

## IV-206 - DIAGNÓSTICO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO E QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA/RJ

**Luis Carlos Soares da Silva Junior<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrando do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

**José Paulo Soares de Azevedo<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil (UFRJ). Mestre em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ, Ph.D pelo Wessex Institute of Technology, UK. Professor da Área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

**Ana Silvia Pereira Santos<sup>(3)</sup>**

Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – DESMA/UERJ.

**Verônica Silveira de Andrade<sup>(4)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Mestre em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pelo Programa de Engenharia Civil (COPPE/UFRJ). Doutoranda em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pelo Programa de Engenharia Civil (COPPE/UFRJ).

**Marília Carvalho Melo<sup>(5)</sup>**

Diretora do Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM.

**Endereço<sup>(1,2)</sup>:** Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia – Bloco I, Sala I206 - Ilha do Fundão, Caixa Postal 68506, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909 - Brasil - e-mail: [luis.junior@coc.ufrj.br](mailto:luis.junior@coc.ufrj.br), [zepaulo@coc.ufrj.br](mailto:zepaulo@coc.ufrj.br)<sup>(2)</sup>:

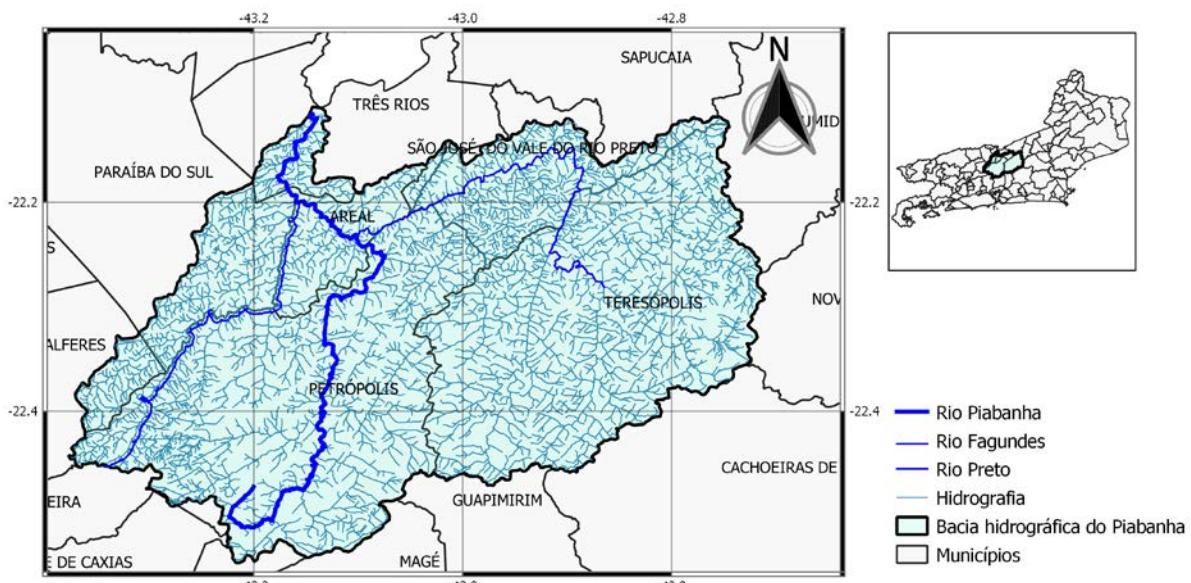
### RESUMO

O crescimento populacional acrescido da falta de infraestrutura de saneamento provoca degradação ambiental. Para observar essa relação na sub-bacia do rio Piabanga, o presente trabalho visa diagnosticar os serviços de esgotamento sanitário através do cruzamento de dados oficiais de saneamento com campanhas de medições de qualidade da água realizadas neste rio. Inicialmente foi caracterizado o atendimento dos serviços de esgotamento sanitário na região através de dados oficiais, seguido da análise dos dados de monitoramento da qualidade do rio. Através da caracterização e georeferenciamento dos índices de esgotamento, adensamento populacional e do índice de qualidade de água fuzzy para ambientes lóticos (IQA<sub>FAL</sub>) foi possível explicar a relação entre saneamento da região com a qualidade de água no rio Piabanga. Concluiu-se que as divergências das informações nas bases de dados oficiais são preocupantes para a informação da população e tomada de decisão por gestores. Além de chegar à conclusão de que, apesar dos bons índices de coleta e tratamento da cidade de Petrópolis, esta é a principal responsável pela degradação ambiental do rio Piabanga. No entanto, ressalta-se a importância da modelagem das fontes de lançamento pontuais como as das indústrias, além das fontes difusas para garantir uma melhor representação da situação do rio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotamento sanitário, Qualidade de água, Carga orgânica, Bacia hidrográfica, Rio Piabanga.

### INTRODUÇÃO

O território do Estado do Rio de Janeiro (RJ) é dividido em nove Regiões Hidrográficas (RHs) para fins de gestão de Recursos Hídricos (CERHI-RJ, 2013). Uma das bacias hidrográficas de maior relevância dentro da RH IV é a bacia do rio Piabanga. Com área de drenagem de 2.058 km<sup>2</sup>, é uma das menores sub-bacias que drenam para o Paraíba do Sul e abrange os municípios de Areal e Teresópolis e parte dos municípios de Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Paraíba do Sul, Paty do Alferes e Três Rios, onde habitam cerca de 625 mil pessoas, conforme Figura 1. (DE PAULA, 2011; COPPE, 2010).



**Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Piabuha, destacando municípios, população e hidrografia**

Entre as sub-bacias do Paraíba do Sul, a bacia do Piabuha é a que possui maior número de indústrias, cerca de 57 indústrias, que totalizam 95% da carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) outorgada por ano para os rios da bacia. Segundo o Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, estas indústrias são responsáveis pelo lançamento de 1,4 toneladas de DBO/dia em toda a bacia do rio Piabuha. (AGEVAP, 2006)

Os municípios de Petrópolis e Teresópolis possuem forte influência socioeconômica da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Ambas as cidades, bem como todas as demais áreas urbanas da bacia hidrográfica, se estabeleceram às margens dos rios da bacia e não dispõem de tratamento adequado de esgotos, o que contribui para o comprometimento da qualidade das águas dos rios da bacia. O rio Piabuha, corpo hídrico que dá nome à bacia, nasce na Serra do Mar a 1.546 metros de altitude em Petrópolis e drena para o médio vale do rio Paraíba do Sul, a 263 metros de altitude, em Três Rios. O rio possui comprimento de 80 km, percorre Petrópolis, Areal e Três Rios e tem como principais afluentes os rios Preto e Fagundes (INEA, 2014; DE PAULA, 2011).

O crescimento populacional do país, propulsor da ocupação dos vazios urbanos, não foi acompanhado da implementação da infraestrutura urbana, inclusive de saneamento, adequada para atender às necessidades de saúde da população e dos rios. Portanto, a gestão eficiente do saneamento é vital para o equilíbrio sócio-ambiental. O déficit de oferta de serviços de saneamento está diretamente ligado ao aumento dos riscos à saúde através de doenças de veiculação hídrica e do desequilíbrio ambiental. Essa situação reflete na insalubridade de regiões que não são atendidas por serviços de saneamento básico (MARCHI, 2015; ALBUQUERQUE & DALTRIO FILHO, 2015).

## OBJETIVO

O presente trabalho visa diagnosticar os serviços de esgotamento sanitário na bacia do rio Piabuha através do cruzamento de dados oficiais de saneamento com dados obtidos em campanhas de medições de qualidade da água realizadas no rio. Para tal, foram discutidas informações de serviços de esgotamento sanitário nos municípios que drenam para o rio Piabuha e seus afluentes de forma a obter um mapa de correlação entre qualidade da água monitorada nas estações e os dados de lançamento de carga orgânica provenientes de esgoto no principal rio da bacia. Essas informações servem como bases para aplicação de ferramenta de suporte à gestão.

## METODOLOGIA UTILIZADA

A primeira etapa da metodologia busca a caracterização do atendimento e informações dos sistemas de esgotamento sanitário na bacia do rio Piabanha dos municípios drenantes para rio homônimo da bacia. Essa análise foi embasada na evolução temporal apresentada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019) e no Atlas de Esgotos: Despoluição das bacias hidrográficas (ANA, 2017).

Em seguida, foram analisados dados de monitoramento da qualidade da água no rio Piabanha obtidos através de monitoramentos quali-quantitativos da rede HIDROECO (2018), que deram continuidade aos monitoramento do projeto EIBEX em parceria da COPPE/UFRJ com a CPRM. Dados disponíveis forneceram o índice *Fuzzy* de Qualidade de Água para Ambientes Lóticos (IQA<sub>FAL</sub>) para avaliação dos trechos monitorados pela rede.

De posse do diagnóstico dos índices de atendimento por esgotamento sanitário na bacia, bem como da carga orgânica lançada pelos municípios e a análise quali-quantitativa da água, gerou-se um mapa que correlaciona as regiões com maiores impactos na qualidade da água dos rios com as condições de esgotamento sanitário.

## RESULTADOS

Os municípios analisados foram os que são banhados pelo rio Piabanha: Petrópolis, Três Rios e Areal, cujas realidades diferem bastante uns dos outros. No entanto, foram analisadas informações de toda a bacia do rio Piabanha, devido à importância dos contribuintes rio Fagundes e Preto. Na Tabela 1 pode-se comparar os aspectos envolvidos na prestação de serviço de cada um dos municípios e o total da sub-bacia.

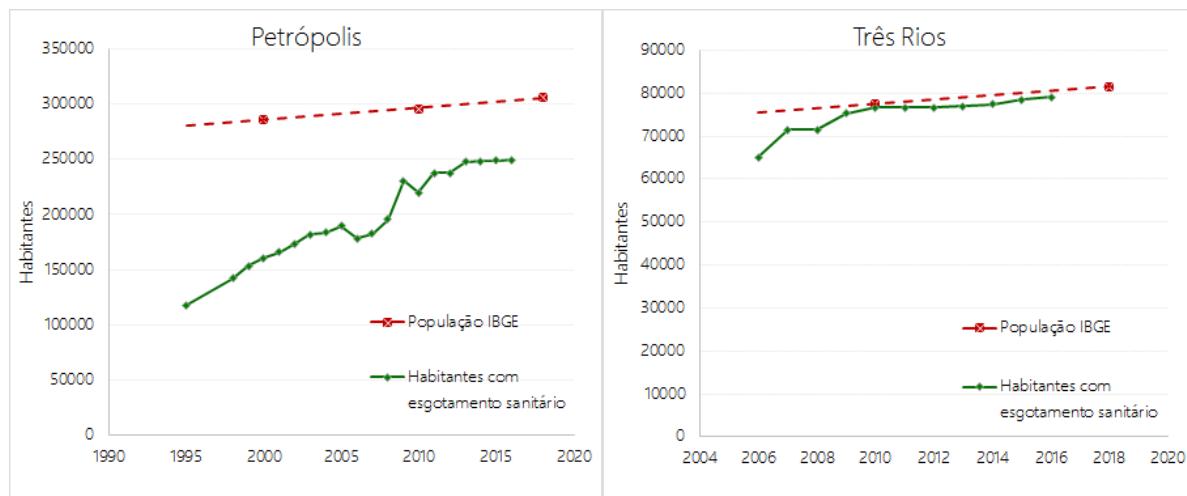
**Tabela 1 - Informações da prestação de serviço de esgotamento sanitário**

Município	População Urbana	Prestador de Serviço de Esgotamento Sanitário	Vazão Total (l/s)	Carga Gerada Total (kg DBO/dia)	Carga Lançada Total (kg DBO/dia)	ETEs existentes
Areal	10.237	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Areal	15,5	552,8	510,6	0
Paraíba do Sul	36.920	Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul	66,8	1.993,7	1.964,3	0
Paty do Alferes	18.823	Prefeitura Municipal de Paty do Alferes	30,0	1.016,4	890,7	0
Petrópolis	283.160	Águas do Imperador	764,8	15.189,4	4.952,8	17
São José do Vale do Rio Preto	9.208	Prefeitura Municipal de São José do Vale do Rio Preto	9,9	497,2	437,9	0
Teresópolis	151.656	Prefeitura Municipal de Teresópolis	284,7	7.854,2	6.305,3	0
Três Rios	76.418	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Três Rios	33,9	4.058,9	3.512,2	1
<b>Total</b>	<b>369.815</b>	-	<b>814,2</b>	<b>19.801,1</b>	<b>8.976,3</b>	<b>18</b>

Fonte: ANA, 2017. Dados referentes ao ano de 2013.

Através de dados disponibilizados pelo SNIS (2018), foi possível levantar dados históricos sobre o saneamento nos municípios na região de estudo. A Figura 2 ilustra a série temporal da implementação do serviço de esgotamento sanitário (índice ES001 – População total atendida com esgotamento sanitário) nos municípios

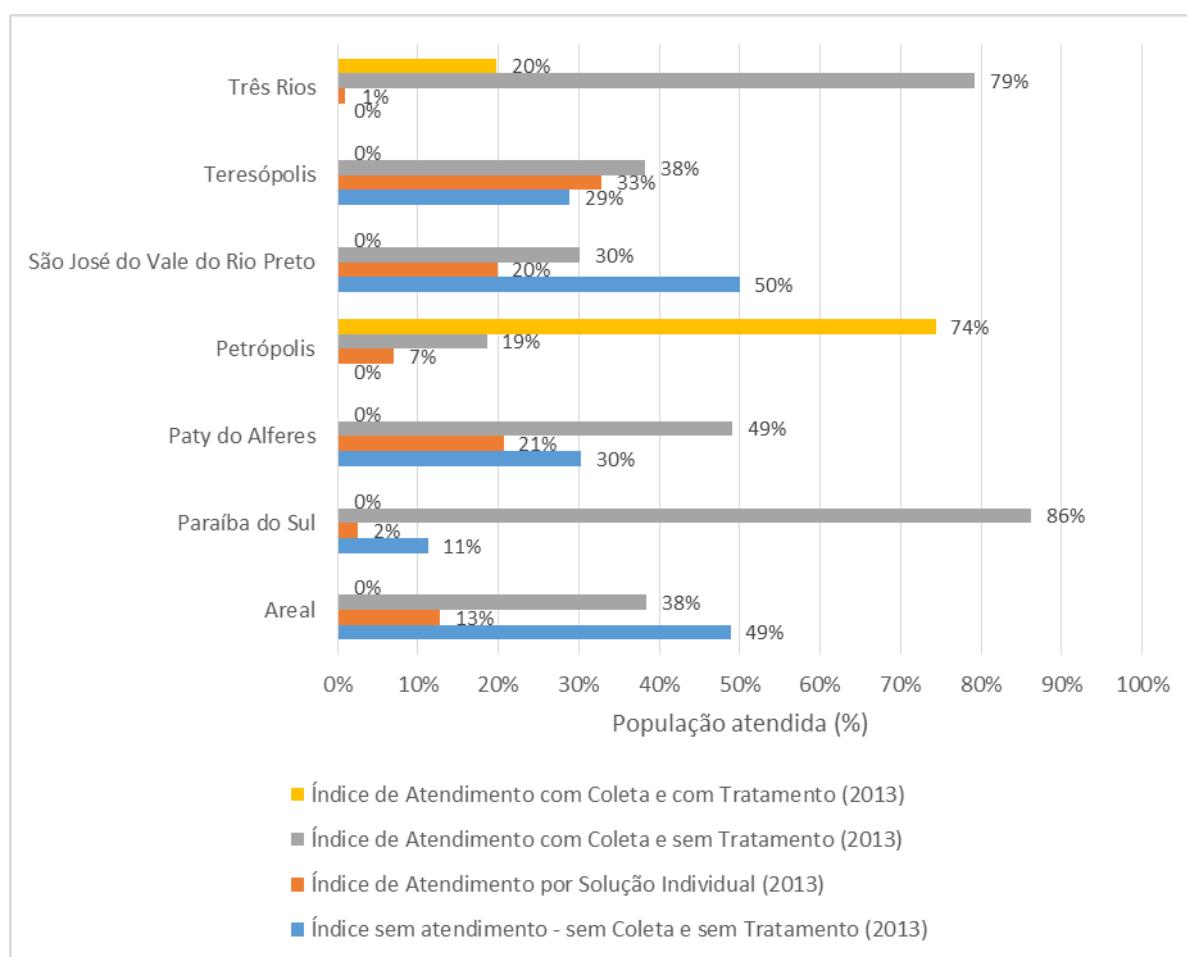
banhados pelo rio Piabanga. Os municípios de Areal, Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, São José do Vale do Rio Preto e Teresópolis não foram incluídos pois não possuem informações consistentes disponibilizadas no SNIS sobre esgotamento sanitário.



**Figura 2 - Evolução histórica do saneamento nos municípios drenantes para o rio Piabanga (Fontes: SNIS, 2019; IBGE, 2019).**

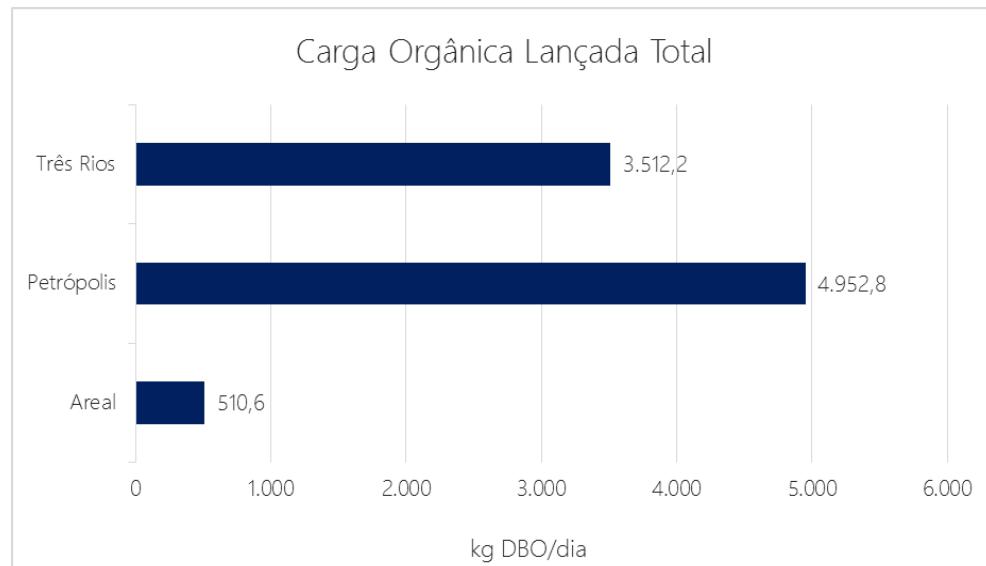
De acordo com a classificação da ANA (2017), a distribuição da carga orgânica gerada pela população pode ser dividida em: com coleta e com tratamento, quando o efluente doméstico é encaminhado via rede coletora à uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE); com coleta e sem tratamento quando os moradores possuem cobertura de rede porém ainda não foi implementada uma ETE para o devido tratamento; sem coleta e sem tratamento, quando a população da região não tem acesso nem à rede; e por fim; a solução individual quando os cidadãos constroem seu próprio sistema de tratamento para os efluentes gerados, em geral, um sistema de fossas sépticas.

As informações de esgotamento sanitário consolidadas por município estão reunidas na Figura 3, contendo o destino do esgoto gerado em relação à população do município.

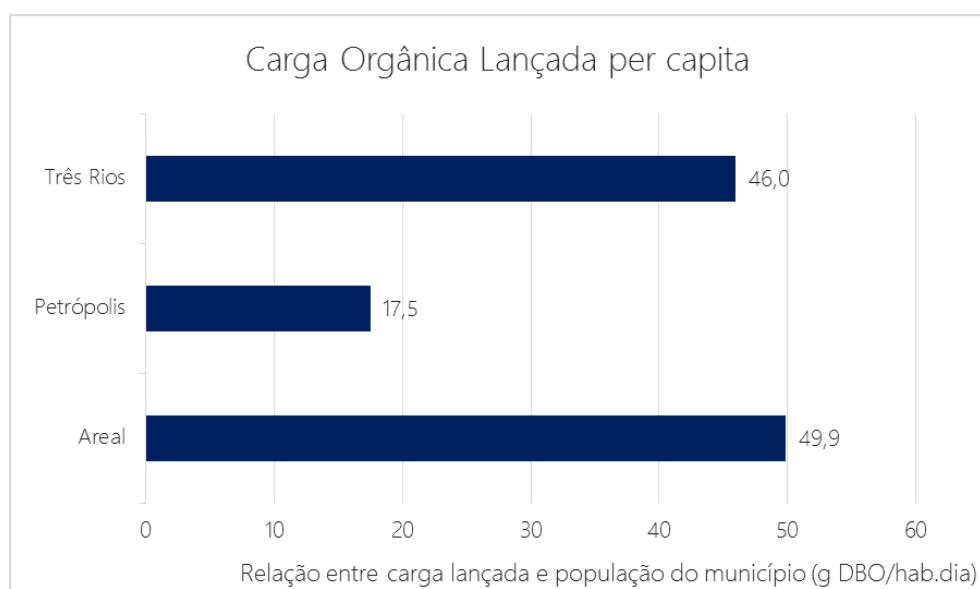


**Figura 3 - Índices de atendimento considerando a distribuição de carga gerada (Fonte: ANA, 2017).**

Uma vez estabelecidos os índices de atendimento por cidade, obteve-se em ANA (2017) a carga orgânica lançada – COL (vazão x concentração) diariamente, expressos em kg DBO/dia na Figura 4. De acordo com dados de estimativas populacionais do IBGE (2018), foi possível construir uma relação entre o número de habitantes por município e a carga orgânica lançada (Figura 5)



**Figura 4 - Quantificação da carga orgânica lançada diariamente no ano 2013 (Fonte: ANA, 2017).**

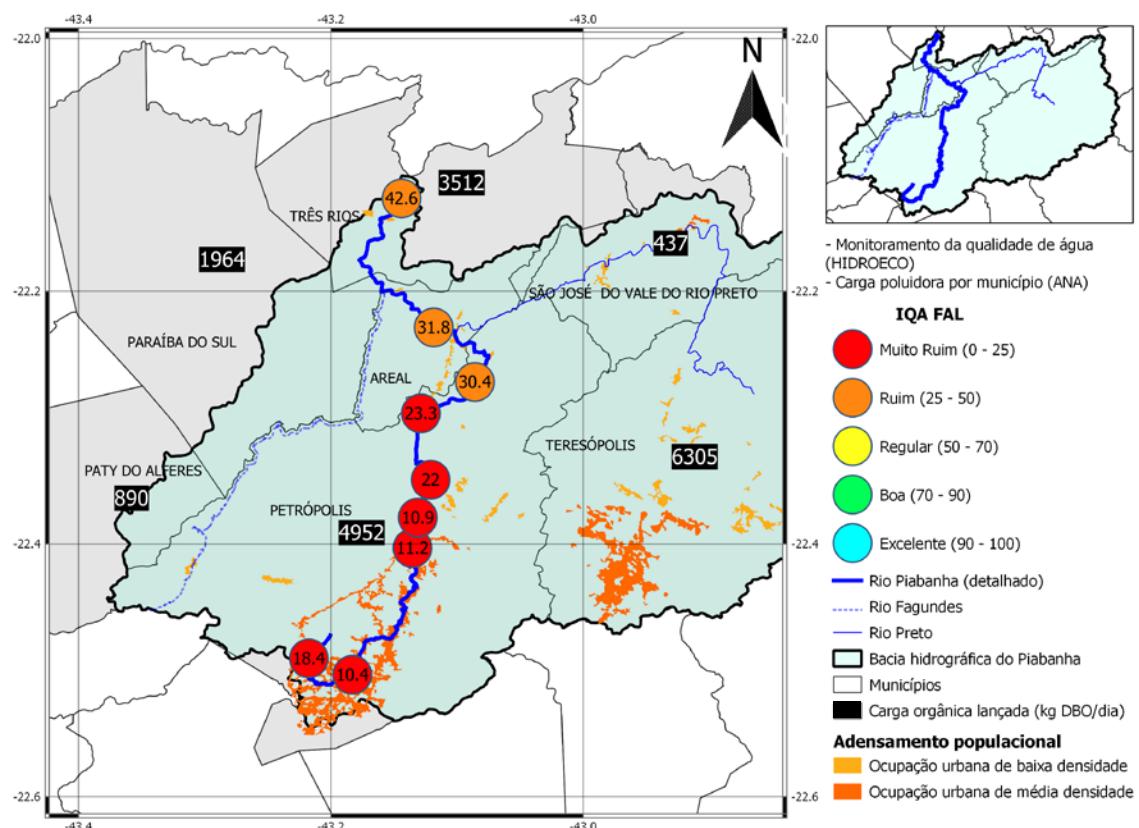


**Figura 5 - Relação entre população dos municípios e lançamento de carga orgânica (Fonte: ANA, 2017; IBGE, 2019).**

Na Figura 5, é possível observar uma razão relativamente baixa na carga orgânica lançada per capita no município de Petrópolis, enquanto as outras cidades possuem relações mais elevadas, embora Petrópolis seja o maior responsável por lançamento de carga orgânica. Isso é explicado pelo fato de ser o município com maior cobertura de esgotamento sanitário com coleta e tratamento (74,4%), representado na Figura 3, ou seja, a concentração de DBO dos efluentes domésticos de Petrópolis é reduzida pelas ETEs.

Considerando a carga gerada e a população dos municípios, foi possível chegar a uma média de carga orgânica gerada por habitante por dia de 53,6 g DBO/hab.dia, coerente com o valor 54 g DBO/hab.dia sugerido por Von Sperling (2014). No entanto, quando se avalia a carga orgânica lançada *per capita*, o impacto dos níveis de tratamento se mostra relevante. No município de Petrópolis, a COL é de 17,5 g DBO/hab.dia; em Três Rios, 45,9 g DBO/hab.dia; e em Areal, 49,9 g DBO/hab.dia.

Na Figura 6, estão destacadas as cargas de lançamento por município, quantidade de lançamentos por município, adensamento populacional e estações de monitoramento, classificadas de acordo as classes do IQA<sub>FAL</sub> provenientes das estações de monitoramento da rede HIDROECO (2018) (ano hidrológico de referência 2012/2013).



**Figura 6 - Consolidação dos resultados de monitoramento da rede HIDROECO do IQAFAL médio do período entre 2012 e 2013 no Rio Piabana**

A Figura 6 permite identificar a correlação entre qualidade da água e o lançamento de carga orgânica, além de apresentar o adensamento populacional na bacia. Apesar de os trechos de montante corresponderem à região da bacia com os melhores índices de tratamento, estes possuem os piores valores de IQA<sub>FAL</sub>. Esse fato se explica por uma sequência de fatores, dentre eles, o nível de tratamento dos efluentes, as baixas vazões do corpo receptor e a capacidade de autodepuração do rio.

A alta densidade populacional na cabeceira do rio leva a uma maior concentração de DBO no esgoto a ser desaguado em um ponto de lançamento ou ainda em pontos próximos. Estes efluentes, mesmo devidamente tratados, continuam com uma carga remanescente e impactam os corpos hídricos.

Outro fator importante é a capacidade de diluição dos corpos receptores. Devido à menor área de drenagem dos trechos iniciais, suas vazões são baixas e possuem pouca capacidade de diluir os efluentes lançados, em contrapartida, trechos médios e inferiores possuem maiores áreas de contribuição, o que lhes garante maiores vazões, portanto maior capacidade de diluir efluentes.

Outro processo que contribui para o consumo de carga orgânica, outrossim da qualidade de água em rios é o mecanismo de autodepuração dos corpos d'água. Esse é um processo natural de restabelecimento do equilíbrio no corpo receptor após o lançamento de efluentes (VON SPERLING, 2014).

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelo exposto anteriormente, a divergência de dados presente nas bases de dados oficiais pode levar o usuário destas informações a conclusões equivocadas. No caso do município Três Rios, por exemplo, de acordo com o Atlas de Esgotos, apenas 20% do esgoto é coletado com tratamento e 79% do esgoto é coletado sem tratamento. Entretanto, os dados provenientes do SNIS indicam que, em 2013 (mesmo ano de referência do Atlas Esgotos), o indicador correspondente à população total atendida com esgotamento sanitário corresponde a

cerca de 95% da população do município, indicando uma grande divergência nos dados das duas fontes oficiais utilizadas.

Essa divergência pode ser atribuída à metodologia empregada para obtenção dos dados. No SNIS, as informações são fornecidas pelos prestadores de serviços, dentre eles: companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas ou, ainda, as próprias prefeituras. A metodologia adotada para definição do índice ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário, apresentado na Figura 2 possui alta incerteza envolvida. Uma vez que este pode ser estimado a partir do número de residências ativas de esgotos com dados do IBGE e não a partir de levantamentos de campo (BRASIL, 2019).

Por outro lado, o Atlas Esgotos, elaborou um estudo que permitiu o refinamento de informações através de dados primários. Esses dados foram obtidos por meio de visitas de campo e reuniões técnicas para municípios com prestador de serviço institucionalizado e municípios sem prestador institucionalizado com população urbana acima de 50 mil habitantes, que é o caso dos municípios analisados no presente estudo. Essa metodologia garante uma visão mais realista da situação por se tratar de dados primários efetivamente quantificados pelo órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos no Brasil (ANA, 2017).

Observou-se ainda a ausência de dados declarados de forma consistente no SNIS pelos prestadores de Areal, Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, São José do Vale do Rio Preto e Teresópolis referente ao esgotamento sanitário no município. Essa falta de informação reforça a necessidade de maior transparência no exercício da atividade e desempenho do prestador de serviços de saneamento.

O mapa gerado permite observar a relação entre os indicadores de desempenho de serviços de esgotamento sanitário e alto adensamento urbano com a maior degradação da qualidade da água no corpo d'água em estudo, o Rio Piabanga.

A densa ocupação urbana no município de Petrópolis resulta na geração de elevadas vazões de esgoto. Apesar dos bons índices de coleta e tratamento (74,4% da população), a cidade é responsável pelo despejo de, aproximadamente, 5 toneladas de DBO por dia no rio Piabanga e seus afluentes. Além de despejar alta carga orgânica, os corpos receptores dos efluentes estão localizados em trechos de cabeceira, o que implica em baixa capacidade de diluição, sendo então mais sensíveis ao lançamento de carga orgânica.

O inverso ocorre nos trechos mais a jusante, como no caso de Três Rios, mesmo possuindo baixos índices de coleta e tratamento (19,8% da população) e lança mais de 3,5 toneladas de DBO por dia. O despejo de esgoto neste trecho não compromete tanto a qualidade de água no rio quanto em Petrópolis, pois Três Rios está situado no trecho final do rio Piabanga, que dispõe de elevada capacidade de diluição graças à vazão bem superior à da cabeceira e à autodepuração dos despejos de usuários à montante ao longo dos cerca de 80 km do rio e vários trechos encachoeirados.

## CONCLUSÕES

Constata-se que as divergências entre as fontes de dados sobre saneamento representam um fator preocupante, visto que se tratam de fontes oficiais e são as principais fontes de informação da população, projetistas e tomadores de decisão. É importante reavaliar as metodologias de coleta de informações das concessionárias, para evitar o repasse de dados que não representam adequadamente a realidade do saneamento de municípios.

As análises apresentadas neste trabalho, permitem concluir que a cidade de Petrópolis é a principal responsável pelo lançamento de efluentes domésticos no rio Piabanga, consequentemente pela degradação ambiental deste rio em seus trechos iniciais. Apesar dos avanços no serviço de esgotamento sanitário, ainda se encontra distante de alcançar níveis desejados de qualidade de água no corpo hídrico que dá nome à bacia. É importante também destacar que apesar da melhor qualidade expressa no IQA<sub>FAL</sub> dos trechos a jusante, estes ainda são baixos na escala do índice. Assim sendo, tais municípios também merecem atenção na implementação de serviços de esgotamento sanitário com objetivo de melhoria da qualidade ambiental.

Cabe também destacar a importância da modelagem integrada das fontes pontuais, como indústrias, além de fontes difusas, a fim de proporcionar uma melhor representação das condições de qualidade da água ao longo

do rio. A adoção de modelagem matemática permite construir cenários de implementação dos serviços de saneamento da região previstos pelos planos municipais de saneamento e pelo plano de bacia. Cabe destacar, novamente, a importância de informações consistentes sobre os serviços de esgotamento sanitário presentes nos municípios, bem como suas condições de operação e eficiência. De posse dessas informações, pode-se prever cenários mais eficientes de curto, médio e longo prazo para aumento da abrangência dos serviços levando em conta verbas disponíveis pelo município.

Conclui-se que o presente trabalho se apresenta como uma importante etapa de levantamento de informações para fins de uma modelagem mais aprofundada em relação às que foram realizadas anteriormente. Dessa forma, permite-se a simulação de cenários mais próximos da realidade que auxiliam tomadores de decisão na escolha de priorização de investimentos.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGEVAP. Diagnóstico dos Recursos Hídricos. In: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Elaboração Fundação COPPETEC e Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, nov. 2006
2. ALBUQUERQUE, M. M.; DALTRÔ FILHO, J. Adaptação do indicador de salubridade ambiental (ISA) como ferramenta de análise da salubridade do ambiente da Comunidade Saramém-Brejo Grande/SE. Rev. Scientia Plena, Sergipe, v.11, n.11, p. 1-9, 2015.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Atlas Esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 88 p
4. BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2017. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p
5. CERHI. Resolução nº 140 de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a resolução CERHI nº 18 de 08 de novembro de 2006. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 12 de junho de 2013.
6. COPPE/UFRJ, 2010, Projeto EIBEIX-I: Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro. In: Relatório Técnico Parcial 2, Chamada Pública MCT/FINEP/CT-HIDRO – Bacias Representativas 04/2005. Elaborado conjuntamente pela fundação COPPETEC-COPPE-UFRJ com colaboração do IGEO-UFRJ-UERJCPRM-SERLA (INEA).
7. DE PAULA, THIAGO PIRES. Diagnóstico e Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Trecho do Rio Piabanha/RJ. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação (mestrado), 2011.
8. HIDROECO. Relatório final do projeto HIDROECO no Rio Piabanha. Coordenação José Paulo Soares de Azevedo (COPPE/UFRJ). Contrato 01.11.0101.000 entre COPPETEC, UFRJ, UFSM, CPRM SEDE, UNESP, EESC, UFBA, CETEM, UFAL, INEA e FINEP, 2018.
9. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
10. INEA. Caracterização ambiental (R2-F). In: Elaboração do plano estadual de Recursos Hídricos do estado do Rio de Janeiro. Elaboração Fundação COPPETEC e Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, mar. 2014.
11. MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 7, n. 1, p. 91-105, jan./abr. 2015.
12. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Série Histórica. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 25 mar. 2019.

13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
14. WEINBERG, A. Metodologia para priorização do controle e monitoramento da qualidade das águas, como ferramenta para gestão de recursos hídricos. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Dissertação (mestrado), 2018.