sacramento e ribeirões Mombaça, do Turvo e Belém (CBH-PIRANGA, 2018) (Figura 4-2).

O Rio Piranga nasce no município de Ressaquinha e percorre 470 quilômetros quando suas águas se unem com as do Rio do Carmo para formarem o Rio Doce.

A Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba abrange uma área de 5.465,38km². O Rio Piracicaba nasce no município de Ouro Preto e percorre 241km até a divisa dos municípios de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o Rio Doce. Seus afluentes são os rios Santa Bárbara, Turvo, Conceição, Una, Machado, Peixe e Prata, além de quase uma centena de córregos e ribeirões (CBH-PIRACICABA, 2018) (Figura 4-4).

A bacia compreende 21 municípios, onde vivem aproximadamente 800 mil pessoas. A região possuiu uma forte presença de mineradoras e siderúrgicas, nela está instalado o maior complexo siderúrgico da América Latina, e também indústria de celulose (CBH-PIRACICABA, 2018).

Figura 3-1 Sub bacias do Rio Doce



Fonte: (ECOPLAN – LUME,2010)

Dos 77 municípios da Bacia do Rio Piranga, com exceção do município de Abre Campo e Oratórios, todos os municípios forneceram informações para o SNIS em 2016. Destes, 56 forneceram informações relativas ao esgotamento sanitário em seus domínios.

Já para a bacia do Rio Piracicaba, todos os municípios pertencentes à ela forneceram informações ao SNIS 2016. Dos 21 municípios, 18 forneceram informações relativas ao esgotamento sanitário.

Os municípios de Mariana, Ouro Preto, Alvinópolis, Jaguaráçu, Marliéria, São Domingos do Prata e Timóteo, possuem território em ambas as bacias. Este trabalho consiste em uma avaliação dos impactos do lançamento de esgotos não tratados nos rios das bacias acima referidas. Assim, considera-se o município pertencente a uma bacia quando sua sede está localizada nela, independentemente da área que possa estar compreendida na outra bacia. As sedes municipais concentram a maior parte da população, e, relativamente ao despejo de esgoto *in natura*, será nos rios à jusante delas em que se verificará a maior contribuição por material contaminante.

O fenômeno de territórios municipais que intercedem mais de uma bacia ocorre com outros municípios que tem sua sede em outras bacias que não as duas estudadas. Dessa forma, a população destes municípios não foi contabilizada como das bacias estudadas.

Para se fazer uma estimativa fiel à realidade das populações em cada bacia, seria necessário saber quantas pessoas do município moram nas áreas compreendidas em cada bacia. Infelizmente, não se dispõe de tal informação, porém, o método aplicado possibilita uma boa aproximação.

A verificação da localização das sedes municipais foi feita utilizando o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (ECOPLAN – LUME,2010).

Diante do exposto as populações dos municípios de Mariana e Ouro Preto foram contabilizadas na Bacia do Rio Piranga e as de Alvinópolis, Jaguaráçu, Marliéria, São Domingos do Prata e Timóteo na Bacia do Rio Piracicaba.

As Tabelas 4.1 e 4.2 foram confeccionadas considerando-se os municípios com sede nas bacias estudadas

Tabela 3-1 Avaliação do esgotamento sanitário na Bacia do Rio Piranga

Bacia do Rio Piranga	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	77
Número de municípios sem informações no SNIS	un	2
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	2,60
Número de municípios com sede na BH	un	60
Qtd. de municípios atendidos com esgotamento sanitário com sede na BH	un	44
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário com sede na BH	%	73,33
População total estimada dos municípios com sede na BH	hab	725.768
População atendida com esgotamento sanitário dos municípios com sede na BH	hab	409.124
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	356.141
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	52.983
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	56,37
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	27.951,7 3
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	1.802,77
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	6,45

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

Para a Bacia do Rio Piranga, dos 77 municípios, 60 possuem a sede municipal dentro do território da bacia. Logo a contribuição destes dos esgotos gerados pela população residente impactará de forma direta essa bacia. Em 2016, 44 municípios com sede na bacia forneceram informações ao SNIS referentes ao esgotamento sanitário. O nível de cobertura populacional por serviços esgotamento sanitário é próximo ao encontrado para a região Centro Oeste, porém, o índice de tratamento é baixíssimo (6,45%). Dos 60 municípios com sede na bacia, apenas 10 fazem tratamento do esgoto coletado, dos quais 5 tratam 100% de seu esgoto. Mas, nenhum desses 5 municípios chegam a ter uma população superior a 10.000 habitantes. Os quatro maiores municípios da região Viçosa (77.863 hab), Ouro Preto (74.356 hab), Ponte Nova (60.188 hab) e Mariana (59.343 hab) tratam respectivamente 1%, 0%, 0%, 0%. Ou seja, o volume tratado pelos 5 municípios com maior nível de tratamento não é capaz de atenuar o impacto causado por uma das quatro maiores cidades.

Tabela 3-2 Avaliação do esgotamento sanitário na Bacia do Rio Piracicaba

Bacia do Rio Piracicaba	Unidade	Valor
Número total de municípios	un	21
Número de municípios sem informações no SNIS	un	0
Porcentagem de municípios sem informações no SNIS	%	0
Número de municípios com sede na BH	un	17
Qtd. de municípios atendidos com esgotamento sanitário com sede na BH	un	15
Porcentagem de municípios atendidos com esgotamento sanitário com sede na BH	%	88,24
População total estimada dos municípios com sede na BH	hab	816.745
População atendida com esgotamento sanitário dos municípios com sede na BH	hab	710.309,00
População urbana atendida com esgotamento sanitário	hab	680.577,00
População rural atendida com esgotamento sanitário	hab	29.732,00
Porcentagem da população atendida com esgotamento sanitário	%	86,97
Volume de esgoto coletado	10 ³ m ³ /ano	29.404,92
Volume de esgoto tratado	10 ³ m ³ /ano	10.602,52
Porcentagem de esgoto tratado em relação ao coletado	%	36,06

Fonte: elaborado pelo autor, dados SNIS (BRASIL, 2018) e IBGE (BRASIL, 2016)

Na Bacia do Rio Piracicaba, dos 21 municípios, 17 possuem sede dentro do território da bacia e, para o ano de 2016, 15 deles forneceram dados ao SNIS. O nível de cobertura populacional por esgotamento sanitário nessa bacia é superior à região Sudeste, que possui o melhor nível entre as regiões do Brasil. O índice de tratamento da bacia também é baixo, sendo tratado pouco mais de um terço do volume coletado. Na região, apenas os municípios de Ipatinga (259.324 hab), Itabira (118.481 hab), Bom Jesus do Amparo (5.972 hab) e Catas Altas (5.274 hab) fazem o tratamento de seus esgotos, respectivamente, com os índices: 100%, 58,92%, 97,78% e 75%.

Por meio do Programa Águas de Minas, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), vem desde 1997, realizando o monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais.

Em Março 2017, o IGAM lançou o resumo executivo “Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2016”.

Com uma rede básica de monitoramento, que conta com 554 estações de amostragem, o IGAM faz o monitoramento de todas as bacias pertencentes ao domínio mineiro.

Para fazer a avaliação da qualidade dos recursos hídricos, o Programa Águas de Minas utiliza os indicadores: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Contaminação por Tóxicos (CT), Índice de Estado Trófico (IET), Densidade de Cianobactérias e Ensaio de Toxicidade. Os dois últimos indicadores só são utilizados em locais específicos onde há potencial de floração e que são propícios à toxicidade (MINAS GERAIS, 2017).

O cálculo do IQA é feito utilizando os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, *Escherichia coli* (em substituição aos Coliformes Termotolerantes a partir de 2013), pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais (MINAS GERAIS, 2017).

Tabela 3-3 Classes do Índice de Qualidade da Água e seu Significado

Valor do IQA	Classes	Significado
90 < IQA ≤ 100	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público
70 < IQA ≤ 90	Bom	
50 < IQA ≤ 70	Médio	
25 < IQA ≤ 50	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA ≤ 25	Muito Ruim	

Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017).

O indicador CT avalia a presença de treze substâncias tóxicas: arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total (MINAS GERAIS, 2017).

O IET destina-se à classificação dos corpos d'água em distintos graus de trofia. São utilizados o fósforo, IET (P), e a clorofila-*a*, IET (CL), como parâmetros de avaliação. O IET(P) é uma medida do potencial de eutrofização, já que o fósforo, um nutriente, atua como agente causador do fenômeno. O IET (CL) é uma de resposta do corpo d'água ao agente causador, indicando o nível de crescimento do fitoplâncton.

Tabela 3-4 Classes do Índice de Estado Trófico (Rios) e seu Significado

Valor IET	Classes	Significado
IET ≤ 47	Ultraoligotrófica	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET ≤ 52	Oligotrófica	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes
52 < IET ≤ 59	Mesotrófica	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET ≤ 63	Eutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET ≤ 67	Supereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.
IET > 67	Hipereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

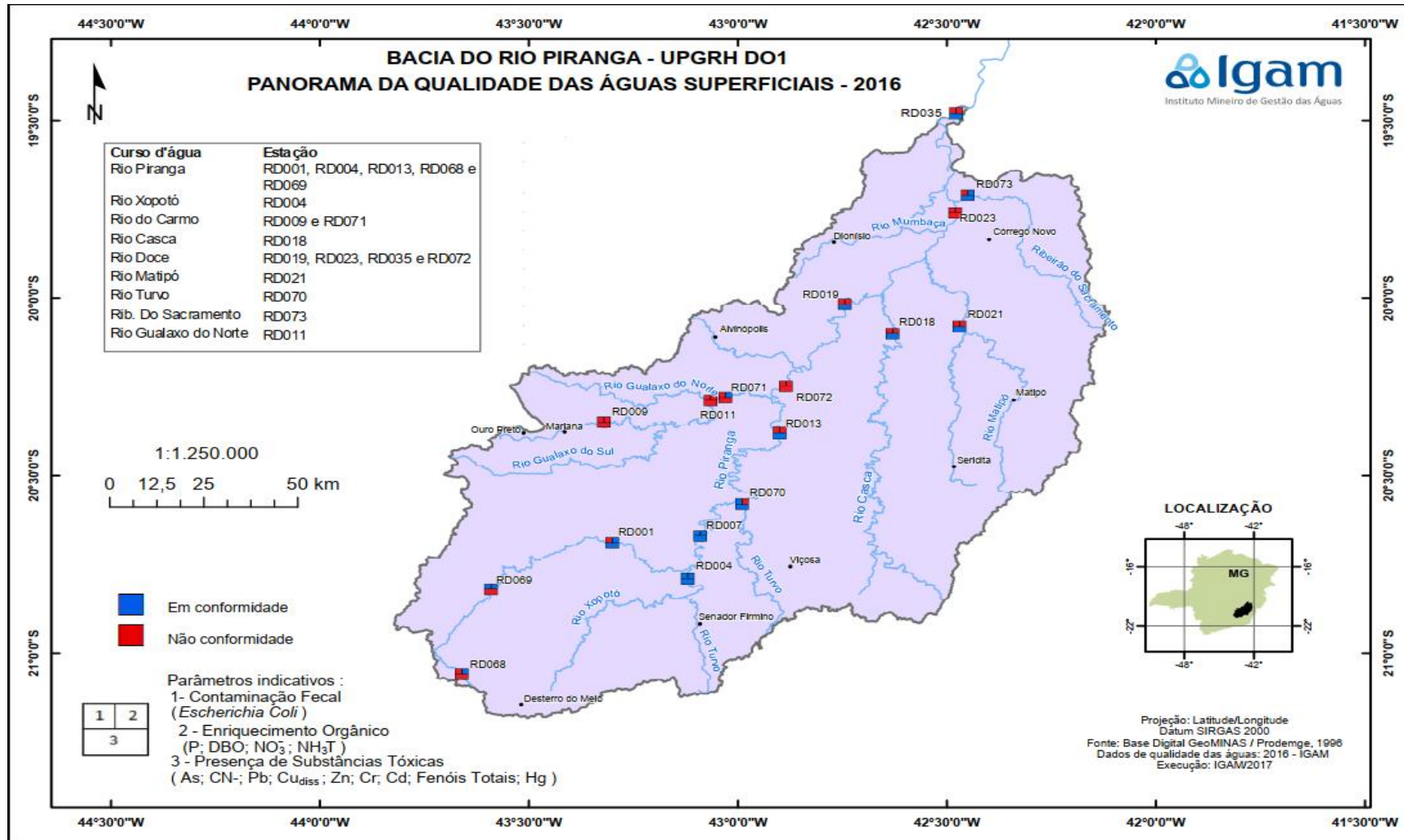
Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

O indicador CT, avalia a presença de metais nos corpos d'água. Os metais que servem de parâmetro para este indicador não podem ser utilizados para se fazer a avaliação de possíveis despejos de esgotos *in natura*.

O Indicador IET, por fazer uma avaliação do fósforo presente na água, pode utilizado como indicador da presença de esgotos não tratados nos cursos d'água. Porém, é importante ressaltar, que não só esgotos domésticos podem contribuir para inserção deste no nutriente no ambiente. A utilização de fertilizantes, juntamente com o manejo inadequado do solo, podem ser uma importante fonte de contaminação por fósforo.

Já o IQA, utiliza parâmetros que podem indicar uma maior probabilidade da presença de esgotos nos recursos hídricos.

Figura 3-2 Estações de amostragem no Rio Piranga



Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

Tabela 3-5 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016

Bacia Hidrográfica	UPGRH	Corpo de água	Estação	Municípios	INDICADORES									PARÂMETROS QUE NÃO ATENDERAM O LIMITE LEGAL		
					Resultados dos indicadores em 2016						Comparação			Mapa do Panorama de Qualidade das Águas em 2016		
					IQA		CT		IET		Indicadores 2015/2016			Parâmetros indicativos de:		
					2015	2016	2015	2016	2015	2016	IQA	CT	IET	Contaminação Fecal	Enriquecimento orgânico	Substâncias tóxicas
Rio Doce	DO1 - Rio Piranga	Ribeirão do Sacramento	RD073	BOM JESUS DO GALHO, PINGO-D'ÁGUA	69,7	64,6	BAIXA	BAIXA	47,2	50,2	☹️	😊	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Casca	RD018	RIO CASCA, SÃO PEDRO DOS FERROS	67,1	68,3	BAIXA	BAIXA	53,6	50,9	☹️	😊	😊	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio do Carmo	RD009	MARIANA	65	60,8	ALTA	ALTA	54,7	56	☹️	☹️	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Arsênio total.
			RD071	BARRA LONGA	65,2	52,3	BAIXA	ALTA	53,1	46,1	☹️	☹️	😊	<i>Escherichia coli.</i>	---	Zinco total.
		Rio Gualaxo do Norte	RD011	BARRA LONGA	*	53,3	*	MÉDIA	*	54	✘	✘	✘	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Chumbo total.
		Rio Doce	RD019	RIO CASCA, SÃO DOMINGOS DO PRATA	72,5	51	BAIXA	BAIXA	49,1	50,2	☹️	😊	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
			RD023	MARLIÉRIA, PINGO-D'ÁGUA	74,3	55,5	BAIXA	ALTA	48,2	49	☹️	☹️	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Chumbo total, Mercúrio total.
			RD072	RIO DOCE, SANTA CRUZ DO ESCALVADO	62,9	54,7	BAIXA	ALTA	48,8	55,4	☹️	☹️	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Chumbo total, Cromo total, Mercúrio total.

Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

Analisando a tabela 4-5, percebe-se que em todos os pontos amostrais houve uma queda nos valores do indicador IQA. Quanto ao indicador IET, excetuando-se os pontos RD018, no Rio Casca e RD071 no Rio do Carmo, todos os pontos tiveram um aumento na média do indicador. Todos os pontos também apresentam indicativos de contaminação fecal por meio do parâmetro *Escherichia coli*. Observa-se também o indicativo de enriquecimento orgânico em todos os pontos, menos em RD073 em Ribeirão do Sacramento e em RD071 no Rio do Carmo.

Nos trechos monitorados pelas estações RD019 e RD023 a queda no indicador IQA foi tão brusca que houve o rebaixamento de suas classes, ambos indo de “Bom” para “Médio”.

A queda nos valores do IQA, o aumento nos valores do IET com os indicativos de contaminação fecal por *Escherichia coli* e enriquecimento orgânico por fósforo total são suficientes para se afirmar que os trechos monitorados estão recebendo uma carga de esgoto *in natura* maior que a sua capacidade de autodepuração.

Figura 3-3 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016

Bacia Hidrográfica	UPGRH	Corpo de água	Estação	Municípios	INDICADORES						PARÂMETROS QUE NÃO ATENDERAM O LIMITE LEGAL					
					Resultados dos indicadores em 2016						Comparação			Mapa do Panorama de Qualidade das Águas em 2016		
					IQA		CT		IET		Indicadores 2015/2016			Parâmetros indicativos de:		
					2015	2016	2015	2016	2015	2016	IQA	CT	IET	Contaminação Fecal	Enriquecimento orgânico	Substâncias tóxicas
Rio Doce	DO1 - Rio Piranga	Rio Matipó	RD021	RAUL SOARES	56,1	55,4	BAIXA	BAIXA	54	56,8	☹️	😊	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio Piranga	RD001	PIRANGA	69,2	68,7	BAIXA	BAIXA	44,3	50,5	☹️	😊	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
			RD007	PORTO FIRME	73,2	72,6	MÉDIA	BAIXA	49,9	50,9	☹️	😊	☹️	---	---	---
			RD013	PONTE NOVA	56,2	56	BAIXA	BAIXA	44,8	52,7	☹️	😊	☹️	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
			RD068	RESSAQUINHA	62,7	60,2	BAIXA	MÉDIA	48,5	47	☹️	☹️	😊	<i>Escherichia coli.</i>	---	Cobre dissolvido.
			RD069	RIO ESPERA, SANTANA DOS MONTES	74,1	73	BAIXA	ALTA	50,2	48,4	☹️	☹️	☹️	---	---	Cobre dissolvido.
		Rio Turvo	RD070	GUARACIABA	68,5	73,8	BAIXA	BAIXA	50,9	51	😊	😊	☹️	---	Fósforo total.	---
		Rio Xopotó (DO1)	RD004	PRESIDENTE BERNARDES	76,4	75,2	BAIXA	BAIXA	48,6	51,3	☹️	😊	☹️	---	---	---

😊 O indicador melhorou ou manteve-se na melhor condição de qualidade

☹️ O indicador manteve-se na mesma qualidade de ano anterior

☹️ O indicador piorou ou manteve-se na pior condição de qualidade

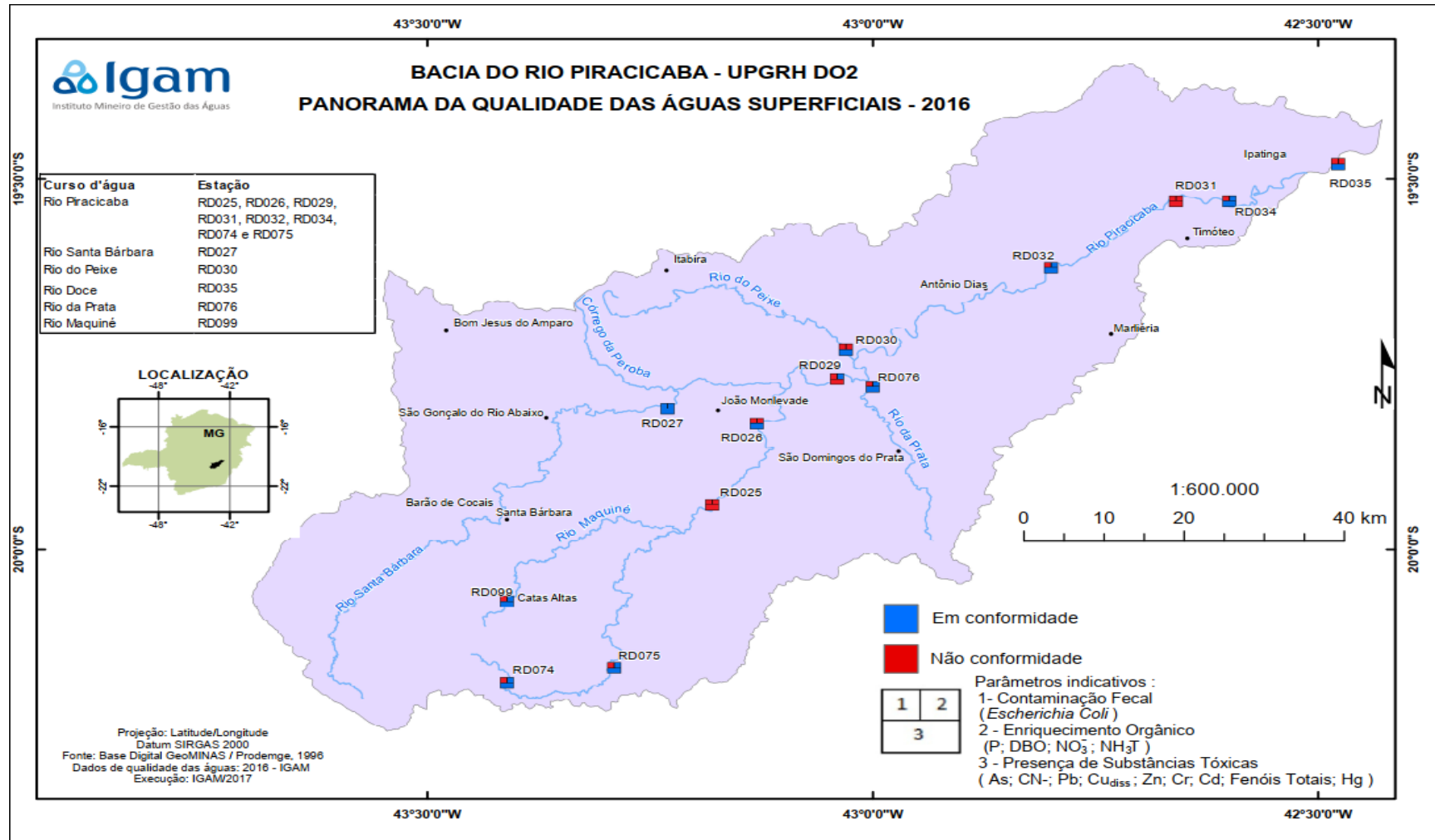
* Ponto sem resultado

--- Todos os resultados dos indicadores correspondentes estiveram em conformidade

Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

Nos pontos monitorados mostrados na tabela 4-3, também houve uma queda nos valores do IQA, porém mais sutis. A exceção é o RD070, que inclusive teve sua classe promovida de “Médio” para “Bom”. Para o indicador IET, percebe-se também o seu aumento em todas as estações amostrais, menos em RD068 no Rio Piranga. Ainda em relação ao IET, houve aumento significativo em duas estações do Rio Piranga, nos municípios de Ponte Nova e Piranga, aumento suficiente para mudar a classe do trecho monitorado em Piranga de “Ultraoligotrófica” para “Oligotrófica” e em Ponte Nova de “Ultraoligotrófica” para “Mesotrófica”. É interessante notar que, apesar do IET utilizar o fósforo como parâmetro, em Piranga, apesar do aumento no valor do indicador, não há indicativo de enriquecimento orgânico por fósforo. Porém o mesmo não se observa em Ponte Nova. Nota-se também que, em ambas as cidades há indicativo de contaminação fecal por *Escherichia coli*.

Figura 3-4 Estações de amostragem no Rio Piracicaba



Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

Figura 3-5 Síntese comparativa da qualidade das águas do Rio Piranga entre 2015 e 2016

Bacia Hidrográfica	UPGRH	Corpo de água	Estação	Municípios	INDICADORES						PARÂMETROS QUE NÃO ATENDERAM O LIMITE LEGAL					
					Resultados dos indicadores em 2016						Mapa do Panorama de Qualidade das Águas em 2016					
					IQA		CT		IET		Comparação Indicadores 2015/2016			Parâmetros indicativos de:		
					2015	2016	2015	2016	2015	2016	IQA	CT	IET	Contaminação Fecal	Enriquecimento orgânico	Substâncias tóxicas
Rio Doce	DO2 - Rio Piracicaba	Rio da Prata (DO2)	RD076	NOVA ERA	68,6	71	BAIXA	BAIXA	43,4	47,3	😊	😊	😞	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio do Peixe (DO2)	RD030	NOVA ERA	61,7	59,7	BAIXA	BAIXA	57,2	56,9	😐	😊	😐	<i>Escherichia coli.</i>	Demanda Bioquímica de Oxigênio, Fósforo total.	---
		Rio Doce	RD035	IPATINGA	57,9	46,3	MÉDIA	BAIXA	46,2	45,1	😞	😊	😊	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
		Rio Maquiné	RD099	CATAS ALTAS	75,3	71	BAIXA	BAIXA	48,6	47,3	😐	😊	😐	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Piracicaba	RD025	RIO PIRACICABA	60,7	60	BAIXA	MÉDIA	49	49,7	😐	😞	😐	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Cianeto Livre.
			RD026	JOÃO MONLEVADE	60,8	57,7	BAIXA	BAIXA	53,1	51,8	😐	😊	😊	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	---
			RD029	NOVA ERA	63,6	60,5	BAIXA	MÉDIA	44,5	50,5	😐	😞	😞	<i>Escherichia coli.</i>	---	Cianeto Livre.
			RD031	CORONEL FABRICIANO, TIMÓTEO	65,7	65	BAIXA	ALTA	42,5	51,2	😐	😞	😞	<i>Escherichia coli.</i>	Fósforo total.	Cianeto Livre.
			RD032	ANTÔNIO DIAS	72,2	68,4	BAIXA	BAIXA	48,6	43,6	😞	😊	😊	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
			RD034	CORONEL FABRICIANO, TIMÓTEO	53,7	56	BAIXA	BAIXA	43,5	50,7	😐	😊	😞	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
			RD074	MARIANA	66,8	68,9	BAIXA	BAIXA	44,4	48	😐	😊	😞	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
			RD075	ALVINÓPOLIS	65,4	62	BAIXA	BAIXA	49,3	42,5	😐	😊	😊	<i>Escherichia coli.</i>	---	---
		Rio Santa Bárbara	RD027	SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO	79,2	75,4	BAIXA	BAIXA	47,1	47,5	😐	😊	😐	---	---	---

😊 O indicador melhorou ou manteve-se na melhor condição de qualidade

😐 O indicador manteve-se na mesma qualidade de ano anterior

😞 O indicador piorou ou manteve-se na pior condição de qualidade

--- Todos os resultados dos indicativos correspondentes estiveram em conformidade

Fonte: IGAM (MINAS GERAIS, 2017)

Na Bacia do Rio Piracicaba, com exceção da estação RD076 no Rio da Prata, todos os trechos monitorados apresentaram uma baixa no indicador IQA. Na estação RD035, do Rio Doce no município de Ipatinga a queda foi substancial levando ao rebaixamento da classe do trecho de “Médio” para “Ruim”, tornando imprópria aquela água para o tratamento convencional visando o abastecimento público. Na estação RD032, do Rio Piracicaba, no município de Antônio Dias, também houve o rebaixamento da classe do trecho, indo de “Bom” para “Médio” (Tabela 4-5).

Em relação ao indicador IET, dos treze pontos monitorados, cinco tiveram um aumento do indicador suficiente para fazerem a mudança de suas classes de “Ultraoligtrófica” para “Oligotrófica”. O trecho do Rio Piracicaba no município de João Monlevade de “Mesotrófico” para “Oligotrófico”.

Com exceção do trecho do Rio Santa Bárbara no município de São Gonçalo do Rio Abaixo, todos os pontos apresentaram indicativo de contaminação fecal por *Escherichia coli*.

É interessante notar que, em Ipatinga, apesar de serem tratados 100% do esgoto coletado, há indicativo de contaminação fecal por *Escherichia coli* e indicativo de enriquecimento orgânico por DBO e fósforo total. Deve-se estar atento ao fato de que é tratado 100% coletado, e não 100% do esgoto gerado. O índice de coleta do município é de 84,44% e, talvez, seja esse volume de esgoto gerado e não coletado que tenha causado que tenha possibilitado o aparecimento desses indicativos.

Os dados utilizados até momento são provenientes exclusivamente de órgãos governamentais. Como mencionado acima, vários grupos de pesquisa da UFOP trabalham na parte superior da bacia do Rio Doce e confirmam os dados evidenciados obtidos pelos órgãos federais e estaduais.

Oliveira (2016) demonstrou que para o Rio Piranga, dos quinze pontos amostrais estudados, nove apresentaram valores acima do limite determinado pela CONAMA357/2005 para *Escherichia coli*.

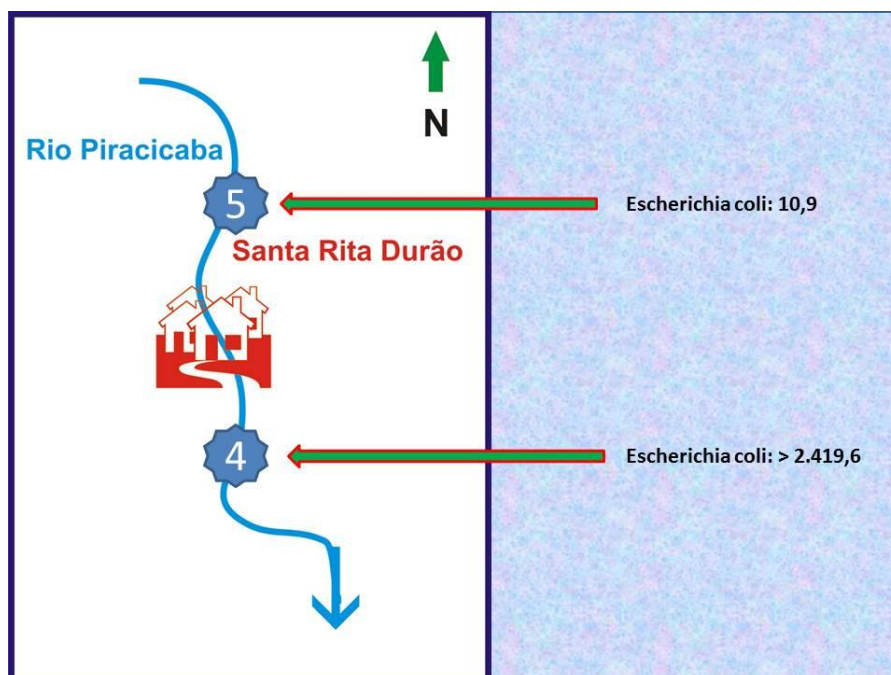
Fato semelhante ocorre na Bacia do Rio Piracicaba, onde Lopes da Silva (2010) apresentou resultados de 12 pontos amostrais para coliformes termotolerantes, os quais apresentaram altos níveis, tornando impróprias suas águas para o contato primário.

Reis (2015) afirma que para o Rio Matipó, as principais fontes de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli* deve-se ao lançamento de esgoto doméstico sem tratamento e pelas atividades pecuárias na região. O mesmo ocorre na bacia do Rio Casca, segundo Glória (2014).

Na bacia do Rio Oratórios, foi verificado que a maioria dos pontos analisados apresentavam valores acima de 2.420 coliformes por 100 ml, valor 2,4 vezes maior que o permitido pela CONAMA 357/2005. A bacia está inserida em zonas urbanas e rurais e recebe influência das atividades em ambos os meios. São apontados a falta de tratamento de esgoto nos meios urbanos e atividades pecuárias, especialmente a suinocultura, como principais responsáveis pelos valores obtidos (LACERDA & ROESER, 2104).

Um caso que demonstra de forma patente o impacto do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento foi evidenciado por Ferreira (2011). A autora constatou que nas cabeceiras do Rio Piracicaba os níveis de *Escherichia coli* era de 10,9 NMP/100ml e que logo após o distrito de Santa Rita Durão este indicador excediam os limites de detecção (>2.419,6) (Figura 4-6).

Figura 3-6 Poluição do Rio Piracicaba pelo esgoto doméstico na comunidade de Santa Rita Durão



Fonte: FERREIRA (2011)

Abaixo seguem fotos de flagrantes de despejo de esgoto não tratado em rios afluentes de ambas as bacias estudadas, o que corrobora com os dados apresentados.

De um modo geral, a situação do Alto Rio Doce é devastadora em termos de poluição orgânica. Com pouquíssimas exceções que se situam nas áreas das cabeceiras dos rios, antes de qualquer comunidade, os rios, no que diz respeito às bactérias patogênicas, estão totalmente contaminados.

Figura 3-7 Lançamento de esgoto doméstico no município de Raul Soares



Fonte: Roeser, acervo pessoal

Figura 3-8 Flocos de espumas no Rio do Peixe próximo à Itabira-MG



Fonte: Roeser, acervo pessoal

Figura 3-9 Lançamento de esgoto doméstico no Rio Piranga no município de Ponte Nova



Fonte: Roeser, acervo pessoal

Figura 3-10 Lançamento de esgoto doméstico no Rio Piranga



Fonte: Roeser, acervo pessoal

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os panoramas apresentados deixam claro que a situação relativa ao esgotamento sanitário é crítica em todo o mundo. As exceções são protagonizadas por países desenvolvidos e regiões que concentram maior renda nos países pobres e em desenvolvimento, o que torna essas exceções ainda mais raras, pois, o que se observa no mundo, e esse fenômeno, vem se intensificando, é a concentração de renda nas mãos de poucos grupos. Disso decorre que as pessoas mais pobres são as que mais sofrem com os impactos gerados pela negligência na implantação dos serviços básicos de saneamento.

Os panoramas mundial e nacional deixam bem claro essa discrepância na cobertura por serviços de esgotamento sanitário entre regiões mais ricas e as mais pobres.

Porém, os panoramas nas Bacias do Rio Piranga e Piracicaba, demonstram que o fato de uma região ser desenvolvida economicamente, ou seja, geradora de uma maior fonte de renda, não implica que a mesma será atendida de forma satisfatória pelos serviços de saneamento.

Na região do Vale do Aço, está instalado o maior complexo siderúrgico da América Latina e, de suas quatro cidades, apenas uma faz o tratamento do esgoto gerado, e ainda assim, de forma parcial.

O desenvolvimento econômico experimentado pelo Brasil em diferentes épocas levou a expansão urbana, mas essa expansão não foi acompanhada da ampliação dos serviços básicos de saneamento.

A implantação de serviços de saneamento só é possível a partir da criação e implementação de políticas e programas públicos.

No Brasil, principalmente á nível municipal, as ações são tomadas de forma a perpetuar certo grupo no governo, daí veem-se em sua grande maioria obras eleitoreiras, aquelas cuja finalidade é basicamente mostrar à população que se está trabalhando. Há também aquelas obras que são feitas para se deixar uma marca pessoal, como se fossem um legado.

Com essa forma de governar criou-se um ditado político que diz: “Investir em esgoto é enterrar dinheiro”. De fato, dentro dessa lógica, a implantação de serviços de

esgotamento não traria benefícios eleitorais. A implantação de uma rede coletora não deixa marcas, não dá para inaugurar uma placa de algo que está abaixo, no solo. Causaria enorme transtorno à população, visto que, abrir uma vala para sua instalação atrapalharia o fluxo do trânsito, gera poeira em épocas secas e lama nas épocas chuvosas.

Para o ano corrente de 2018, e para o futuro, essa visão é muito restrita e não cabe mais.

Os dados e estudos apresentados tornam evidentes que nossos rios estão em estado de degradação. Mas, não é preciso necessariamente desses dados para se chegar a essa conclusão. Pode-se, mesmo que de maneira subjetiva, chegar a mesma conclusão usando-se os nossos sentidos físicos. Viver ou passar próximo de um curso d'água em meio urbano despertam-nos sensações desagradáveis. O odor muitas vezes nauseabundo que eles exalam, e ainda piorado em épocas de estiagem. O aspecto visual de morte, justamente na água, fonte da vida. Mesmo que não seja possível quantificar e diagnosticar com exatidão o real estado de degradação, fica claro que a água, tal como está, é imprópria para se beber, banhar, para se aproveitar.

A mudança dessa realidade é possível, entre outros fatores, através da implantação de sistemas de tratamento de esgoto e há diferentes tecnologias disponíveis para o tratamento de esgoto, tanto para os sistemas coletivos quanto para os sistemas individuais.

Além desses fatores é preciso vontade política e também conscientização da população. É necessário que as pessoas saibam da importância do tratamento de esgotos. Para tanto, uma ferramenta indispensável é a Educação Ambiental. A Educação Ambiental ainda se restringe basicamente aos Resíduos Sólidos Urbanos, pouco ou quase nada envolve questões de esgotamento sanitário.

É preciso informar que o saneamento básico, e assim, o tratamento de esgotos traz benefícios para diferentes setores da sociedade. Segundo Brasil e Econômica (2017), há ganhos econômicos diretos como geração de emprego, renda e impostos e também as chamadas externalidades positivas, aqueles não são diretamente perceptíveis. Na saúde pública, além do fato óbvio dos cidadãos se manterem saudáveis, há também benefícios econômicos como a diminuição de despesas públicas e privadas com o tratamento de pessoas doentes e, a diminuição de afastamentos das pessoas de suas funções laborais.

Em 2013 foram 17,467 milhões de dias com afastamento por diarreia e vômito, totalizando R\$ 787,719 milhões em horas pagas e não trabalhadas (BRASIL; ECONÔMICA, 2017).

Brasil e Econômica (2017) indica também que o investimento em estruturas de saneamento como o esgotamento sanitário leva a valorização do imóvel. Dois imóveis, que difiram apenas no fato de um estar ligado à rede coletora, apresentam uma diferença de média de 13,3% em valor, sendo aquele ligado à rede o mais valorizado.

O governo federal consciente da necessidade da universalização do saneamento básico lançou em 2013, o Plano Nacional de Saneamento Básico, que prevê metas ações para a universalização até 2033 com investimentos de R\$508,4 bilhões (BRASIL, 2013). Estimativas de Brasil e Econômica (2017) indicam que no período compreendido entre 2015 e 2035 os benefícios devem exceder o custos em R\$537,359 bilhões.

Diante dessas informações, fica evidente que investir em saneamento básico e, assim em serviços de esgotamento sanitário, não é, como diz aquele ditado, enterrar dinheiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; BARROS, M. T. L; SPENCER, M.; PORTO, M; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **INTRODUÇÃO à ENGENHARIA AMBIENTAL: O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. 2. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2005.

BRASIL, Instituto Trata; ECONÔMICA, Ex Ante Consultoria. **BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA EXPANSÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL**. São Paulo: Itb, 2017. 74 p.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. . **CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL 2017: RELATÓRIO PLENO**. Brasília: Ana, 2017. 169 p

BRASIL. BRASIL. . **GOVERNO FEDERAL APROVA PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2013/12/governo-federal-aprova-plano-nacional-de-saneamento-basico>>. Acesso em: 06 dez. 2013.

BRASIL. Datasus. Ministério da Saúde. **HISTÓRICO/APRESENTAÇÃO**. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/datasus>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

BRASIL. Datasus. Ministério da Saúde. **INORMAÇÕES DE SAÚDE (TABNET) EPIDEMIOLÓGICAS E MORBIDADE**. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=29878153>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. . **REGIÃO CENTRO OESTE**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-centro-oeste>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. . **REGIÃO NORTE**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-norte>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. . **REGIÃO NORDESTE**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-nordeste>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. . **REGIÃO SUDESTE**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-sudeste>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. . **REGIÃO SUL**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-sul>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. INTITUDO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. . **ESTIMATIVAS DE POPULAÇÃO PARA 1º DE JULHO DE 2016**. 2016. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. ITAMARATY. . **OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)**. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/134-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 24 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. . Brasília, 05 jan. 2007.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. **DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS**. Brasília: Snsa/mcidades, 2018.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes (Org.). **ENGENHARIA AMBIENTAL: CONCEITOS, TECNOLOGIAS E GESTÃO**: Conceitos, Tecnologias e Gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p.

CBH-PIRACICABA. **A BACIA**. Disponível em: <<http://www.cbhpiracicabamg.org.br/rio-piracicabamg>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

CBH-PIRANGA. **A BACIA**. Disponível em: <<http://www.cbhpiranga.org.br/a-bacia>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

DANIEL, Luiz Antonio. Meio Ambiente e Saúde Pública. In: CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologias e Gestão**. Rio de Janeiro: Campus, 2013. Cap. 5. p. 95-118.

ECOPLAN – LUME. **PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIOA DOCE E DOS PLANOS DE AÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS PARA AS UNIDADES DE PLANEJAMENTO E FESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO ÂMBIRO DA BACIA DO RIO DOCE**. Contrato nº 043/2008 – IGAM, 2010. Disponível em: <http://www.riodoce.cbh.gov.br/_docs/planobacia/PARH/PARH_Piracicaba.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018

FERREIRA, T. G. **PERCEPÇÃO SÁOCIO-AMBIENTAL E GESTÃO PARTICIPATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS: PERFIL DA COMUNIDADE DE SANTA RITA DURÃO POR MEIO DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO**. 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011

FOLHA DE SÃO PAULO. **CASOS DE MALÁRIA CRESCEM 50% E PÔE REGIÃO NORTE EM ALERTA**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/03/casos-de-malaria-crescem-50-e-poem-regiao-norte-do-pais-em-alerta.shtml>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

GLÓRIA, W. L. R. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO CASCA – MG: CONTRIBUIÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE**. – MG. 2014. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **MANUAL DO SANEAMENTO BÁSICO: ENTENDENDO O SANEAMENTO BÁSICO AMBIENTAL NO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA SÓCIOECONÔMICA**. São Paulo: Agenilson Santana - Mtb 32.070, 2012. 62 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **RANKING DO SANEAMENTO 2018**. São Paulo, 2018. 118 p.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 1995. 720 p.

LACERDA, F. M.; ROESER, H. M. P. **ANÁLISE GEOQUÍMICA E AMBIENTAL PARA A DESCRIÇÃO DA BACIA DO RIO ORATÓRIOS (MG)**. *Geochimica Brasiliensis*, v. 28, p. 227-236, 2014. Disponível em: <<http://www.geobrasiliensis.org.br/ojs/index.php/geobrasiliensis/article/view/398>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

MINAS GERAIS. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE MINAS GERAIS EM 2016: RESUMO EXECUTIVO**. Belo Horizonte: Igam, 2017.

MOTA, Suetônio. **INTRODUÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL**. 4. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 388 p.

Organização das Nações Unidas. **POLUIÇÃO E FALTA DE SANEAMENTO MATAM 1,7 MILHÃO DE CRIANÇAS POR ANO, DIZ OMS**. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/poluicao-e-falta-de-saneamento-matam-17-milhao-de-criancas-por-ano-diz-oms/>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

REIS, Deyse Almeida dos. **ESTUDO AMBIENTAL SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MATIPÓ**. 2015. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

SANTIAGO, Aníbal da Fonseca. **AULA 2 – CONCEITOS E QUALI E QUANT DE ESGOTOS**. Ouro Preto: Apresentação, 2016. 120 slides, color.

TODA MATÉRIA. **REGIÃO NORDESTE**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/regiao-nordeste/>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

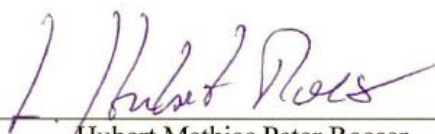
VON SPERLING, Marcos. **PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO**

TRATAMENTO DE DE ESGOTOS. 3. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

WIKIPÉDIA **REGIÃO** **SUDESTE.** Disponível em:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Sudeste_do_Brasil>. Acesso em:
27 jun. 2018.

World Health Organization, United Nations Children's Fund . **PROGRESS ON DRINKING WATER, SANITATION AND HYGIENE: 2017 UPDATE AND SDG BASELINES.** Genebra: Anna Grojec, 2017.

Certifico que o aluno David Marques Soares, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “Esgoto Doméstico na Bacia do Alto Rio Doce”, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



Hubert Mathias Peter Roeser
Orientador

Ouro Preto, 19 de julho de 2018.