

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,  
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

**ANÁLISE DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO  
E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO,  
CONSIDERANDO A MODICIDADE  
TARIFÁRIA**

**Lucas Marques Pessoa**

**Belo Horizonte  
2019**

**ANÁLISE DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO  
E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO,  
CONSIDERANDO A MODICIDADE  
TARIFÁRIA**

**Lucas Marques Pessoa**

**Lucas Marques Pessoa**

**ANÁLISE DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO  
E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO,  
CONSIDERANDO A MODICIDADE  
TARIFÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Gestão e políticas públicas em saneamento

Orientador: Nilo de Oliveira Nascimento

Belo Horizonte

Escola de Engenharia UFMG

2019

P475a	<p>Pessoa, Lucas Marques.  Análise de custos de implantação e operação de sistemas de esgotamento sanitário, considerando a modicidade tarifária [recurso eletrônico] / Lucas Marques Pessoa. – 2019.  1 recurso online (140 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Nilo de Oliveira Nascimento.</p> <p>Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Apêndices: f. 130-140.</p> <p>Bibliografia: f. 117-129.</p> <p>1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Saneamento - Teses. 3. Políticas públicas - Saneamento - Teses. 4. Esgotos - Teses. 5. Investimentos públicos - Teses. 6. Serviços de água - Tarifas - Teses. I. Nascimento, Nilo de Oliveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 628(043)</p>
-------	---

Ficha catalográfica: Biblioteca Profº Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Análise de custos de implantação e operação de sistemas de esgotamento sanitário, considerando a modicidade tarifária.

### LUCAS MARQUES PESSOA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. NILO DE OLIVEIRA NASCIMENTO

Prof. MARCOS VON SPERLING

Prof. MARILIA CARVALHO DE MELO

Prof. ALCEU DE CASTRO GALVÃO JUNIOR

Prof. BERNARDO VALHARES CAMPOLINA DINIZ

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

  
Prof. Antonio Teixeira de Matos  
Coordenador

Versão Final aprovada por

  
Prof. Nilo de Oliveira Nascimento  
Orientador

Belo Horizonte, 11 de abril de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente ao povo brasileiro, principalmente a maioria mais sofrida, responsável pelo financiamento dos meus estudos de extrema qualidade. Oportunidade única, a qual poucos dos que pagaram por ela, terão. O que aumenta a minha responsabilidade de tornar essa oportunidade mais acessível a quem se interessar por ela.

Ao professor Nilo, responsável por topar esse desafio de me orientar, por quem tenho grande estima. Agradeço também aos professores do programa SMARH-UFMG, que, além de ensinar através das palavras, ensinam através do exemplo, algo louvável no ambiente acadêmico.

Agradeço aos meus pais pelo carinho, atenção, exemplo, esforço incondicional para me proporcionar educação de qualidade e ensinar valores humanos. Além de seu esforço em me proporcionar o privilégio de nascer branco, homem, hétero em uma família de classe média, em um país racista, misógino, homofóbico e desigual economicamente.

Agradeço à minha avó Elza, cuja única reclamação que ouço, mesmo estando ela próxima dos seus 100 anos, é não ter condições físicas de viver e aproveitar mais a vida. Ainda lúcida, conta suas histórias de mulher, dona de casa, mãe e trabalhadora. Uma mulher à frente do seu tempo que carregou jornada múltipla para formar sua família. Um dos exemplos de transmissão de valores éticos e imateriais, de concentração, leitura, valorização dos estudos e da inteligência, além de respeito e diplomacia.

Agradeço aos meus avós Edith e Teotônio, que vieram a Belo Horizonte e criaram sua família com trabalho duro e honesto. Oriundos de local humilde do interior da Bahia, extremamente rico em hospitalidade e carinho.

Agradeço à minha madrinha Rosária, que, como segunda mãe, sempre esteve ao meu lado, sempre desejando meu melhor, me apoiando. Pessoa de carisma ímpar, com seu carinho especial.

Agradeço aos meus tios (Vanessa, Fernando, Mércia, Rosana, Enéas, Rosângela, Fernando) que formam famílias íntegras e se encaixam em menor medida, à sua maneira, nos elogios dirigidos aos meus pais e avós.

Agradeço ao meu irmão Rafael, que, pela proximidade de pensamentos e ideias, é quem mais me entende e não entende ao mesmo tempo.

Agradeço aos primos (Pedro, Victor, Rodrigo, Thiago, Tati), que desde cedo no convívio das brincadeiras mútuas – por vezes maldosas – moldaram perspicácia e resiliência. Que prematuramente iniciaram um ambiente de discussões de vida, de temas diversos, que sempre foram muito além de meras atividades cotidianas.

Agradeço a Adna por me ajudar a desenvolver os meus potenciais e enfrentar as minhas fraquezas.

Agradeço aos colegas de trabalho, sem os quais essa dissertação não seria possível. Misael por toda ajuda no Excel; ao Rômulo pelas discussões econômicas “azeitadas”; a Camila pela ajuda com os dados; ao João Gabriel pelas ajudas jurídicas; Ricardo pela ajuda nas estatísticas e no R; André pela contribuição com o banco patrimonial e as diversas divagações de ideias durante o almoço e lanche; Vanessa pela ajuda com o cálculo tarifário; ao Adriano pela revisão das referências e formatações; ao Fernando, Henrique, Fábio e Elbert pelas dicas preciosas; ao Dr. Gustavo e Rodrigo pela insistência na permissão do uso de dados; a Denise pela leitura atenta. Agradeço aos demais colegas que sempre deram abertura a troca de ideias e explicação dos assuntos pertinentes a esse trabalho, com grande conhecimento técnico. É um privilégio trabalhar ao lado dessas senhoras e senhores que foram meus co-orientadores nessa dissertação. Agradeço ao Dr. Alex e a Elisangela pela cessão dos dados.

Finalmente, a Marcella, que está ao meu lado desde o início dessa tarefa do mestrado, a quem não tenho palavras pela companhia, apoio e felicidade, apenas sentimentos.

## RESUMO

Há consenso de que o provimento do serviço de esgotamento sanitário proporciona melhoria da qualidade de vida, com efeitos na saúde e no desenvolvimento econômico da população. Ao encontro do exposto, a Lei Federal nº 11.445/2007 prevê a universalização desse serviço como princípio fundamental. No Brasil, para que a universalização seja alcançada frente ao déficit atual existente no setor (59,7% da população atendida com coleta e 74,9% do volume coletado sendo tratado em 2016, segundo dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SNIS), é fundamental que vultosos investimentos sejam aportados. Com a crise fiscal que assola o Brasil desde 2013, os recursos públicos são cada vez mais escassos para prover esses investimentos necessários. Dessa forma, acredita-se que pelos próximos anos os investimentos serão advindos da própria tarifa cobrada pelos serviços prestados. Portanto, faz-se importante estimar os investimentos necessários para prover a infraestrutura e os seus custos de operação. O universo do estudo se limita à população residente nas sedes urbanas que mantêm contrato com uma prestadora regional de saneamento. Foram utilizados os custos das infraestruturas de esgotamento sanitário presentes no banco patrimonial, além da contabilidade discretizada por localidade para os custos de operação. Compararam-se os custos *per capita* por tecnologia de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), com amostra de 348 dados presentes na bibliografia brasileira e oriundos deste estudo. Foi observado maior custo de implantação das ETEs que são intensivas em área (lagoas), porém, essa mesma tecnologia foi a que apresentou menores custos de operação de tratamento de esgoto. Foram avaliados custos de operação de coleta e tratamento, com dados de aproximadamente 200 municípios com grande heterogeneidade de características. Os gastos com pessoal e serviço terceirizado representaram 80% do total para coleta de esgoto e 72% para tratamento de esgoto, sendo os custos mais representativos da operação. Foram estabelecidos, portanto, valores típicos de custos de ETEs, rede de coleta (considerando as Estações Elevatórias de Esgoto-EEE). Em seguida, foram estimados os montantes de investimentos para atender 100% da população prevista nos contratos de esgotamento sanitário da companhia estadual em análise, com coleta e tratamento de esgoto. Esses valores serviram de base para cálculo do aumento da tarifa atual e no horizonte do ano de 2033, o qual trabalha o Plansab. A seguir avaliou-se o impacto desse aumento na capacidade de pagamento da população atendida e a ser atendida. Observa-se que o aumento da tarifa no horizonte de 2033 variou de 0,96% a 2,05%, entre os diferentes cenários estimados. Estimou-se o crescimento de renda, de -1,0%, 1,2% e 2,1%, para os próximos 15 anos. Calculou-se que em 62% do tempo, a tarifa representou menos do que 3% renda *per capita* da população (valor



máximo recomendado pela ONU). Porém em 38% do tempo dos resultados estimados, os valores superam a porcentagem recomendada de 3%, onerando excessivamente a população, caso os investimentos sejam todos remunerados pela tarifa.

**Palavras-chave:** esgotamento sanitário, investimento em infraestrutura, regulação de saneamento, modicidade tarifária.

## ABSTRACT

There is a consensus that the provision of wastewater services improves welfare, with health effects and economic development of the population. The Federal Law 11,445 of 2007 provides for the universalization of this service as a fundamental principle. In Brazil, it is important to make large investments in order to achieve universal access, due the existing deficit in the sector (59.7% of the population served with collection and 74.9% of the collected volume being treated in 2016, according to data from the National Sanitation Information System- SNIS). With the fiscal crisis plaguing Brazil since 2013, public resources are decreasingly to provide these necessary investments. In this way, it is believed that for the next few years the investments will come from the tariff charged for the services rendered. Therefore, it is important to estimate the investments required to provide the infrastructure and its operating costs. The universe of the study is limited to the population living in the urban centers that have a contract with a regional provider in Brazil. The costs of these infrastructures were used in the assets bank of the regional provider, and in the discretized accounting by locality for the operating costs. The *per capita* costs of Waste Water Treatment Plants (WWTP) technology were compared, with a sample of 348 data present in the Brazilian bibliography and from this study. It was noticeable a higher cost of implementation of WWTP that are intensive in area (lagoons), however, this same technology was the one that presented lower costs of operation of wastewater treatment. The costs of collection and treatment operation were evaluated, with data from approximately 200 municipalities with heterogeneity of characteristics (size, declivity, attendance). The operating costs, personnel and outsourced expenses accounted for 80% of the total for wastewater collection and 72% for wastewater treatment, being the most representative cost of the operation. Therefore, typical values of WWTP costs, wastewater collection system (considering pumping stations), as well as costs of collection and treatment operation, were used to estimate the attendance of 100% of the population, foreseen in the contracts of the state company under analysis. These figures served as a basis for calculating the increase in the current tariff and in the year of 2033, which works Plansab. The impact of this increase in the payment capacity of the population served, was then evaluated. It can be observed that the tariff increase in the 2033 horizon ranged from 0.96% to 2.05% among the different estimated scenarios. *Per capita* income growth was estimated at -1.0%, 1.2% and 2.1% for the next 15 years. It was estimated that in 62% of the time, the tariff represented less than 3% *per capita* income of the population (maximum value recommended by the UN). However,

in 38% of the time of the estimated results, the values exceed the recommended percentage of 3%, excessively burdening the population, if the investments are all remunerated by the tariff.

**Keywords:** sanitary sewage, infrastructure investment, sanitation regulation, affordability.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1.</b> Índices de coleta e tratamento de esgoto no Brasil em 2016 .....	21
<b>Tabela 3.1</b> Pesquisa a respeito dos investimentos em saneamento no Brasil .....	40
<b>Tabela 3.2</b> Estimativas de investimentos em SAA e SES para diferentes abrangências .....	46
<b>Tabela 5.1</b> Produção média de esgoto em m <sup>3</sup> em 2016 por habitante por mês em 97 municípios .....	69
<b>Tabela 5.2.</b> Tecnologias de tratamento e siglas correspondentes.....	70
<b>Tabela 5.3</b> Resultados dos testes de Kruskal Wallis de diferença significativa entre diferentes associações de tecnologia de tratamento de esgoto.....	74
<b>Tabela 5.4</b> Comparação do custo <i>per capita</i> por ETE no Brasil. Data base: agosto de 2017 .....	75
<b>Tabela 5.5</b> Equações das regressões lineares do custo por tecnologia de tratamento de esgoto por população equivalente .....	80
<b>Tabela 5.6</b> Análises de regressão do custo <i>per capita</i> por associação de tecnologia de ETEs .....	81
<b>Tabela 5.7</b> Dados de população equivalente atendida e sem atendimento .....	82
<b>Tabela 5.8</b> Estimativas de investimentos em ETEs para atendimento do déficit de 2018 de população constante nos contratos de prestação de serviço de esgotamento sanitário.....	83
<b>Tabela 5.9</b> Estimativas de investimentos em ETEs para atendimento do crescimento populacional estimado para 2033, nos municípios que possuem contratos de prestação de serviço atualmente.....	83
<b>Tabela 5.10</b> Análises de regressão do custo <i>per capita</i> das redes de coleta.....	89
<b>Tabela 5.11</b> Comparativo de custos <i>per capita</i> (R\$/hab) de rede de coleta (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017).....	90
<b>Tabela 5.12</b> Comparativo de custos <i>per capita</i> (R\$/m) de rede de coleta (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017).....	91
<b>Tabela 5.13</b> Cenários estimados de investimentos em rede de coleta e elevatórias de esgoto em 2018 e 2033.....	93
<b>Tabela 5.14</b> Custos <i>per capita</i> de operação com coleta e tratamento de esgoto anual em R\$/hab.ano. ....	96

<b>Tabela 5.15</b> Análises de regressão do custo <i>per capita</i> de operação de coleta de esgoto por adensamento populacional, número de funcionário por ligação, declividade média, porte populacional e índice de atendimento da população com coleta de esgoto. ....	99
<b>Tabela 5.16</b> Análises de Kruskal-Wallis do custo <i>per capita</i> de operação de tratamento de esgoto por tecnologia de tratamento.....	102
<b>Tabela 5.17</b> Comparativo de custos <i>per capita</i> de ligações de esgoto (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017) .....	104
<b>Tabela 5.18</b> Estimativas de investimento em SES para 2018 e 2033.....	105
<b>Tabela 5.19</b> Características da amostra do estudo em termos de atendimento dos serviços em 2017.....	107
<b>Tabela 5.20</b> Estimativas de custos de operação anuais com coleta e tratamento de esgoto para 2018 e 2033.....	108
<b>Tabela 5.21</b> Estimativas de aumento de tarifa para 2018 e 2033 .....	109
<b>Tabela 5.22</b> Estimativas da capacidade de pagamento dos serviços de água e esgoto em 2018 em % da renda.....	110
<b>Tabela 5.23</b> Estimativas da capacidade de pagamento dos serviços de água e esgoto em 2018 em % da renda.....	111

## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 3.1</b> Programas de investimento em saneamento da década de 90. ....	29
<b>Quadro 3.2</b> Fontes de recursos para saneamento básico entre 2007 e 2012 em bilhões de reais.....	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Evolução de investimentos em água e esgoto em porcentagem do PIB .....	31
<b>Figura 3.2:</b> Distribuição dos municípios em função do extrato populacional e da existência de coleta e de tratamento de esgoto.....	41
<b>Figura 3.3</b> Necessidade de investimento para universalização do saneamento por macrorregião do Brasil no ano de 2006 .....	54
<b>Figura 5.1</b> Capacidade hidráulica de 182 ETEs no ano de 2016.....	68
<b>Figura 5.2</b> Distribuição da geração de esgoto <i>per capita</i> e do consumo de água tratada <i>per capita</i> por município.....	69
<b>Figura 5.3.</b> Distribuição do custo <i>per capita</i> em função das faixas de idade das ETEs .....	71
<b>Figura 5.4.</b> Distribuição do custo <i>per capita</i> em função das faixas de capacidade instalada	72
<b>Figura 5.5.</b> Distribuição do custo <i>per capita</i> em função das tecnologias de tratamento, com mais de 7 amostras .....	72
<b>Figura 5.6.</b> Distribuição do custo <i>per capita</i> em função das tecnologias de tratamento, com menos de 8 amostras .....	73
<b>Figura 5.7</b> Custo <i>per capita</i> por associação de tecnologia de ETE.....	75
<b>Figura 5.8</b> Regressão do logaritmo do custo de UASB pelo logaritmo da população atendida .....	77
<b>Figura 5.9</b> Regressão do logaritmo do custo de UASB + FBP pelo logaritmo da população atendida.....	78
<b>Figura 5.10</b> Regressão do logaritmo do custo de UASB + FA pelo logaritmo da população atendida.....	78
<b>Figura 5.11</b> Regressão do logaritmo do custo de UASB + ES pelo logaritmo da população atendida.....	79
<b>Figura 5.12</b> Regressão do logaritmo do custo de UASB + Lagoas pelo logaritmo da população atendida.....	79
<b>Figura 5.13</b> Regressão do logaritmo do custo de LF e LA + LF pelo logaritmo da população atendida.....	80
<b>Figura 5.14</b> Distribuição dos dados do indicador habitantes por metro de rede de coleta de esgoto por município.....	84

<b>Figura 5.15</b> Distribuição dos dados de declividade dos municípios avaliados. ....	85
<b>Figura 5.16</b> Distribuição dos dados de população urbana atendida por município e da porcentagem referente a população urbana total do município. ....	85
<b>Figura 5.17</b> Distribuição dos dados de custo <i>per capita</i> por município, da rede de coleta e das elevatórias somadas e apenas da rede de coleta. ....	86
<b>Figura 5.18</b> Regressão do logaritmo do custo da rede de coleta, pelo logaritmo da população atendida.....	87
<b>Figura 5.19</b> Regressão do logaritmo do custo rede de coleta e EEEs pelo logaritmo da população atendida .....	88
<b>Figura 5.20</b> Custo <i>per capita</i> de rede pelo adensamento da localidade em hab/m.....	92
<b>Figura 5.21</b> Resultado de Mendes <i>et al.</i> (2009) do custo <i>per capita</i> de rede pelo adensamento da localidade em hab/m.....	92
<b>Figura 5.22</b> Custos operacionais de coleta e tratamento de esgoto por natureza .....	95
<b>Figura 5.23</b> Distribuição dos custos <i>per capita</i> de operação com coleta e tratamento de esgoto por mês em R\$/hab.mês.....	96
<b>Figura 5.24</b> Regressão do logaritmo do custo de operação com coleta pelo logaritmo da população atendida. ....	97
<b>Figura 5.25</b> Regressão do logaritmo do custo de operação com tratamento pelo logaritmo da população atendida .....	98
<b>Figura 5.26</b> Custo <i>per capita</i> de operação com coleta por índice de atendimento com coleta de esgoto.....	100
<b>Figura 5.27</b> Custo <i>per capita</i> de operação com coleta por ligação/funcionários .....	100
<b>Figura 5.28</b> Custo <i>per capita</i> de operação com coleta por habitante por metro de rede....	101
<b>Figura 5.29</b> Custo <i>per capita</i> de operação com coleta pelo logaritmo da população .....	101
<b>Figura 5.30</b> Custo <i>per capita</i> de operação com tratamento de esgoto por tecnologia da ETE .....	102
<b>Figura 5.31</b> Custo <i>per capita</i> de operação com tratamento de esgoto pela quantidade de ETEs no município .....	103
<b>Figura 5.32</b> Número de municípios com contrato de prestação do serviço de esgotamento sanitário por porte do município .....	107



## LISTA DE SIGLAS

Abar	Associação Brasileira de Agências Reguladoras
Abes	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
Aesbe	Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais
ANA	Agência Nacional de Águas
Assemae	Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
BNH	Banco Nacional de Habitação
Cesb	Companhia Estadual de Saneamento Básico
Cofins	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FAT	Fundo de Amparo ao Trabalhador
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDB	Indicadores e Dados básicos para a Saúde
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
IR	Imposto de Renda
IRPJ	Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica
LNSB	Lei Nacional de Saneamento Básico
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto

PIS	Programa de Integração Social
Planasa	Plano Nacional de Saneamento do Brasil
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PPA	Plano Plurianual
Prodes	Programa de despoluição das Bacias Hidrográficas
SAA	Sistemas de Abastecimento de Água
SES	Sistemas de Esgotamento Sanitário
Snis	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
STF	Supremo Tribunal Federal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>25</b>
	<b>2.1</b> OBJETIVO GERAL.....	<b>25</b>
	<b>2.2</b> OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>26</b>
	<b>3.1</b> HISTÓRICO E LEGISLAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL .....	<b>26</b>
	<b>3.2</b> DIFICULDADES DE AVANÇOS NO SETOR DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	<b>33</b>
	<b>3.3</b> ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTOS NO SETOR DE SANEAMENTO .....	<b>42</b>
	<b>3.4</b> REGULAÇÃO ECONÔMICA EM UM MERCADO DE MONOPÓLIO NATURAL .....	<b>48</b>
	<b>3.5</b> CAPACIDADE DE PAGAMENTO PELOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	<b>52</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>55</b>
	<b>4.1</b> ANÁLISE DOS CUSTOS DE ETES.....	<b>56</b>
	<b>4.1.1</b> ANÁLISE PRELIMINAR E DESCRITIVA DOS CUSTOS DE ETES.....	<b>56</b>
	<b>4.1.2</b> ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS CUSTOS <i>PER CAPITA</i> DE ETES .....	<b>58</b>
	<b>4.1.3</b> COMPARAÇÃO BIBLIOGRÁFICA DOS CUSTOS <i>PER CAPITA</i> DE ETES ..	<b>59</b>
	<b>4.1.4</b> ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS FUTUROS EM ETES .....	<b>60</b>
	<b>4.2</b> ANÁLISE DOS CUSTOS DE REDE DE COLETA .....	<b>61</b>
	<b>4.2.1</b> ANÁLISE PRELIMINAR E DESCRITIVA DA REDE DE COLETA .....	<b>61</b>
	<b>4.2.2</b> ANÁLISE DE REGRESSÃO DO CUSTO <i>PER CAPITA</i> DA REDE DE COLETA .....	<b>62</b>
	<b>4.2.3</b> ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTOS FUTUROS EM REDE DE COLETA .....	<b>62</b>
	<b>4.3</b> ANÁLISE DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO .....	<b>63</b>
	<b>4.4</b> ESTIMATIVA DA TARIFA EM CENÁRIO FUTURO E MODICIDADE TARIFÁRIA.....	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>67</b>
	<b>5.1</b> ANÁLISE DOS CUSTOS DE ETES.....	<b>67</b>
	<b>5.1.1</b> ANÁLISE PRELIMINAR E DESCRITIVA DAS ETES .....	<b>67</b>
	<b>5.1.2</b> COMPARAÇÃO BIBLIOGRÁFICA DO CUSTO <i>PER CAPITA</i> DE ETES .....	<b>73</b>
	<b>5.1.3</b> ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS CUSTOS DE ETES .....	<b>76</b>
	<b>5.1.4</b> ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS FUTUROS EM ETES .....	<b>82</b>

5.2	ANÁLISE DOS CUSTOS DE REDE DE COLETA .....	84
5.2.1	ANÁLISE PRELIMINAR E DESCRITIVA DA REDE DE COLETA .....	84
5.2.2	ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS CUSTOS DE REDE DE COLETA .....	86
5.2.3	COMPARAÇÃO BIBLIOGRÁFICA DE CUSTOS <i>PER CAPITA</i> DE REDE DE COLETA .....	89
5.2.4	ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS FUTUROS EM REDE DE COLETA .....	92
5.3	ANÁLISE DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO .....	93
5.3.1	ANÁLISE PRELIMINAR E DESCRITIVA DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO .....	93
5.3.2	ANÁLISE DE REGRESSÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO .....	97
5.4	ESTIMATIVA DE TARIFA EM CENÁRIO FUTURO E CAPACIDADE DE PAGAMENTO	103
6	CONCLUSÕES .....	113
7	RECOMENDAÇÕES .....	115
	REFERÊNCIAS .....	117
	APÊNDICE I LISTA DE ETES .....	130
	APÊNDICE II TABELA DE CUSTOS <i>PER CAPITA</i> DE ETE POR TECNOLOGIA E POR FONTE BIBLIOGRÁFICA .....	136
	APÊNDICE III LISTA DE MUNICÍPIOS .....	137

# 1 INTRODUÇÃO

O serviço de esgotamento sanitário é um dos componentes do saneamento e, segundo a Lei Federal nº11.445 de 2007 (Lei Nacional do Saneamento Básico - LNSB), definido como: “[...] atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente” (BRASIL, 2007). Teixeira e Guilhermino (2006) realizaram um estudo da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, utilizando dados secundários do banco de dados “Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003” (IDB, 2003) do Ministério da Saúde. Neste estudo, os autores encontraram que a mortalidade infantil, a mortalidade proporcional por diarreia aguda em menores de cinco anos de idade e a mortalidade proporcional por doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades, estavam associadas com deficiências na cobertura por serviços de saneamento básico – água e esgotos – em 2001.

Em outro estudo, Teixeira *et al.* (2011) observaram que o indicador “cobertura por sistemas de esgotamento sanitário” apresentou correlação inversamente proporcional com a taxa de mortalidade infantil para o estudo com os dados do IDB 2008, mesmo resultado obtido com os dados do IDB de 2003, apresentado em Teixeira e Guilhermino (2006). Esses dois resultados indicam que os investimentos realizados na ampliação de sistemas de esgotamento sanitário, no período entre 2001 e 2006, não foram suficientes para eliminar a influência da baixa cobertura sobre a mortalidade infantil no país. Por conseguinte, evidenciam a importância do provimento dos serviços de esgotamento sanitário para melhoria da saúde da população (TEIXEIRA *et al.* 2011).

Cvjeticanovic (1986) aponta que os investimentos em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário proporcionam benefícios gerais sobre a saúde da população, mediante duas maneiras, a saber: efeito direto, onde os benefícios da saúde resultam em aumento da capacidade de trabalho e aprendizagem; e efeitos indiretos, resultantes primordialmente do aumento da produtividade e do desenvolvimento econômico da localidade atendida. Na mesma linha, Pereira e Abicalil (1999), ao analisarem os investimentos em saneamento ao longo do tempo, notaram que o setor sempre está vinculado ao desenvolvimento econômico. Abicalil (2002) propõe que a universalização dos serviços passa, necessariamente, pela priorização das

demandas originadas pelo atendimento à população de baixa renda e cobertura dos serviços de esgotamento sanitário.

Portanto, há consenso a respeito da importância da universalização do atendimento com serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a fim de prover condições de saúde e qualidade de vida à população. Em vista disso, a Organização das Nações Unidas (ONU) define os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário como direito humano fundamental, preconizado através de sua resolução de nº64/292 de 2010 (ONU, 2010). Ao encontro da resolução internacional, a LNSB preconiza a universalização do acesso como um dos princípios fundamentais da prestação dos serviços de saneamento básico. Universalização que é definida como a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico (BRASIL, 2007).

Porém existe um significativo déficit de atendimento no que diz respeito ao serviço de esgotamento sanitário, em diferentes níveis de acordo com a macrorregião do Brasil, como apresenta a Tabela 1.1. Soma-se ao déficit, um avanço de acesso que tem se mostrado lento para o alcance das metas estabelecidas pelo Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab. Para o ano de 2018, o Plansab previa 82% dos domicílios brasileiros urbanos servidos por rede coletora ou fossa séptica, sendo que dois anos antes, em 2016, o atendimento com coleta chegava a 59,7%, com difícil perspectiva de alcançar a meta (BRASIL, 2014; 2019).

**Tabela 1.1.** Índices de coleta e tratamento de esgoto no Brasil em 2016

<b>Região do Brasil</b>	<b>População urbana atendida com coleta de esgoto em 2017 (%) *</b>	<b>Meta do PLANSAB para 2018 IN024 (%)</b>	<b>Volume de esgoto coletado que é tratado em 2017 (%) **</b>	<b>Meta do PLANSAB para 2018 IN016 (%)</b>
<b>Norte</b>	13	56	84,6	75
<b>Nordeste</b>	34,8	66	80,8	77
<b>Sudeste</b>	83,2	94	67,3	63
<b>Sul</b>	50,6	84	93,3	73
<b>Centro-Oeste</b>	59,5	69	92,6	92
<b>Brasil</b>	60,2	82	73,7	69

\* Refere-se ao indicador IN024, do SNIS. \*\* Refere-se ao indicador IN016, do SNIS.

Fonte: SNIS 2019 e Plansab 2014.

Os dados da Tabela 1.1 parecem sugerir que, em termos de tratamento, a situação estaria adequada, com percentuais superiores à meta. Porém essa seria uma análise equivocada, visto que a meta para tratamento de esgoto está definida em porcentagem do esgoto que é coletado. Portanto, se a meta de coleta não é atingida, o percentual de esgoto tratado estará abaixo do

pretendido no Plansab. Considerando o valor atual de coleta em termos nacionais, seria necessário tratar 93% do coletado para atingir a meta de tratamento para 2018. Porém o valor atual de tratamento em 2016 é de 74,9% – podendo-se supor que a meta de tratamento também não seja alcançável no prazo de dois anos. O Atlas de despoluição das bacias hidrográficas da ANA de 2017, retrata o déficit do saneamento, porém estimando a necessidade de investimentos em coleta e tratamento de esgoto, considerando as metas do Plansab para 2033. O estudo avaliou os cursos d'água onde são lançados os efluentes das estações de tratamento de municípios de todo o país, considerando assim sua capacidade de diluição e usos a jusante, a fim de definir a tecnologia necessária para adequar o efluente do tratamento, ao corpo hídrico receptor.

Vale ressaltar que o SNIS é uma base de dados autodeclarada pelos municípios e Prestadores de serviço de saneamento, sem auditoria e certificação, refletindo em baixa confiabilidade e ocorrência de diversas inconsistências. Além disso, no referido ano de 2016, os dados mais atuais da base, 5161 municípios de um total de 5570 municípios brasileiros, declararam suas informações com relação ao setor de saneamento (BRASIL, 2018). Ainda assim, é uma base de dados do setor de saneamento que contém uma série histórica de 15 anos, preenchida por mais de 90% dos municípios, sendo uma fonte importante de análise e comparação, salvaguardados os seus problemas de exatidão e precisão.

O referido déficit no setor de esgotamento sanitário pode ser explicado em parte pelo histórico do setor, que ainda sofre influência do Plano Nacional de Saneamento (Planasa) das décadas de 1970 e 1980. O Planasa foi criado durante o governo militar com o objetivo de expandir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Na prática, porém, o que se viu foi o permanente favorecimento dos sistemas de água das áreas urbanas, que dispunham de capacidade de pagamento e apresentavam viabilidade econômica, com a consequente exclusão de parcela significativa da população. Em razão disso, os sistemas de coleta de esgoto não avançaram na mesma medida que os de água (REZENDE e HELLER, 2008).

Um reflexo atual do Planasa se revela na variação da importância dada a cada serviço nos contratos firmados entre prestadores e municípios – 4.033 municípios possuem contrato com companhias estaduais para prestação do serviço de abastecimento de água, dos quais apenas 1.351 contam com prestação de água e esgoto, segundo dados do SNIS (BRASIL, 2018). Pessoa *et al.* (2018b) apontam que em Minas Gerais a companhia estadual, no ano de 2016, possuía

contrato para prestação do serviço de esgotamento sanitário em 240 dos 853 municípios do estado (28%), enquanto o serviço de abastecimento de água abrangia 630 municípios (74%). Por sua vez, sua subsidiária, a Copanor-MG, atua exclusivamente com concessão casada, ou seja, serviços de abastecimento e de esgotamento são concedidos simultaneamente, atendendo a populações entre 200 e 5.000 habitantes. São 488 localidades concedidas à Copanor-MG. Porém a companhia opera somente em 241 localidades com abastecimento de água (49,4%) e em apenas 77 localidades com esgotamento sanitário (15,8%). Isso demonstra um maior interesse das prestadoras regionais em prestar os serviços de abastecimento de água (PESSOA *et al.*, 2018b). Dada essa preferência, muitos municípios têm que prover o serviço através de sua administração direta, porém Martins (2010) aponta que diversos municípios não dispõem das condições financeiras de arcar com as responsabilidades constitucionais, no tocante ao setor de saneamento.

Com o fim do Planasa, no início da década de 80, o país não contou com marco nacional jurídico que regresse o setor de saneamento, o que representou um período com investimentos difusos, sem uma política pública específica para o setor. Soma-se a isso a falta de previsão de fontes de financiamento e falta de recursos públicos propriamente ditos. Apenas no ano de 2007 a Lei Federal nº 11.445 veio preencher essa lacuna, trazendo mudanças significativas na lógica do setor, através da proposta da universalização como uma de suas diretrizes básicas. Essa mudança vai de encontro à lógica do Planasa, que era pautada na sustentabilidade econômica.

Vale destacar a complexidade da prestação do serviço de esgotamento sanitário no Brasil. A Constituição Federal de 1988 define que serviços de interesse local são de responsabilidade municipal (BRASIL, 1988). Durante o Planasa, a criação das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (Cesb) foi incentivada, transferindo a prestação para entidades da esfera estadual. Soma-se a isso a já supracitada possibilidade de prestação separada de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Temos, assim, grande diversidade de tipologias de prestadores de serviços no país, que podem ser classificados em prestadores de serviços de abrangência local, microrregional e regional. Este último compreende as companhias estaduais de saneamento básico, que em sua grande maioria (24 entre as 28) são sociedades de economia mista. Atuam ainda no âmbito regional duas autarquias e uma empresa privada, além de uma empresa pública, a Copanor-MG. Por sua vez, entre os prestadores de serviços locais, 93,2% são de administração pública direta e de autarquias (BRASIL, 2018). Além disso, existem prestadores privados em 93 municípios. Estes, somados aos 52 municípios atendidos pela



companhia estadual privada Saneatins, representam um total de 2,6% dos municípios brasileiros com prestação privada. A atuação de empresas privadas no setor público foi viabilizada pela Lei nº 8987 de 1995, conhecida como Lei de Concessões (BRASIL, 1995).

Nos anos de 2006, 2004 e 1998, as companhias estaduais de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, respectivamente, venderam parte de seus controles acionários. Heller *et al.* (2013) ressaltam que a abertura de capital na bolsa de valores de importantes companhias estaduais como as supracitadas necessita de atento acompanhamento. Segundo os autores:

Tal hibridismo entre capital público e privado coloca em questão se efetivamente os interesses públicos prevalecerão em todos os aspectos da gestão desses prestadores, em especial se se consideram o compromisso com a geração de excedentes financeiros nas empresas e sua distribuição aos acionistas, conforme a lógica de valorização das ações inerentes ao modelo e à própria expectativa dos investidores.

Dada a preocupação, reforça-se a necessidade do trabalho realizado pelas agências reguladoras, seguindo os princípios e atuando de acordo com o regramento proposto pela LNSB. Faraco e Coutinho (2007) expõem que a regulação deve assegurar que, simultaneamente, sejam atendidas as demandas dos consumidores e proporcionados os retornos razoáveis aos investidores, que devem ser estimulados a repassar os ganhos de produtividade e inovações tecnológicas e gerenciais aos seus usuários, distribuindo-os eficientemente. Segundo os autores, deve-se buscar “[...] uma espécie de ‘ponto ótimo’, no qual as tarifas para o consumidor sejam as mais baixas possíveis sem prejuízos de retornos considerados adequados para os investidores privados”. Com os dados de investimentos, custos de operação, pagamento de impostos e tributos dos prestadores dos serviços de água e esgoto, é feito o cálculo da tarifa cobrada pelo serviço, através de diferentes modelos utilizados pelas agências reguladoras de saneamento do Brasil. Portanto, para se buscar o princípio da modicidade tarifária, entendido como o menor valor de tarifa capaz de remunerar os custos da operação e os investimentos realizados, instituído no item IV, art. 22º da LNSB (BRASIL, 2007), é imprescindível a eficiência nos investimentos e custos de operação de Prestadores de serviço. Outro fator importante para atingir esse princípio é a capacidade de agências reguladoras de avaliarem e estimularem a eficiência, de forma independente.

Queiroz (2016) aponta que o cenário futuro desejável para o setor de saneamento requer que os municípios realizem as obras de urbanização de sua competência, o prestador execute os investimentos necessários à universalização dos serviços, e a agência reguladora garanta a estrutura tarifária necessária para suportar investimentos e custos operacionais dessa ampliação de serviços, bem como assegure a modicidade dessas tarifas aos usuários. Os órgãos ambientais podem auxiliar nos processos de conscientização da população sobre a importância dos serviços para a coletividade, na realização de fiscalizações e aplicação de sanções àquela população que conta com redes públicas disponíveis mas oferece resistência para não se conectar ao sistema. Apenas com envolvimento de todas as entidades seria viável um cenário de universalização efetiva dos serviços de esgotamento sanitário (QUEIROZ, 2016).

Existe um histórico e um desenho institucional bastante complexo que influenciam na realidade do saneamento no Brasil, resultando no atual déficit observado de esgotamento sanitário. Atravessar os desafios desse déficit passa por aprofundar o entendimento das políticas públicas do setor, como citam Heller e Castro (2007). Além disso, é imprescindível tanto a otimização de investimentos e dos custos de operação, aprimorando a eficiência de Prestadores, quanto o fomento de agências reguladoras que empreguem metodologias de tarifação e controle operacional que, em um cenário ideal, garantam serviço de qualidade, universal e módico.

## **2 OBJETIVO**

### ***2.1 Objetivo geral***

Estimar os investimentos de ampliação e custos de operação dos serviços de esgotamento sanitário de uma prestadora regional, e analisar seu impacto sobre a tarifa cobrada por sua prestação.

### ***2.2 Objetivos específicos***

- Analisar os custos unitários de implantação dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) e as variáveis que influem nesses custos;
- Analisar os custos unitários de operação dos SES e as variáveis que influem nesses custos;

- Estimar os investimentos para o atendimento, com coleta e tratamento de esgoto, da população urbana a qual reside em município que possui contrato com uma Cesb;
- Avaliar o impacto na tarifa e na modicidade tarifária dos usuários atendidos por essa Cesb, considerando o pleno atendimento com serviços de coleta e tratamento.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 *Histórico e legislação do saneamento no Brasil***

Até a década de 1960, os investimentos em saneamento foram realizados pontualmente e de forma desarticulada. A prestação passou por diferentes fases, desde companhias privadas estrangeiras, ao final do século XIX, até a prestação controlada pelo governo federal durante o Estado Novo na década de 1940. Com a criação do Planasa, no final da década de 60, houve uma mudança significativa no padrão da aplicação dos recursos do ponto de vista político, devido à centralização da política de saneamento, e sob a ótica financeira, pela criação e disponibilização de linhas de financiamento. (JUSTO, 2004; REZENDE; HELLER, 2008). O Planasa foi criado durante o governo militar com o objetivo de expandir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Como já citado anteriormente, na prática, houve favorecimento dos sistemas de água das áreas urbanas que dispunham de capacidade de pagamento e apresentavam viabilidade econômica, com a consequente exclusão de parcela significativa da população (REZENDE; HELLER, 2008). Justo (2004) aponta que a renda *per capita* nos municípios, sua capacidade de arrecadação ou até mesmo uma maior capacidade de mobilização política de sua população, podem ser os fatores responsáveis pelos maiores índices de cobertura.

Segundo Sousa e Costa (2013), o Planasa incentivou a criação de 27 companhias estaduais. O mercado relevante dessas empresas foi definido por critérios políticos por compreender os territórios sob a jurisdição do Executivo municipal. Ainda que os municípios detivessem a titularidade para a exploração dos serviços, as companhias assumiram os investimentos e custos fixos pertinentes à instalação e operação dos sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, assim como recrutaram e formaram a força de trabalho do setor (SOUSA e COSTA, 2013).

À época, os municípios poderiam delegar a prestação desses serviços para as Cesbs por dispensa de licitação. O objetivo era ter ganho de escala e dotar a prestação com capacidade técnica ao centralizar os serviços em uma única prestadora, com intuito de suprir o grande déficit de atendimento nesse setor (REZENDE, HELLER, 2008). Outro fator favorável ao fomento das Cesbs é a possibilidade de se instituir o subsídio cruzado entre usuários e municípios, como apresenta Alves (1988), ao constatar que é um procedimento usual nas empresas de saneamento brasileiras. Monteiro (1993), ao discorrer sobre o Planasa e a criação das empresas estaduais, destaca a importância da adoção de subsídios entre os usuários. Para o autor, o subsídio interno através de tarifa progressiva era uma forma de permitir ao pobre comprometer uma fração menor de sua renda com o serviço, compensado por um maior dispêndio das classes mais ricas. Assim, as receitas de pobres e ricos seriam recolhidas ao mesmo caixa para compensação e média satisfatória.

Os subsídios internos de uma prestadora regional são transmitidos entre diferentes municípios; entre diferentes usuários de acordo com seu nível de consumo e natureza (residencial, comercial, industrial e serviço público); entre o serviço de abastecimento de água e o serviço de esgotamento sanitário. Porém Cruz e Ramos (2012) argumentam que a existência do subsídio entre os diferentes serviços dificulta a presença de diferentes prestadores para cada um dos serviços, bem como oculta os verdadeiros custos da água e do esgoto. Portanto, o subsídio cruzado limita a competição e traz prejuízos na gestão e alocação de recursos nos Prestadores de serviço. Ainda que, Gonzàles-Gómez e García-Rubio (2008) e Cruz e Ramos (2012), apontem que o mesmo Prestador deveria atender a ambos os serviços, para viabilizar o subsídio entre as atividades, isso – como apresentado anteriormente na introdução – não acontece de fato, dada a diferença entre a quantidade de municípios atendidos com Sistemas de abastecimento de Água (SAA) e SES, pelos prestadores regionais.

Segundo Soares *et al.* (2003) o regime tarifário instituído pelo Planasa estabelecia que, as tarifas de saneamento deveriam ser suficientes para cobrir a totalidade dos custos de serviço. Além disso, as tarifas deveriam garantir às companhias estaduais em condições eficientes de operação uma remuneração adequada sobre seu investimento reconhecido, visando ao alcance do equilíbrio econômico e financeiro (PIRES, 1983). Soares *et al.* (2003) apontam, ainda que a estrutura de financiamento, baseada no sistema tarifário implantado pelo Planasa, acarretou, entre outros efeitos, na impossibilidade de identificar, com transparência, o destino dos subsídios, pois promove tal benefício a todos os usuários de um determinado serviço,

independentemente do nível de eficiência operacional. Além disso, em termos de planejamento, aponta-se para investimentos excessivos, sem a devida etapalização e com superestimava do desenvolvimento urbano, levando a capacidades ociosas das estruturas e desperdício de recursos (PIRES,1983).

As Cesbs representam atualmente a prestação de abastecimento de água em 72% dos municípios brasileiros, segundo o SNIS (BRASIL, 2018). Como citado anteriormente, essas companhias foram criadas dentro da lógica da sustentabilidade econômica, ou, como aponta Rezende e Heller (2008), autossustentação tarifária. Em termos práticos, os municípios ou serviços identificados como deficitários, onde o gasto com investimento e operação seria maior que a arrecadação através da tarifa, poderiam ser negligenciados e por vezes não aceitos pelas Companhias. Essa preferência dos Prestadores é definida por Heald (1997) como "*cream-skimming*", onde há interesse da firma em atender os locais com maiores ganhos econômicos.

Em 1988, a CF estabeleceu como competência municipal os assuntos de interesse local, por meio de seu artigo nº 30, inciso I (BRASIL, 1988). A LNSB atribui aos municípios da federação brasileira a responsabilidade pelo planejamento do setor de saneamento e pela definição do modelo de prestação do serviço, com possibilidade de prestação direta ou indireta (BRASIL, 2007). Apesar disso, nem a LNSB e nem entendimentos do Supremo Tribunal Federal (STF) de 2013, instituem os municípios como titulares do serviço, ainda que o planejamento e a prestação, ou a delegação desta, sejam atribuição municipal. Tal fato se explica, primeiramente, pela indefinição jurídica, causada por regiões metropolitanas onde o interesse local perde sentido, devido a impactos que transpassam os limites municipais. Martins (2011), anteriormente a discussão do STF, afirmava que, não obstante existam regramentos estaduais de interesse regional, que devem ser obedecidos em regiões metropolitanas, e um município utilize recurso hídrico presente em município vizinho, por exemplo, a prestação dos serviços de saneamento segue sendo no território do município. Dessa forma, a titularidade continuaria sendo do município de acordo com a doutrina jurídica. Acresce-se à discussão a incapacidade de vários entes federados municipais de lidar com o setor, visto que muitas vezes não possuem condições técnicas, administrativas e orçamentárias para exercerem a titularidade. Segundo Martins (2011), porém, mesmo sendo atribuída a um ente federado uma competência que ele não é capaz de prover, a titularidade e autonomia federativa, previstas em cláusulas pétreas da Constituição, não podem ser desrespeitadas. Ainda segundo o autor, é possível a “troca de sujeito”, através da formação de consórcios municipais, ou o repasse das atribuições ao ente

estadual, de forma transitória. Para solução definitiva, o autor advoga pela impossibilidade da criação de municipalidades que não consigam lidar com suas atribuições previstas pela Constituição (MARTINS, 2011).

Devido à ausência de diretrizes concretas e à precariedade no controle da medição de consumo, acrescidas da crise econômica e a consequente política econômica praticada na década de 80, houve a extinção do Planasa e a incorporação do Banco Nacional de Habitação (BNH) pela Caixa Econômica Federal, em 1986 (CASTRO, 2011). Com o fim do Planasa e após promulgação da CF de 1988, não houve marco regulatório que regresse especificamente o setor de saneamento, ainda que houvesse esforços de atores dele participantes, além de tentativas paralelas, frustradas, de privatização por parte do Governo Federal, na década de 90. Durante esse período, existiam programas diversos e dispersos, que promoviam investimentos em pesquisa, desenvolvimento e infraestrutura no setor de saneamento, como mostra o Quadro 3.1 de Turolla (2002) *apud* Leoneti *et al.* (2011):

**Quadro 3.1** Programas de investimento em saneamento da década de 90.

Programa	Período	Financiamento	Beneficiário/Desdobramentos
Pronurb	1990-1994	FGTS e contrapartida	População urbana em geral, com prioridade à baixa renda
Pró-Saneamento	1995	FGTS e contrapartida	Preponderantemente áreas com famílias com renda de até 12 s.m.
Pass	1996	Orçamento Geral da União (OGU) e contrapartida, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial (Bird)	População de baixa renda em municípios com maior concentração de pobreza
Prosege	1992-1999	BID e contrapartida	População de baixa renda, privilegiando comunidades com renda de até 7 s.m.
Funasa-SB		OGU e contrapartida	Apoio técnico e financeiro no desenvolvimento de ações com base em critérios epidemiológicos e sociais
PMSS I	1992-2000	Bird e contrapartida	Estudos e assistência técnica aos estados e municípios em âmbito nacional; investimentos em modernização empresarial e aumento de cobertura dirigidos à Casan, Embasa e Sanesul
PMSS II	1998-2004	Bird e contrapartida	Passa a financiar companhias do Norte, Nordeste e Centro-Oeste e estudos de desenvolvimento institucional

Programa	Período	Financiamento	Beneficiário/Desdobramentos
PNCDA	1997	OGU e contrapartida	Uso racional de água em prestadores de serviço de saneamento, fornecedores e segmentos de usuários
FCP/SAN	1998	FGTS, BNDES e contrapartida	Concessionários privados em empreendimentos de ampliação de cobertura em áreas com renda de até 12 s.m.
Propar	1998	BNDES	Estados, municípios e concessionários contratando consultoria para viabilização de parceria público-privada
Prosab	1996	Finep, CNPq, Capes	Desenvolvimento de pesquisa em tecnologia de saneamento ambiental

Fonte: Turolla 2002

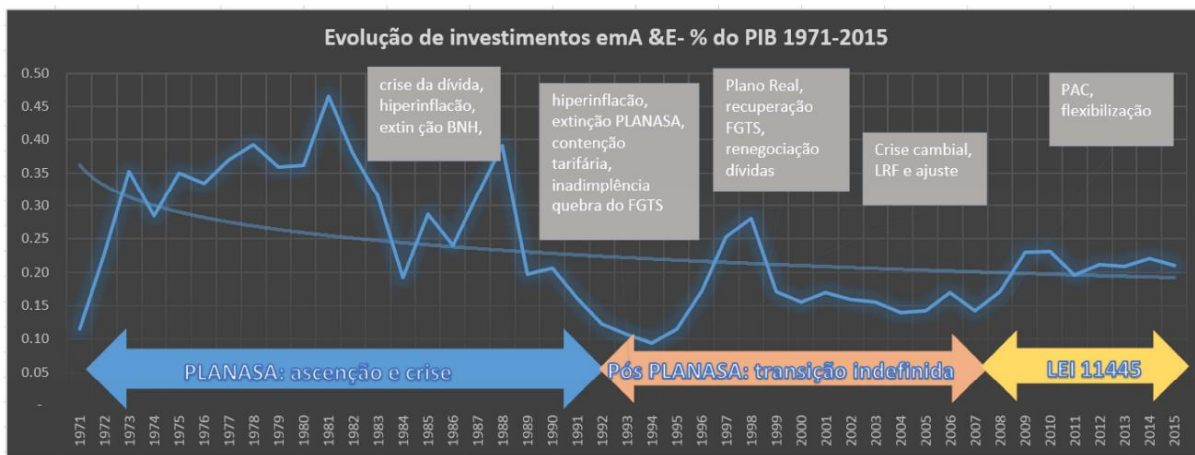
Castro (2011) aponta que a LNSB de 2007 veio suprir a ausência de legislação específica sobre o saneamento, trazendo os critérios e as linhas gerais da prestação dos serviços de saneamento básico. Essa lei se destacaria por prever, em vários de seus artigos, mecanismos de participação efetiva da sociedade e dispositivos que resguardam o ideal democrático.

Mais recentemente, o Governo Federal instituiu, por meio de Medida Provisória de número 844 de 2018, alterações na LNSB, que não foi apreciada e caducou. Porém foi lançada outra Medida Provisória, de número 868, com teor similar ao da MP 844, na tentativa de favorecer a privatização do setor de saneamento, que também não foi apreciado. Atualmente encontra-se em discussão um projeto de lei para alteração da LNSB. Tal ato vem sendo criticado por diversos atores envolvidos no setor de saneamento por notas oficiais, entre eles a Abes (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Aesbe (Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais), Assemae (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento) e a Abar (Associação Brasileira de Agências Reguladoras). Segundo os críticos, a medida desestruturaria o setor (ABAR, 2018). Isso ocorreria pela possibilidade de enfraquecimento do subsídio cruzado dentro das companhias estaduais. A MP obriga todo município a abrir concorrência para prestação dos serviços antes de concedê-lo a uma companhia estadual. Dessa maneira, os municípios superavitários, onde há interesse econômico, e provavelmente, a infraestrutura e qualidade da prestação dos serviços são de melhor nível do que em outros municípios, despertariam o interesse de prestadores privados. Os municípios deficitários, onde historicamente já não há interesse pela prestação de serviços

pelo setor privado, e onde provavelmente há maiores déficits de atendimento e qualidade, permaneceriam sob tutela das companhias estaduais e serviços municipais. Outra crítica à MP se dá por conta da ausência de debate com a sociedade e as instituições envolvidas no setor de saneamento, como aconteceu na elaboração da LNSB, que, entre os anos de 2003 até sua promulgação em 2007, realizou 3485 conferências nas três instâncias da federação, a fim de debater aquele marco regulatório (SOUZA e COSTA, 2013). A defesa do aumento da participação privada no saneamento, se embasa na ausência de recursos públicos, visto que municípios, estados e União tem enfrentado uma grave crise fiscal, portanto, seria necessário aporte de recursos privados para financiar o setor.

A Figura 3.1 apresenta um resumo da evolução do investimento, como porcentagem do PIB, em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário desde 1971, durante o período do Planasa, até o ano de 2015. São apresentados também os marcos históricos dentro do saneamento explicitados acima. No gráfico pode-se notar o crescimento do investimento, durante os primeiros anos do Planasa, e um decréscimo acentuado com o fim do plano, que perdurou até o ajuste fiscal promovido pelo Plano Real. Houve nova redução durante a crise fiscal dos anos 1999-2000, com recuperação e estabilização após a LNSB de 2007.

**Figura 3.1** Evolução de investimentos em água e esgoto em porcentagem do PIB



Fonte: Apresentação de slides Abicalil [201-?]

O Quadro 3.2 apresenta a fonte de recursos públicos para o setor de saneamento, além de seus respectivos valores em bilhões de reais, entre os anos 2007 e 2012, após promulgação da LNSB. OGU é Orçamento Geral da União e FAT o Fundo de amparo ao Trabalhador.



**Quadro 3.2** Fontes de recursos para saneamento básico entre 2007 e 2012 em bilhões de reais.

Fonte	Prioridades de investimento	Investimento
OGU	Saneamento integrado em favelas e palafitas (PPI)	4
	Água, esgoto, destinação final de lixo e drenagem urbana em cidades de grande e médio porte, incluindo desenvolvimento institucional (PPI)	4
	Água, esgoto, destinação final de lixo e drenagem urbana em cidades de até 50 mil habitantes (Funasa)	4
	Subtotal	12
FGTS / FAT	Financiamento a estados, municípios e prestadores públicos de serviços de saneamento	12
	Financiamento a prestadores privados e operações de mercado	8
	Subtotal	20
	Contrapartida de estados, municípios e prestadores	8
	TOTAL	40

Fonte: Ministério das Cidades (2008) *apud* Leoneti *et al.* (2011)

Do montante de recursos supracitados, foi definido como uma das prioridades pela Fundação Nacional da Saúde (Funasa) – em conjunto com o Ministério das Cidades e da Integração Nacional – o saneamento em municípios com população total de até 50 mil habitantes (Funasa, 2008). Em 2007, o montante de recursos investidos em saneamento básico — total entre recursos reembolsáveis e não reembolsáveis — foi de, aproximadamente, R\$ 10,4 bilhões, sendo 69,73% oriundos do OGU e 30,26% de outras fontes de financiamento (MC, 2007).

Segundo Heller (2012), os investimentos em saneamento no Brasil sempre foram significativamente aquém do necessário para universalizar o acesso aos serviços. Isto, aliado a outros fatores, retrata uma conjuntura em que há enorme descompasso entre a política pública de saneamento e o padrão de desenvolvimento do país. No ano de 2015, o cenário econômico do país se agravou; o orçamento do FGTS para o saneamento básico, que era de R\$ 7,5 bilhões, foi reduzido para 5,7 bilhões, segundo Ministério das Cidades. Em 2016, o montante investido pelo governo federal em saneamento básico foi de R\$ 9,6 bilhões, dos quais R\$ 3,7 bilhões em empréstimos (FGTS e FAT) e R\$ 5,9 bilhões advindos do Orçamento Geral da União. Depois disso, a fatia do Orçamento para o setor só diminuiu. Em 2017, ela ficou em R\$ 1,5 bilhão, e, em 2018, caiu para R\$ 1,3 bilhão, resultado da crise fiscal que persiste no Brasil. Tais reduções demonstram que investimentos em infraestrutura são, normalmente, os gastos governamentais suprimidos em períodos de crise (G1, 2018).

### **3.2 Dificuldades de avanços no setor de esgotamento sanitário**

A partir do breve histórico exposto acima, corroborado por Silva *et al.*, 2008, os investimentos em infraestrutura para países em desenvolvimento sempre têm sido um problema de proporções consideráveis. Em particular, na área ambiental, estes não têm merecido a devida consideração frente a outras inversões visando desenvolvimento econômico, sendo até às vezes conflitantes (SILVA *et al.*, 2008).

Soares *et al.* (2003) aponta que o desenvolvimento do setor de saneamento foi historicamente marcado pelo contexto político e pelo desempenho da economia, refletindo em sua capacidade de investimento. Como exemplo, o autor cita o Planasa, que só foi possível no modelo proposto por conta das condições políticas e institucionais do Regime Militar. Por outro lado, a escassez de investimentos a partir da década de 1980 indica a importância do contexto macroeconômico, sendo fatores decisivos a desaceleração do crescimento econômico, no início daquela década, e o aprofundamento da crise fiscal (SOARES, 2003). Cenário muito diferente viveu o país no período do início dos anos 2000 até meados de 2013, em que o crescimento macroeconômico do país gerou avanços no setor de saneamento. Este, porém, com o agravamento da crise fiscal que se instalou a partir de 2013, se vê agora com cada vez menos recursos de caráter não oneroso. Dessa forma, o financiamento do setor passa a ser prioritariamente realizado pela tarifa cobrada pelo serviço. Leoneti *et al.* (2011) apontam que não somente a escassez de recursos e a falta de financiamento foram as causas do atraso no desenvolvimento do setor de saneamento no Brasil. Esse déficit se deve, além dos problemas relacionados à restrição de recursos financeiros, à falta de avaliação dos custos ambientais, econômicos e sociais relacionados à implantação, operação e manutenção dos investimentos – ou seja, por não levar em consideração a sustentabilidade dos mesmos.

Segundo Guimarães *et al.* (2014), os contratos entre operadora e município, chamados de Contratos de Programa a partir da Lei Federal nº11.445 de 2007, trariam dificuldades à universalização dos serviços em áreas economicamente vulneráveis. Isso acontece, em função do poder concedente ser o município, ao passo que os contratos firmados após 2007 partem da premissa de que o equilíbrio econômico-financeiro deve ser obtido isoladamente, em cada município, ao longo do período contratual. Ou seja, por meio das tarifas cobradas dentro da área urbana do município que contratou a concessionária. Essa metodologia, na visão dos autores, romperia o subsídio cruzado entre municípios (GUIMARÃES *et al.* 2014). Porém a

LNSB prevê em seu artigo 2º, 29º e 31º a existência dos subsídios em prol da universalização, além do artigo 11º que prevê a consideração da política de subsídios na sustentabilidade econômica da prestação de serviços. Ainda segundo a LNSB, por meio dos artigos 23 e 25º, a entidade reguladora é a responsável por definir como os subsídios serão tratados dentro da política tarifária dos prestadores (BRASIL, 2007).

A LNSB prevê como atribuição municipal o planejamento do setor de saneamento, função essa indelegável. Apesar da obrigação da elaboração de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), para que o município acesse recursos federais e formalize contratos de concessão, de acordo com estimativa de 2017 do Ministério das Cidades, apenas 30% dos municípios brasileiros possuem PMSB e outros 37% estão em fase de elaboração. O prazo para elaboração do plano que era de 2014, vem sendo prorrogado, e atualmente espera-se que todo município possua um Plano Municipal de Saneamento até o final de 2019. Estudo da Abar de 2019 aponta ainda que além de escassos, muitos planos de saneamento não cumprem adequadamente com as funções básicas as quais deve cumprir, como diagnóstico, prognóstico e participação social (ABAR, 2019). O planejamento do saneamento é fator imprescindível para seu desenvolvimento, vinculado aos planos diretores urbanos e de bacias hidrográficas. Salienta-se ainda a necessidade dos planos com objetivo de nortear os investimentos, a fim de atingimento das metas dos contratos de programa ou concessão, celebrados com companhias estaduais ou empresas privadas de prestação de serviço.

Segundo Guimarães *et al.* (2014), uma dificuldade a ser enfrentada em busca da universalização diz respeito à evasão dos grandes usuários que, motivados pelos racionamentos e aumentos tarifários dos últimos dez anos, incorporaram fontes alternativas de abastecimento de água, que apontam a concessionária como a fornecedora menos viável devido aos altos preços cobrados. De acordo com dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) de Campinas, desde 1992 até maio de 2011 houve um aumento de 57.820 outorgas de poços a usuários que consumiam acima de 500 m<sup>3</sup> por mês no estado de São Paulo (JULIANO *et al.*, 2012 *apud* GUIMARÃES *et al.*, 2014). Estudo de Cardoso *et al.* (2008) aponta no mesmo sentido: a partir de estimativas de número de poços perfurados anualmente no Brasil averiguou-se que, caso o ritmo de acréscimo seja mantido, teremos 545.600 poços perfurados até 2020. Isso considerando os poços que possuem outorgas, ou seja, regularizados. Segundo estudo do Instituto Trata Brasil em parceria com a USP, 90% dos poços subterrâneos no país não possuem outorga, estimado a partir do cruzamento de bases de dados que apresentavam dados

divergentes (HIRATA *et al.*, 2019). Os valores provenientes do uso da fonte alternativa de cada um desses poços deixam de ser arrecadados, e demonstram a evasão de usuários que poderiam subsidiar os demais. Essa receita não arrecadada causa impacto no estudo de viabilidade da concessão que seria necessário à produção, distribuição de água e esgotamento sanitário. Dessa forma, as metas contratuais de universalização dos serviços de saneamento básico ficam mais distantes de serem atendidas visto que necessitam de equacionamento dos subsídios (JULIANO *et al.*, 2012 *apud* GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Rezende *et al.* (2007) aponta que, no Brasil, as ações individuais de saneamento não são uma prerrogativa das áreas rurais. Algumas soluções dessa natureza, tal como as fossas, são amplamente utilizadas nos centros urbanos, em locais onde os serviços públicos de saneamento não são ofertados ou em função da não-adesão dos domicílios aos serviços prestados. Assim, é comum a opção pelo uso de fossas em domicílios que têm acesso às redes públicas de esgotos, como forma de evitar o ônus financeiro deste serviço. Portanto, há fuga de potenciais usuários comerciais, industriais e residenciais que dispõem de redes de saneamento (água e esgoto) em seus respectivos logradouros, o que atrasa o pagamento dos investimentos no setor, tornando-o menos atraente e de avanço mais lento. Ainda que, no caso das áreas urbanas, a Lei nº11.445 preveja o seguinte em seu artigo 45:

Ressalvadas as disposições em contrário das normas do titular, da entidade de regulação e de meio ambiente, toda edificação permanente urbana será conectada às redes públicas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário disponíveis e sujeita ao pagamento das tarifas e de outros preços públicos decorrentes da conexão e do uso desses serviços.

Segundo Pessoa *et al.* (2018b), a solução individualizada também é considerada pelo Plansab para a universalização do saneamento no Brasil, e deve ser incluída como estratégia de gestão do saneamento. No entanto, Carvalho e Andreolli (2015) citam que:

Atualmente são os moradores das casas os responsáveis pela construção, retirada do lodo das fossas e tanques sépticos e, conseqüentemente, são obrigados a arcar com os custos do transporte e destinação final dos resíduos coletados. Esta parcela da população que habita áreas mais distantes dos centros urbanos, geralmente com

condições financeiras mais restritivas, justamente aqueles que deveriam ter um atendimento preferencial do poder público, são responsáveis por todos os custos da gestão dos resíduos

Dessa forma, a prestação dos serviços fica a cargo dos próprios moradores, que muitas vezes desconhecem as boas práticas de higiene, saneamento e gestão, permanecendo à margem dos regramentos existentes e da prestação adequada do serviço. Soma-se a esse fato, como citado anteriormente, esses cidadãos acabam por não contribuírem na amortização dos investimentos da infraestrutura de esgotamento sanitário já implementada, ou no financiamento de novas estruturas.

Pessoa *et al.* (2018b) apontam que, em Minas Gerais, os dados da companhia estadual revelam que diversos usuários abastecidos pelo sistema de água, estão situados em logradouros equipados com redes de coleta de esgotos, mas não estão ligados ao sistema (algo que acontece, por vezes, mesmo em municípios que possuem Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em funcionamento). Esses usuários são denominados usuários factíveis. Em dezembro de 2016 foram contabilizadas 200.836 unidades na situação de ligação factível descrita, representando 8% do total de 2.672.709 ligações prediais atendidas pelo serviço de coleta de esgoto no período. Tais informações são de substancial importância e precisam ser repassadas às concedentes dos serviços (Prefeituras Municipais). O poder legislativo municipal, por sua vez, tem responsabilidade na criação de leis municipais que prevejam sanções e até condições para interditar imóveis não conectados às redes disponíveis (obrigação usual em contratos), a fim de atender o proposto pela LNSB. Quanto à prática dos instrumentos sancionatórios aos usuários das edificações irregulares, é uma atribuição do poder executivo municipal realizar a fiscalização das residências. Contudo, na maioria das vezes isso não é feito, seja por carência de mão de obra especializada, por desconhecimento das normas ou mesmo por desinteresse político em penalizar eventuais eleitores. Tal situação contribui para dificultar a geração de retorno por parte do investimento realizado em esgotamento sanitário, com impacto negativo na receita porventura prevista nos estudos prévios de implementação dos sistemas. Pessoa *et al.* (2018b) supõem que as causas da não adesão podem ser justificadas pela deficiência de educação ambiental, além da ausência do entendimento de coletividade, e do desconhecimento ou não utilização dos instrumentos normativos.

Em termos da percepção da população em relação ao serviço de esgotamento sanitário e disposição da população de ser conectada à rede pagando uma tarifa por isso, cabe uma importante ressalva: existe no Brasil a possibilidade de cobrança apenas por parte do serviço – coleta sem tratamento, como explicado a seguir. O Decreto Federal nº 7.217 de 2010, que regulamenta a supracitada LNSB, define os serviços públicos de esgotamento sanitário como um dos componentes do saneamento, sendo caracterizado por:

Art. 9º Consideram-se serviços públicos de esgotamento sanitário os serviços constituídos por uma ou mais das seguintes atividades:  
I - coleta, inclusive ligação predial, dos esgotos sanitários;  
II - transporte dos esgotos sanitários;  
III - tratamento dos esgotos sanitários; e  
IV - disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais, inclusive fossas sépticas.

Deve-se ressaltar que o Superior Tribunal de Justiça já firmou jurisprudência no sentido da legalidade da cobrança pelos serviços de esgotamento sanitário, ainda que estes não englobem todo o rol de atividades previsto no artigo 9º do Decreto Federal nº 7.217/2010. O julgamento do paradigma foi proferido nos autos do Recurso Especial nº. 1.339.313-RJ, submetido ao regime dos denominados Recursos Repetitivos, nos termos do artigo 543-C do CPC. Transcreve-se um resumo do julgamento trazido no Informativo nº 530 do STJ para elucidar o tema (grifo nosso):

DIREITO ADMINISTRATIVO. TARIFA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO. RECURSO REPETITIVO (ART. 543-C DO CPC E RES. 8/2008-STJ).

É legal a cobrança de tarifa de esgoto na hipótese em que a concessionária realize apenas uma – e não todas – das quatro etapas em que se desdobra o serviço de esgotamento sanitário (a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final de dejetos). De fato, o art. 3º, I, “b”, da Lei 11.445/2007, ao especificar as atividades contempladas no conceito de serviço público de esgotamento sanitário, referiu-se à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final de dejetos. Deve-se ressaltar, contudo, que a legislação em vigor não estabelece que o serviço público de esgotamento sanitário somente existirá quando todas as etapas forem

efetivadas, tampouco proíbe a cobrança da tarifa pela prestação de uma só ou de algumas dessas atividades. Além do mais, o art. 9º do Decreto 7.217/2010, que regulamenta a referida legislação, confirma a ideia de que o serviço de esgotamento sanitário é formado por um complexo de atividades, explicitando que qualquer uma delas é suficiente para, autonomamente, permitir a cobrança da respectiva tarifa: “Consideram-se serviços públicos de esgotamento sanitário os serviços constituídos por uma ou mais das seguintes atividades: I - coleta, inclusive ligação predial, dos esgotos sanitários; II - transporte dos esgotos sanitários; III - tratamento dos esgotos sanitários; e IV - disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais, inclusive fossas sépticas”. Além disso, a efetivação de alguma das etapas em que se desdobra o serviço de esgotamento sanitário representa dispêndio que deve ser devidamente ressarcido, pois, na prática, entender de forma diferente inviabilizaria a prestação do serviço pela concessionária, prejudicando toda a população que se beneficia com a coleta e escoamento dos dejetos, já que a finalidade da cobrança da tarifa é manter o equilíbrio financeiro do contrato, possibilitando a prestação contínua do serviço público. Precedentes citados: REsp 1.330.195-RJ, Segunda Turma, DJe 4/2/2013; e REsp 1.313.680-RJ, Primeira Turma, DJe 29/6/2012.

Em suma, desde que haja pertinência entre a modalidade de cobrança e o serviço prestado, afigura-se juridicamente correta a cobrança pelos serviços de esgotamento sanitário, ainda que referente a apenas uma das atividades previstas no rol do artigo 9º do Decreto Federal nº 7.217/2010. Porém essa possibilidade gera reclamações por parte da população devido à incompletude do serviço. Citam-se dois exemplos a fim de ilustrar situações que geram insatisfação de usuários e concedentes dos serviços (Prefeituras):

- Existência somente do serviço de coleta: a população paga uma tarifa menor, mas é frequente que poucos investimentos sejam realizados em interceptores, lançando o esgoto em cursos d'água das áreas urbanas. A população paga pelo serviço, mas não

percebe seus benefícios sem o devido afastamento do esgoto até ponto a jusante dos cursos d'água da cidade;

- Existência do serviço de tratamento, mas que não atende a todos os municípios: alguns pagam tarifas mais baratas (apenas coleta) e outros, tarifas mais caras (com tratamento). No entanto, os que residem às margens dos cursos d'água, poluídos pelos esgotos daqueles que não possuem a devida interceptação, podem ser cobrados pela tarifa completa (com tratamento) sem serem beneficiários diretos da prestação do serviço.

Portanto, percebe-se que a possibilidade de cobrança separada por diferentes serviços, validando uma possibilidade incompleta, pode, ainda que com intenção de etapalizar o atendimento com o serviço de esgotamento sanitário, desestimular a população a se conectar à rede de esgoto. Essa situação pode gerar baixa disponibilidade de pagamento pela população, caso não perceba os benefícios dos serviços cobrados de forma direta (PESSOA *et al.* 2018b).

Somam-se à dificuldade de retorno dos investimentos no setor de saneamento, as dificuldades referentes ao acesso a fontes de financiamento e quanto a sua tributação. Segundo Rezende (2011), entraves referentes ao financiamento do setor podem ser destacados através da exposição de dois aspectos relacionados a natureza jurídica dos prestadores, os quais devem ser observados na reformulação dos programas de investimentos. O primeiro relaciona-se ao acesso de prestadores públicos a meios de financiamento: as autarquias não podem ter acesso direto a qualquer financiamento de fonte onerosa, mesmo sendo financeiramente independentes. O segundo é o fato de que as empresas públicas, criadas com o fim específico de prestar serviços públicos, possuem o mesmo tratamento tributário que as empresas privadas. Ainda segundo Rezende (2011), no nível federal a ação mais importante é a desoneração tributária da prestação dos serviços, além da alocação de recursos não onerosos para o setor de saneamento de forma estável e em montante significativo.

A Abes (2013) realizou pesquisa com o intuito de identificar os principais entraves ao investimento no saneamento no Brasil. Para tanto, foram consultados profissionais das operadoras públicas estaduais, privadas e públicas municipais, professores, profissionais liberais, consultores, entre outros. O questionário identificou cinco fases do planejamento: planejamento e gestão do empreendimento; decisão do investimento; elaboração do projeto; obtenção do financiamento; e, gerenciamento e execução. Quanto maior a nota, maior o entrave percebido. Os dois principais entraves, segundo a pesquisa, são a inexistência de planos



adequados na esfera municipal e o ambiente político. Os resultados podem ser vistos na Tabela 3.1 elaborada por Queiroz (2016) com os dados da pesquisa da Abes (2013).

**Tabela 3.1** Pesquisa a respeito dos investimentos em saneamento no Brasil

Fase do Investimento	Entraves	Nota
Planejamento	Fragilidade de informações	3.99
	Inexistência de planos adequados nas esferas municipais de governo	4.46
	Inexistência de planos adequados nas esferas estaduais de governo	4.1
	Inexistência de planos adequados na esfera federal de governo	3.87
	Baixa importância do setor de saneamento para os gestores públicos nos 3 níveis de governo	4.11
Decisão de investimentos	Carga Tributária	3.59
	Ambiente macroeconômico	3.71
	Ambiente político	4.53
	Ausência de incentivos fiscal e tributário	3.97
	Incerteza regulatório	3.68
Projetos	Dificuldade da contratação de projetos completos e com qualidade adequada	4.11
	Má qualidade dos projetos, resultante dos baixos preços contratados	4.13
	Falta de cadastros confiáveis e completos	4.17
	Incertezas quanto à escolha tecnológica inovadora	3.69
	Burocracia em questões fundiárias	4.16
Financiamento	Custo elevado de capital	3.81
	Ausência de estruturas de financiamento que se ajustem às necessidades de caixa do projeto	3.86
	Escassez de alternativas de mercado	3.47
	Requisitos de garantia	3.63
Gerenciamento e Fiscalização	Dificuldade de obtenção de licença ambiental	3.97
	Dificuldade de obtenção de licença em geral	3.90
	Demora nos Decretos de Utilidade Pública (DUPs)	3.99
	Má qualidade dos projetos	4.10
	Escassez de mão de obra qualificada	3.96
	Ausência de cadastros confiáveis e completos	4.19
	Editais mal elaborados	4.29
	Escassez de empreiteiras qualificadas	3.62
	Ausência de informação sobre empreiteiras qualificadas	3.60

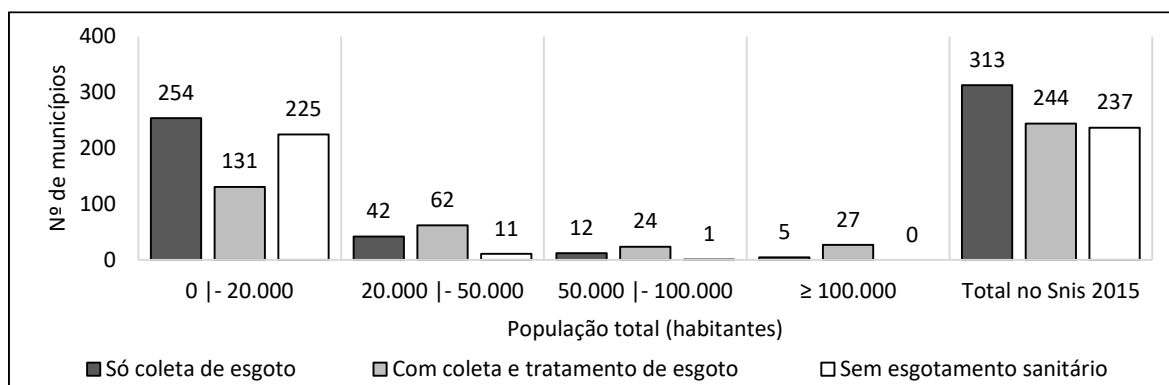
Fonte: Queiroz (2016) com base de dados Abes (2013)

Adicionam-se as dificuldades de investimentos no saneamento, o apontado por Vargas (2012), citando três obstáculos de cunho político institucional: falta de condições institucionais e financeiras de boa parte das companhias estaduais e dos prestadores municipais para acessar empréstimos e fundos disponibilizados pelo governo federal; falta de conhecimento ou desconfiança por parte dos titulares dos serviços e lideranças de movimentos sociais com relação às possibilidades de participação de prestadores de serviços privados no setor (alternativas, riscos e oportunidades); e, insegurança do prestador privado quanto aos riscos políticos envolvidos nos diferentes tipos de contrato.

Áreas que ainda não são atendidas com os serviços de saneamento, em tese, são as que trariam menor retorno financeiro, visto que ainda não houve interesse de prestadores atuarem nesses locais. Além disso, encontram-se dificuldades de implantação de infraestrutura nessas áreas por conta da carência de urbanização, tendendo a ser áreas de vulnerabilidade social, não

regularizadas urbanisticamente, ou áreas pouco adensadas com grande distanciamento entre os domicílios. Soma-se a isso a baixa capacidade de pagamento desses usuários potenciais. A Figura 3.2 de Hamdan *et al.* (2017), exemplifica o citado anteriormente: municípios com pequenas populações de Minas Gerais são preteridos no atendimento com esgotamento sanitário, enquanto municípios com população superior a 100 mil tem alguma parcela de seu esgoto coletado e tratado.

**Figura 3.2:** Distribuição dos municípios em função do extrato populacional e da existência de coleta e de tratamento de esgoto.



Fonte: Hamdan *et al.* 2017

Guimarães *et al.* (2014) fazem importante ressalva sobre o avanço do atendimento, pela qual apontam um momento delicado para o setor, pois, de um lado, exige-se a universalização do saneamento e um sistema regulatório de benchmarking para o setor; do outro, o ordenamento jurídico do país não favorece a atuação de serviços de saneamento em áreas de assentamento irregular, ainda que em áreas urbanas. Dessa forma, não sendo autorizados esses serviços, muito menos serão avaliados ou mensurados através de indicadores. É importante a escolha de diretivas que garantam informações adequadas e sua inserção nas pautas de discussão do cumprimento das políticas públicas, nos diversos espaços e âmbitos de atuação (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Libânio *et al.* (2005) citam problemas conjunturais relativos ao serviço de esgotamento sanitário observados no âmbito do Prodes (Programa de despoluição de bacias hidrográficas), como as dificuldades dos prestadores de serviços de saneamento em cumprir os prazos acordados em contrato devido a restrições financeiras, seja pela indisponibilidade de receitas na prestação dos serviços, seja pelo contingenciamento de verbas orçamentárias. É importante também mencionar os atrasos na implantação das ETEs em razão de problemas na licitação

para execução de obras e/ou compra de equipamentos. Outro problema recorrente citado pelos autores são as interrupções na operação das ETEs por inadequação de suas próprias instalações, como problemas construtivos nas unidades, ou dos componentes do sistema de esgotamento sanitário, além da ocorrência de rompimento de interceptores, infiltração de águas pluviais na rede de coletores, roubo de equipamentos em estações elevatórias, entre outros. Os autores apontam que ainda mais graves, contudo, são os problemas estruturais que dizem respeito aos projetos das ETEs e à relação entre os prestadores de serviços e o setor ambiental. No primeiro caso, destaca-se a incompatibilidade entre os parâmetros de projeto e os valores aferidos no início da operação das ETEs (LIBÂNIO *et al.* 2005).

### **3.3 Estimativas de investimentos no setor de saneamento**

No contexto do serviço de esgotamento sanitário no Brasil, que demanda volumosos investimentos, é importante o conhecimento de estimativas de custos de infraestruturas, premissas fundamentais para planejamento, seleção de investimentos e apoio a decisões estratégicas de médio e longo prazo (EARLE e FARREL, 1997).

Uma estimativa de custo é uma previsão que produz informações para decisões políticas e empresariais, se apresentada como substituto para a medição real quando esta não é viável. É considerada precisa quando é suficientemente próxima do valor real, de modo que as decisões tomadas com base nessas estimativas sejam similares àquelas fundamentadas num ambiente real, caso a sua caracterização seja possível (OTERO, 2000, MENDES *et al.*, 2009).

O estabelecimento de estimativas de custos (EC) deve obedecer a princípios básicos, sendo simples, claras, de fácil entendimento e alteração. Carr (1989) aponta que as EC devem “(...) apresentar-se numa forma que possa ser entendida, controlada, verificada e corrigida”. Outro destes princípios é a sua adequação e ajuste, além de que os resultados obtidos pela EC devem refletir a realidade, de modo a não ocorrerem falhas graves na tomada de decisões (CARR, 1989). No modelo paramétrico de custos, o custo estimado de um projeto é função de uma ou mais variáveis independentes e relevantes (COLOSSI, 2002, MENDES *et al.*, 2009).

Buarque (1984) observa, de uma maneira global, que, no processo de uma unidade de produção (neste caso, define-se a unidade do Sistema de Esgotamento Sanitário como uma unidade de produção que coleta, transporta, trata e faz a disposição final do esgoto e do lodo), pode-se constatar dois tipos básicos de custo:

- Os custos que correspondem à implantação da unidade de produção; e,
- Os custos que correspondem ao processo de produção propriamente dito.

A cadeia de custos de um sistema de saneamento revela o comportamento dos mecanismos formadores de custos de uma forma desagregada, mas cumulativa, desde a captação da água dos mananciais, passando pela distribuição aos consumidores finais, até o seu lançamento de volta ao meio ambiente na forma de esgotos tratados (ANJOS JÚNIOR, 2011).

Segundo Vargas (2012), a primeira estimativa realizada com o intuito de avaliar a necessidade de investimentos suficientes para atingir a meta de universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi feita no final da década de 1990, quando estudos do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) de 2003, estimaram em R\$ 4 bilhões por ano a demanda para atender toda a população urbana do país, no horizonte de dez anos. Essa estimativa, um tanto genérica e otimista, foi posteriormente revista pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, no âmbito do Plano Plurianual (PPA) 2004-2007. Segundo as previsões constantes nesse plano, o investimento necessário para universalizar o acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (inclusive tratamento), abrangendo área urbana e rural, expansão e reposição da infraestrutura em todas as unidades da federação, atingiria 178 bilhões de reais. Supondo uma taxa de crescimento da economia de 4% ao ano, esse montante corresponderia a um investimento médio de 0,45% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional durante vinte anos, partindo de um patamar de R\$ 6 bilhões no primeiro ano até atingir o dobro desse valor no final do período. A Aesbe, em 2006, a partir de estimativas de estudos do PMSS/MCidades realizados entre 2002 e 2003, estimou a necessidade em 11 bilhões anuais até o ano de 2024, o que correspondia a 0,6% do PIB, quantitativo muito superior ao que vinha sendo de fato investido.

Com respeito ao Plansab, Murtha (2016) ressalta seu caráter multissetorial e transversal, no âmbito da administração federal, estabelecendo diretrizes, metas e ações para o período 2014 – 2033. Os investimentos estimados pelo Plansab são da ordem de R\$ 508,5 bilhões, dos quais 60% em abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, com recursos oriundos, em sua maioria, de agentes federais (59%) e o restante mobilizado por outros atores como governos estaduais e municipais, prestadores de serviços, iniciativa privada e organismos internacionais, dentre outros. O plano estipula a meta de alcançar, em 2033, 99% de cobertura de domicílios

por serviços de abastecimento de água potável – sendo 100% na área urbana e 80% na área rural – e de alcançar 92% para o esgotamento sanitário – sendo 93% na área urbana e 69% na área rural (BRASIL, 2014). Segundo o Plansab, o total de investimentos até o ano de 2033 é de aproximadamente 122 bilhões para os sistemas de água e 181 bilhões para os sistemas de esgoto, totalizando pouco mais de 304 bilhões de reais, o que representa algo em torno de 15 bilhões anuais. Essa necessidade consiste em 5,43% do PIB. Considerando que a demanda de investimentos anuais representa cerca de 0,27% do PIB, sua elevação até aquela taxa representaria um aumento significativo; no entanto, tal taxa não deixa de ser factível, praticada em diversos países, inclusive aqueles que já atingiram a universalização.

Analisando o tema, Queiroz *et al.* (2015) realizaram uma adaptação da metodologia utilizada no Plansab com o intuito de identificar a necessidade de investimentos dos municípios atendidos por concessionária estadual. Para atingir a universalização, em 2033, foram encontrados valores da ordem de 25 bilhões de reais; destes, 14 bilhões seriam destinados para o sistema de água e 11 bilhões para o sistema de esgoto, resultando em uma média de investimento de 1,3 bilhão por ano.

Segundo Teixeira e Heller (2003), a avaliação do processo de planejamento e priorização de intervenções em saneamento no Brasil até a data, conduz à conclusão de que não há sistematização metodológica dessa atividade. Teixeira e Heller (2003) apontam também que:

- I. A priorização dos investimentos no setor de saneamento tem privilegiado critérios empíricos e demandas políticas, nem sempre legítimas, em detrimento da utilização de critérios socialmente relevantes para o estabelecimento de prioridades;
- II. Nos métodos utilizados no planejamento das intervenções em saneamento não têm sido considerados critérios epidemiológicos como parâmetros para o estabelecimento de prioridades de intervenções;
- III. Via de regra, não existem mecanismos de controle social e participação popular na definição das prioridades de investimento no setor de saneamento (TEIXEIRA, HELLER, 2003).

Cabe citar exceções, como é o caso do Prodes – Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas, que, a partir de 2001, investiu mais de 200 milhões de reais em mais de 55 ETEs em todo o

país. Segundo informações da própria ANA, o programa não financia obras ou equipamentos, mas paga pelos resultados alcançados, ou seja, pelo esgoto efetivamente tratado. As estações financiadas pelo Prodes foram projetadas com combinação de processos anaeróbios e aeróbios no tratamento, levando em consideração a sustentabilidade do empreendimento com base em indicadores tecnológicos, tais como: qualificação da mão de obra, nível cultural ou outros, e outros indicadores, tais como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Identifica-se outro exemplo, mais recente, de mudança da lógica de priorização de investimentos, de iniciativa da FUNASA, a partir de 2006. A entidade pública, vinculada ao Ministério da Saúde, passou a adotar critérios e procedimentos básicos para nortear seus investimentos, fundamentados em dados de saneamento básico e indicadores de saúde que visavam ampliar e aprimorar os parâmetros de atuação da Instituição nas ações de saneamento. Buscavam maior eficiência na aplicação de recursos financeiros e maiores impactos das ações na qualidade de vida e de saúde da população brasileira. Ainda na Portaria nº 151/2006, as ações de saneamento passaram a seguir diretrizes definidas pela Resolução nº 322/03 do Conselho Nacional de Saúde e a atuação ocorre, prioritariamente, em municípios com população de até 30 mil habitantes – observando critérios epidemiológicos e sanitários – com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), bem como aqueles então definidos como prioritários pelo Programa Fome Zero do Governo Federal (SILVA, *et al.* 2008).

Leoneti *et al.* (2011) corrobora com a mudança da lógica de investimento exposta acima, apresentando as ações e estratégias estabelecidas no Programa Saneamento para Todos em 2008, que visa o financiamento de operações de crédito com recursos do FGTS e do FAT para execução de ações de saneamento básico. Estados e municípios solicitam financiamento para obras de implantação e ampliação de redes de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, águas pluviais e resíduos da construção, saneamento integrado, além da preservação e recuperação de mananciais e elaboração de estudos e projetos que tenham o objetivo de qualificar a gestão da prestação de serviços.

Apesar das priorizações dos recursos não onerosos do Governo Federal para as áreas mais carentes de infraestrutura, Pessoa *et al.* (2018a) apontam que a realidade de prestadores na modalidade de companhias estaduais não se alterou quando comparada à apresentada por

Teixeira e Heller (2003). A definição dos investimentos ainda é norteada por fatores políticos e não por ferramentas de priorização e gestão, como a proposta pelos autores supracitados.

A Tabela 3.2 estrutura as informações das diferentes fontes citadas que estimaram os investimentos em saneamento de acordo com os diferentes serviços (SAA e SES) e a abrangência (nacional, estadual, urbano, área de abrangência de companhia estadual).

**Tabela 3.2** Estimativas de investimentos em SAA e SES para diferentes abrangências

<b>Fonte</b>	<b>Valores</b>	<b>Abrangência</b>
Programa de Modernização do Setor de Saneamento (2003)	40 bilhões em 10 anos	SAA e SES -Nacional
Plano Plurianual (2004-2007)	178 bilhões em 20 anos	SAA e SES - Nacional
Aesbe (2006)	220 bilhões em 20 anos	SAA e SES - Nacional
Plansab (2013)	304 bilhões em 20 anos	SAA e SES - Nacional
	181,9 bilhões em 20 anos	SES - Nacional
	166,5 bilhões em 20 anos	SES urbano - Nacional
Atlas da ANA de despoluição de bacias hidrográficas de (2017)	150 bilhões em 22 anos	SES urbano da sede - Nacional
	9,5 bilhões em 22 anos	SES urbano da sede – Minas Gerais
	5 bilhões em 22 anos	SES urbano da sede - Municípios atendidos pela Companhia estadual desse estudo
Queiroz <i>et al.</i> (2015)	11,4 bilhões em 18 anos	SES urbano - Municípios atendidos pela Companhia estadual desse estudo

Fontes: PMSS (2003), Plano Plurianual (2004-2007), estudo Aesbe (2006), Brasil (2013), Atlas ANA (2017), Queiroz *et al.* (2015)

Importante ressaltar o fato que o Plansab apontava 2 tipos de investimentos a serem realizados no tocante a universalização dos serviços, definidos como estruturais e estruturantes (BRASIL,

2014). O quadro acima apresenta as necessidades de investimentos estruturais. O item 3.2 apresenta diversas dificuldades a universalização que não consistem em investimentos em infraestrutura, portanto, há também a necessidade de investimentos em medidas estruturantes. Em consonância com o discutido, a Abar lançou estudo em 2019, que em sua avaliação dos desafios do avanço e universalização do esgotamento sanitário, aponta o investimento como apenas um dos problemas a serem enfrentados. São citados pelo estudo, em adição ao problema estrutural, a necessidade de aprimorar os seguintes tópicos: política tarifária, subsídios, ociosidade de redes, regulação, planejamento, tecnologia e soluções alternativas, subvalorização dos serviços, esgotamento em áreas irregulares e em áreas rurais (ABAR, 2019).

Os autores Lucca *et al.* (2011), Pacheco (2010), Pacheco *et al.* (2015), Brites *et al.* (2007), Colossi (2002), Nunes *et al.* (2005), Salazar (2010), von Sperling (2017), Mendes *et al.* (2009) e nota técnica nº492 da SNSA (2010) avaliaram os custos de SES implementados, em diferentes regiões do Brasil e de Portugal no caso de Mendes *et al.* (2009), a fim de criar modelos de custos e faixas típicas de custos *per capita*. Brites *et al.* (2007) elaboraram funções de custos para diferentes tecnologias de tratamento de esgoto, utilizando como base dados de ETES construídas através dos projetos Iguazu, Prosam e Parasan. Nunes *et al.* (2005) utilizaram dados do financiamento de ETES através do Prodes para criar faixas típicas de custo *per capita* por tecnologia e por faixa de população. Pacheco (2010) e Pacheco *et al.* (2015) objetivaram desenvolver método de estimativa de custos para redes de coleta e transporte de esgoto, ETES e sistemas de condicionamento e tratamento de lodo. A base de dados utilizada por Pacheco (2010) compreendia os contratos de implantação de unidades de SES registrados pelas empresas terceirizadas que atendem a Prestadores de serviços de saneamento. Lucca *et al.* (2011) estudou custos típicos de ligações, redes de coleta e estações de tratamentos de esgoto, de SES que atendem municípios de pequeno porte, entre 1.500 e 5.000 habitantes, com características rurais. Colossi (2002) criou modelos e relações paramétricas de custos de sistemas de esgotamento sanitário baseados em dados de projetos da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) de redes de coleta, EEEs, ligações prediais e ETES. Mendes *et al.* (2009), por sua vez, analisou dados de prestadores de serviço de saneamento de Portugal, para criar funções de custos e estabelecer relações paramétricas com custos de rede de coleta, EEEs e ETES. A Secretária Nacional de Saneamento Ambiental, no ano de 2010, publicou a nota técnica nº492 que apresenta valores típicos de custos de infraestrutura, como rede de coleta, ligação de esgoto, ETES e custo total do SES (BRASIL, 2010). O estudo que serviu de base para elaboração do PNSR (Plano Nacional de Saneamento Rural) buscou na literatura



outras referências de custos de infraestrutura de SES, entre eles a nota técnica da SNSA. Tal estudo, de autoria de von Sperling (2017), apresenta valores típicos de redes de coleta, ligações de esgoto e ETEs típicas do saneamento rural (VON SPERLING, 2017). Esses estudos são referências importantes para avaliar as estimativas feitas sobre custos de SES no âmbito da presente pesquisa.

### **3.4 Regulação econômica em um mercado de monopólio natural**

O saneamento é um serviço de utilidade pública, sendo que a prestação de abastecimento de água e de esgotamento sanitário se dá através de monopólios naturais (MADEIRA, 2010). Araujo (1997) apresenta este conceito da seguinte forma: [...] se um determinado bem ou serviço (não facilmente substituível) pode ser fornecido por uma única firma para um mercado a menor custo que duas ou mais, com as tecnologias disponíveis, diz-se que este setor apresenta características de monopólio natural. Isso ocorre se existem economias de escala até volumes de produção da ordem da dimensão do mercado. De forma complementar, Possas *et al.* (2001) associa ao monopólio natural significativas economias de escala e/ou de escopo (em caso de atividade multiprodutora) em relação ao tamanho do mercado, calculado para um preço ao nível do custo médio mínimo (correspondente à escala mínima eficiente). Segundo Joskow (2000), de modo geral, para que ocorra o monopólio natural, é preciso haver vantagens relacionadas às economias de escala e escopo, definição similar à proposta por Riordan e Williamson (1985).

Dessa forma, há consenso entre os autores quanto às características dos serviços que compõem essa distorção de mercado definida como monopólio natural. Em resumo, são resultado de um mercado onde se tem grande ganho de escala, alto custo de instalação e demanda inelástica, fatores que inviabilizam a concorrência, impossibilitando que diferentes empresas ofertem o mesmo produto, no mesmo local, ao mesmo tempo.

Se por um lado as situações monopolísticas geram vantagens econômicas, por outro levam a ineficiências do ponto de vista social, uma vez que restringem a produção, fazendo com que o monopolista possa elevar os preços acima do nível competitivo (POSSAS *et al.* 1997). Assim, temos que o monopólio natural e as externalidades geradas nos setores por ele atendidos podem acarretar em perdas de bem-estar social. As falhas desse tipo de mercado incluem: a) assimetria de informação entre os agentes econômicos; b) externalidades; c) comportamento colusivo ou não otimizador dos agentes; d) poder de mercado ou de monopólio, entre outras violações do equilíbrio geral competitivo (ARAÚJO, 1997). Portanto, com base na Teoria do Monopólio

Natural, é possível compreender a necessidade de regras de precificação, uma vez que nesse cenário a produção total do mercado se dá por uma única firma. O objetivo da regulação tarifária é, então, conciliar os monopólios naturais com a eficiência de mercado, considerando as questões alocativa, distributiva e produtiva, de forma a beneficiar os consumidores (SAINTIVE e CHACUR, 2006, *apud* MIRANDA, 2015).

A regulação é definida por Galvão Jr. e Paganini (2009) como a intervenção do Estado nas ordens econômica e social com a finalidade de se alcançarem eficiência e equidade, traduzidas como universalização na provisão de bens e serviços públicos de natureza essencial por parte de prestadores de serviço estatais e privados. Para Posner (2000), a regulação tem função de forçar, através de subsídios internos, a provisão de certos serviços em quantidade e preços que o livre mercado não seria capaz de oferecer. Stigler (2000, p. 3), por sua vez, afirma que a regulação é instituída principalmente para proteção e benefício do público em geral, ou de um grande subgrupo do público. Já Araújo (1997) aponta para a necessidade de se controlar a distribuição e quantidade do excedente social, garantindo à concessionária um lucro razoável, mas coibindo abuso do seu poder de mercado. Outras tarefas da regulação, segundo Araújo (1997), seriam garantir padrões de qualidade do serviço e equidade entre consumidores e estimular a eficiência e o progresso técnico, além de exigir serviço universal como direito de cidadania ou a fiscalização de externalidades. Portanto, o objetivo da regulação é de combater as falhas de um mercado monopolístico.

Faraco e Coutinho (2007) expõem que a regulação deve assegurar que sejam atendidas simultaneamente as demandas dos consumidores e os retornos razoáveis aos investidores, os quais devem ser, ainda, estimulados a repassar os ganhos de produtividade e inovações (tecnológicas ou gerenciais) a seus usuários, distribuindo-os eficientemente. Deve buscar, enfim, o “ponto ótimo”, no qual as tarifas para o consumidor sejam as mais baixas possíveis, sem prejuízos de retornos considerados adequados para eventuais investidores privados ou a sustentabilidade econômica de prestadores exclusivamente públicos (FARACO e COUTINHO, 2007). Tal prestação de serviço regulado está inicialmente vinculada a um contrato de concessão – ou de Programa, como regra a LNSB em seu artigo 11º (BRASIL, 2007). Conjuntamente com a ação regulatória, o contrato estabelecido entre município e Prestador dá forma a esse compromisso de longo prazo, que precisa de longevidade para garantir o retorno dos altos investimentos empregados (LEITE, 2016).

Pode-se observar que os princípios acima discutidos para a regulação foram contemplados pela LNSB ao se avaliar o artigo 22º, transcrito a seguir na íntegra (grifo nosso):

[...] Art. 22. São objetivos da regulação:

I - estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços e para a satisfação dos usuários;

II - garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;

III - prevenir e reprimir o abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do sistema nacional de defesa da concorrência;

IV - definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade. [...]

Há que se observar também as deficiências da atividade regulatória tais quais as apontadas por Tafarel *et al.* (2013), que entende a regulação como mais um componente de risco ao qual as empresas se sujeitam. O chamado risco regulatório decorreria de fatores como modificações na estrutura legal, atualizações tarifárias e outras formas de restrições impostas pelo governo na defesa do interesse público (TAFAREL *et al.* 2013). Além desse fator de risco, há o possível efeito amplamente debatido da "captura", no qual o ente regulador pode ser "capturado" em benefício de determinado grupo de interesse. Sob esta perspectiva, podem surgir vieses favorecendo "determinados grupos de pressão, representados diretamente ou através do governo, e vieses em favor das firmas reguladas" (ARAÚJO, 1997, p.15). Posner (2000) define que o órgão regulador é capturado quando o bem comum é distorcido por interesses da indústria que é por ele regulada. As ações de cada ente na relação entre regulador e agente regulado se tornam indefinidas, através da influência do segundo nas atribuições do primeiro.

Assim, temos que preços, programas de investimentos, políticas e regras para assegurar a qualidade de tais serviços estão sujeitos à influência direta do governo. A este tipo de regulação de firmas e indústrias dá-se o nome de economia da regulação, para distingui-la de outras formas de regulação governamental de empresas, tais como regulação ambiental, de saúde e de segurança do trabalho (JOSKOW, 2000).

Na regulação, existem diferentes métodos de atuação, os mais comuns sendo o comando e o controle, por incentivos e por comparação. As agências reguladoras ao redor do mundo adotam diferentes modelos, muitas vezes com base em mais de um método, simultaneamente. A regulação através de comando e controle se assemelha às supracitadas regulações ambiental, de saúde e segurança do trabalho. O Estado é o responsável por definir um conjunto de regras para determinados serviços e ações, e atua como fiscalizador responsável por avaliar o atendimento às regras criadas por parte dos reguladores (JOSKOW, 2000).

Já a regulação por incentivos, também desenvolvida e aplicada como método regulatório, é definida por Lewis *et al.* (1997) da seguinte maneira: A regulação por incentivo consiste no uso de recompensas e penalidades para induzir o Prestador a alcançar os objetivos almejados, dispondo o Prestador de algum poder discricionário na consecução dos objetivos. Os autores ainda apontam para três elementos dessa definição:

- O uso de recompensas e penalidades fornece incentivos para motivar o Prestador nas suas atividades. Este sistema substitui uma forma de comando e controle.
- O Prestador ajuda a definir as metas de desempenho. Os objetivos não são ditados unilateralmente pela regulador. As informações da empresa sobre interdependências complexas de desempenho (entre os resultados e qualidade) podem ser levados em consideração.
- O Prestador decide como atingir as metas. As ações específicas não são prescritas pelo regulador, o que permite que o Prestador utilize suas informações internas e possa estabelecer incentivos internos apropriados para performance melhorada.

Sappington (1994), por sua vez salienta que a regulação por meio de incentivos se torna eficaz em determinadas configurações, as quais exigirão um cuidado com características idiossincráticas do ambiente. O melhor plano de regulação de incentivo em qualquer configuração variará de acordo com os objetivos regulatórios; fatores institucionais e tecnológicos; a natureza da informação, levando em consideração a assimetria entre regulador e regulado; e as habilidades de compromisso do regulador.

A regulação deve ser dinâmica sem se tornar, no entanto, instável. Deve, portanto, promover a estabilidade das regras e decisões da política regulatória. Nesse sentido, Faraco e Coutinho

(2007) argumentam que a estabilidade deve vir acompanhada de mecanismos que admitam flexibilidade e capacidade de adaptação a novos cenários como condições de eficácia operacional e também de legitimidade democrática do próprio regime regulatório. Em outras palavras, é preciso haver lugar para mudanças impulsionadas, entre outros fatores, pelo dinamismo tecnológico e pelo aumento (ou diminuição) do grau de rivalidade entre os agentes econômicos (FARACO e COUTINHO, 2007).

Segundo Marques e Simões (2008), uma das funções mais importantes do IRAR (atual ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos de Portugal) consiste na aplicação da denominada regulação *sunshine*, isto é, na aplicação e comparação do desempenho (*benchmarking*) dos operadores e da sua discussão pública. Portanto, o caso de Portugal é um exemplo de regulação por comparação, onde se compara o desempenho de diferentes prestadores de mesmo escopo, que operam em diferentes localidades, com base em indicadores, dando transparência e publicidade a essas informações.

Tendo em conta a importância e complexidade das técnicas regulatórias, fica evidente a necessidade de aprofundamento do conhecimento da inter-relação da atividade regulatória com os prestadores de saneamento no Brasil. Tal atividade, prevista como obrigatória pela LNSB em 2007, ainda busca se estabelecer e desenvolver. A regulação deve ser orientada pelas premissas básicas da LNSB, entre elas a universalização dos serviços e a modicidade tarifária. Portanto, a regulação econômica que estabelece as tarifas, que por sua vez remuneram os investimentos realizados pelos prestadores, não pode perder essas premissas fundamentais de vista, ainda que por vezes sejam antagônicas.

### **3.5 Capacidade de pagamento pelos serviços de esgotamento sanitário**

A ONU divulgou no ano de 2011, em seu Programa da Década da Água, Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC) – as seguintes características essenciais para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: i) suficiente: a disponibilidade deve ser contínua e suficiente para usos pessoais e domésticos; ii) segura: água com potabilidade e sanitários devem estar disponíveis para serem utilizados a qualquer hora do dia ou da noite; iii) aceitável: a água deve ter cor, odor e sabor aceitáveis para o consumo pessoal e doméstico, todas as instalações e serviços devem ser culturalmente adequados e ter em conta requisitos de gênero, ciclo de vida e privacidade; iv) fisicamente acessíveis: os serviços devem ser fisicamente acessíveis dentro, ou na proximidade imediata, do lar, local de trabalho e

instituições de ensino ou de saúde; e v) a preços razoáveis: as instalações e serviços deverão estar disponíveis a preços razoáveis para todos, mesmo os mais pobres (ONU, 2010).

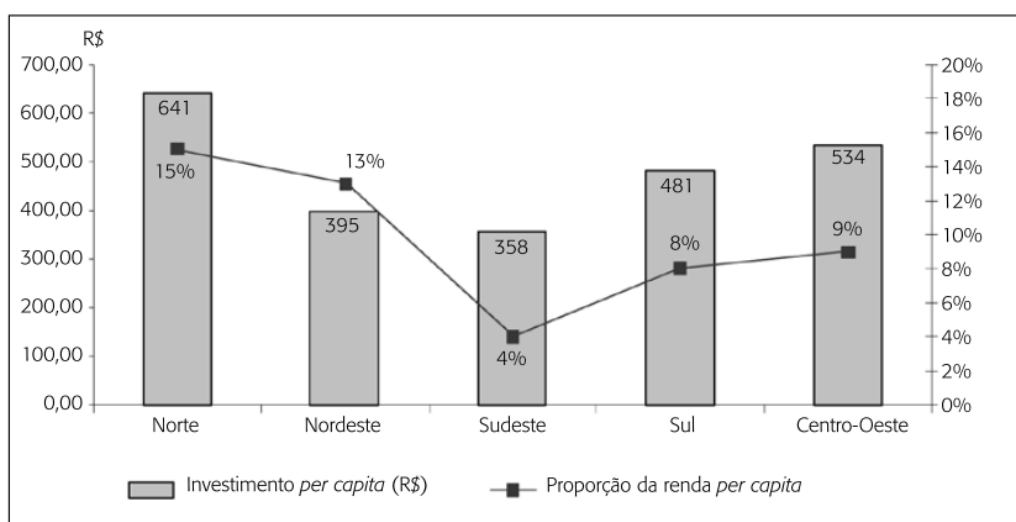
No que se refere ao item v) supracitado, definido tecnicamente como modicidade tarifária, tal princípio é instituído através do artigo 22 na LNSB (BRASIL, 2007). Segundo estudo apresentado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD em seu Human Development Report (2006), o comprometimento da renda domiciliar familiar não deveria ultrapassar mais do que 3% com serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto (PNUD, 2006). Já a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estipula que a porcentagem da renda familiar comprometida com os serviços de água e esgoto esteja entre 0,5 a 2,4%, propondo um intervalo diferente para os estratos populacionais de menor renda, entre 2,3-3,9% (OCDE, 2002). Esses valores são médios globais que devem nortear os princípios de tarifação, mas deve-se atentar para as características locais de distribuição de renda e nível de atendimento com saneamento, visto que o Brasil ainda está distante de sua universalização, ao contrário da maioria dos países membros da OCDE.

Carvalho *et al.* (2010), ao comparar diferentes estudos das necessidades de investimentos nos serviços de água e esgoto de países como Itália, País de Gales, EUA, Inglaterra e Portugal, apontam que, para além das consequências que terá sobre os consumidores, o aumento das tarifas poderá conduzir ainda, num futuro próximo, a uma diminuição do consumo por parte das famílias de menores recursos, dado que os consumidores em Portugal, tal como globalmente, parecem ser sensíveis ao aumento de preço dos serviços. De qualquer forma, dada a inelasticidade desse bem (pela sua indispensabilidade), a redução será sempre pequena, pelo menos para os consumos essenciais. O compilado dos estudos dos países supracitados, demonstra que, apesar de elevadas, as parcelas dos rendimentos das famílias gastas com os serviços de água e esgoto em 2004 encontravam-se dentro de limites aceitáveis quando comparadas aos valores verificados em outros países, bem como aos indicados pela OCDE. Os autores salientam a importância de estudos nesse sentido; em particular, a estrutura do sistema tarifário, os tipos de usuários e de consumos, a existência de tarifas sociais e as políticas de subsídio cruzado devem estar dependentes da *affordability* (traduzido como capacidade de pagamento) dos consumidores (CARVALHO *et al.* 2010).

Com a crise fiscal que assola o Brasil desde 2013, já abordada anteriormente, as perspectivas de cenários previstos pelo Plansab estão próximas ou até mesmo abaixo do pior cenário de

desenvolvimento econômico do país. Com isso, reduzem-se os recursos não-onerosos disponíveis para investimentos no setor de saneamento. Dessa maneira, a maior parte dos recursos que compõem os investimentos deverá, nos próximos anos, se originar das próprias tarifas cobradas pelos Prestadores. Porém disto surgem certas dificuldades, visto que locais que mais demandam investimentos, são aqueles que possuem menor capacidade de pagamento, como apresenta Leoneti *et al.*(2011) na Figura 3.3, a seguir.

**Figura 3.3** Necessidade de investimento para universalização do saneamento por macrorregião do Brasil no ano de 2006



Fonte: Leoneti *et al.*(2011) adaptado Aesbe (2006)

De acordo com a Figura 3.3, o Sudeste é a região que necessita de menor investimento *per capita*, em torno de R\$ 358, enquanto que a região Norte necessita de um investimento da ordem de R\$ 641, quase o dobro. Observa-se também que a região Norte possui o maior comprometimento da renda *per capita* da população com relação ao total necessário a ser investido. Percentuais elevados como esse tornariam mais necessária a atuação do Estado com investimentos não reembolsáveis — que não obrigariam o tomador do empréstimo ao pagamento do montante recebido.

Queiroz (2016) propõe a instituição de Fundos de saneamento, a fim de minimizar os montantes arrecadados por Prestadores de economia mista (22 das 24 companhias estaduais do país segundo dados do SNIS) e favorecer a universalização do serviço de saneamento nos prazos definidos pelo Plansab. Segundo o autor, ao destinar parcelas da receita, o prestador deverá pagar impostos como PIS, Cofins, IRPF (*sic*, o correto seria IRPJ) e CSLL. Portanto, o aumento

tarifário precisa ser suficiente de forma que o montante líquido, percebido após a dedução tributária, permita o atendimento de seus objetivos. Outro ponto fundamental é o lucro. Ao instituir uma receita maior ao prestador, ele auferirá um lucro maior, portanto poderá distribuir maior participação nos resultados aos empregados e dividendos aos acionistas. É importante, portanto, que o regulador crie regras para que o prestador não distribua maior resultado aos empregados e acionistas. Soma-se a isso a impossibilidade de fazer o mesmo com os tributos, mas a legislação atual não prevê esse abatimento.

Dessa maneira, o trabalho de órgãos reguladores é fundamental e desafiador, considerando o cenário atual de déficit dos serviços de esgotamento sanitário e a necessidade de investimentos no setor. Deve-se observar também os cenários de médio e longo prazo, atentando-se às premissas da modicidade tarifária e da universalização de serviços (serviço entendido como direito humano), levando em consideração os interesses das empresas de saneamento de economia mista com fins lucrativos (serviço entendido como mercadoria). Existe ainda a necessidade de cobrar a melhoria da eficiência da prestação do serviço em um cenário de monopólio natural, em que se destaca a pouca transparência causada pela assimetria de informações e pelos subsídios cruzados.

## **4 METODOLOGIA**

De forma resumida, avaliaram-se os custos *per capita* de infraestruturas de esgoto (ETEs, rede de coleta considerando as EEEs, ligações das residências a rede) com dados reais do banco patrimonial de uma companhia estadual de água e esgoto. Além disso, foram utilizados os dados reais de custos com operação de coleta e tratamento de esgoto por município. Foram realizadas análises estatísticas a fim de determinar a influência de determinadas variáveis que porventura interferissem nos valores encontrados de custos *per capita*. Com os dados de custos *per capita*, de implantação, foram estimados os investimentos para atendimento da população, prevista pelos contratos de prestação celebrados entre a companhia em questão e municípios. Foi considerada a população não atendida no ano de 2018, além do crescimento vegetativo até 2033, ou seja, o cenário de final plano do Plansab. Com os custos de operação, conjuntamente ao valor calculado de investimento em infraestrutura, foi estimada a tarifa a ser cobrada dos usuários pelos serviços prestados de esgotamento sanitário. A tarifa estimada serviu como parâmetro para avaliação, do quanto o gasto com saneamento, representaria na renda familiar



das populações atendidas. Todos os dados de custos foram atualizados para a data de agosto de 2017.

## **4.1 Análise dos custos de ETEs**

### **4.1.1 Análise preliminar e descritiva dos custos de ETEs**

Para compor a análise, foram utilizados dados oriundos do banco patrimonial de uma Cesb do Brasil, o qual apresenta os valores totais de investimentos de 144 ETEs. Existem 38 ETEs que, por consistirem em investimentos executados a partir de fontes de financiamento externas a prestadora, não compõem a base de ativos remunerada pela tarifa. Assim sendo, os valores de seus custos não foram incluídos na planilha. Dados complementares utilizados nessa análise e oriundos da mesma base foram: a data em que a ETE entrou em operação, sua capacidade instalada e sua tecnologia de tratamento. O Apêndice I apresenta os dados das ETEs utilizadas no estudo (tecnologia, capacidade nominal, custo *per capita* e idade). Os dados de capacidade instalada foram obtidos do próprio banco patrimonial, conferidos por relatórios de fiscalização operacional da Agência reguladora, planilhas de monitoramento da Prestadora e imagens de satélite.

De posse dos dados, os custos históricos dos ativos identificados como ETE foram corrigidos monetariamente para a data base de agosto de 2017. Essa data de referência foi escolhida por existirem dados atualizados, até então, para a execução completa das análises desse estudo. Para o ajuste de valor presente, foi adotado o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), taxa calculada mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) para medir o aumento dos custos dos insumos utilizados em construções habitacionais. O índice é utilizado para reajustar as parcelas dos contratos de compras de imóveis em fase de construção. É importante ressaltar que a opção por considerar custos históricos permite avaliar os valores efetivamente incorridos pela empresa, captando o contexto tecnológico em que os investimentos foram realizados e atendendo, principalmente, à proposta de aferir o papel do tempo nos custos de determinada tecnologia de tratamento.

A capacidade instalada foi utilizada para se calcular a população equivalente à que poderia ter seus esgotos tratados por determinada ETE, conforme a equação 1. O fator de conversão utilizado foi o volume de esgoto tratado *per capita* atual, calculado conforme a equação 2. Por fim, o custo *per capita* investido em tratamento foi calculado conforme a equação 3.

$$P_{Eq.} = \frac{V_{Trat.Máx.}}{Q_{Per\ capita}} \quad (\text{eq. 1})$$

$$Q_{Per\ capita} = \frac{V_{Trat.Atual}}{P_{Trat.Atual}} \quad (\text{eq. 2})$$

$$C_{Per\ capita} = \frac{V_{Inv.INCC}}{P_{Eq.}} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde,  $P_{Eq.}$  é a população com potencial de atendimento com tratamento por cada uma das ETEs;  $V_{Trat.Máx.}$  é a capacidade instalada de cada ETE;  $Q_{Per\ capita}$  é o volume de esgoto tratado *per capita* atual;  $P_{Trat.Atual}$  é a população atual atendida com tratamento;  $V_{Trat.Atual}$  o volume médio de esgoto tratado entre os meses de setembro de 2016 e 2017,  $V_{Inv.INCC}$  o valor da ETE corrigido via INCC,  $C_{Per\ capita}$  o custo *per capita* de cada ETE. A população atendida com tratamento foi obtida através da população atendida por coleta por município, multiplicado pela porcentagem de cadastros comerciais (ligações) que são cobradas por tratamento do total de ligações. Esse valor pode possuir incorreções, primeiro por conta de áreas que não tem o esgoto coletado levado ao tratamento, mas são cobrados por tratamento, o que no caso significa um local de cobrança indevida por parte do prestador. Segundo, caso a taxa de ocupação por domicílio seja diferente entre a população atendida apenas por coleta, e a população atendida por coleta e tratamento, geraria uma estimativa incorreta. Porém é o dado disponível e gera resultados com precisão suficiente ao estudo.

Para municípios que possuem mais de uma unidade de tratamento, a variável  $P_{Trat.Atual}$  (população atual atendida com tratamento) foi ajustada para se limitar a cada ETE. Para tal, a população atual atendida com tratamento foi multiplicada pela razão entre a capacidade instalada da ETE ( $V_{Trat.Máx.ETE}$ ) e a capacidade total de tratamento do município ( $V_{Trat.Máx.}$ , sendo a soma das capacidades de todas as suas ETEs), conforme equação 4. A necessidade desse método de cálculo reside no fato de que tanto volume de esgoto tratado quanto população atendida com esgoto tratado são informações compiladas somente por município, não sendo mensuradas para cada bacia sanitária (área contribuinte à ETE).

$$P_{Trat.Atual\ ETE} = P_{Trat.Atual} \times \frac{V_{Trat.Máx.ETE}}{V_{Trat.Máx.}} \quad (\text{eq. 4})$$

Para identificação de *outliers*, primeiramente foi determinado o custo unitário de implantação da ETE ( $C_{Un.ETE}$ ), calculado em relação à vazão, conforme equação 5. Após calcular esse indicador para cada uma das ETEs da amostra inicial (constituída por 144 ETEs), foram obtidos

os valores do primeiro ( $Q_1$ , percentil 25%) e do terceiro quartil ( $Q_3$ , percentil 75%) e, por subtração, calculado o intervalo interquartil ( $IIQ$ ). Foram considerados *outliers* e removidos da amostra todos os valores de custo unitário de implantação da ETE acima do limite superior ( $LS$ ) ou abaixo do limite inferior ( $LI$ ), conforme as equações 5 e 6. Além disso, foram analisados os valores um a um, a fim de avaliar se eles eram razoáveis, comparando com dados da literatura e se seus dados eram consistentes. Ao final, restaram 126 ETEs, localizadas em 97 municípios.

$$C_{Un.ETE} = \frac{C_{ETE}}{V_{Trat.Máx.ETE}} \quad (\text{eq. 5})$$

$$LS = Q_3 + 1,5 \times IIQ \quad (\text{eq. 6})$$

$$LI = Q_1 - 1,5 \times IIQ \quad (\text{eq. 7})$$

onde  $C_{Un.ETE}$  é o custo unitário de implantação da ETE;  $C_{ETE}$  é o custo de implantação da ETE corrigido pelo INCC para o ano base de 2017; e  $V_{Trat.Máx.ETE}$  a capacidade instalada da ETE.

Os resultados de custos *per capita* foram plotados em gráficos *box-whisker* através do software Excel®, com as variáveis idade, capacidade instalada e tecnologia. O objetivo é apresentar os resultados e observar possíveis tendências. Os intervalos de idade foram subdivididos de 5 em 5 anos, a fim de identificar a influência de mudanças do cenário econômico nos custos *per capita* nos períodos avaliados. Para subdivisão das ETEs por seu porte, foi utilizada a classificação estabelecida pela DN COPAM nº217 de 2017. Ressalva-se que foi realizada uma subdivisão do médio porte em outros dois grupos A e B. Isto se deveu ao fato de o médio porte aglutinar ETEs que possuem características mais próximas do grupo de pequeno porte (grupo A) e outras que se aproximam mais das ETEs de grande porte (B). A divisão de acordo com a capacidade nominal ( $x$ ) de cada ETE ficou a seguinte: pequeno porte ( $x < 10$  l/s), médio porte A ( $10$  l/s  $< x < 50$  l/s), médio porte B ( $50$  l/s  $< x < 100$  l/s) e grande porte ( $100$  l/s  $< x$ ).

#### 4.1.2 Análise de regressão dos custos *per capita* de ETEs

Foram criados gráficos comparativos e testadas regressões, utilizando-se o software Excel®, entre os dados de valores investidos e população equivalente de cada ETE, separados por associação de tecnologia. A fim de evitar a influência da grande amplitude de valores nas regressões, foi necessário utilizar o logaritmo na base 10 dos dados de valores investidos e de população equivalente.

Foram realizados testes de diferença significativa de Kruskal-Wallis, teste não paramétrico, para os custos *per capita* de tecnologias similares, a fim de agrupá-las em grupos com maior número de amostras, caso não houvesse diferença significativa entre os valores. Caso haja diferença significativa, as associações de tecnologia não foram agrupadas. O teste de Kruskal-Wallis é uma análise não-paramétrica, ou seja, não requer normalidade dos dados. Na avaliação do teste de hipótese, constata-se diferença significativa se o p-valor é inferior a 0,05 (ou 5%) e descarta-se a hipótese de diferença significativa caso o p-valor seja superior a 0,05 (ou 5%) (KRUSKAL e WALLIS, 1952).

Para avaliar quais aspectos das ETEs estão associados à variação no custo *per capita* investido em tratamento de esgoto ( $C_{per\ capita}$ ), foi utilizado o método de regressão linear simples e múltipla através do programa estatístico R. A análise de regressão é uma técnica estatística para investigar e modelar a relação entre variáveis, sendo uma das mais utilizadas na análise de dados. Utilizou-se para tal o método dos mínimos quadrados, por sua simplicidade e ampla utilização. Nas regressões, tem-se o objetivo de avaliar a relação de uma variável de interesse (variável dependente ou variável resposta) com outras variáveis (variável independente ou covariável). Como variável dependente, temos o custo *per capita*, e, como variáveis explicativas e quantitativas, foram consideradas a idade da ETE, a capacidade instalada e a população equivalente de cada ETE (sempre testando capacidade instalada e população equivalente separadamente, visto que uma variável deriva da outra). A idade foi escolhida em uma tentativa de aferir se há alguma tendência de aumento, diminuição ou manutenção dos custos *per capita* com o tempo. Foram consideradas válidas apenas as regressões cujos resíduos apresentaram aderência à distribuição normal pelo Teste de Shapiro-Wilk, ou seja, nível de significância de 5%, também realizado no software R (MONTGOMERY *et al.*, 2012).

#### **4.1.3 Comparação bibliográfica dos custos *per capita* de ETEs**

Os dados obtidos neste trabalho foram comparados conjuntamente com os de outras referências, de maneira a formar uma tabela mais robusta em termos de quantidade de ETEs avaliadas. As referências bibliográficas utilizadas foram Pacheco (2010); Brites (2007); Colossi (2002); Nunes *et al.* (2005); e von Sperling (2017). Foi necessário requerer os dados brutos a Nunes *et al.* (2005) e von Sperling (2017) visto que ambos não apresentavam tais informações em suas publicações, apenas os resultados. Todos os valores de custos das ETEs são atualizados pelo INCC para a mesma data de referência de agosto de 2017 utilizada neste estudo, a fim de torná-

las comparáveis. As associações de tecnologias que não puderam ser agrupadas e apresentavam poucas amostras foram descartadas da análise. Finalmente, os valores de custo *per capita* do primeiro, segundo e terceiro quartil foram calculados para cada associação de tecnologia e foi construído gráfico apresentando os intervalos mais prováveis de custo *per capita* de cada associação de tecnologia.

#### **4.1.4 Estimativa de investimentos futuros em ETEs**

Estimou-se o custo para atender a população atualmente prevista em contrato de uma companhia estadual, utilizando os custos *per capita* calculados nos itens anteriores. Para a estimativa dos custos de ETEs, subtrai-se a população prevista em contrato de cada localidade da população equivalente total das ETEs. Tem-se assim a população a ser atendida com tratamento de esgoto. Considera-se que a proporção da população atendida por cada associação de tecnologias de ETEs será mantida, e com os custos *per capita* médios calculados no item 4.2, foram encontrados os valores a serem investidos por tecnologia.

Foram estimados três diferentes cenários. O primeiro cenário, C1, considera os custos *per capita* do primeiro quartil de cada associação de tecnologia, um cenário, portanto otimista, que considera uma redução dos custos médios atuais. No segundo cenário, C2, utilizaram-se os custos médios *per capita* de cada associação de tecnologia, considerando a manutenção dos custos médios percebidos atualmente. O terceiro cenário, C3, considera o terceiro quartil dos custos *per capita* de cada associação de tecnologia, representando uma estimativa pessimista, onde os custos médios futuros seriam maiores que os custos médios atuais, e mais recursos seriam necessários para prover a infraestrutura.

As associações de tecnologia de ETEs que neste estudo possuíam mais de 10 amostras (Reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente (UASB); Reator UASB seguido de filtro biológico percolador; Reator UASB seguido de filtro anaeróbico; Reator UASB seguido de escoamento em solo; Reator UASB seguido de lagoa de maturação e/ou polimento; Lagoas anaeróbicas seguidas de Lagoas facultativas), tiveram suas estimativas feitas com os dados do próprio estudo. Essa escolha foi feita em decorrência de a região a ser atendida pela estimativa ser a mesma da fonte dos dados, sendo provável que a companhia estadual avaliada mantenha as mesmas escolhas tecnológicas e gestão dos investimentos. No caso das associações de tecnologia com menos de 10 amostras (Reator UASB seguido de lodos ativados; Lodos ativados convencional ou batelada ou aeração prolongada; Lagoas facultativas seguidas por lagoas de

maturação), as estimativas foram feitas com base nos dados do compilado de custos *per capita*, calculados do modo apresentado no item 4.1.3, em combinação com os obtidos na bibliografia. Afinal, haveria grande chance de incorreções caso fossem utilizados somente os dados do próprio estudo, considerando-se o pequeno número de ETEs com tais associações de tecnologias na amostra.

## **4.2 Análise dos custos de rede de coleta**

### **4.2.1 Análise preliminar e descritiva da rede de coleta**

As variáveis avaliadas dos municípios do estudo foram apresentadas por meio de gráficos *box-whisker*, a fim de caracterizar as condições avaliadas. As variáveis adotadas foram declividade média dos municípios, índice de atendimento com esgotamento sanitário, porte (população do município) e adensamento urbano medido por habitantes por metro de rede e número de economias por ligação usuária. A declividade urbana foi calculada com uso dos limites urbanos de cada município, obtidos a partir dos setores censitários do IBGE, o qual define área urbana como “área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal” (IBGE, 2013, p. 299). Ou seja, as áreas urbanas e rurais são estabelecidas de acordo com a lei de cada município, informações estas utilizadas pelo IBGE para classificar os setores censitários em urbanos ou rurais. Já a declividade do terreno foi extraída do modelo digital de elevação (MDE) do projeto Topodata (INPE, 2011) e importada para o software R com a função *raster* do pacote *raster*. A declividade média de cada setor urbano foi calculada com o auxílio da função *extract* do mesmo pacote. Por fim, a declividade média urbana de cada município (variável explicativa AR015: Declividade) foi calculada a partir da média ponderada das declividades médias de cada setor, na qual a variável de ponderação foi a população do setor. Desta forma, setores censitários com maior população (que tendem a maior número de ligações de água e de esgoto) tiveram um peso maior no cálculo da declividade média do município. Tal metodologia permite que municípios com populações e relevos iguais apresentem declividades médias diferentes. No município onde a população estiver concentrada no setor censitário de maior declividade, tal situação resulta em maior valor para a média ponderada da declividade.

Com a base de dados dos custos de rede de coleta, interceptores e EEEs, calculou-se o custo *per capita* através da soma dos valores referentes a uma localidade dividida pelo acréscimo de população atendida na localidade no período daquele investimento realizado. Foram selecionados os elementos cujos dados de população atendida com coleta de esgoto

apresentavam consistência, a fim de dar maior confiabilidade aos resultados. Os municípios que apresentavam dados de atendimento populacional que oscilavam, apresentando degraus ou comportamentos que não condizem com o aumento ou diminuição da cobertura com o serviço, foram descartados da análise. Os dados de custos foram atualizados pelo INCC para agosto de 2017.

#### **4.2.2 Análise de regressão do custo *per capita* da rede de coleta**

Foram criados gráficos comparativos e testadas regressões entre os dados de investimentos em rede de coleta e acréscimo de população atendida através dessa infraestrutura, utilizando-se o software Excel®. As regressões foram feitas utilizando-se os logaritmos dos dados para tratar adequadamente sua grande amplitude de variação.

Através de regressões simples e múltiplas, buscou-se avaliar como o custo *per capita* (variável dependente) é influenciado pelas variáveis independentes: adensamento urbano (habitantes por metro de rede, número de economias por ligação), declividade média da área urbana, porte da localidade (população total) e índice de atendimento com coleta de esgoto. Com a exceção das variáveis de adensamento urbano, que constam em Mendes *et al.* (2009), as variáveis regressoras não foram encontradas na bibliografia consultada, e sua escolha baseou-se em testes para aferir se as mesmas influenciam nos custos de implantação de redes de coleta. Os dados de porte, adensamento urbano e índice de atendimento estão presentes na base de dados do Prestador. As declividades médias das áreas urbanas são calculadas através de software de geoprocessamento (QGIS®). Assim como no caso das ETEs, realizou-se a avaliação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, de forma a validar as regressões lineares.

#### **4.2.3 Estimativas de investimentos futuros em rede de coleta**

Para estimar o investimento necessário com redes de coleta, interceptores e EEEs, foi utilizada a regressão linear de custo por população atendida calculada no item 4.2.2. A população sem atendimento com coleta foi obtida subtraindo-se a população atendida com coleta em março de 2017 da população total prevista em contratos. Assim como para as estimativas de ETEs, foram previstos três cenários nos mesmos moldes dos cenários C1, C2 e C3. Enquanto o cenário C2 foi calculado por meio da média, os cenários C1 e C3 foram calculados utilizando o primeiro e o terceiro quartil encontrados na amostra do estudo.

### 4.3 *Análise dos custos de operação*

Para análise dos custos de operação foi utilizada a base de dados contendo os custos incorridos na operação de esgotamento sanitário por localidade, discretizados por serviço de coleta e tratamento; natureza do custo (tributos sobre serviços, pessoal, materiais, energia elétrica, serviços de terceiros, gerais<sup>1</sup> e outros<sup>2</sup>); e classificação entre diretos, indiretos ou atribuíveis, no caso em que há rateio de custos regionais. Os custos diretos, indiretos e atribuíveis foram somados, sem distinção entre essas categorias, considerando-se todos os custos incorridos por uma prestadora de saneamento na operação de seus sistemas de esgotamento sanitário. Quanto à natureza dos custos, foram selecionados apenas os custos presentes na contabilidade cobertos pela tarifa e, portanto, de fato repassados aos usuários. Foram utilizados os dados de janeiro a outubro de 2018, único período para o qual existem dados em formato consistente. Infelizmente, não será avaliada uma série histórica longa, ou de pelo menos um ano, que poderia contemplar inclusive variações sazonais. Deixa-se como recomendação a novos estudos que avaliem séries mais longas quando disponíveis.

Os valores de custos operacionais foram divididos pela população atendida pelo serviço de coleta e pela população atendida por coleta e tratamento de cada localidade, para cálculo do custo *per capita*. Foram realizadas regressões lineares simples e múltiplas, assim como foi realizado nos itens 4.1.2 e 4.2.2, além do teste de Shapiro-Wilk de normalidade. O custo *per capita* com serviço de coleta foi a variável dependente e as variáveis independentes foram a

---

<sup>1</sup> Enquadram-se como custos gerais: autoconsumo de água; conduções, viagens e estadas; despesas vinculadas a incentivos fiscais; contribuições fiscais; despesas de representação; exposições; congressos, campanhas; lanches e refeições; livros, jornais e revistas; prêmios de seguros; repasse tarifário p/ municípios; eventos lei 12232/10; condomínio; taxas e correlatos.

<sup>2</sup> Enquadram-se como outros custos: Cofins - sobre outras receitas operacionais; Pasep - sobre outras receitas operacionais; outros tributos federais; tributos federais; TFDR; IPVA; taxa de incêndio; TFAS – taxa de regulação; ITCDD; outros tributos estaduais; taxa de licenciamento de veículo; seguro obrigatório de veículo; ISS; IPTU; outros tributos municipais.



declividade média da área urbana, o porte da localidade (população total) e o índice de atendimento com coleta de esgoto.

Os custos *per capita* de operação com tratamento foram analisados em conjunto com os dados de número de ETEs por município, e, quando há apenas uma ETE no município, com a tecnologia de tratamento. Foram utilizados testes de Kruskal-Wallis para avaliar se os custos *per capita* por tecnologia são significativamente diferentes entre si.

#### **4.4 Estimativa da tarifa em cenário futuro e modicidade tarifária**

Cabe ressaltar que, nos contratos de prestação da companhia estadual, estão previstas as sedes urbanas dos municípios e alguns distritos e localidades também urbanos. Aqueles que não estão nos contratos não serão considerados no escopo do estudo, assim como as áreas rurais, visto que as companhias estaduais atuam apenas onde o contrato de concessão prevê. Obviamente, cabe a ressalva de que a efetiva universalização do serviço passa por atender as áreas rurais e todos os distritos e localidades urbanos de cada município.

A tarifa foi estimada através de metodologia de cálculo de tarifa desenvolvida por uma agência reguladora estadual de saneamento. De forma sucinta e simplificada, a construção da tarifa, no caso de prestadores com fins lucrativos, envolve o cálculo dos custos de operação, dos custos de capital, dos tributos e de eventuais subsídios. A parcela referente aos custos de capital se refere à remuneração do investimento (custo de oportunidade), somada à depreciação/amortização dos ativos e aos tributos que incidem sobre o lucro. A receita, subtraída dos custos operacionais, resulta no lucro, que deve ser usado para cobrir os custos atrelados à captação de recursos para investimento e ao investimento em si. Somam-se a isso os custos com juros, encargos e amortização de empréstimos; pagamento de tributos sobre o lucro (IR e CSLL); remuneração aos acionistas; participação nos lucros distribuída aos funcionários e reinvestimento (reposição de ativos). Os subsídios mencionados consistem na parcela destinada a cobrir as receitas não recebidas por conta de inadimplência e da tarifa social. Com os custos calculados da companhia é proposta uma tarifa média, que, através de outro método é decomposta na estrutura tarifária prevista (que, porém, está fora do escopo deste trabalho). A vida útil considerada para a infraestrutura foi de 45 anos, adotada como média de vida útil das infraestruturas de saneamento nas metodologias regulatórias.

Além dos custos operacionais e das despesas com tributos e outras obrigações, a Receita Tarifária de equilíbrio calculada no âmbito de uma Revisão Tarifária deve cobrir os custos de capital, de modo a propiciar a recuperação e a remuneração do capital investido. Assim, o prestador de serviços será capaz de arcar com os custos de captação de recursos para investimento. Dado que a base de cálculo dos tributos sobre o lucro advém da remuneração calculada, foram considerados os tributos (IRPJ e CSLL) como parte dos custos de capital e, portanto, os considera na construção da tarifa para garantir o equilíbrio econômico financeiro da prestação dos serviços. A metodologia de cálculo da Taxa de Remuneração Regulatória dos investimentos aplicada considera o WACC (*Weighted average capital cost*- custo médio ponderado de capital) pós-impostos em sua forma pura (*vanilla*), que não contempla os efeitos fiscais. Portanto, o valor considerado nas tarifas para pagamento dos tributos sobre o lucro foi calculado à parte e somado aos valores de remuneração e depreciação na composição dos custos de capital. Tal cálculo não intenciona acertar o montante exato de tributos sobre o lucro que serão incorridos, mas ao menos aproximá-lo, levando em consideração fatores que obrigatoriamente impactarão seu valor. Em congruência com as premissas da regulação por preço-teto (*price cap*), se o prestador pagar menos ou mais tributos sobre o lucro que o valor considerado na revisão tarifária, a diferença (a maior ou a menor) será absorvida ao longo do ciclo tarifário, tratando-se de um risco do prestador.

Quanto a remuneração dos ativos, para ser incluído na base de remuneração, requer-se que o ativo esteja em uso, seja útil para o serviço prestado e não apresente capacidade ociosa injustificada, de forma que sejam remunerados e recuperados os recursos utilizados na construção ou aquisição da infraestrutura necessária para a prestação dos serviços. Os ativos do banco patrimonial são classificados, em termos de sua vinculação à prestação do serviço, em três grupos: Base Regulatória de Ativos Essenciais (BRE), Base Regulatória de Ativos Acessórios (BRA) e Fora da Base de Ativos Regulatória (FBR), de forma que apenas o primeiro grupo é remunerado pela tarifa. Os Ativos Essenciais (BRE) compreende os bens e direitos considerados imprescindíveis à prestação do serviço de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, tais como barragens, coletores, estações de tratamento, ligações, reservatórios, direito de uso de servidões, mananciais, etc. São bens irrecuperáveis (*sunk costs*), que não podem ser convertidos para uso em outra atividade, sendo específicos e essenciais aos serviços regulados. Esses bens compreendem a quase totalidade dos ativos em serviço.

Foram utilizados então os bancos patrimoniais esperados para os cenários C1, C2 e C3 dos itens 4.1 e 4.2 para calcular a parcela dos custos de capital – ou seja, o banco patrimonial foi acrescido de ativos suficientes para atender a população atual prevista nos contratos com os serviços de coleta e tratamento de esgoto. Foram somados aos custos previstos de ETEs, rede de coleta e elevatórias, os custos *per capita* da ligação de esgoto dos usuários (conexões, poço luminar, tubulações, escavação, etc.). Os custos *per capita* das ligações foram calculados de forma simplificada, dividindo todo o valor investido nesses ativos pelo acréscimo de população atendida no mesmo período do investimento. Todos esses custos somados foram incorporados à base de ativos e compuseram a construção da parcela dos custos de capital da tarifa.

Em conjunto com os dados estimados de custos de capital, foram avaliados os custos operacionais, de acordo com o previsto no item 4.3. Dessa forma, foi estimado o aumento a incidir sobre a tarifa atual tendo em vista esse cenário de atendimento completo aos contratos de serviço de esgoto, a partir dos custos *per capita* típicos de custos de operação.

Realizou-se também outra estimativa, supondo que o cenário de atendimento de 100% da população com coleta e tratamento de esgoto seja alcançado em 2033, horizonte do Plansab. Para isso, somou-se à população a ser atendida o acréscimo esperado de população para os municípios em análise de acordo com estimativa realizada pelo IBGE para o ano de 2033.

Com o valor de tarifa média estimada, projetou-se o impacto na capacidade de pagamento da população. Consideraram-se as tarifas cobradas na categoria residencial comum e na categoria social (beneficiários de programas sociais e cadastrados no CadÚnico do Governo Federal, que apresentam renda inferior a  $\frac{1}{2}$  salário mínimo *per capita*). Nesse caso não foi considerada a inflação e a necessidade de reajustar os valores de tarifa e impacto na capacidade de pagamento, visto que a inflação incide sobre as tarifas e a renda da população. Dessa forma, os valores apresentados em R\$ são referentes a data presente do estudo de agosto de 2017. Os cenários de crescimento de renda *per capita* foram estimados considerando variações encontradas ao longo dos últimos 40 anos no Brasil. A série mais pessimista em termos de renda, foi encontrada entre 1988 e 2003, que apresentou média de decréscimo da renda *per capita* de 1,0%. Entre os anos de 2002 e 2017, houve crescimento médio de 2,1% da renda *per capita* média, sendo considerado o intervalo otimista. O cenário intermediário considerado foi a média de crescimento de renda de 1,2%, observado nos últimos 7 anos, entre 2012 e 2018 (IBGE, 2019).

Para calcular a renda representativa das famílias que se enquadram na categoria social, optou-se por calcular a mediana das rendas familiares que auferiam até meio salário mínimo *per capita*, levando em consideração a distribuição dos domicílios permanentes em cada uma das classes de rendimento em 2010. No cálculo do número representativo de indivíduos por domicílio, foram utilizados dados do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) tabulados para o período mais recente disponível (outubro de 2016). Assim, para a Categoria Social, a fórmula para cálculo do Indicador de Capacidade de Pagamento é:

$$\text{Capacidade de pagamento (Social)} = \frac{\text{Faturamento de } 10\text{m}^3\text{água+EDT}}{\text{renda domiciliar (mediana)}} \quad (\text{eq. 8})$$

Para calcular o impacto da tarifa nas famílias na modalidade residencial foi definido o corte de renda no primeiro quartil. Assim, seria analisada a capacidade de pagamento justamente das famílias que possuem menos renda disponível para arcar com as despesas de saneamento, mas que não se enquadram na Categoria Social. Dessa forma, foi identificado que o primeiro quartil de renda das famílias que se encontravam entre meio salário mínimo e um salário mínimo *per capita*, levando em consideração o salário mínimo vigente em 2017. Este valor foi multiplicado pelo número médio de indivíduos por família apurado a partir do Censo de 2010 – para cálculo da renda domiciliar de referência da categoria residencial normal, como já citado no item anterior de tarifa social. Dessa forma, a fórmula para cálculo do indicador de Capacidade de Pagamento para a Categoria Residencial é:

$$\text{Capacidade de pagamento (Residencial)} = \frac{\text{Faturamento de } 10\text{m}^3\text{água+EDT}}{\text{renda domiciliar (1}^{\circ}\text{ quartil)}} \quad (\text{eq. 9})$$

## 5 RESULTADOS

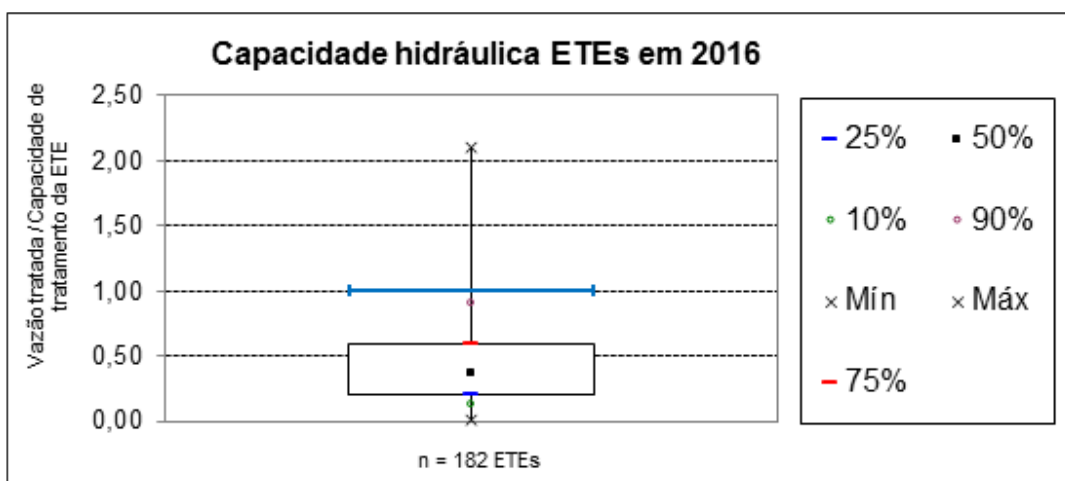
### 5.1 Análise dos custos de ETEs

#### 5.1.1 Análise preliminar e descritiva das ETEs

A seguir tem-se um panorama descritivo das ETEs avaliadas no estudo. A Figura 5.1 apresenta todas as 182 ETEs da base de dados, avaliando a ociosidade das estruturas em termos de capacidade hidráulica. Foram utilizadas todas as ETEs com dados de vazão média afluente e capacidade nominal presentes na base de dados. Os valores de vazão medidos em 2016 foram divididos pela capacidade de tratamento de cada uma das ETEs. Observa-se que 75% das estações utilizaram até 60% da capacidade instalada, porém metade delas utilizaram menos de

40% de suas capacidades respectivas. Ainda que as ETEs sejam projetadas com capacidades hidráulicas visando médio e longo prazos, é sempre possível prever etapas de construção modulares que evitam longos períodos de ociosidade da infraestrutura, levando ao seu desgaste e consequente depreciação. Portanto, etapalizar se mostra um método de aplicar os investimentos de forma eficiente. Os resultados observados na Figura 5.1 sugerem ao menos quatro possíveis problemas: i) ausência de conciliação entre os investimentos em tratamento e coleta, ou seja, ausência da infraestrutura completa de coleta e interceptação, além da instalação de elevatórias de esgoto, para condução dos esgotos gerados até as ETEs; e/ou ii) baixa adesão à rede coletora existente por parte da população; e/ou iii) vazamentos ocultos; e/ou iv) projeções inadequadas de produção de esgoto que causam superdimensionamento das estruturas, como citado por Pires (1983). Tal problema, levantado no “item iv”, foi identificado no período do Planasa pelo autor supracitado, e que, caso seja a razão das ociosidades apresentadas, perdurou nos prestadores de serviço de saneamento, visto que praticamente 100% das ETEs do estudo foram construídas após o fim do Planasa

**Figura 5.1** Capacidade hidráulica de 182 ETEs no ano de 2016



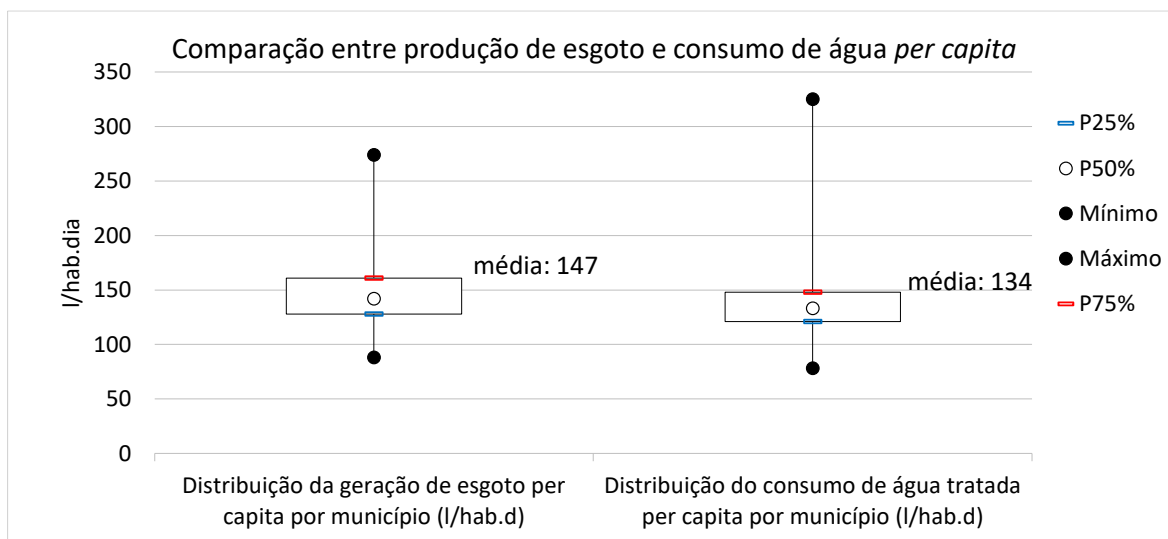
Durante a análise dos dados foi necessário determinar a população equivalente cujos esgotos cada ETE seria capaz de tratar. Nesse processo, calculou-se o valor da contribuição média *per capita* de esgoto por mês em cada localidade, ao longo do período de um ano (março de 2016 a março de 2017). Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 5.1. Os valores de produção média de esgoto *per capita*, a partir de valores de vazão medidos para um grande conjunto de ETEs, podem ser utilizados como norteadores na estimativa de vazões para futuros projetos de tratamento de esgoto. Porém também devem ser levados em conta as possíveis causas da ociosidade das ETEs. As razões da subutilização devem ser identificadas, a fim de

solucioná-las. Importante ressaltar a possibilidade de estudos com séries de dados da produção de esgoto *per capita* mais longas, a fim de minimizar efeitos da variação ano a ano da pluviosidade e do consumo de água, e possibilitar a identificação de tendências. Ao todo foram utilizados dados de 97 municípios. A Figura 5.2 compara a distribuição dos dados de produção de esgoto *per capita* por município com o consumo *per capita* de água tratada micromedida na mesma base de municípios. Nota-se que os valores de produção de esgoto têm média, mediana e quartis superiores aos valores de consumo de água por habitante, porém não há diferença significativa entre as duas séries de dados, segundo o método de Kruskal-Wallis. Não é possível identificar o índice de retorno da água em esgoto, convencionalmente recomendado pela literatura de 80%, que oscila entre 40 e 100% (VON SPERLING, 2014), porém é possível identificar que há intrusão de águas pluviais e do subsolo em quantidades que suplantam a água consumida que não se transforma em esgoto.

**Tabela 5.1** Produção média de esgoto em m<sup>3</sup> em 2016 por habitante por mês em 97 municípios

Mínimo m <sup>3</sup> /hab.mês	Máximo m <sup>3</sup> /hab.mês	Média m <sup>3</sup> /hab.mês	Mediana m <sup>3</sup> /hab.mês	1º quartil m <sup>3</sup> /hab.mês	3º quartil m <sup>3</sup> /hab.mês	Desvio padrão
2,65	8,23	<u>4,40</u>	<u>4,26</u>	<u>3,85</u>	<u>4,82</u>	0,94

**Figura 5.2** Distribuição da geração de esgoto *per capita* e do consumo de água tratada *per capita* por município



Após remoção dos dados identificados como *outliers* em termos do custo *per capita*, e dos dados incompletos da base (sem informações de custo total ou tecnologia), foram estudadas 126 ETEs. As tecnologias identificadas e sua respectiva quantidade estão apresentadas na

Tabela 5.2. Dentre as 126 ETEs, foram identificadas 18 associações de tecnologias de tratamento distintas. A tecnologia mais comum é do reator anaeróbio na modalidade UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) combinado com filtro biológico percolador (UASB + FBP), com 32 observações. Entretanto, ao mensurar o número de ETEs em que o UASB está presente em ao menos uma das etapas de tratamento, a soma chega a 108 ETEs, o que representa 86% do total. Considerando os dados nacionais, segundo os quais 40% das ETEs para as quais se tem informação – segundo dados do Atlas de despoluição de bacias hidrográficas da ANA (BRASIL, 2017) – possuem a tecnologia de reator UASB, observa-se a preferência da Prestadora em estudo por essa tecnologia anaeróbia. Outro fato que possa justificar essa opção tecnológica, é a idade das ETEs, visto que 2/3 tem menos de 10 anos, período no qual houve grande desenvolvimento e aplicação das tecnologias anaeróbias no Brasil. Tecnologias anaeróbias de tratamento de esgoto apresentam baixos custos de implantação e operação, menores requisitos de áreas que tecnologias como lagoas, além de relativa simplicidade operacional quando comparado a tratamento que utilizam lodos ativados.

**Tabela 5.2.** Tecnologias de tratamento e siglas correspondentes

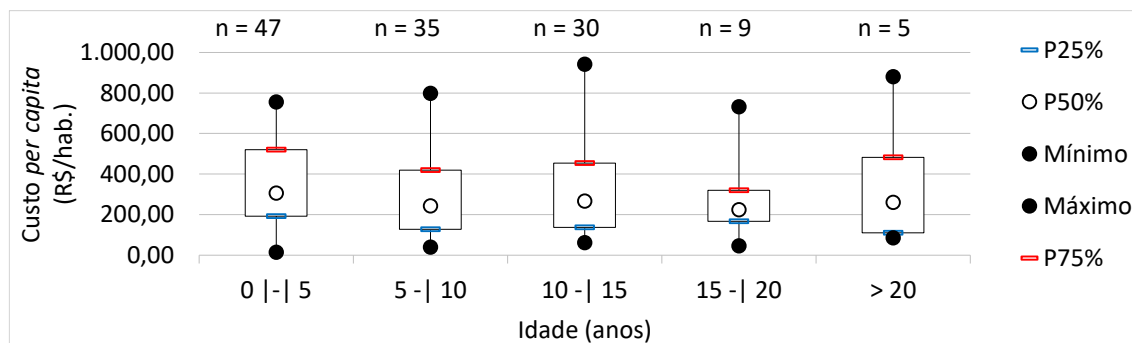
<b>Sigla</b>	<b>Descrição da tecnologia</b>	<b>Nº de ETEs</b>
<b>FF</b>	Fossa séptica + Filtro anaeróbio	1
<b>LAT</b>	Lodos ativados convencional	1
<b>LATAP</b>	Lodos ativados aeração prolongada	3
<b>LF</b>	Lagoa facultativa	2
<b>LF + LM</b>	Lagoa facultativa + Lagoa de maturação	3
<b>LA + LF</b>	Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	6
<b>LA + LF + LM</b>	Lagoa anaeróbia+ Lagoa facultativa+ Lagoa de maturação	1
<b>UASB</b>	Reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente	26
<b>UASB + ES</b>	Reator anaeróbio + Escoamento superficial	9
<b>UASB + FA</b>	Reator anaeróbio + Filtro anaeróbio	19
<b>UASB + FA + LM</b>	Reator anaeróbio + Filtro anaeróbio + Lagoa de maturação	1
<b>UASB + FBP</b>	Reator anaeróbio + Filtro biológico percolador	32
<b>UASB + FL</b>	Reator anaeróbio + Flotação	1
<b>UASB + LAT</b>	Reator anaeróbio + Lodos ativados convencional	2
<b>UASB + LF</b>	Reator anaeróbio + Lagoa facultativa	8
<b>UASB + LF + LM</b>	Reator anaeróbio + Lagoa facultativa + Lagoa de maturação	10
<b>UASB + LF + LM + ES</b>	Reator anaeróbio + Lagoa facultativa + Lagoa de maturação + Escoamento superficial	1
<b>Total</b>		126

A distribuição do custo *per capita* de acordo com a idade das ETEs, capacidade nominal e associação de tecnologia de tratamento se encontra na Figura 5.3,

Figura 5.4 e Figura 5.5. A distribuição das 126 ETEs entre as cinco faixas de idade apresentadas na Figura 5.3 aponta que dois terços estão em operação há menos de 10 anos. Por outro lado, apenas cinco estações possuem mais de 20 anos de operação. Há um crescimento contínuo da

quantidade de ETEs à medida que a idade diminui, o que demonstra um aumento da construção de ETEs nos últimos 20 anos. A partir do gráfico, percebe-se um maior valor da mediana das ETEs com menos de cinco anos. Porém, não foi constatada diferença significativa entre os dados por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

**Figura 5.3.** Distribuição do custo *per capita* em função das faixas de idade das ETEs

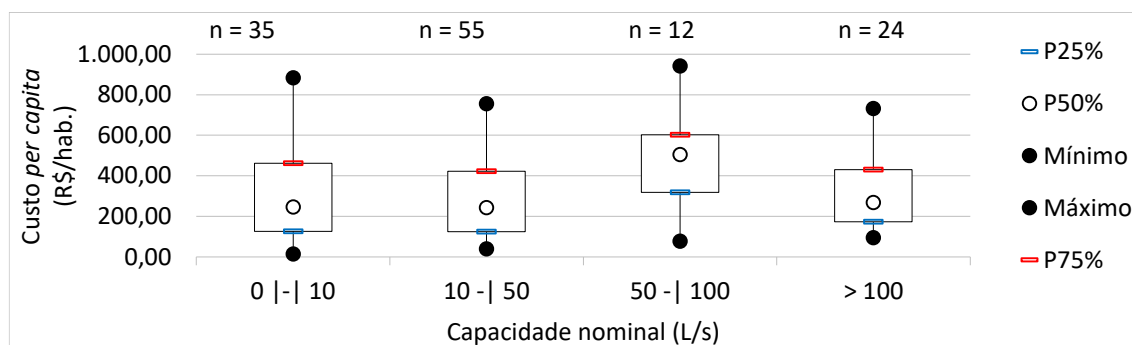


Na

Figura 5.4 é apresentada a distribuição das ETEs segundo a capacidade instalada, ou seja, todas as associações de tecnologia do estudo estão agrupadas. Tal ressalva é importante, visto que podem haver tendências de certas associações de tecnologia com maiores custos *per capita* para ETEs de maior ou menor porte, enviesando a análise quando todas as associações estão reunidas. É possível observar que 72% das ETEs estão nos dois grupos de menor porte, com capacidade instalada inferior a 50 L/s. Os custos de investimento *per capita* dessas ETEs são próximos dos apresentados por ETEs de grande porte, de mais de 100 L/s. O destaque aqui é para o grupo de 12 estações de médio porte B, que apresentou mediana, primeiro e terceiro quartis do custo *per capita* maiores que os das outras faixas. Tal resultado não seria esperado, visto que a justificativa de concentrar o tratamento em menos ETEs com maiores vazões se vale justamente do argumento de ganho de escala e resultante economia de recursos na instalação das estruturas. Esse argumento não é fundamentado pelos resultados obtidos nesse estudo quando se considera os custos de implantação de ETEs. Obviamente que, para uma análise completa de custos, deve-se levar em conta comparações de porte de ETEs e sua influência nos custos de operação. Não é possível avaliar se há ganho de escala ou não, visto que esses gráficos apresentam todas as tecnologias conjuntamente. Caso as ETEs de tecnologias com maiores custos *per capita* sejam mais utilizadas em unidades de maior vazão, o efeito de economia ou deseconomia de escala se torna imperceptível. Tal análise é melhor executada posteriormente, com a análise das associações de tecnologias separadas.

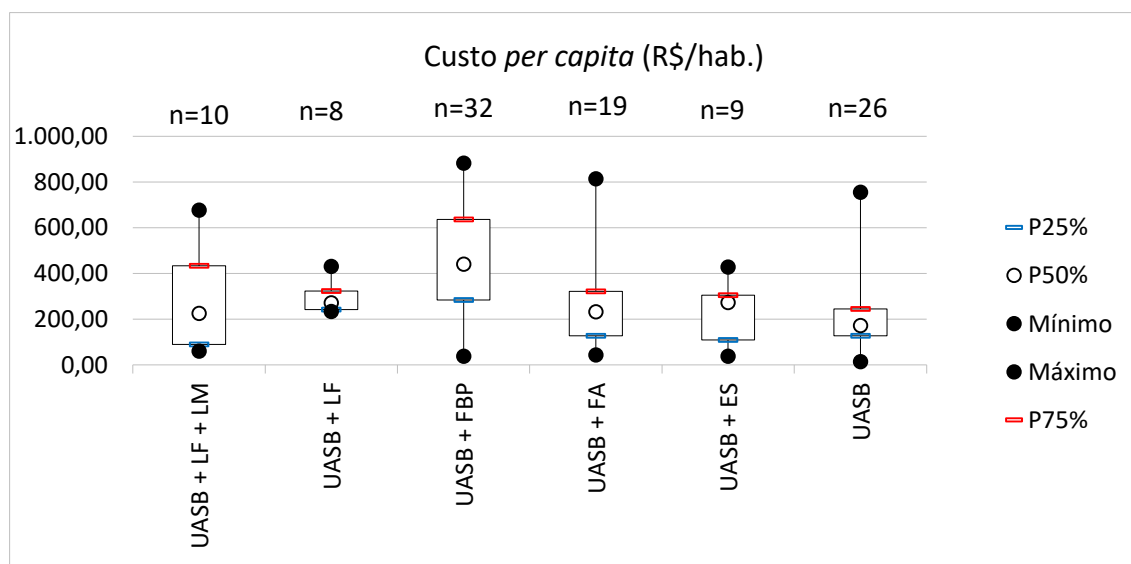


**Figura 5.4.** Distribuição do custo *per capita* em função das faixas de capacidade instalada

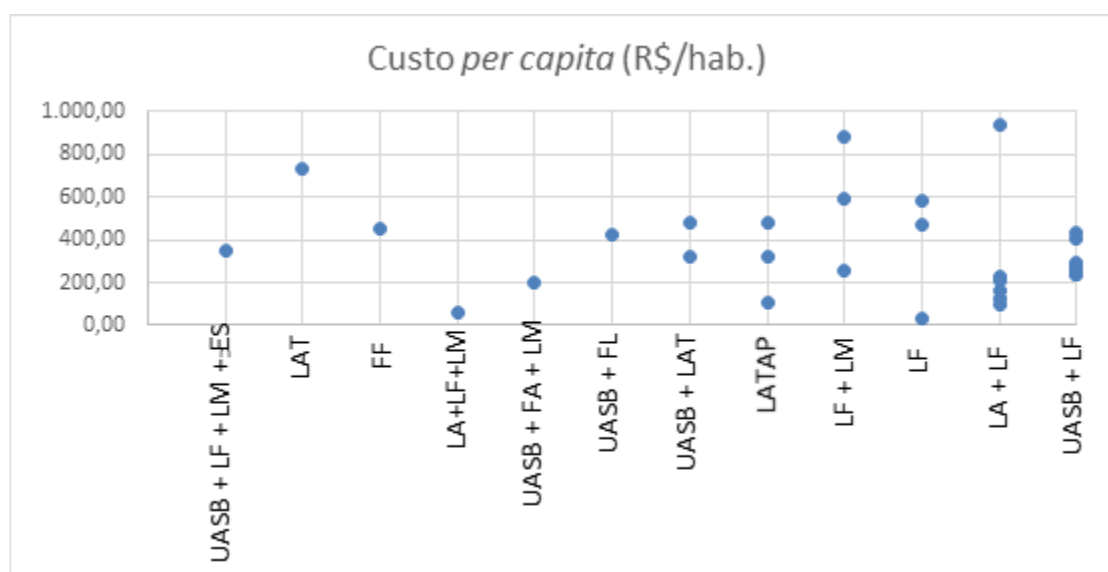


A seguir a Figura 5.5 e a Figura 5.6 apresentam os custos *per capita* subdivididos nos 18 grupos de associações de tecnologia, a fim de compará-los. Observou-se variação considerável do custo *per capita* tanto entre as tecnologias quanto entre as ETEs que apresentam a mesma tecnologia. Porém cabe destacar que as conclusões sobre a influência da tecnologia no custo de investimento *per capita* seriam muito limitadas caso fosse realizada apenas uma análise visual da Figura 5.5 e da Figura 5.6, devido ao pequeno número de observações para diversas tecnologias (UASB + LF + LM + ES; UASB + LAT; UASB + FL; UASB + FA + LM; LA + LF + LM; LAT; e FF). Portanto, tal análise será mais aprofundada após o agrupamento das ETEs realizado para as regressões e para a comparação com uma bibliografia com maior quantidade de dados.

**Figura 5.5.** Distribuição do custo *per capita* em função das tecnologias de tratamento, com mais de 7 amostras



**Figura 5.6.** Distribuição do custo *per capita* em função das tecnologias de tratamento, com menos de 8 amostras



### 5.1.2 Comparação bibliográfica do custo *per capita* de ETEs

Os resultados obtidos de custos *per capita* do item anterior foram comparados à base de dados encontrada na bibliografia, utilizando dos seguintes estudos: Colossi (2002); Brites *et al.* (2007); Nunes *et al.* (2005); Pacheco (2010); von Sperling (2017). Todos os dados de custos dos outros estudos, a título de comparação, foram atualizados para data base de agosto de 2017 através do INCC. Ao todo, o conjunto de dados conta com 348 ETEs, construídas em diversos estados do Brasil. O Apêndice II apresenta as bibliografias separadas para cada tecnologia, porém como alguns grupos de tecnologia possuem poucas amostras, não é aconselhável análise de tendências através dessa tabela.

Aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis para identificar se os custos *per capita*, apresentam diferenças significativas entre si, por associação de tecnologia de tratamento. Não foram identificadas diferenças significativas entre os dados de custo *per capita* da associação de UASB com pós tratamento de lagoas – indicando, portanto, independência da variável em análise em relação ao tipo e número de lagoas e permitindo a formação do grupo UASB + Lagoas. As ETEs que contavam apenas com lagoa facultativa não apresentaram diferenças significativas em relação às ETEs com associação de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas, permitindo que todas constituíssem o grupo LA + LF. No entanto, tal grupo apresentou diferença significativa em relação à modalidade de ETEs que contam com lagoa facultativa sucedida por lagoas de maturação, resultando assim em dois grupos distintos de

lagoas (LA + LF e LF + LM). Foi constatada diferença significativa entre os dados de UASB seguido de pós tratamento de filtro anaeróbio ou filtro biológico percolador, optando-se por mantê-los separados. A tecnologia de lodos ativados, em todas as três modalidades existentes na análise (convencionais, batelada e aeração prolongada), não apresentou dados com diferença significativa, sendo mesclados em um único grupo, Lodos ativados. A Tabela 5.3 apresenta os testes de Kruskal-Wallis realizados, o p-valor encontrado e o significado desse resultado – ou seja, se há ou não diferença significativa (p-valor > 0,05 não indica diferença significativa, p-valor < 0,05 indica diferença significativa).

**Tabela 5.3** Resultados dos testes de Kruskal Wallis de diferença significativa entre diferentes associações de tecnologia de tratamento de esgoto

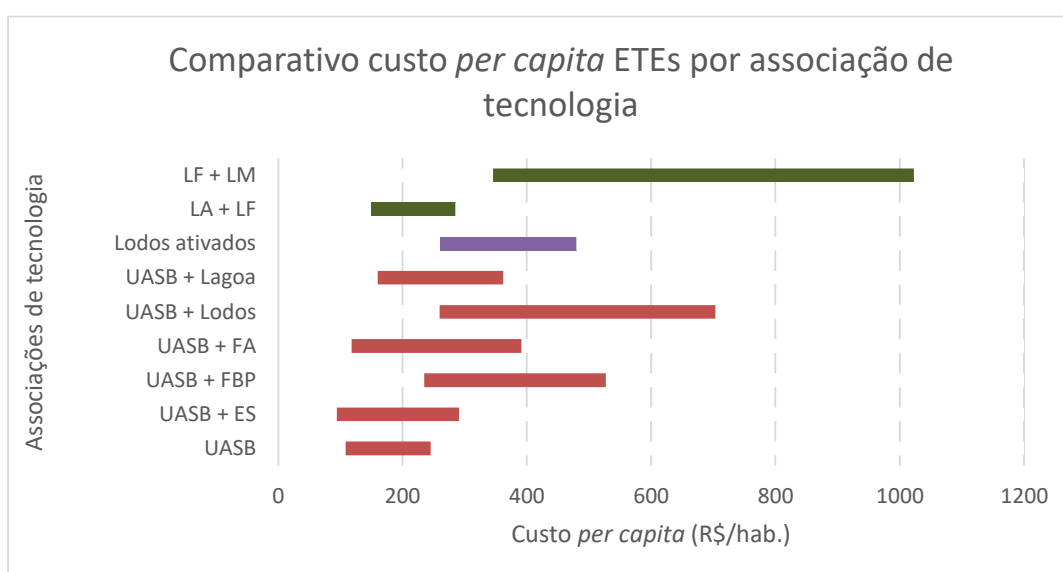
<b>Associações de tecnologia</b>	<b>p-valor do teste de Kruskal- Wallis</b>	<b>Diferença significativa</b>
<b>UASB + LF com UASB + LF + LM</b>	0,1314	Não
<b>LA + LF com LF + LM</b>	0,00001	Sim
<b>LA + LF com LF</b>	0,0901	Não
<b>UASB + FBP com UASB + FA</b>	0,0011	Sim
<b>Lodos convencionais, batelada e aeração prolongada</b>	0,1824	Não

Após a união das associações de tecnologia de tratamento de esgoto segundo similaridades técnicas e estatística do custo *per capita*, os resultados da distribuição (mediana, primeiro e terceiro quartis) dos custos *per capita* por associação de tecnologia são apresentados na Tabela 5.4. São apresentados também a quantidade de dados de cada associação e a população mínima e máxima atendida por cada uma delas. Pode-se observar que a utilização das associações de tecnologia vai de pequenas unidades de tratamento, que atendem menos de 10.000 habitantes, a instalações que prestam serviços a mais de 100.000 pessoas, sendo a única exceção a associação UASB + ES, que é comumente utilizada em unidades menores, que atendem menos de 43.000 habitantes. A Figura 5.7 ilustra o compilado de informações da Tabela 5.4 com o intervalo do primeiro e terceiro quartis demarcados.

**Tabela 5.4** Comparação do custo *per capita* por ETE no Brasil. Data base: agosto de 2017

Tecnologia	Nº de dados	Intervalo de população		Custo <i>per capita</i> (Quartis)		
		Mín	Máx	1º	2º	3º
UASB	32	350	1.011.000	108	149	246
UASB + ES	14	1.300	43.000	94	146	291
UASB + FBP	63	1.300	940.000	235	333	527
UASB + FA	55	600	206.000	118	223	391
UASB + Lodos	21	10.000	900.000	260	411	704
UASB + Lagoas	47	3.000	367.000	160	233	362
Lodos ativados	64	3.000	1.750.000	261	387	480
LA + LF	25	2.000	72.500	149	227	285
LF + LM	27	1.400	202.000	346	527	1023

**Figura 5.7** Custo *per capita* por associação de tecnologia de ETE



Fontes: elaboração própria com os dados de Colossi (2002); Brites *et al.* (2007); Nunes *et al.* (2005), Pacheco (2010), von Sperling (2017).

As unidades de tratamento que utilizam as modalidades de lagoas facultativas associadas a lagoas de maturação mostraram os maiores valores de custos *per capita*, além de grande variação, com valores que vão desde 346 R\$/habitante a valores superiores a 1.000 R\$/habitante. Isso pode ser explicado pelas variações nos custos associados à aquisição das áreas de implantação da unidade – cada vez mais elevados nos centros urbanos – e também pelo fato de os custos construtivos da lagoa variarem de acordo com o custo das movimentações de terra para construção dos taludes e com a eventual necessidade de impermeabilização. As associações de lagoas anaeróbias com lagoas facultativas (LA + LF), conhecidas como modelo australiano, apresentaram menores valores de custos *per capita*, sendo a mediana 43% da

mediana da associação LF + LM. Supõe-se que essa relação seja explicada pelo objetivo dessa associação construtiva, que é justamente reduzir a área da unidade. O mesmo pode ser observado quando há adição de reatores anaeróbios anteriores a tratamentos com lagoas (UASB + Lagoas), cuja mediana do custo *per capita* é equivalente a 44% da mediana da associação sem processos anaeróbios (LF + LM). Por sua vez, nota-se a superioridade dos custos associados ao emprego da modalidade de lodos ativados frente às demais, seja utilizada individualmente ou precedida por um reator UASB. Ao seu tempo, as unidades que se utilizam de tecnologias UASB são as que estão em maior número (232) e que apresentam maior variedade de composições de tecnologias para o necessário pós-tratamento dos seus efluentes. Entre as associações que contam com reatores UASB, a que possui escoamento em solo (UASB + ES) como pós tratamento apresenta os menores valores de custos *per capita*, seguida pela associação com filtros anaeróbios como pós tratamento. Essas duas últimas associações são mais utilizadas em estações de menores vazões, por vezes consideradas para o saneamento rural.

Faz-se importante ressalva quanto aos critérios de seleção de uma unidade de tratamento. Não se deve considerar exclusivamente o aspecto econômico, como propõe Goffi (2017), que cita diversos outros critérios, denominados sustentáveis, a fim de nortear a escolha. As ETEs que contam com pós tratamento de lagoas de maturação por exemplo, que apresentaram maiores valores *per capita*, cumprem importante função na redução dos patógenos do efluente final. Portanto, na seleção da tecnologia de tratamento deve ser observado além do custo de implantação, a disponibilidade de área, o custo de operação, requisitos de produtos químicos, requisitos de energia elétrica, disposição e manejo do lodo, custos de ciclo de vida, características do afluente (quando ETEs estão em áreas industriais e recebem esgotos não domésticos), aplicabilidade, confiabilidade e complexidade da tecnologia, aspectos climáticos e de solo, além da qualidade do efluente final (GOFFI, 2017). Nesse último caso, devem ser considerados os usos a jusante do curso d'água receptor. Outro fato importante a ser levado em conta é a presença de ambientes lênticos que, por ventura existam após o ponto de lançamento. Tais corpos hídricos requerem tecnologias capazes de remover poluentes como nitrogênio e fósforo, a fim de evitar sua eutrofização.

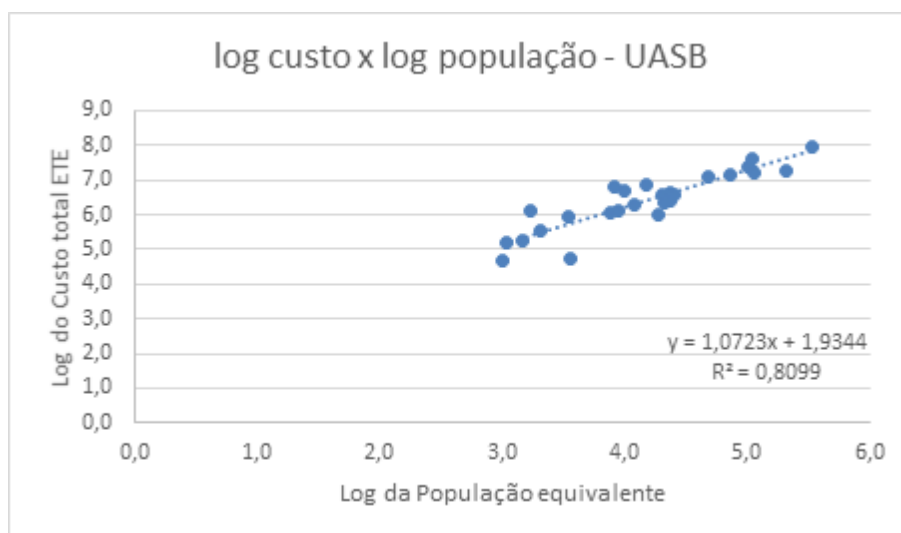
### **5.1.3 Análise de regressão dos custos de ETEs**

Apresenta-se o resultado das regressões realizadas, as quais consideraram apenas a base de dados do presente estudo. As regressões tinham por objetivo avaliar a influência da variável

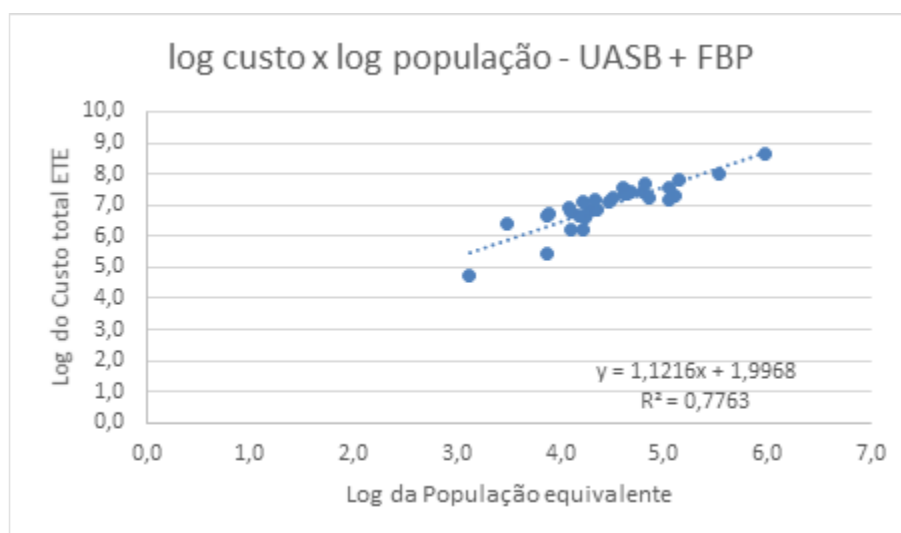
população no custo total de cada ETE; e das variáveis população, idade e capacidade nominal no custo *per capita*, estando as ETEs subdivididas por associação de tecnologia de tratamento.

Da Figura 5.8 até a Figura 5.13 apresentam-se os resultados da regressão no Excel® com os dados de custo total de cada ETE pela população atendida, utilizando a escala log na base 10 de ambos os lados da equação. As regressões que melhor se adaptaram foram curvas lineares e logarítmicas. As regressões lineares apresentaram valores próximos das curvas logarítmicas (diferenças inferiores a 5%). As ETEs que contam apenas com reator UASB, e as que contam com UASB + FBP, apresentam os maiores valores de R<sup>2</sup>. As duas associações citadas são também os grupos com maior quantidade de dados, obtendo, portanto, maior previsibilidade de custo dada uma população equivalente a ser atendida. A regressão linear das associações de LF e LA+LF foi a que apresentou menor coeficiente de determinação, inferior a 40% – tendo o custo, portanto, de baixa previsibilidade dada uma população equivalente. Os valores encontrados do coeficiente angular são todos próximo a 1, o que demonstra que, para cada aumento de 1 unidade log da população, há o aumento de 1 unidade log do custo. Através das observações, não há evidências suficientes para aferir economia de escala nem deseconomia de escala, visto que a margem de erro de cada regressão seria capaz de alterar as inclinações das retas, oscilando entre coeficientes angulares inferiores ou superiores a 1 (quando o coeficiente angular >1 há deseconomia de escala, coeficiente angular <1 há economia de escala).

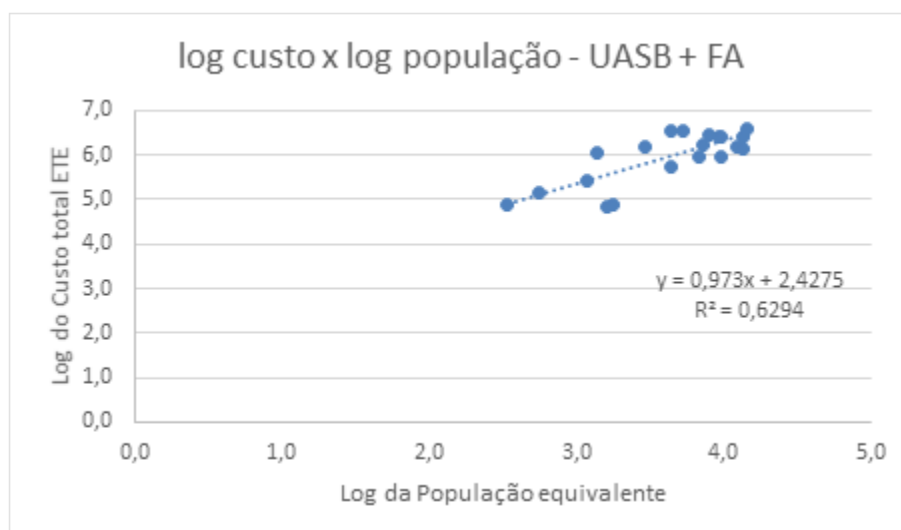
**Figura 5.8** Regressão do logaritmo do custo de UASB pelo logaritmo da população atendida



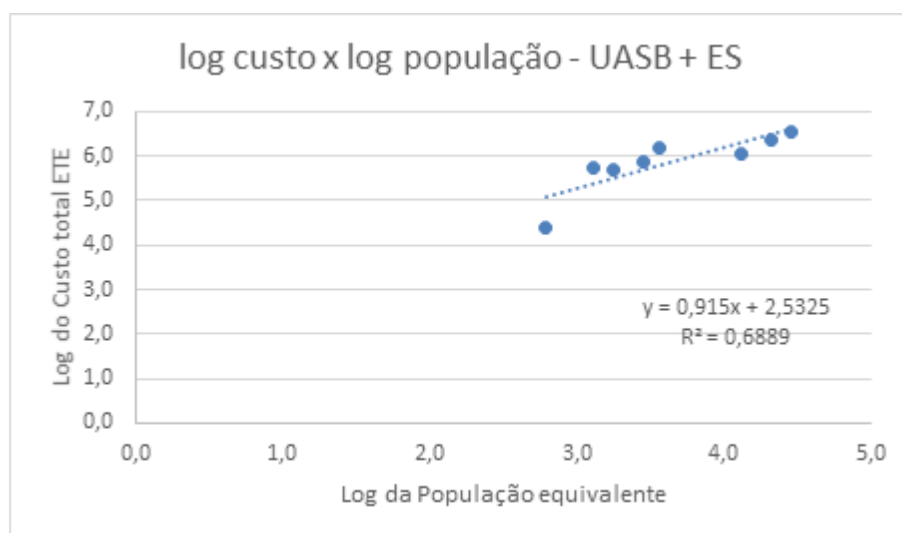
**Figura 5.9** Regressão do logaritmo do custo de UASB + FBP pelo logaritmo da população atendida



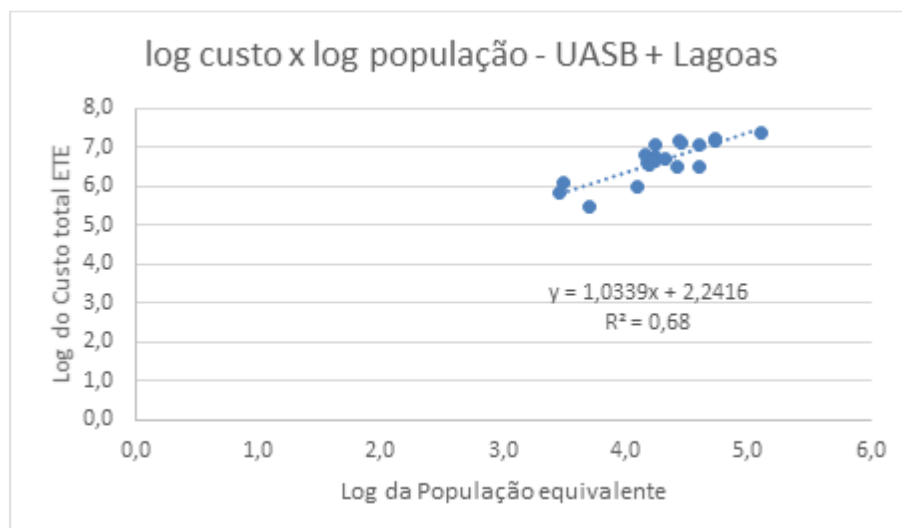
**Figura 5.10** Regressão do logaritmo do custo de UASB + FA pelo logaritmo da população atendida



**Figura 5.11** Regressão do logaritmo do custo de UASB + ES pelo logaritmo da população atendida

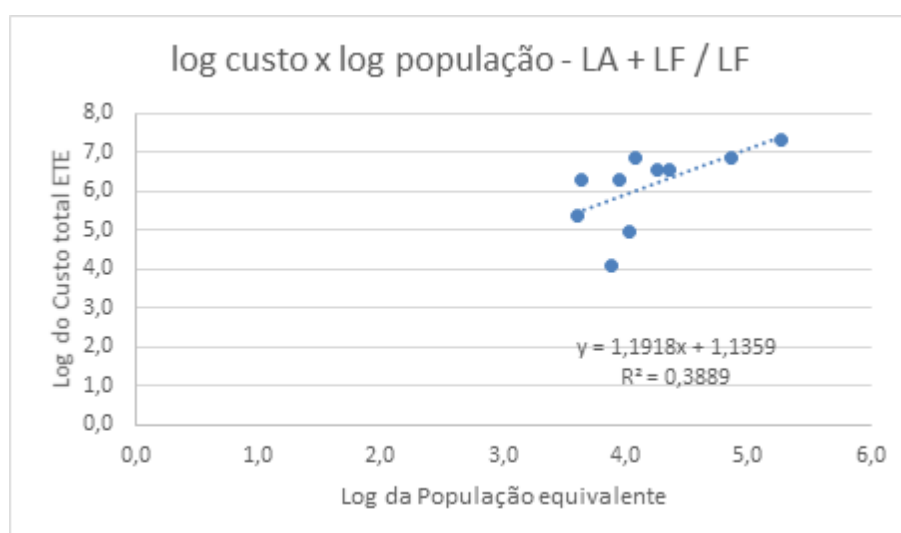


**Figura 5.12** Regressão do logaritmo do custo de UASB + Lagoas pelo logaritmo da população atendida





**Figura 5.13** Regressão do logaritmo do custo de LF e LA + LF pelo logaritmo da população atendida



A seguir apresentam-se na Tabela 5.5 as regressões lineares, suas respectivas equações e coeficientes de determinação  $R^2$  sem o logaritmo.

**Tabela 5.5** Equações das regressões lineares do custo por tecnologia de tratamento de esgoto por população equivalente

Associação de tecnologia	Equação da regressão linear do custo por população equivalente	Coefficiente de determinação
UASB	$Custo (R\$) = 86x População atendida^{1,07}$	0,81
UASB + FBP	$Custo (R\$) = 13,7x População atendida^{1,12}$	0,78
UASB + FA	$Custo (R\$) = 267x População atendida^{0,97}$	0,63
UASB + ES	$Custo (R\$) = 340x População atendida^{0,92}$	0,69
UASB + Lagoas	$Custo (R\$) = 174x População atendida^{1,03}$	0,68
LA + LF / LF	$Custo (R\$) = 13x População atendida^{1,19}$	0,39

Afim de aferir a influência das variáveis população equivalente, capacidade nominal e idade das ETEs foram realizadas regressões do custo *per capita*. A Tabela 5.6 apresenta os valores do coeficiente de determinação das regressões lineares ( $R^2$ ). São apresentados também os resultados do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, enfatizando apenas aqueles para os quais não foi rejeitada a hipótese de normalidade dos dados ( $p$ -valor > 0,05). As análises que confirmaram o teste de normalidade foram destacadas em tom mais escuro da fonte. Os

coeficientes de determinação apresentados pelas regressões foram baixos, mesmo que com resultados significativos. As equações não fornecem direcionamento se há ou não economia de escala, dado o baixo poder explicativo. Dessa forma, outros fatores têm influenciado nos custos das ETEs – especula-se, pequeno universo amostral, contrapartidas de recursos não-onerosos não declarados no banco patrimonial, incorreção dos dados registrados, paralisações da obra e erros de projeto que carecem de aditivos não previstos. Quanto à idade, especula-se que o custo *per capita* não variou com o tempo, apesar do aumento do domínio da tecnologia, que em tese reduziria custos. Pode ter ocorrido, em contraposição, a necessidade de utilizar materiais mais resistentes e estruturas mais robustas para aumentar a longevidade das unidades, visto que ETEs com tratamento anaeróbico (86% da amostra do estudo) têm sofrido com a corrosão causada pelo H<sub>2</sub>S oriundo do próprio tratamento (BRANDT *et al.* 2017).

**Tabela 5.6** Análises de regressão do custo *per capita* por associação de tecnologia de ETEs

Tecnologia	Regressão	Idade	Capacidade Nominal	População	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
Todas tecnologias	R1	x			0,0012	0,0000
Todas tecnologias	R2		x		0,0003	0,0121
Todas tecnologias	R3			x	0,0003	0,0079
Todas tecnologias	R4	x	x		0,0003	0,0079
Todas tecnologias	R5	x		x	0,0003	0,0121
UASB	R6	x			0,0001	0,0055
UASB	R7		x		0,0005	0,0078
UASB	R8			x	0,0003	0,0033
UASB + ES	R9	x			0,2904	0,0177
UASB + ES	R10		x		0,7667	0,0984
UASB + ES	R11			x	0,8255	0,0689
UASB + FA	R12	x			0,0302	0,0958
UASB + FA	R13		x		0,0028	0,0002
UASB + FA	R14			x	0,0049	0,0095
UASB + FBP	R15	x			0,2332	0,0581
UASB + FBP	R16		x		0,4911	0,0003
UASB + FBP	R17			x	0,5315	0,0006
UASB + Lagoas	R18	x			0,4284	0,0000
UASB + Lagoas	R19		x		0,4283	0,0001
UASB + Lagoas	R20			x	0,4661	0,0001
LA + LF	R21	x			0,0322	-0,1321
LA + LF	R22		x		0,0466	0,0027
LA + LF	R23			x	0,0483	0,0020

#### 5.1.4 Estimativa de investimentos futuros em ETEs

Com a população estimada que não é atendida com tratamento, calcularam-se os valores necessários para atender a essa demanda. A seguir, na Tabela 5.7, apresentam-se os valores de capacidade total de tratamento atual, a população potencialmente atendida pelas 182 ETEs existentes, a população total da área de estudo e a população sem tratamento a ser atendida.

**Tabela 5.7** Dados de população equivalente atendida e sem atendimento

<b>Capacidade de tratamento total</b>	<b>População equivalente potencialmente atendida</b>	<b>População total da área do estudo</b>	<b>População equivalente a ser expandida</b>
14.438 l/s	8.082.225 hab.	9.775.375 hab.	1.693.150 hab.

As Tabela 5.8 e Tabela 5.9 apresentam as estimativas de investimento em ETEs, por associação de tecnologia. Foi levado em consideração que a proporção de atendimento por associação de tecnologia se manterá a mesma que a atual. São apresentados seis cenários, três para atendimento do déficit atual em 2018, outros três considerando a estimativa populacional do IBGE para o horizonte de plano do Plansab que é 2033. Os três cenários de cada horizonte temporal são subdivididos da seguinte forma: C2 utiliza-se da média de custo *per capita* por tecnologia, C1 do primeiro quartil, e C3 do terceiro quartil.

**Tabela 5.8** Estimativas de investimentos em ETEs para atendimento do déficit de 2018 de população constante nos contratos de prestação de serviço de esgotamento sanitário

Associação de tecnologia	População equivalente atual	Parcela da população total	Déficit de População em 2018	Custo estimado (R\$)		
				C1	C2	C3
<b>UASB</b>	1.208.257	0,17	288.265	34.283.191,50	67.579.851,39	72.301.691,94
<b>UASB + FBP</b>	2.469.921	0,35	589.273	151.124.813,38	257.316.447,07	387.952.823,50
<b>UASB + FA</b>	129.033	0,02	30.785	3.894.201,24	8.929.567,41	10.529.857,23
<b>UASB + ES</b>	72.897	0,01	17.392	1.576.324,38	3.835.417,29	6.768.818,60
<b>UASB + Lagoas</b>	541.384	0,08	129.163	23.005.193,16	3.7811.136,96	52.259.001,35
<b>UASB + Lodos</b>	343.895	0,05	82.046	2.1305.946,85	41.351.377,29	57.725.539,09
<b>Lodos ativados</b>	1.914.295	0,27	456.712	119.129.669,96	221.048.367,98	219.138.822,40
<b>LA + LF</b>	34.495	0,05	82.189	3.972.461,39	16117622,82	23.949.016,04
<b>LF + LM</b>	72.619	0,01	17.325	5.988.051,15	14.016.192,93	17.722.751,60
<b>Total</b>	7.096.795	1,0	1.693.150	364.279.853,00	668.005.981,13	848.348.321,80

**Tabela 5.9** Estimativas de investimentos em ETEs para atendimento do crescimento populacional estimado para 2033, nos municípios que possuem contratos de prestação de serviço atualmente

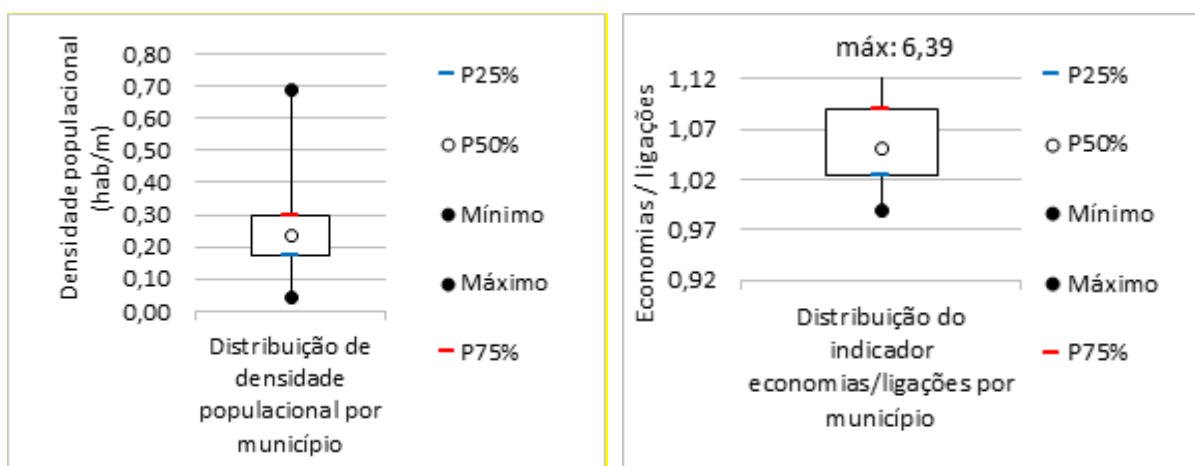
Associação de tecnologia	População a ser atendida (2033)	Custo estimado 2033 (R\$)		
		C1	C2	C3
<b>UASB</b>	103.519	12.311.455,19	24.268.636,50	25.964.299,17
<b>UASB + FBP</b>	211.614	54.270.512,38	92.405.046,62	139.317.945,46
<b>UASB + FA</b>	11.055	1.398.448,68	3.206.701,72	3.781.382,65
<b>UASB + ES</b>	6.246	566.074,69	1.377.338,75	2.430.754,06
<b>UASB + Lagoas</b>	46.384	8.261.407,19	13.578.377,57	18.766.757,86
<b>UASB + Lodos</b>	29.464	7.651.189,94	14.849.715,17	20.729.849,15
<b>Lodos ativados</b>	164.010	42.780.719,35	79.380.797,38	78.695.059,46
<b>LA + LF</b>	29.515	1.426.552,73	5.788.008,13	8.600.343,93
<b>LF + LM</b>	6.222	2.150.372,24	5.033.362,52	6.364.426,79
<b>Total</b>	608.028	22.658.206,86	41.549.972,03	52.767.265,61

## 5.2 Análise dos custos de rede de coleta

### 5.2.1 Análise preliminar e descritiva da rede de coleta

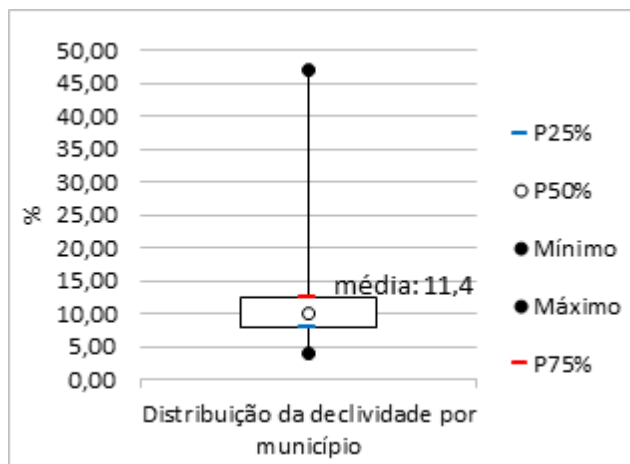
Após remoção de *outliers* ou de dados que apresentavam inconsistências no referente à população atendida, foi avaliado o incremento de rede de coleta para novos 848.756 usuários, em um universo de 113 municípios. Os dados dos municípios do estudo se encontram no APÊNDICE I Lista de ETEs A Figura 5.14 apresenta a distribuição de indicadores de adensamento populacional nos municípios estudados: habitantes por metro de rede de coleta e número de economias por ligação. A fim de elucidar os indicadores, cada ligação é uma residência ou condomínio e as economias, no caso do condomínio, os apartamentos. Portanto, quanto mais economias por ligação, mais verticalizado é um município. No caso do indicador de habitantes por metro de rede, quanto mais habitantes por metro de rede de coleta, mais adensado é o município. Percebe-se uma grande variedade de adensamento populacional, porém uma quantidade maior de municípios pouco adensados, mais horizontais (poucos prédios).

**Figura 5.14** Distribuição dos dados do indicador habitantes por metro de rede de coleta de esgoto por município



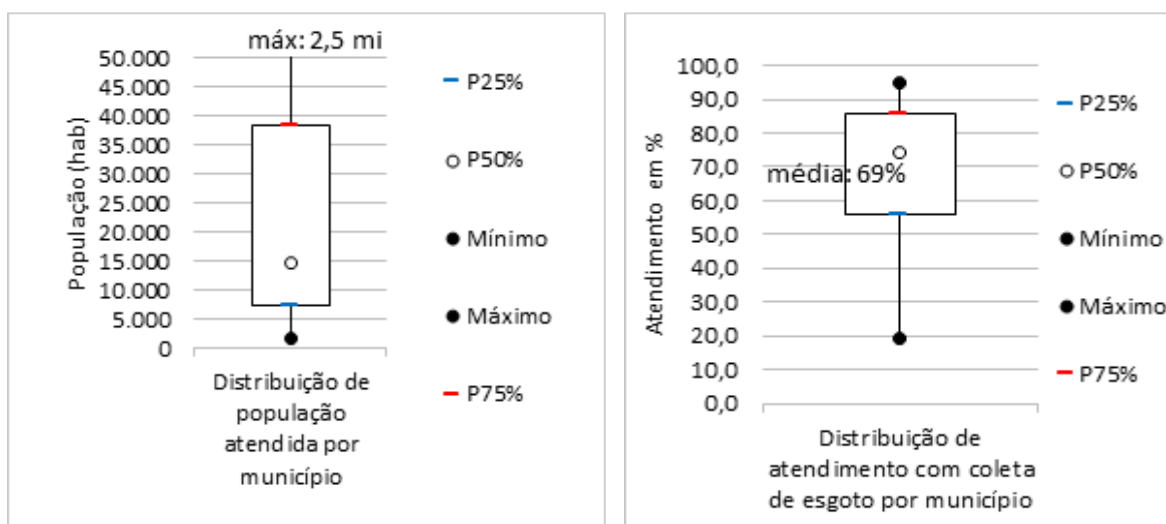
São apresentadas na Figura 5.15 as características de declividade média por município estudado, que apresentam grandes variações – desde baixas declividades, inferiores a 5%, até valores superiores a 25%. Considerando a área urbana total de um município, os valores máximos se tratam de municípios com variações de altimetria bastante acentuadas.

**Figura 5.15** Distribuição dos dados de declividade dos municípios avaliados.



As populações urbanas dos municípios estudados possuíam de 1.500 a 2,5 milhões de habitantes – uma grande variedade, portanto. Porém é possível constatar um padrão, comum aos municípios brasileiros: a grande maioria dos municípios abriga pequenas populações, com mais de 75% deles possuindo menos de 40.000 habitantes. Quanto à porcentagem de atendimento com coleta de esgoto, a maior parte dos municípios apresenta entre 60 e 85% da população atendida, com média em torno de 69%.

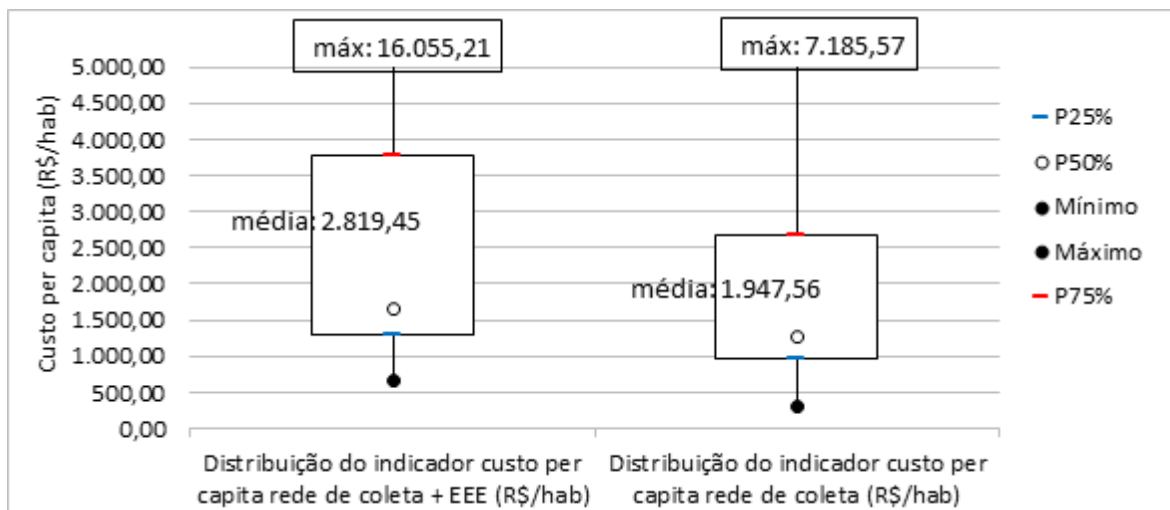
**Figura 5.16** Distribuição dos dados de população urbana atendida por município e da porcentagem referente a população urbana total do município.



A seguir tem-se a distribuição dos resultados obtidos de custos *per capita* de rede de coleta somada aos de ETEs, e ao lado apenas os custos de rede. O grupo da esquerda do gráfico na

Figura 5.17 apresenta os dados dos 80 municípios que contam com investimentos em EEEs no banco patrimonial. Os dados a direita compreendem apenas os custos de rede de coleta de todos os municípios da base de dados, que somam 113. A mediana, quando se consideram os custos das EEEs, é 32% maior que no caso em que se consideram valores apenas da rede de coleta. Cabe citar que os dados, nessa análise, foram gerados apenas em R\$ por habitante, e não R\$ por metro de rede, como pode ser observado em algumas referências. A análise por real gasto por metro de rede será feita apenas a fim de comparação com outras referências. Essa opção se deu pela imprecisão dos dados de extensão de rede, considerando o dado individual de cada município, da base utilizada. Os dados de população têm maior consistência porque são provenientes do sistema comercial, referentes a quantidade de ligações atendidas no município.

**Figura 5.17** Distribuição dos dados de custo *per capita* por município, da rede de coleta e das elevatórias somadas e apenas da rede de coleta.



## 5.2.2 Análise de regressão dos custos de rede de coleta

A seguir são apresentados os resultados das análises de regressões realizadas para aferir a influência da variável população no custo da rede de coleta, e do custo da rede de coleta somado ao custo das EEEs. Foi avaliado também o custo *per capita* e a influência de variáveis como: adensamento populacional, porte do município, declividade média e índice de atendimento da população com coleta de esgoto.

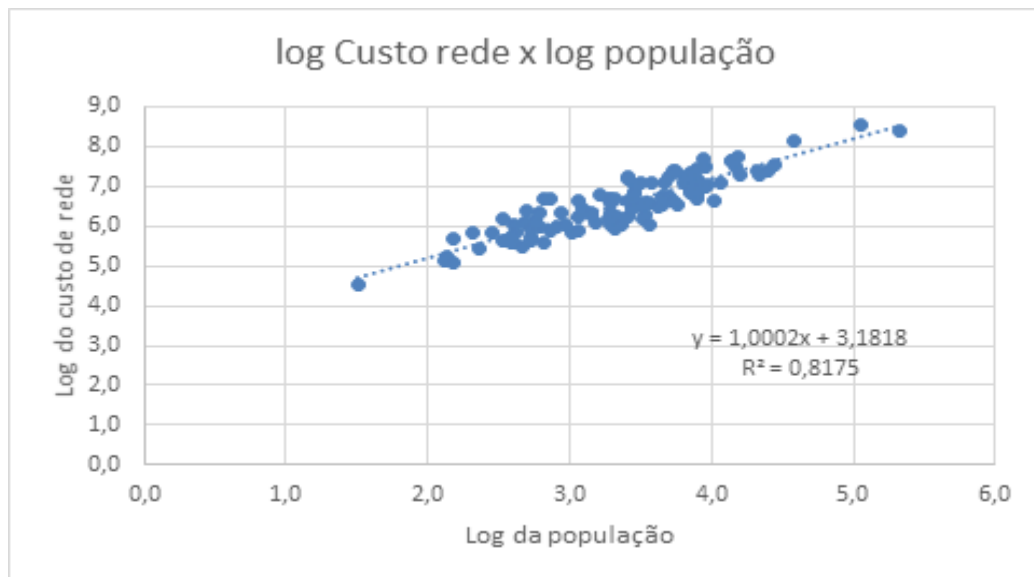
A Figura 5.18 apresenta a regressão linear do logaritmo do custo de rede de coleta pelo logaritmo da população atendida. O valor da inclinação da reta encontrada é praticamente um, o que revela uma relação diretamente proporcional entre as variáveis custo de rede e população.

A equação gerada pela regressão linear, considerando o logaritmo das variáveis é a seguinte, portanto:

$$\text{Custo rede} = 1520x \text{ População atendida}^{1,0002} \quad (\text{eq. 10})$$

Onde *pop* é a população a ser atendida pela rede de coleta de esgoto a ser construída. O  $R^2$  da equação é igual a 0,818, o que demonstra uma boa aproximação da reta de regressão ao conjunto de dados. Porém há de constar que a previsibilidade se dá em uma equação com logaritmo, e, ao removê-lo, o erro pode ser considerável. Entretanto, para fins de estimativa de custos de uma rede de coleta, atinge-se estimativas razoáveis, sendo assim recomendada quando não se requer exatidão dos valores.

**Figura 5.18** Regressão do logaritmo do custo da rede de coleta, pelo logaritmo da população atendida



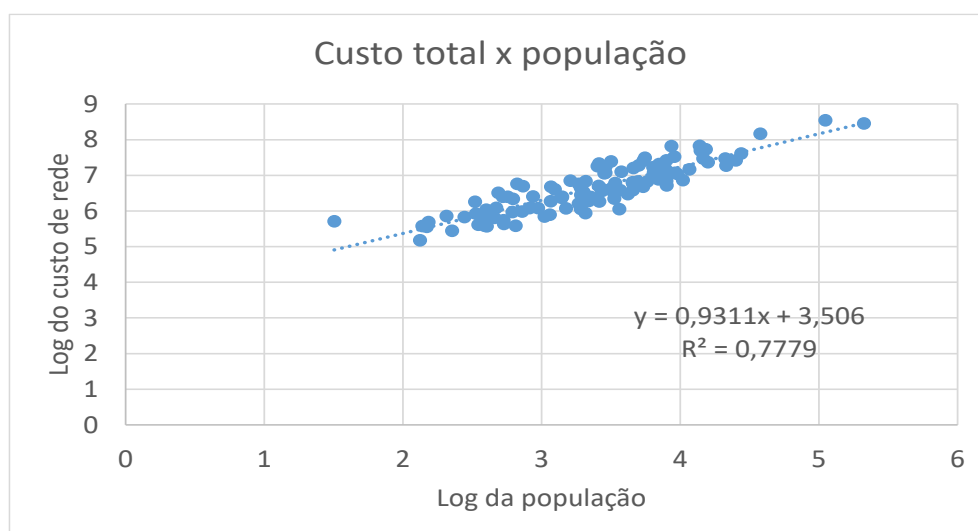
A Figura 5.19 apresenta a regressão linear do logaritmo do custo de rede somado ao custo de elevatórias pelo logaritmo da população. O valor da inclinação da reta encontrada é próximo de um, o que também revela uma relação diretamente proporcional entre as variáveis custo e população. Importante notar que a inclinação da reta nesse caso foi inferior ao encontrado na regressão que avaliava apenas os custos de rede de coleta. Portanto, percebe-se que o custo da EEE tende a elevar mais o custo *per capita* dos municípios menores, em comparação aos municípios com maiores populações. A equação gerada pela regressão linear, considerando o logaritmo das variáveis, é a seguinte, portanto:



$$\text{Custo rede} + \text{elevatórias} = 3206x \text{ População atendida}^{0,9311} \quad (\text{eq. 11})$$

Onde *pop* é a população a ser atendida pela rede de coleta de esgoto conjuntamente com as elevatórias a serem construídas. O  $R^2$  da equação é igual a 0,771, condição similar a regressão de custo de rede, alto valor de  $R^2$ , porém quando se consideram os logaritmos, pode acarretar em erros significativos de previsibilidade.

**Figura 5.19** Regressão do logaritmo do custo rede de coleta e EEEs pelo logaritmo da população atendida



A Tabela 5.10 apresenta os resultados obtidos para as regressões do custo *per capita* da rede, sem elevatórias, com diferentes variáveis testadas como explicativas. Porém os resultados demonstram que a correlação obtida deve ser desprezada, dado que o teste de Shapiro-Wilk não identificou normalidade dos dados. Portanto, os resultados apontam que as variáveis escolhidas para justificar o custo *per capita* de redes de coleta não foram adequadas. Isso pode ser explicado pelo método utilizado, no qual sistemas de municípios inteiros são avaliados. Além disso, nos gráficos gerados com os custos *per capita* e as variáveis explicativas não foram observados padrões ou tendências relevantes. Cada município deve conter diversas particularidades de suas redes de coleta, sendo que em certos pontos há encarecimento da rede e em outros pontos barateamento dela, resultando em um equilíbrio e não gerando valores justificados por variáveis globais do município. A fim de estimar custos de redes, se mostra mais apropriado a análise por obra, mais particularizada, utilizando variáveis como diâmetro, declividade do terreno, dificuldade de escavação no solo e índice de urbanização, como apresentado por Pacheco (2010).

**Tabela 5.10** Análises de regressão do custo *per capita* das redes de coleta

Regressão	Adensamento (hab/m)	Adensamento (economias/ ligação)	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R1	x		3,9x10 <sup>-9</sup>	0,0288
R2		x	0,0002	0,0872

Regressão	Declividade média	Porte populacional	Índice de atendimento	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R4	x			1,8x10 <sup>-6</sup>	0,0254
R5		x		3,6x10 <sup>-5</sup>	0,0543
R6			x	3,0x10 <sup>-7</sup>	0,0033

Regressão	Todas as variáveis explicativas	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R7	x	3,7x10 <sup>-7</sup>	0,1274

### 5.2.3 Comparação bibliográfica de custos *per capita* de rede de coleta

A Tabela 5.11 compara os resultados obtidos no estudo com as referências de Colossi (2002) e a nota técnica SNSA nº492 de 2010. Os custos *per capita* estão expressos em R\$ por habitante, atualizados pelo INCC para agosto de 2017. O estudo de Colossi apresentou valores muito inferiores aos obtidos no estudo e em comparação à média obtida na nota técnica da SNSA. Essa diferença pode ser justificada pelas considerações de custo das obras de implementação da rede de coleta, se foram incluídos ou não, terrenos, escavações, unidades acessórias e outros componentes. Outra possível justificativa para a diferença entre os resultados pode provir da amostra estudada, a qual deve possuir diferentes características que interfiram na construção das redes como, declividade, condições do solo, escala da obra, tecnologias construtivas, etc. Além do exposto, pode-se justificar a diferença pelo fato dos investimentos em rede de coleta, do presente estudo, terem sido realizados em substituições de rede de coleta, que não ampliam a extensão da rede e, portanto, não aumentam o atendimento a mais usuários.

**Tabela 5.11** Comparativo de custos *per capita* (R\$/hab) de rede de coleta (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017)

Fonte	Infraestrutura	Nº de dados	Custo <i>per capita</i> R\$/hab (quartis)			
			Média simples	Q1 (25%)	Q2 (mediana)	Q3 (75%)
<b>Presente estudo</b>	Rede de coleta	113	1.947,56	972,40	1.257,28	2.680,91
	Rede de coleta + EEE	80	2.819,45	1.287,08	1.664,45	3.780,38
<b>Colossi (2002)</b>	Rede de coleta	18	309,68	171,72	244,27	360,94
<b>SNSA (2010)</b>	Rede de coleta	s/d	797,00	s/d	s/d	s/d

Fontes: Colossi (2002), nota técnica nº492 da SNSA (2010)

A Tabela 5.12 apresenta os resultados obtidos no estudo em comparação com outras referências com os custos *per capita* expressos em R\$/m. Nesse caso específico, fez-se apenas uma análise global para chegar a esses resultados, ou seja, somou-se todos os valores investidos em rede de coleta e dividiu pelos metros de rede que foram expandidos no período. Cabe aqui a mesma ressalva da tabela anterior, no caso de substituições de rede de coleta, que são a minoria das obras, porém aumentam os valores de custos *per capita* encontrados. Observa-se novamente que os valores encontrados para o presente estudo são superiores as demais referências, que nesse caso foram von Sperling (2017), nota técnica nº 492 de SNSA (2010), Pacheco *et al.* (2015), Salazar (2010) e Lucca *et al.* (2011). Os três últimos estudos apresentam intervalos típicos, sendo que Pacheco *et al.* (2015) e Salazar (2010), apresentaram os intervalos de forma a variar as condições construtivas, mais onerosos para os valores máximos (declividade no primeiro estudo, condições de pavimentação e presença de rochas no segundo estudo). O estudo de von Sperling (2017) que serviu de base para a elaboração do PNSR, propõe valores médios a partir da nota técnica nº492 da SNSA (2010) e dos artigos de Salazar (2010) e Lucca *et al.* (2011).

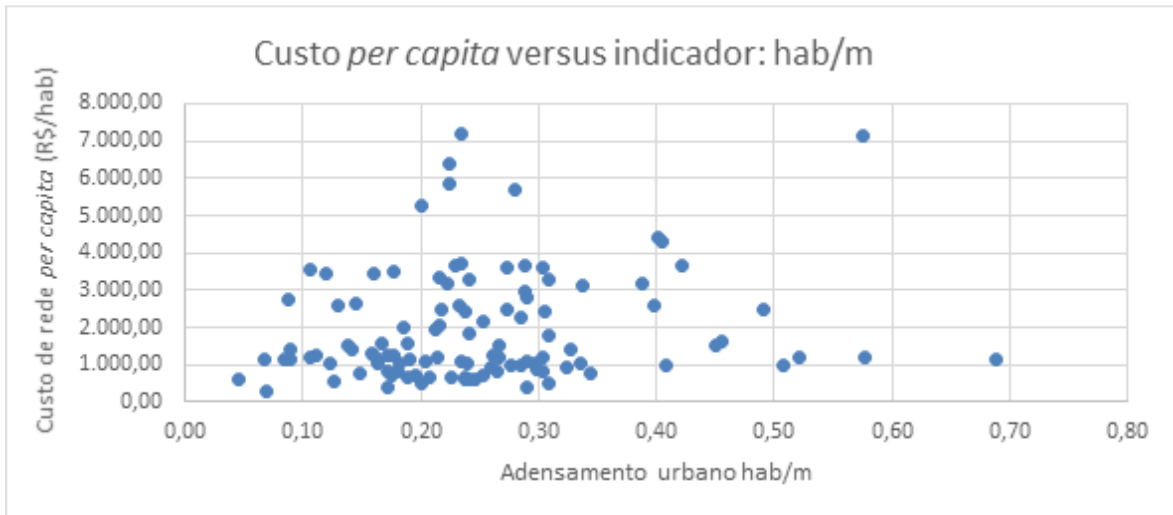
**Tabela 5.12** Comparativo de custos *per capita* (R\$/m) de rede de coleta (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017)

Fonte	Infraestrututa	Custo <i>per capita</i> R\$/m		
		Média simples	Mínimo	Máximo
<b>Presente estudo</b>	Rede de coleta	298,50		
<b>von Sperling (2017)</b>	Rede de coleta	180,00		
	Rede de coleta + EEE	221,40		
<b>SNSA (2010)</b>	Rede de coleta	286,40		
<b>Pacheco <i>et al.</i> (2015)</b>	Rede de coleta		160,08	276,48
<b>Salazar (2010)</b>	Rede de coleta		143,00	244,00
<b>Lucca <i>et al.</i> (2011)</b>	Rede de coleta		137,00	172,00

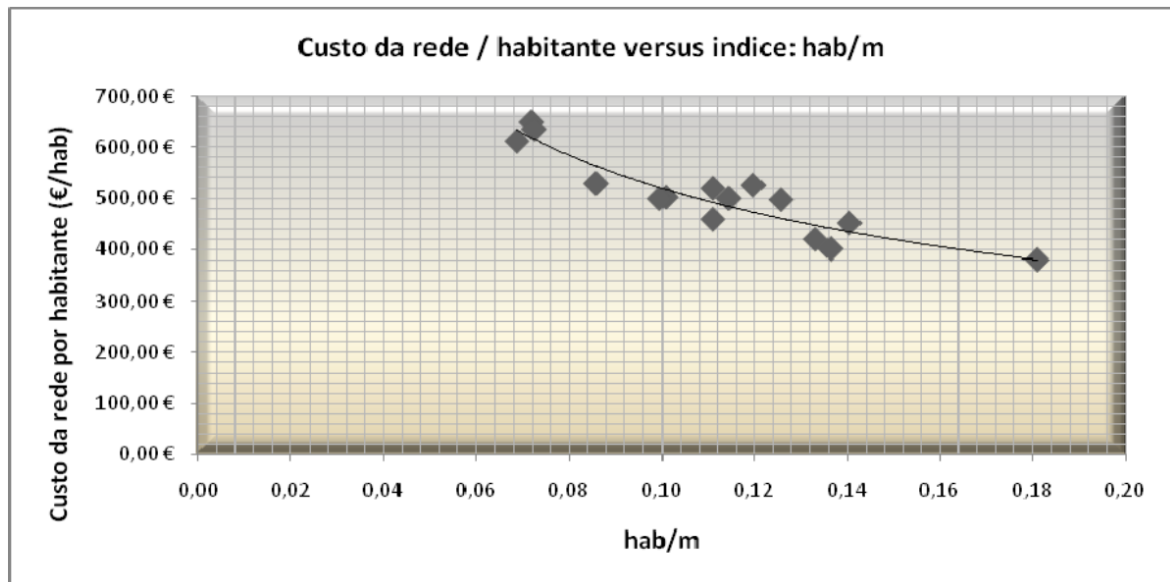
Fontes: Pacheco *et al.* (2015), von Sperling (2017), nota técnica nº492 da SNSA (2010), Salazar (2010) e Lucca *et al.* (2011).

Mendes *et al.* (2009) encontraram relações paramétricas entre os custos *per capita* da rede de coleta e o adensamento populacional. A Figura 5.20 e Figura 5.21 a seguir apresentam os gráficos encontrados neste estudo e os gráficos encontrados no estudo de Mendes *et al.* (2009), com o propósito de compará-los. A diferença nos resultados pode ser explicada, talvez, pela maior homogeneidade das características locais do estudo de Mendes *et al.* (2009), que considerou projetos em uma pequena região de Portugal, enquanto o atual estudo considerou municipalidades em um estado com dimensões territoriais superiores às de Portugal e com grande heterogeneidade de condições físicas como declividade, solo, níveis de urbanização e adensamento populacional. Pode-se observar, por exemplo, que todos os dados da amostra do estudo português possuíam menos de 0,2 hab./m. Outra possível explicação é a qualidade da base de dados utilizada nos dois estudos.

**Figura 5.20** Custo *per capita* de rede pelo adensamento da localidade em hab/m.



**Figura 5.21** Resultado de Mendes *et al.* (2009) do custo *per capita* de rede pelo adensamento da localidade em hab/m.



Fonte: Mendes *et al.* (2009)

#### 5.2.4 Estimativa de investimentos futuros em rede de coleta

Para estimativa dos investimentos em rede de coleta, foi considerada a média dos custos *per capita* de rede e elevatórias. Essa escolha se explica porque dos 113 municípios avaliados, apenas 33 municípios não possuem EEEs, e a maior parte desses (em torno de 80%), não possui

ETE. Quando não existe ETE, as EEEs não fazem sentido de serem construídas para seguir lançando esgoto em cursos d'água, a não ser que haja necessidade de proteger algum curso d'água específico. Portanto, os municípios que ainda não contam com EEEs, provavelmente contarão com alguma quando houver avanço do atendimento, principalmente quando for implantado o tratamento do esgoto. Foi considerado o valor de factíveis de 8%, citado por Pessoa *et al.* (2018b), que são usuários que já possuem rede disponível, mas ainda não utilizam da mesma, portanto, não carecem de investimento. Foram estimados os valores para atendimento do crescimento populacional até 2033 com dados de crescimento populacional, segundo o IBGE. Foram estimados os três cenários C1, C2 e C3, seguindo os mesmos critérios da estimativa de investimentos em ETEs do tópico 5.1.4 (primeiro e terceiro quartis).

**Tabela 5.13** Cenários estimados de investimentos em rede de coleta e elevatórias de esgoto em 2018 e 2033.

População a ser atendida		Custo estimado 2018 (R\$)		
		C1	C2	C3
2.035.432		2,410 bilhões	5,280 bilhões	7,079 bilhões

Fator de crescimento populacional (IBGE)	População a ser atendida 2033	Custo estimado 2033 (R\$)		
		C1	C2	C3
1,062	608.028	783 milhões	1,714 bilhões	2,299 bilhões

### 5.3 Análise dos custos de operação

#### 5.3.1 Análise preliminar e descritiva dos custos de operação

Os custos operacionais com coleta e tratamento de esgoto do prestador regional são analisados a seguir, a fim de observar a sua variação de acordo com sua natureza e seus valores *per capita*. Os resultados somam os dados dos meses de janeiro a outubro de 2018 de 204 municípios, com distribuição de população da Figura 5.16 (variando de 1.500 habitantes a 2,5 milhões, sendo 75% dos municípios com população inferior a 40 mil habitantes). Todos os custos de operação avaliados estão referidos à data de junho de 2018.

A

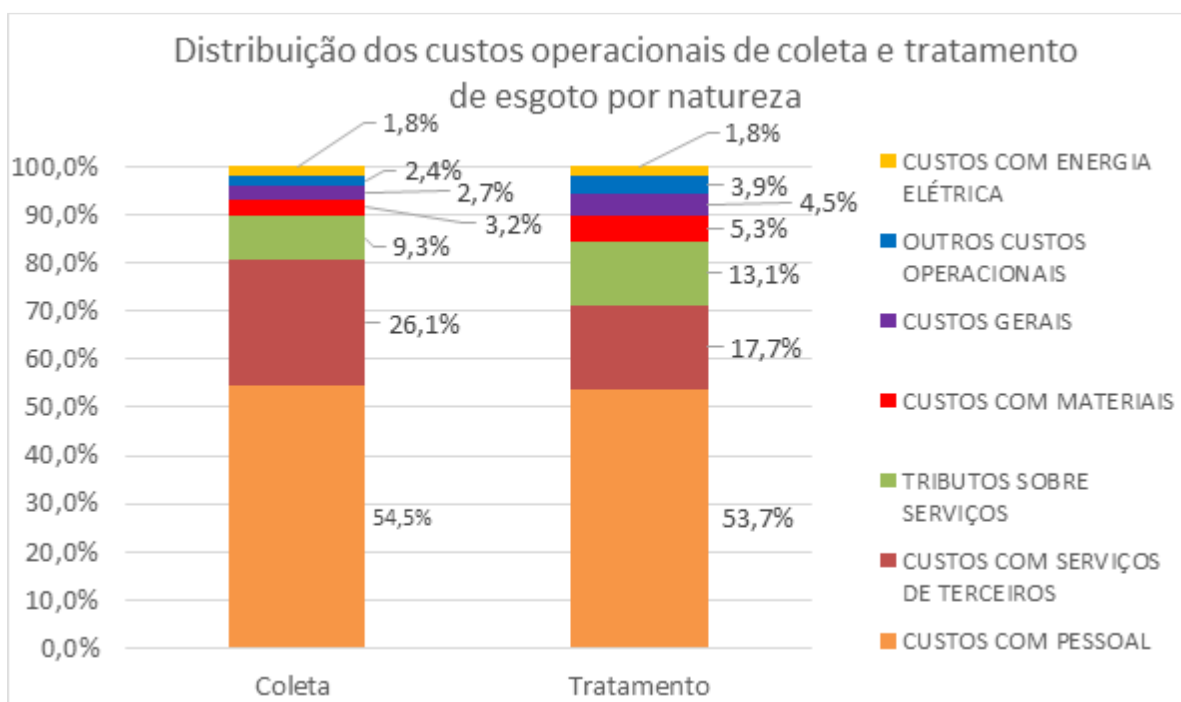
**Figura 5.22** apresenta os dados de custos operacionais, com coleta e tratamento de esgoto, de acordo com o tipo de natureza. Importante notar, na

**Figura 5.22**, que tanto para coleta como para tratamento, os recursos humanos contratados representam a maior porcentagem de custo na operação. Somando-se os custos com pessoal próprio e com serviços terceirizados, esses custos representam 80,6% do custo total para a coleta e 71,4% do custo total para o tratamento de esgotos. Os tributos pagos pelos serviços prestados constituem o terceiro maior custo, correspondem a 9,3% para coleta e 13,1% para tratamento, sendo um gasto também significativo. Vale ressaltar que a parcela de outros custos operacionais, como destrinchada pela nota de rodapé da página 1, também são impostos, porém que não incidem sobre o serviço prestado diretamente. Portanto, a despesa em média com impostos diretos e indiretos corresponde a 11,7% para coleta e 17% para tratamento. Os demais

custos com materiais, energia elétrica e gerais, que correspondem basicamente aos insumos necessários à prestação desses serviços, correspondem a 7,7% para coleta e 11,6% para tratamento. A maior diferença percebida entre os dois serviços, coleta e tratamento, é o menor gasto no tratamento com serviços terceirizados. Evidencia-se com tais dados, a importância da gestão dos recursos humanos, como fator mais impactante nos custos operacionais da companhia estadual em estudo. Obviamente que a gestão eficiente dos outros custos não pode ser negligenciada, e a busca por gastos ótimos deve ser estimulada pela conduta da empresa e pelas regras de tarifação de agências reguladoras. Como abordado na revisão de literatura, o órgão regulador deve ser um indutor de eficiência, visto que no mercado de saneamento, um monopólio natural, não existe esse estímulo. Ao procurar por referências bibliográficas que discutissem custos de operação de esgotamento sanitário, apenas foi possível encontrar um artigo, publicado há 20 anos, que discutia justamente a inexistência de estudos nesse sentido (SAMPAIO e GONÇALVES, 1999). De lá para cá, ao que tudo indica, o cenário se mantém o mesmo. O artigo encontrado avaliava os custos de operação de uma ETE de lodos ativados, o que não foi especificamente avaliado nesse estudo.

**Figura 5.22** Custos operacionais de coleta e tratamento de esgoto por natureza





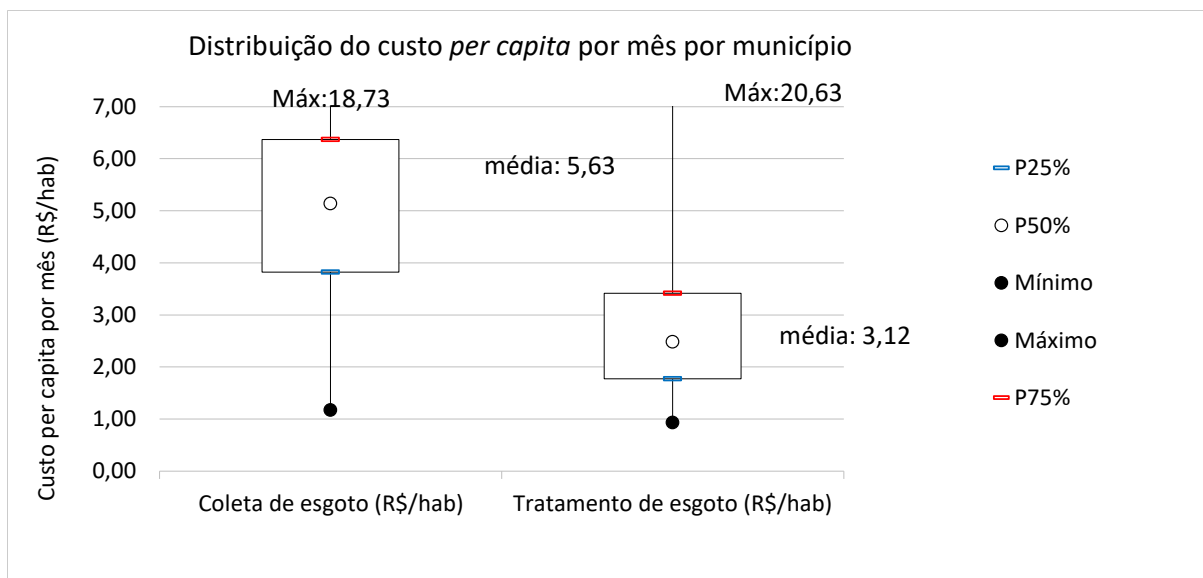
A Figura 5.23 apresenta a distribuição do custo *per capita* da operação de coleta e tratamento de esgoto por mês em cada município do estudo, através de gráfico *box-whisker*. Ao todo foram utilizados os dados de 204 municípios com coleta e 128 municípios que contam com tratamento. A mediana do custo com operação de coleta é 108% maior que a mediana do custo com tratamento de esgoto (R\$ 5,18 coleta, R\$ 2,48 tratamento). O intervalo de custos entre o primeiro e o terceiro quartil dos custos com coleta é maior que o intervalo de tratamento, demonstrando uma maior variação dos resultados, apesar das extremidades dos resultados (mínimo e máximo) do custo com tratamento, apresentar um intervalo maior. Vale ressaltar que os custos *per capita* apresentados, não consideram apenas a prestação em si dos serviços, são os custos referentes a operação de uma companhia estadual, onde há o rateio dos custos administrativos, dos recursos humanos da administração central, dos sistemas de informações e tudo aquilo que é necessário para manter a prestação desses serviços. Outra ressalva importante é quanto a média encontrada de R\$ 5,63 para coleta, que é a média das médias de cada localidade. Porém a média global, somando todos os custos de coleta e dividindo pela população total atendida, é de R\$ 3,75. Essa diferença se dá porque a média das médias não leva em conta o peso dos custos *per capita* de municípios que têm maiores populações, que fazem com que esse valor se reduza, no momento em que, nos municípios mais populosos, o custo *per capita* é menor. Isso pode ser observado através da Figura 5.29 mais abaixo. O mesmo fato pode ser observado para os custos de operação com tratamento, o qual apresenta média global de R\$ 2,45 em comparação à média das médias dos municípios que é de R\$ 3,12. Isso

demonstra que nos municípios com maiores populações, em ambos os serviços, o custo *per capita* tende a ser menor, evidenciando economia de escala para os custos de operação de maneira geral. A Tabela 5.14 apresenta os valores dos quartis, da mediana, média, avaliando-se o conjunto de custos *per capita* de cada município com coleta e tratamento por ano. Também se apresenta a média global, que consiste em somar todo o custo de operação da companhia e dividir por toda a população atendida por ela. Observa-se que a média global no caso do custo de operação com tratamento fica próxima a mediana, enquanto a média global do custo com coleta fica próximo do primeiro quartil dos custos *per capita* dos municípios.

**Tabela 5.14** Custos *per capita* de operação com coleta e tratamento de esgoto anual em R\$/hab.ano.

Serviço	Nº de dados	Média global	Média das médias	Q1 (25%)	Q2 (mediana)	Q3 (75%)
<b>Coleta</b>	204	45,00	67,56	45,84	61,68	76,44
<b>Tratamento</b>	128	29,40	37,44	21,24	29,76	41,04

**Figura 5.23** Distribuição dos custos *per capita* de operação com coleta e tratamento de esgoto por mês em R\$/hab.mês



### 5.3.2 Análise de regressão dos custos de operação

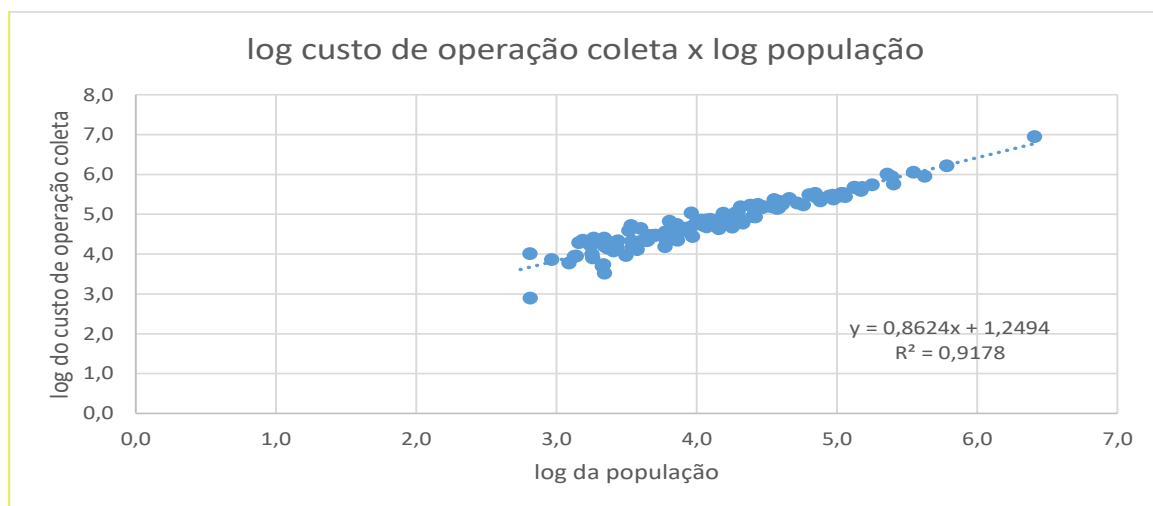
Tem-se a seguir os resultados obtidos da análise dos custos de operação com coleta e tratamento de esgoto, considerando a influência da população atendida. Os custos *per capita* de operação

com coleta de cada município foram avaliados em termos de características como adensamento; ligação/funcionário; declividade média; porte populacional e índice de atendimento com o serviço. Quanto a custos de operação com tratamento, foram avaliados os custos *per capita* em termos da associação de tecnologia empregada no município e pela quantidade de ETEs em cada município.

A Figura 5.24 apresenta a regressão do logaritmo do custo de operação de coleta de cada localidade pelo log de sua população. As variáveis se mostram diretamente proporcionais entre si, com inclinação da reta de regressão próxima a 1. O coeficiente de determinação encontrado foi acima de 90%, o que representa boa previsibilidade dos resultados, porém cabe a mesma ressalva realizada no caso do custo implantação de coleta. Como os dados foram logaritmizados, ao remover essa transformação, os erros tomam proporções muito maiores. A equação abaixo apresenta a reta de regressão para estimar o custo de operação mensal com coleta, dada uma população (*pop*):

$$\text{Custo operação coleta} = 17x \text{ População atendida}^{0,8624} \quad (\text{eq. 12})$$

**Figura 5.24** Regressão do logaritmo do custo de operação com coleta pelo logaritmo da população atendida.

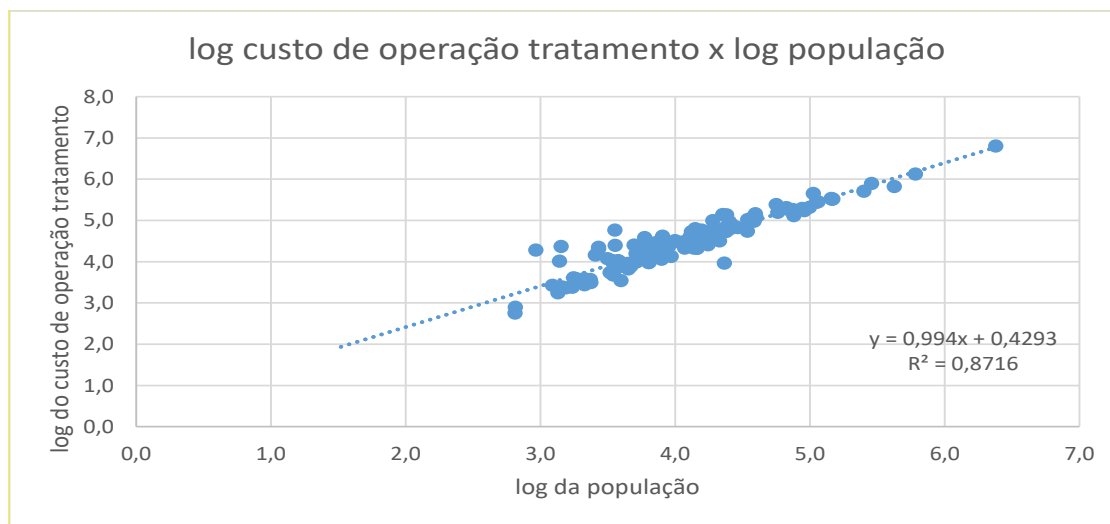


A Figura 5.25 apresenta a regressão do logaritmo do custo de operação de tratamento de cada localidade pelo log de sua população. As variáveis se mostram diretamente proporcionais entre si, com inclinação da reta de regressão muito próxima a 1. O coeficiente de determinação encontrado foi acima de 87%, o que representa boa previsibilidade dos resultados, porém cabe a mesma ressalva já citada no item anterior com relação aos erros quando se trata da escala

logaritma. A equação abaixo apresenta a reta de regressão para estimar o custo de operação mensal com tratamento dada uma população:

$$\text{Custo operação tratamento} = 2,68x \text{ População atendida}^{0,994} \quad (\text{eq. 13})$$

**Figura 5.25** Regressão do logaritmo do custo de operação com tratamento pelo logaritmo da população atendida



A Tabela 5.15 apresenta as análises de regressão e os testes de normalidade realizados no programa R, avaliando o custo *per capita* de operação com coleta de cada localidade com as variáveis adensamento (hab/m; economias/ligação); ligação/funcionário; declividade média; porte populacional e índice de atendimento com o serviço (% da população total). Os testes de Shapiro-Wilk demonstraram que os dados não apresentam normalidade (p-valor menor que 0,05), o que retira a confiabilidade das análises de regressão. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) portanto não possuem significância. Porém foram plotados os gráficos dessas variáveis com os custos *per capita*, e puderam ser observadas algumas tendências que são apresentadas na Figura 5.26, Figura 5.27, Figura 5.28 e Figura 5.29. Os dados utilizados nesse estudo, somavam todos os custos operacionais, diretos e indiretos, fazendo com que custos da administração central da companhia estadual fossem rateados por todas as localidades. Talvez, as características de cada localidade influenciem mais os custos operacionais diretos, quando se excluem os custos da administração central. Ainda assim, é importante avaliar os custos indiretos, visto que só existem pela possibilidade de centralização de algumas atividades (como de laboratório e gestão de pessoas por exemplo), e, portanto, são responsáveis por ganhos de escala, um benefício da modalidade de prestação regionalizada.

**Tabela 5.15** Análises de regressão do custo *per capita* de operação de coleta de esgoto por adensamento populacional, número de funcionário por ligação, declividade média, porte populacional e índice de atendimento da população com coleta de esgoto.

Regressão	Adensamento (hab/m)	Adensamento (economias/ ligação)	Nº de ligações de esgoto / funcionário	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R1	x			5,6x10 <sup>-10</sup>	0,124
R2		x		2,0x10 <sup>-15</sup>	0,003
R3			x	1,3x10 <sup>-8</sup>	0,127

Regressão	Declividade média (%)	Porte populacional (log população)	Índice de atendimento (%)	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R4	x			5,6x10 <sup>-15</sup>	0,004
R5		x		1,1x10 <sup>-14</sup>	0,084
R6			x	6,3x10 <sup>-9</sup>	0,307

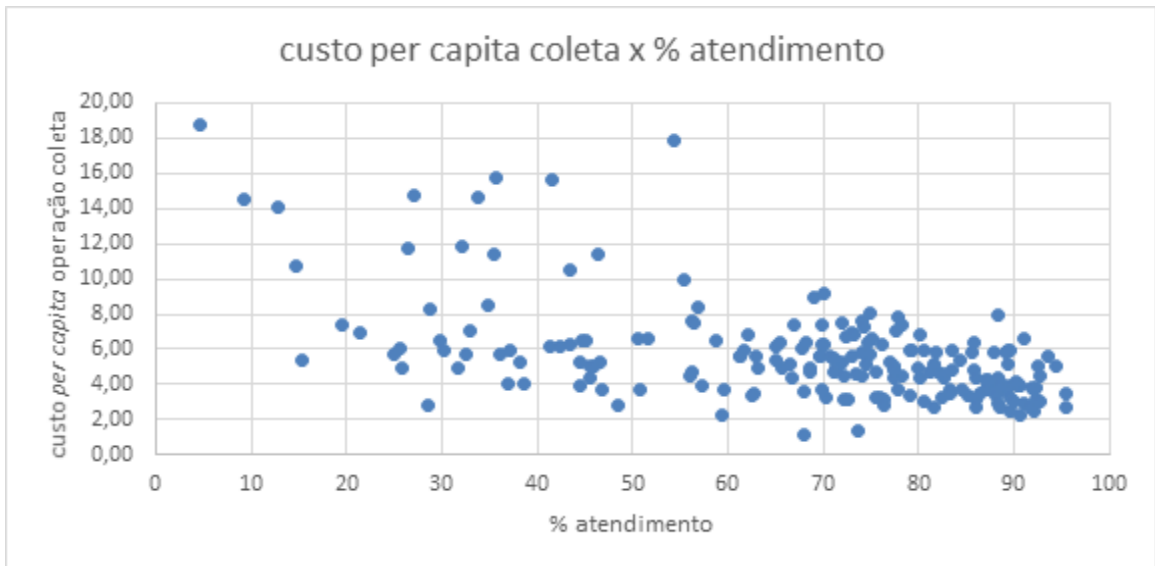
  

Regressão	Todas as variáveis explicativas	Valor p para o teste de normalidade Shapiro Wilk	Coefficiente de determinação da regressão (R <sup>2</sup> )
R7	x	1,3x10 <sup>-8</sup>	0,376

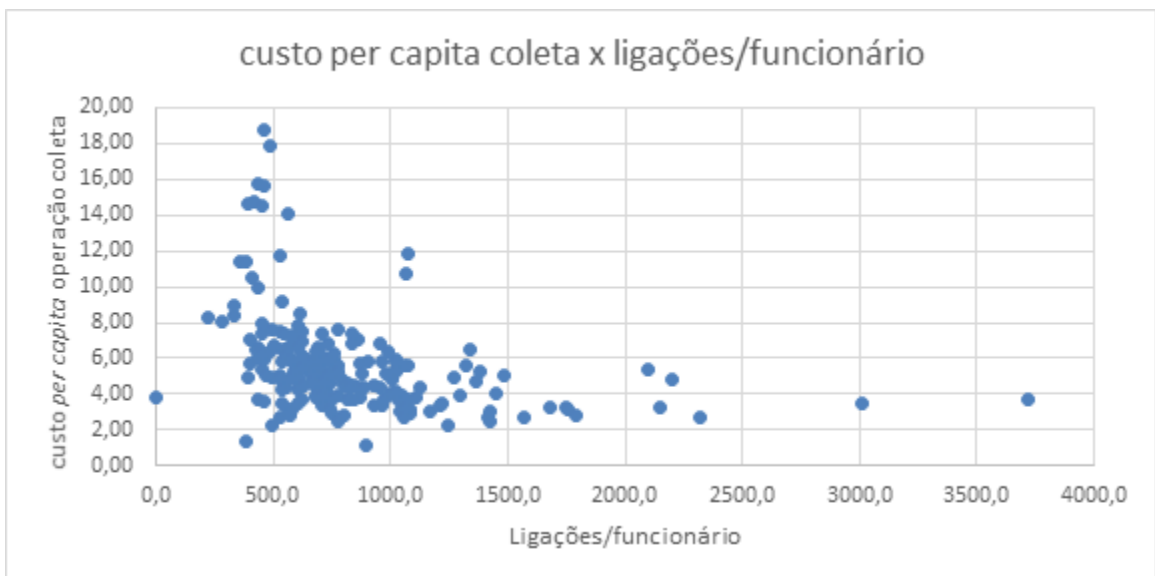
A Figura 5.26 demonstra que os custos *per capita* de coleta em localidades com menos de 60% de atendimento apresentam maior variação, havendo uma tendência de redução à medida que o atendimento aumenta. Isso evidencia um ganho de escala corroborado pela Figura 5.29. Acima de 90% de atendimento, praticamente todas as localidades apresentaram custo *per capita* abaixo de R\$ 6,00, o mesmo valor para populações acima de 100.000 habitantes. Quanto ao adensamento urbano representado pela variável hab/metro e adensamento quanto ao atendimento, representado pela variável ligações/ funcionário, em ambos os casos, quanto mais adensado, menor é o custo *per capita*, apresentando maior heterogeneidade dos dados em localidades menos adensadas. Esse padrão de variação em um espectro do custo *per capita* pode explicar o fato do teste de Shapiro-Wilk refutar a normalidade da distribuição dos dados. Todos

os gráficos apontam a mesma tendência, em termos de custos de operação de coleta, sistemas de grandes cidades adensadas, com menos funcionários por ligações, os custos *per capita* se reduzem, apontando para ganho de escala.

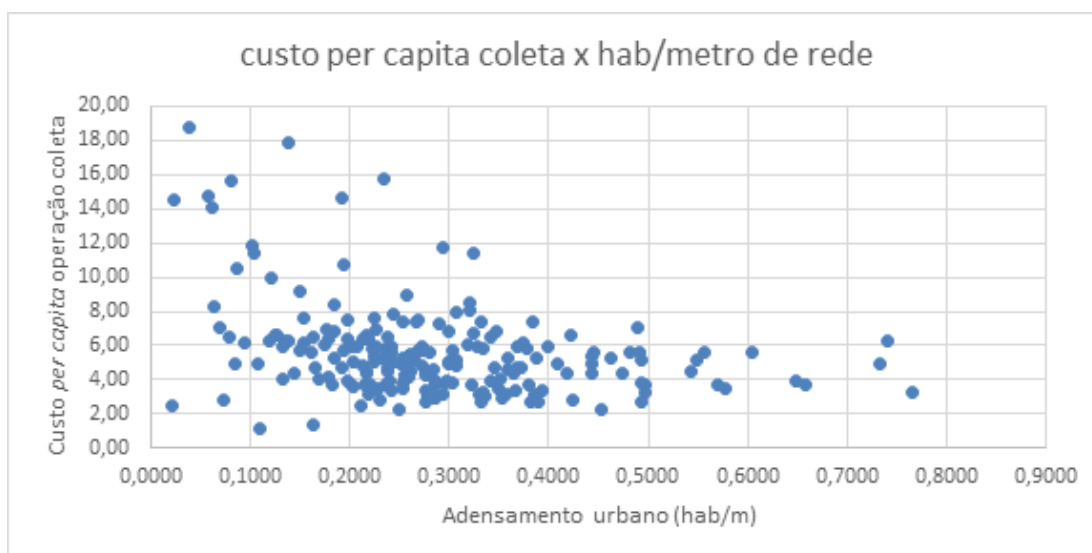
**Figura 5.26** Custo *per capita* de operação com coleta por índice de atendimento com coleta de esgoto



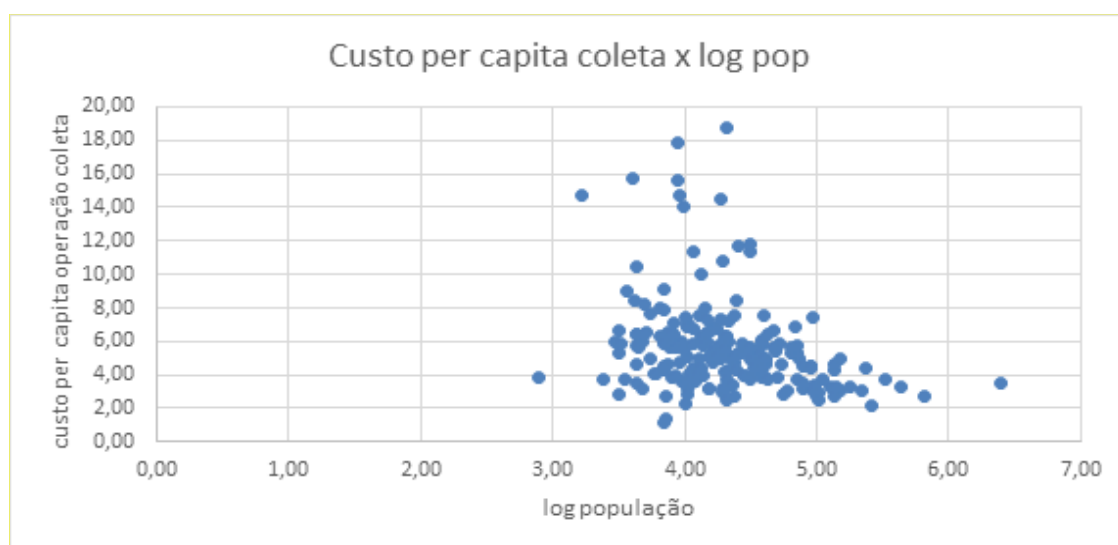
**Figura 5.27** Custo *per capita* de operação com coleta por ligação/funcionários



**Figura 5.28** Custo *per capita* de operação com coleta por habitante por metro de rede



**Figura 5.29** Custo *per capita* de operação com coleta pelo logaritmo da população



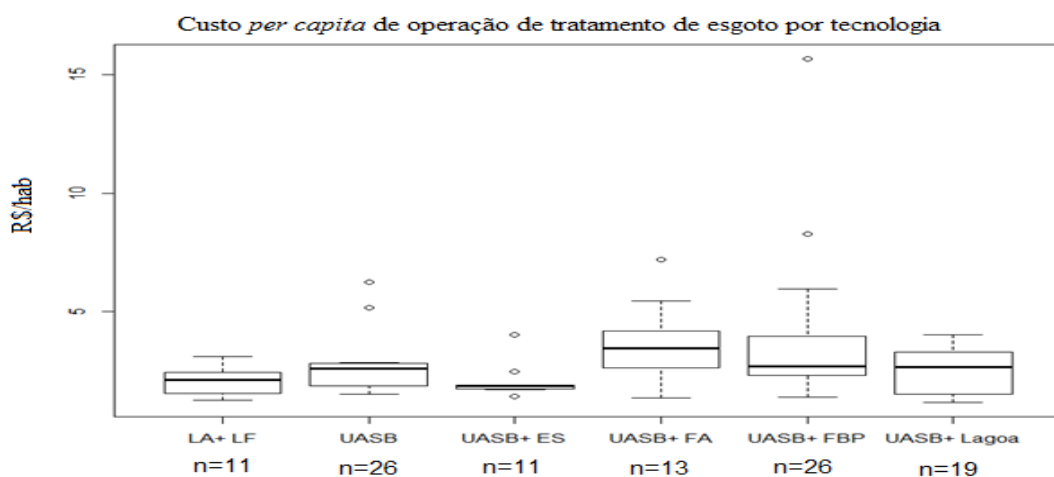
A Tabela 5.16 apresenta os resultados dos testes de Kruskal-Wallis, com os dados de custo de operação com tratamento, das localidades que possuem apenas uma ETE. Assim foi possível comparar os custos incorridos, de acordo com a associação de tecnologia de tratamento adotada na localidade. Ao todo foram 95 localidades/ETEs avaliadas, sendo 15 UASB, 26 UASB + FBP, 13 UASB + FA, 11 UASB + ES, 19 UASB+ Lagoa, 11 LA + LF. Pelo critério utilizado de apenas uma ETE por município e pela baixa quantidade de ETEs da modalidade de lodos ativados, não foi possível comparar essa tecnologia. Os valores sublinhados são aqueles onde há diferença significativa entre os custos de operação de tratamento nos municípios, entre as associações de tecnologia apontadas. Apenas as associações de tecnologia de lagoas (LA + LF) e UASB + ES apresentaram diferença significativa com as associações de tecnologia que

empregam UASB com algum pós-tratamento de filtro (valores marcados em negrito e sublinhados inferiores a 0,05). Como o principal componente dos custos de operação com tratamento é com pessoal e terceiros contratados, é possível que o fator determinante seja a quantidade de operadores e sua especialização. No caso dos pós tratamentos com filtros, aeróbicos ou anaeróbicos, pode haver maior necessidade de operadores ou capacitação dos mesmos, o que corresponderia aos maiores valores de custos quando comparados a sistemas que utilizem lagoas ou pós tratamento de lagoas/escoamento em solo. A Figura 5.30 apresenta os dados de custos de operação de tratamento por tecnologia em gráficos *box-whisker*, a fim de ilustrar os dados dos testes não paramétricos da Tabela 5.16.

**Tabela 5.16** Análises de Kruskal-Wallis do custo *per capita* de operação de tratamento de esgoto por tecnologia de tratamento

Tecnologias	UASB	UASB + FBP	UASB + FA	UASB + ES	UASB + Lagoa	LA+ LF
UASB	x	0,30	0,14	0,12	0,69	0,30
UASB + FBP	0,30	x	0,39	<b><u>0,01</u></b>	0,18	<b><u>0,02</u></b>
UASB + FA	0,14	0,39	x	<b><u>0,01</u></b>	0,05	<b><u>0,02</u></b>
UASB + ES	0,12	<b><u>0,01</u></b>	<b><u>0,01</u></b>	x	0,65	0,79
UASB + Lagoa	0,69	0,18	0,05	0,647	x	0,29
LA+ LF	0,30	<b><u>0,02</u></b>	<b><u>0,02</u></b>	0,791	0,29	x

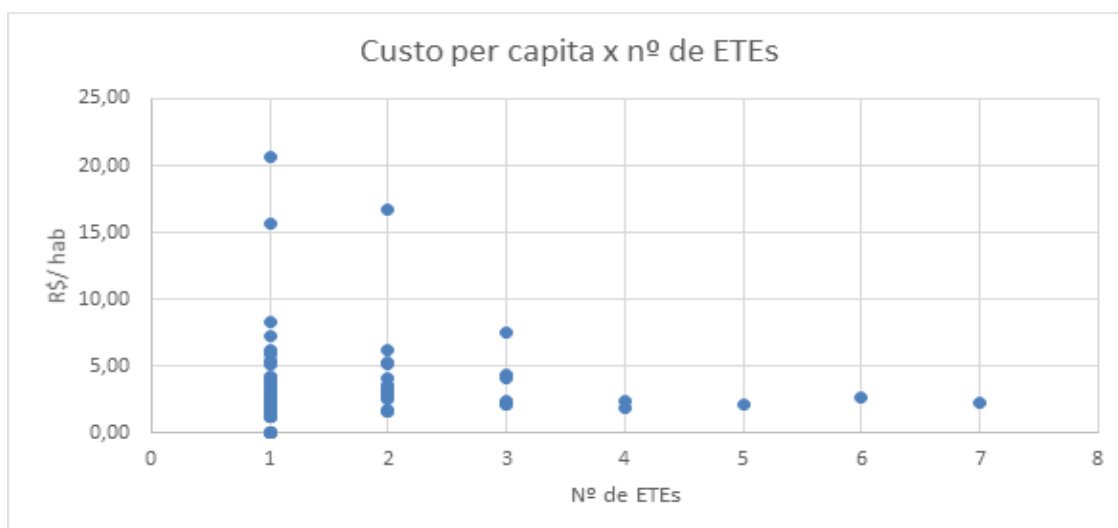
**Figura 5.30** Custo *per capita* de operação com tratamento de esgoto por tecnologia da ETE





A Figura 5.31 apresenta os custos de operação com tratamento por quantidade de ETEs em cada localidade. Como são poucos os exemplos de municípios com 4 a 7 ETEs, não é possível afirmar uma determinada tendência. Obviamente, o grupo com maior quantidade de dados com apenas uma ETE, apresenta maior variação de resultados. Porém é possível aferir que o maior número de ETEs não necessariamente implica em maior custo *per capita*. Como municípios com muitas ETEs são, em sua maioria, municípios grandes, pelos resultados anteriores, a tendência de ganho de escala, pode impedir uma análise mais precisa.

**Figura 5.31** Custo *per capita* de operação com tratamento de esgoto pela quantidade de ETEs no município



#### 5.4 Estimativa de tarifa em cenário futuro e capacidade de pagamento

Com os valores típicos de custos de infraestrutura e de operação com coleta e tratamento de esgoto, foram estimados os valores de aumento da tarifa a ser cobrado pelos serviços de esgotamento sanitário. Em seguida foi calculado o quanto a tarifa paga pelos serviços de água e esgoto representaria da renda da população, considerando as menores faixas de renda da sociedade atendida. Para o cálculo da tarifa futura, considera-se a entrada de novos usuários de esgoto (número de economias), a infraestrutura necessária para atendê-los (custo de capital) e o custo de operação com coleta e tratamento associados à mesma. A tarifa calculada para esse novo cenário foi comparada à tarifa calculada na revisão tarifária da companhia estadual de 2017, observando qual seria o aumento, caso todo o mercado de esgoto previsto em contrato fosse atendido. Foram calculados também os tributos que incidiriam sobre a nova receita desse cenário, e outros gastos que são referenciados ao montante arrecadado ou ao número de

economias atendidas, como os destinados à recuperação e proteção de mananciais (0,5%), à regulação (taxa de 0,4%) e ao PIS/Cofins (7%). A depreciação e amortização da base de ativos foi calculada considerando o tempo de vida útil médio definido para os ativos de esgoto, de 45 anos. A lucratividade considerada foi a mesma definida na revisão da companhia de 2017, de 7,94% acima da inflação e após pagamento dos tributos sobre o lucro.

Para a estimativa do custo com ligações considerou-se a população que não é atendida por coleta, multiplicada pelo custo *per capita* das ligações de esgoto. O custo por ligação de esgoto, a partir dos dados do banco patrimonial, foi de R\$ 436,10. Colossi (2002) encontrou valores de R\$ 788,57 por ligação atualizados pelo INCC para a mesma data deste estudo, ou seja, quase o dobro do encontrado. Porém vale ressaltar que a quantidade de habitantes por ligação do estudo de Colossi (2002) era de 6,9 hab./ligação, enquanto o do presente estudo é de 2,9 hab./ligação, segundo dados do SNIS de 2002 e 2016 respectivamente. Portanto, o estudo de Colossi (2002) avaliou uma área bastante verticalizada, com diâmetros de tubulações de conexão maiores, o que pode justificar os valores superiores de custo por ligação. Outro fator que pode explicar a diferença entre os valores obtidos é a distância temporal entre eles, que representa diferentes cenários econômicos e exigências tecnológicas. As referências da nota técnica nº 492 da SNSA (2010) e de von Sperling (2017) foram próximos a metade do valor encontrada neste estudo, tal diferença pode-se explicar pelo que se considera como custo de ligação. O estudo de Lucca *et al.* (2011) apresenta um intervalo de custos por ligação de esgoto, sendo seu valor máximo, inferior ao encontrado neste estudo. O estudo de von Sperling (2017) se baseou na Nota técnica nº 492 de 2010 da SNSA (2010) e no artigo de Lucca *et al.* (2011) para encontrar o valor médio de custo de ligação. A Tabela 5.17 apresenta os valores médios de custo *per capita* dos estudos citados.

**Tabela 5.17** Comparativo de custos *per capita* de ligações de esgoto (valores atualizados pelo INCC agosto de 2017)

<b>Fonte</b>	<b>Ligação (R\$/ligação)</b>
<b>Colossi (2000)</b>	788,57
<b>Nota técnica nº 492 de 2010 da SNSA (2010)</b>	190,00 - 480,00
<b>Lucca <i>et al.</i> (2011)</b>	166,00 - 382,00
<b>von Sperling (2017)</b>	191,00
<b>Presente estudo</b>	436,10

A seguir, a Tabela 5.18 apresenta as estimativas da parcela dos custos de capital (rede de coleta, ligações de esgoto, EEEs e ETEs) a serem investidos para atendimento da totalidade da população compreendida em contrato, nos três diferentes cenários (C1, C2 e C3), considerando a população atual e a população estimada em 2033. As ligações, que consistem na conexão dos usuários com a rede pública, são gratuitas aos usuários como incentivo à ligação, sendo seu custo coberto nas tarifas pagas por todos os usuários.

**Tabela 5.18** Estimativas de investimento em SES para 2018 e 2033

Segmento do SES	Investimento estimado referente ao déficit em 2018 (R\$)		
	C1	C2	C3
<b>Rede e EEE</b>	2.410.182.713,08	5.279.694.852,21	7.079.129.910,23
<b>ETE</b>	364.279.853,00	668.005.981,13	848.348.321,80
<b>Ligação</b>	355.053.946,00	355.053.946,00	355.053.946,00
<b>Total</b>	3.129.516.511,71	6.302.754.778,97	8.282.532.177,66

Segmento do SES	Investimento estimado referente ao crescimento vegetativo 2033 (R\$)		
	C1	C2	C3
<b>Rede e EEE</b>	782.581.096,54	1.714.305.460,92	2.298.578.119,26
<b>ETE</b>	22.658.206,86	41.549.972,03	52.767.265,61
<b>Ligação</b>	106.062.369,00	106.062.369,00	106.062.369,00
<b>Total</b>	911.301.672,69	1.861.917.802,24	2.457.407.754,16
<b>Soma déficit e crescimento vegetativo</b>	4.040.818.184,40	8.164.672.581,21	10.739.939.931,82

Comparou-se os resultados de estimativas totais de investimentos, com os estudos da ANA (2017) e Queiroz *et al.* (2015), que assim como neste estudo, utilizaram metodologia similar, ao considerar apenas os ativos essenciais a prestação do serviço de esgotamento sanitário nas áreas urbanas, além do horizonte de 2033. Porém o estudo da ANA apenas considera as sedes urbanas, desconsiderando os distritos urbanos dos municípios. Além do que, o estudo da ANA só considera investimentos em rede de coleta e tratamento, não considerando custos de

elevatórias e de ligação. É possível notar algumas diferenças entre as estimativas. O valor encontrado pelo estudo foi de R\$ 8,1 bilhões, portanto, intermediário entre a estimativa da ANA (2017), que foi de R\$ 5,0 bilhões e o estudo de Queiroz *et al.* (2015) que chegou ao valor de R\$ 11,4 bilhões, atualizado para agosto de 2017. Tal diferença pode ser explicada por outras questões metodológicas da estimativa, por exemplo, os custos médios *per capita* utilizados em cada um, ou a precisão dos dados de atendimento em cada localidade que foram utilizados.

A Tabela 5.19 apresenta as características da amostra avaliada, ou seja, o atendimento com coleta e tratamento de esgoto, nos municípios que possuem contrato de prestação do serviço de esgotamento sanitário da companhia estadual avaliada. Os dados se referem a situação no ano de 2017. Apresenta-se também o valor médio de tarifa cobrada, para os serviços de água e esgoto, no ano de 2017, elaborado a partir da revisão tarifária daquele ano. Observa-se que é alto os níveis de atendimento, em comparação com outras regiões do Brasil, como pode ser observado ao se comparar com os dados da Tabela 1.1. Porém é importante ressaltar a diferença entre a capacidade de tratamento e a população realmente atendida com tratamento, resultado de uma média de 46% de ociosidade das ETEs, apontado pela Figura 5.1. Faz-se necessário o investimento em redes interceptoras, EEEs e conexão de usuários, a fim de aumentar a utilização da infraestrutura já estabelecida das ETEs. A Figura 5.32 por sua vez apresenta outra nuance importante da amostra estudada. Os municípios que possuem contrato para prestação do serviço de esgotamento sanitário, em sua maioria são municípios de maior porte. Nos grupos com os menores municípios, populações inferiores a 10.000 habitantes, apenas 17% dos municípios são atendidos pela Cesb. Nos municípios maiores, com mais de 50.000 habitantes, 60% são atendidos pela Cesb. Isso revela o interesse econômico que norteia as decisões de celebração de contrato, fazendo com que prestadores optem por municípios onde haja maior superávit, em detrimento daquelas deficitários, normalmente, municípios de menor porte populacional.

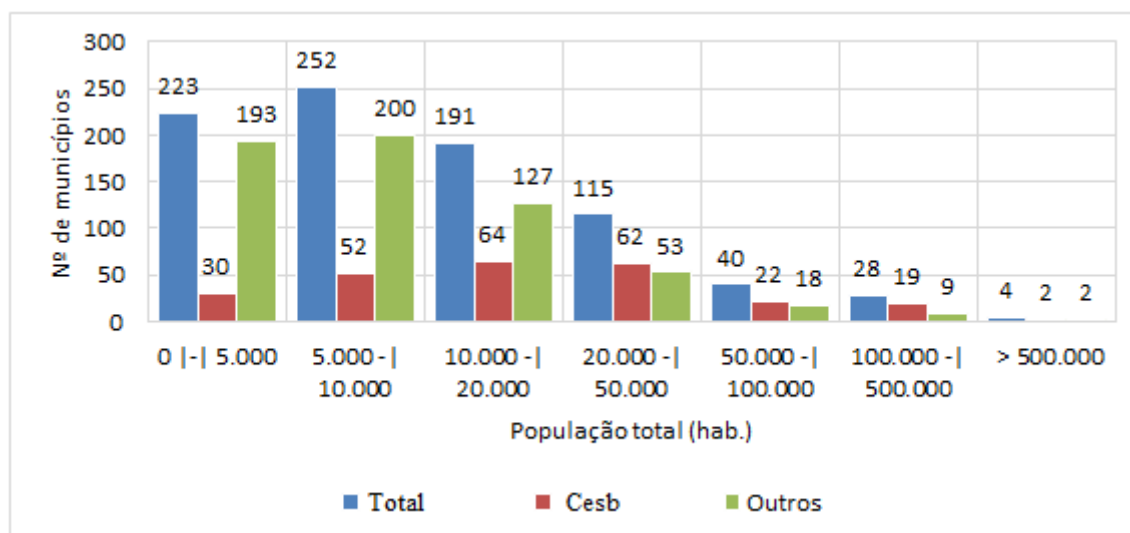
**Tabela 5.19** Características da amostra do estudo em termos de atendimento dos serviços em 2017

<b>População atendida com coleta</b>	<b>%</b>	<b>População atendida com tratamento</b>	<b>%</b>
7.827.763	79,4	3.717.824	38

<b>População potencialmente atendida com tratamento</b>	<b>%</b>	<b>Tarifa média (2017) com serviços de água e esgoto</b>
8.082.225	83	R\$ 90,68

**Figura 5.32** Número de municípios com contrato de prestação do serviço de esgotamento sanitário por porte do município



A seguir, na Tabela 5.20, tem-se as estimativas para os custos de operação. Para o cálculo do valor de custo operacional anual com a coleta de esgotos, foi considerada a média ponderada pela população dos meses analisados, que é de R\$ 3,75 por mês. Evitou-se utilizar a reta de regressão da Figura 5.24, porque, quando calculado com essa equação, obteve-se um custo *per capita* de apenas R\$ 2,40. O valor escolhido de R\$ 3,75 está próximo dos valores observados na Figura 5.26, quando o atendimento se aproxima de 100% da população no município, o que se aproxima do cenário hipotético de amplo atendimento em todos os municípios.

Para o custo de operação do tratamento de esgotos, utilizou-se a reta de regressão da Figura 5.25, obtendo-se um custo *per capita* de R\$ 2,45, próximo à mediana que é de R\$ 2,48 apresentada na Figura 5.23. O dado final de custo operacional para cálculo da tarifa é anual, portanto, multiplicou-se em ambos os casos por 12, visto que os dados eram mensais. Todos os custos foram corrigidos retroativamente para agosto de 2017, de forma a condizer com os dados dos custos de capital que utilizaram essa data de referência. Para correção monetária dos valores foi utilizado o IPCA- Índice de Preços ao Consumidor Amplo, que traz um resultado razoável visto que mede a inflação de maneira ampla (diversos produtos e serviços).

**Tabela 5.20** Estimativas de custos de operação anuais com coleta e tratamento de esgoto para 2018 e 2033

Segmento operacional		População (Pop)	Equação	Total (R\$/ano)
<b>2018</b>	Coleta	2.035.432	$12 \times \text{Pop} \times 3,75$	77.793.742,23
	Tratamento	4.176.698	$12 \times 2,68 \times \text{Pop}^{0,99}$	96.134.485,83
<b>2033</b>	Coleta	2.643.460	$12 \times \text{Pop} \times 3,75$	101.032.432,34
	Tratamento	4.784.726	$12 \times 2,68 \times \text{Pop}^{0,99}$	110.039.615,1

A Tabela 5.21 contém os valores de tarifa apenas do novo mercado, considerando os dados de agosto de 2017 para os 3 cenários (C1, C2 e C3), ou seja, como se de forma hipotética, nessa consideração, todos os contratos já estivessem plenamente atendidos. Apresenta-se também o quanto essa tarifa do novo mercado representaria de aumento na tarifa praticada atual. A tarifa média mensal da última revisão de 2017 era de R\$ 90,68 por economia, somando-se os serviços de água e de esgoto. As porcentagens de aumento foram calculadas com base nessa tarifa de referência.

Outra estimativa, apresentada na Tabela 5.21, considera o aumento necessário de tarifa para o ano de 2033 (horizonte final do Plansab). Para tal estimativa, foram mantidas todas as outras variáveis constantes (padrão de consumo da população, tributos incidentes no setor, lucratividade, entre outros). De forma sucinta, foi calculado o aumento necessário, nos próximos 15 anos, para atender o déficit atual e o crescimento vegetativo do período. Importante salientar que se trata de uma estimativa, com diversas variáveis que podem oscilar ao longo desse período. Além disso, existem ciclos de revisão tarifária (quadrienais) que revalidam essas variáveis para um próximo ciclo, corrigindo tais valores. Porém, de forma global, tem-se uma

estimativa de aumento da tarifa para contemplar o atendimento à população total, considerando todas as localidades que possuem contrato de concessão dos serviços de esgotamento sanitário. Assim, como nas estimativas de investimentos em infraestrutura, foram calculados cenários considerando a margem de erro encontrada. A margem de erro considerada foi de 10% (próximo ao valor do coeficiente de determinação das retas de regressão dos custos de operação - Figura 5.24 e Figura 5.25). Foi somado 10% do valor para cálculo do cenário C3, ou seja, pessimista, e subtraído no caso do cenário C1, otimista. Em resumo, o cenário C1 contou com os menores valores de custos de operação e de infraestrutura estimados, enquanto o cenário C3 contou com os maiores valores estimados; obtendo assim o menor e maior valor de tarifa, respectivamente.

**Tabela 5.21** Estimativas de aumento de tarifa para 2018 e 2033

	C1		C2		C3	
	Acréscimo na tarifa média mensal (R\$/economia)	Aumento em %	Acréscimo na tarifa média mensal	Aumento em %	Acréscimo na tarifa média mensal (R\$/economia)	Aumento em %
<b>2018</b>	8,61	9,5	16,46	18,2	21,4	23,6
<b>2033</b>	13,09	14,4	21,49	23,7	27,88	30,7

Após a última revisão tarifária da companhia estadual em estudo, houve estimativa do percentual da renda das famílias que seria destinado ao pagamento dos serviços de água e esgoto. As tarifas, em 2017, foram recalculadas pela Agência reguladora responsável, de maneira que no resultado final, representassem 2,85% da renda da população na modalidade Social e 2,85% da renda da população na modalidade Residencial, sendo que no segundo caso, foi considerado o primeiro quartil da faixa de renda, como explicado na metodologia (Tópico 4.4).

Considerando o caso hipotético de atendimento com coleta e tratamento de toda população das sedes urbanas, com contratos válidos, em 2018, da companhia estadual, os valores de renda destinada ao pagamento dos serviços de água e esgoto, ultrapassariam os 3% preconizados pela ONU em todos os três cenários, nas categorias social e residencial - Tabela 5.22. Porém não é um cenário possível, visto que eliminar todo o déficit em apenas um ano requereria um

montante do qual o prestador não dispõe, além da incapacidade de gerir todo esse investimento. Soma-se a isso o fato que todo o investimento executado em curto espaço de tempo dificulte a gestão dos ativos da companhia. Apesar da importância do provimento da infraestrutura de esgotamento sanitário, que se trata de um direito humano essencial, o investimento pontual em termos temporais de um grande montante é desaconselhado pelas experiências práticas observadas. Tal situação foi vivida por Portugal que ao final dos anos 90 universalizou os serviços de saneamento em ritmo acelerado, e atualmente encontra dificuldades na reposição desses ativos (ALEGRE, 2008). A Austrália viveu caso parecido em diversos setores públicos de infraestrutura como demonstrado por Burns *et al.* (1999). A partir desses casos, tem-se desenvolvido o que se denomina gestão de ativos. Tais estudos recomendam a diluição dos investimentos ao longo do tempo, prevendo manutenções e reposições de forma a evitar grandes impactos nas bases de ativos, conseqüentemente nas tarifas e na qualidade da prestação do serviço. O modelo previsto de gestão de ativos se aplica tanto para reposição da infraestrutura quanto para sua primeira instalação.

**Tabela 5.22** Estimativas da capacidade de pagamento dos serviços de água e esgoto em 2018 em % da renda

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
	<b>% da renda destinada ao pagamento dos serviços de saneamento</b>	<b>% da renda destinada ao pagamento dos serviços de saneamento</b>	<b>% da renda destinada ao pagamento dos serviços de saneamento</b>
<b>Social</b>	3,12	3,37	3,52
<b>Residencial</b>	3,12	3,37	3,52

O valor encontrado de aumento considerando o ano de 2033, no cenário mais otimista C1, presente na Tabela 5.21, de 14,4%, diluído ao longo dos 15 anos que separam 2018 de 2033, representaria um aumento médio de 0,96% ao ano. No cenário mais pessimista C3, o aumento por ano seria de 2,04%. No cenário médio C2, o impacto na tarifa seria de 1,58% ao ano.

A Tabela 5.23 a seguir apresenta os três cenários estimados (C1, C2 e C3) com três cenários possíveis de crescimento de renda *per capita* média para os próximos 15 anos do país. Tem-se o percentual da renda da população que seria destinado ao pagamento de serviços de água e



esgoto, considerando o cruzamento dos cenários, ou seja, nove ao todo. Foram marcados em verde os anos em que a porcentagem do comprometimento de renda não ultrapassou os 3% preconizado pela ONU (68% dos resultados), e de laranja, quando o valor ultrapassou os 3% (32% dos resultados). Observa-se nos cenários mais pessimistas um cenário alarmante de aumento do comprometimento da renda. Quando se considera a amostra analisada, com índices de atendimento superiores ao restante do estado analisado, e superiores a maior parte das regiões do Brasil, ressalta-se ainda mais a preocupação com alto comprometimento de renda, caso todo o investimento realizado no setor de saneamento, principalmente esgotamento sanitário, seja remunerado através das tarifas.

**Tabela 5.23** Estimativas da capacidade de pagamento dos serviços de água e esgoto em 2018 em % da renda

	C1			C2			C3		
	Renda 1	Renda 2	Renda 3	Renda 1	Renda 2	Renda 3	Renda 1	Renda 2	Renda 3
<b>2017</b>	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%	2,85%
<b>2018</b>	2,91%	2,84%	2,82%	2,92%	2,86%	2,84%	2,94%	2,87%	2,85%
<b>2019</b>	2,96%	2,84%	2,79%	3,00%	2,87%	2,82%	3,03%	2,90%	2,85%
<b>2020</b>	3,02%	2,83%	2,76%	3,08%	2,88%	2,81%	3,12%	2,92%	2,85%
<b>2021</b>	3,08%	2,82%	2,72%	3,16%	2,89%	2,79%	3,22%	2,95%	2,84%
<b>2022</b>	3,14%	2,82%	2,69%	3,24%	2,90%	2,78%	3,32%	2,97%	2,84%
<b>2023</b>	3,21%	2,81%	2,66%	3,33%	2,91%	2,76%	3,42%	3,00%	2,84%
<b>2024</b>	3,27%	2,80%	2,63%	3,41%	2,93%	2,75%	3,52%	3,02%	2,84%
<b>2025</b>	3,33%	2,80%	2,61%	3,50%	2,94%	2,74%	3,63%	3,05%	2,84%
<b>2026</b>	3,40%	2,79%	2,58%	3,59%	2,95%	2,72%	3,74%	3,07%	2,84%
<b>2027</b>	3,47%	2,78%	2,55%	3,69%	2,96%	2,71%	3,86%	3,10%	2,84%
<b>2028</b>	3,54%	2,78%	2,52%	3,78%	2,97%	2,69%	3,98%	3,12%	2,83%
<b>2029</b>	3,61%	2,77%	2,49%	3,88%	2,98%	2,68%	4,10%	3,15%	2,83%
<b>2030</b>	3,68%	2,76%	2,46%	3,98%	2,99%	2,67%	4,23%	3,18%	2,83%
<b>2031</b>	3,75%	2,76%	2,44%	4,09%	3,00%	2,65%	4,36%	3,20%	2,83%
<b>2032</b>	3,82%	2,75%	2,41%	4,19%	3,01%	2,64%	4,49%	3,23%	2,83%
<b>2033</b>	3,90%	2,74%	2,38%	4,30%	3,03%	2,63%	4,63%	3,26%	2,83%

Ressalva-se ainda que os valores obtidos não levam em consideração os custos associados ao avanço do atendimento com o serviço de água, nem mesmo os recursos aplicados em medidas estruturantes, como também os custos de reposição de infraestrutura. Considerou-se que o banco patrimonial atual, excetuando os ativos de esgoto previstos por esse estudo, o valor do ativo ao depreciar, seria repostado na mesma medida (cenário com gestão eficiente dos ativos). Sabe-se que essa não é a realidade, portanto os valores de aumento da tarifa considerando esses

fatos, podem ser superiores aos apresentados. Outra ressalva importante é quanto ao reajuste pela inflação. A inflação incide na tarifa e na renda da população quando se fazem estimativas econômicas futuras, porém como incide de ambos os lados, a inflação foi desconsiderada. Dessa forma, todos os valores de custos e tarifa apresentados por este estudo se referem a mesma data de agosto de 2017.

É importante ressaltar que esse estudo se restringe aos municípios contemplados com contratos de esgotamento sanitário, tendo apenas as áreas urbanas como de responsabilidade do prestador. A discussão da universalização passa necessariamente pelo atendimento às áreas rurais, áreas de ocupação irregular e a todas as demais cidades que adotam modelos distintos de prestação de serviços, que não sejam realizados por companhias de saneamento estaduais. Em todos esses casos, não considerados no presente estudo, notam-se déficits de infraestrutura de esgotamento sanitário, requerendo, para a universalização dos serviços, o aporte de recursos não-onerosos como aponta Leoneti *et al* (2011) e Rezende (2011), ao indicarem a continuidade e aumento dos níveis de investimentos públicos realizados na primeira década do século XXI. Deve-se observar especialmente as regiões do país com maiores necessidades de investimento, as quais costumam ser as regiões com menores rendas *per capita*, como demonstra a Figura 3.3. Essas ressalvas são importantes quanto ao atendimento das premissas presentes na LNSB, principalmente no que tange a equidade e a universalidade do saneamento.

Outras duas observações pertinentes aos resultados obtidos: a primeira é que não basta a existência de recursos oriundos da tarifa. O prestador de serviço deve ser capaz de gerir projetos simultaneamente, de forma a executar os recursos financeiros disponíveis anualmente. Inclusive, é esperado que a quantidade de projetos aumente, à medida que as populações a serem atendidas por cada projeto diminuam, com o avanço do atendimento para os municípios menores (os quais apresentam maiores déficits, como apresenta a Figura 3.2). A segunda observação é quanto a conectividade da população à rede de esgoto. Como apresentado na revisão de literatura, existem os denominados factíveis de esgoto, cidadãos que não se conectam à rede de coleta existente em seu logradouro, evitando o ônus da tarifa. Portanto, é importante trabalho paralelo por parte de gestores públicos e prestadores de serviço de saneamento, apresentando a importância da coleta e do tratamento do esgoto, focando nos benefícios da ampliação do atendimento. Outra medida importante nesse sentido é aproximar a relação entre prestador de serviço e população, através da transparência quanto às tarifas cobradas, as previsões de novas obras e seus respectivos impactos negativos e positivos. Em último caso,

existe a possibilidade de elaboração de regras punitivas, além da efetiva fiscalização, daqueles que descumprirem a obrigação de conexão à rede pública.

## 6 CONCLUSÕES

Por meio das discussões propostas pelo estudo, percebe-se o desafio da universalização dos serviços de saneamento, especificamente do serviço de esgotamento sanitário. A crise econômica e fiscal que assola o Brasil desde 2013 dificulta ainda mais o alcance das metas previstas pelo Plansab e pela LNSB para o saneamento. Nesse cenário, se mostra fundamental a racionalização dos investimentos, de forma a viabilizar o serviço a mais pessoas sem que seja perdida a qualidade da prestação.

Além do fator fiscal supracitado, somam-se outras dificuldades referentes ao avanço do atendimento do setor de esgotamento sanitário, tais como: infraestruturas ociosas (redes de coleta, ETEs) por planejamento deficitário, lançamentos clandestinos de esgotos da parte de usuários que possuem disponibilidade de rede; menor disponibilidade de pagamento por parte dos usuários quando comparado ao serviço de abastecimento de água; conseqüente menor interesse econômico das companhias estaduais pela prestação do serviço de esgotamento sanitário, evidenciado pela quantidade menor de contratos de esgoto comparativamente aos de água; ausência de estímulos tributários, através de desonerações para o setor; incapacidade técnica e de gestão dos municípios pequenos de planejar e gerir o saneamento como um todo.

Quanto às análises de custos de ETEs, nota-se que a tecnologia mais empregada na amostra foi a de reatores anaeróbios do tipo UASB, presente em 86% das ETEs estudadas. Foi possível agrupar determinadas associações de tecnologia de tratamento de esgoto de acordo com a similaridade das técnicas, com base em testes não-paramétricos de diferenças significativas das séries de custos *per capita*. As ETEs cuja tecnologia requer uso intensivo de área de implantação apresentaram intervalos de custos *per capita* maiores dentre as associações analisadas (LF + LM). Quando há a redução da área de implantação, como no caso de uma Lagoa Anaeróbica ou reator UASB associado a um sistema de Lagoas, há uma redução do custo *per capita* (mediana 2,3x maior em ambos os casos). As tecnologias de lodos ativados ou que utilizam lodos ativados para pós tratamento de UASB, apresentaram os intervalos mais altos de custo *per capita*, atrás apenas das associações LF + LM. As ETEs que contam com apenas reatores UASB e UASB com pós-tratamento de escoamento em solo, apresentaram os menores intervalos de custo *per capita* do estudo.

Os dados de rede de coleta apresentaram baixa correlação com as variáveis selecionadas pelo estudo (adensamento, atendimento, porte, declividade), além de não apresentarem normalidade, evidenciada pelo teste de Shapiro-Wilk. Dessa maneira, um olhar global para cada localidade, no âmbito de sistema, ao reunir áreas urbanas com diferentes características dentro de um mesmo município, dificulta a percepção de tendências. Nesse caso, se mostra mais adequado avaliar os custos de obras de rede de coleta caso a caso, tendo em conta as características do projeto, como utilizado por Pacheco (2010).

De forma geral, os custos de implantação de ETEs e rede de coleta são observados como funções da população a ser atendida pelos mesmos. No caso específico das ETEs, o custo também depende da associação de tecnologia a ser empregada. Não foi possível atestar para custos de implantação das infraestruturas, tanto de coleta quanto de tratamento, ganhos de escala.

Os principais custos na operação de coleta e tratamento de esgoto se referem a recursos humanos, com pessoal próprio ou serviços terceirizados. Ressalva-se que o serviço terceirizado não consiste 100% no gasto com pessoal, existe uma parcela do custo do serviço prestado e do lucro da respectiva empresa prestadora, porém não havia disponível a subdivisão dos gastos com terceiros. Os custos com pessoal e serviços terceirizados chegam a 80% do custo de operação com coleta e 72% do custo de operação com tratamento. Os impostos correspondem a 10% para coleta e 13% para tratamento. Os demais custos que somam 10% para coleta e 15% para tratamento, se referem a materiais, energia elétrica e impostos que não incidem diretamente sobre o serviço.

Os custos de operação de coleta tendem a diminuir com o aumento da população atendida, tanto em valores absolutos de população quanto em termos de % de atendimento. Além disso, quanto mais ligações por funcionário, menor o custo *per capita*. Portanto, as análises dos custos de operação de coleta sugerem ganhos com a escala da prestação do serviço. Quanto ao custo de operação com tratamento, não é possível observar que a quantidade de ETEs por município reflita em alguma tendência. Porém é possível constatar que em municípios que contam com apenas uma ETE, a tecnologia de tratamento influi no custo de operação. As unidades que contam com associação de lagoas e reatores UASB seguidos de escoamento em solo, possuem menores medianas de custos de operação que as demais tecnologias avaliadas (UASB associado com filtros, UASB associado com lagoas e UASB sem pós tratamento).

O custo médio dos municípios da amostra com operação de coleta de esgoto foi de R\$ 5,63 *per capita* por mês enquanto para tratamento foi de R\$ 3,12. Considerando a média global da base de contabilidade, ou seja, que leva em consideração o peso que municípios de populações maiores tem nos resultados, temos R\$ 3,75 para custos *per capita* com coleta por mês, e R\$ 2,45 para tratamento. Isso corrobora com o fato que o custo *per capita* tende a ser menor para municípios mais populosos.

Estima-se que para sanar o déficit atual em esgotamento sanitário dos municípios que possuem contrato com a prestadora regional seja necessário o investimento em infraestrutura de R\$ 6,3 bilhões. Considerando o crescimento vegetativo até 2033, somado ao valor necessário para cobrir o déficit, temos o valor estimado de R\$ 8,1 bilhões. Os valores representariam um aumento de 18,2% na tarifa considerando apenas o déficit de 2018, e 23,7% considerando o horizonte de 2033. Como não é possível que o investimento para corrigir o déficit seja feito instantaneamente, foi considerada a diluição gradual dos valores até o ano 2033. Nesse cenário, o aumento da tarifa, desconsiderando a parcela da inflação e do avanço com o serviço de água, seria de 1,6% ao ano em média. Nos cenários estimados, em 38% do tempo os valores de comprometimento da renda da população com serviços de água e esgoto ultrapassaram os valores recomendados pela ONU de 3%. Ou seja, se o investimento no serviço de esgotamento sanitário, caso seja todo remunerado pela tarifa, estaria próximo do valor de 3%, por vezes, ultrapassando-o, ou seja, onerando excessivamente os usuários atendidos.

Importante reforçar a necessidade de aprofundar o entendimento do conceito de capacidade de pagamento, ampliando para estudos de disponibilidade de pagamento da população pelos serviços. Além do fato que apenas a existência do recurso em caixa não garante a aplicação do mesmo. É importante que as agências reguladoras limitem os repasses de lucros das companhias estaduais como dividendos e cobrem planos de investimentos que objetivem o avanço do atendimento dos serviços. Outro ponto importante é o combate às ligações clandestinas e os usuários que dispõem de redes de coleta e não se conectam.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se a análise espacializada dos valores de produção de esgoto *per capita* por município, comparando-a com o consumo *per capita* de água, avaliando variações com períodos chuvosos e secos, além dos índices pluviométricos locais.

Recomenda-se a análise de séries mais longas de custos operacionais, a fim de evitar incorreções por variações anuais, além de possibilitar análise sazonal dentro de um ano, e tendência ao longo do tempo. O mesmo pode ser feito para sistemas de abastecimento de água.

Recomenda-se a análise dos custos operacionais diretos incorridos em cada município, o que poderia transparecer mais as influências das condições locais de cada local nos custos de operação de coleta de esgoto principalmente.

Recomenda-se avaliar a entrada de novos municípios com contratos de prestação de esgotamento sanitário, visto que algumas companhias estaduais do país possuem menos contratos de esgoto do que de água. Pode se estimar, portanto, o atendimento mais abrangente, e os montantes de custos de capital e custos de operação a serem cobrados com esse cenário.

Recomenda-se para além do cálculo de capacidade de pagamento em termos de porcentagem de renda da população, que é apenas um número, avaliar a disponibilidade de pagamento. Ressaltada a importância dos serviços de esgotamento sanitário, quanto isso representa na renda das pessoas, de forma clara e objetiva, avaliar o quanto as pessoas se sentem dispostas a pagar pelas externalidades ambientais e sanitárias que esse serviço proporciona.

## REFERÊNCIAS

ABICALIL, M. T. **Panorama do setor de saneamento**. [201-?]. 17 slides. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/24406/marcos-thadeu-panorama-do-setor-de-saneamento.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

ABICALIL, M. T. Uma nova agenda para o saneamento. In: BRASIL. Presidência da República. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano **O pensamento do setor saneamento no Brasil: perspectivas futuras**. Brasília: PMSS, 2002. p.115-135.

ALEGRE, H. **Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais**. 2008. 393 f. Tese (Habilitação para o Exercício das Funções de Coordenação Científica) – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.lnec.pt:8080/handle/123456789/15576>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

ANJOS JÚNIOR, A. H. **Gestão estratégica do saneamento**. Barueri: Manole, 2011. 187 p. (Série Sustentabilidade).

ARAÚJO, J. L. R. H. Regulação de monopólios e mercados: questões básicas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO NÚCLEO DA ECONOMIA DE INFRA-ESTRUTURA PRONEX, 1., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: PRONEX, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. **Desafios e soluções para universalização do esgotamento sanitário no Brasil**. [Brasília]: ABAR, 2019. Disponível em: <<http://abar.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Esgotamento-19-03.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO. **Nota de repúdio à medida provisória 844/2018**. Disponível em: <<http://abar.org.br/nota-de-repudio-a-medida-provisoria-844-2018/>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Entraves ao investimento em saneamento**. São Paulo: ABES, 2013. p. 31. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/entraves.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO BÁSICO ESTADUAIS. **Financiamento de investimentos em saneamento básico: medidas sugeridas para expansão sustentável e modernizadora**. 2006. Disponível em: <[www.aesbe.org.br/aesbe/](http://www.aesbe.org.br/aesbe/)>

pages/documento/exibirAnexo.do?tipo=documentos&arquivo=16.pdf>. Acesso em: 2 out. 2017.

BRANDT, E. F. M., SOUZA, C. L., CHERNICHARO, C. A. L. Alternativas para o controle de odores e corrosão em sistemas de coleta e tratamento de esgoto. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 611-623, jul./ago. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988**. Brasília: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8987, de 13 de fevereiro de 1995**. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. 1995. Portal da Legislação. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8987cons.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. 2007. Portal da Legislação. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Gasto público em saneamento básico**: relatórios de aplicações 2007. Brasília: MC, 2007. Disponível em: <[www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamento-ambiental](http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamento-ambiental)>. Acesso em: 03 dez. 2018

BRASIL. Ministério das Cidades. **Nota técnica SNSA nº 492/2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/biblioteca-saneamento>>. Acesso em: 13 de maio de 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Pacto pelo saneamento básico**: Plano Nacional em Saneamento Básico. *apud* LEONETI, A. B., PRADO, E. L., BORGES, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6995>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil**. Brasília, jan. 2017. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/panorama\\_planos\\_municipais\\_de\\_saneamento\\_basico.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/panorama_planos_municipais_de_saneamento_basico.pdf)>. Acesso em: 14 de maio de 2019.



BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2013. 172 p. Disponível em: <[http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Conselhos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2019. (Série Histórica). Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 25 abril 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA; Ministério das Cidades. Secretária Nacional de Saneamento Ambiental, 2017. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo\\_livro.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2019.

BRASIL. Ministério do Planejamento. Programa de Aceleração do Crescimento. **Sobre o PAC**. Brasília: MP, 2007. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano Plurianual 2004-2007: Projeto de Lei**. Brasília: MP, 2003. 104 p. v. : I. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/orcamento-da-uniao/leis-orcamentarias/ppa/2004-2007/ppa-2004-2007/proposta/anexo1.PDF>>. Acesso em: 14 maio 2019.

BRITES, A. P. Z.; PRZYBYSZ, L. C. B.; MARIN, M. C. C.; YAZAKI, L. O.; FERNANDES, C. S.; PORTO, M. F. A. Utilização das funções de custos para análise de medidas de despoluição hídrica. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRHidro, 2007. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4737&ST=utilizacao\\_das\\_funcoes\\_de\\_custos\\_para\\_analise\\_de\\_medidas\\_de\\_despoluicao\\_hidrica](https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4737&ST=utilizacao_das_funcoes_de_custos_para_analise_de_medidas_de_despoluicao_hidrica)>. Acesso em: 24 nov. 2018.

BUARQUE, Cristovam. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. 12. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 266 p.

BURNS, P.; HOPE, D.; ROORDA, J. Managing infrastructure for the next generation. **Automation in construction**, v. 8, n. 6, p. 689. 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580598001150>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

CARR, R. I. Cost-Estimating Principles. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S.l.], v. 115, n. 4, p. 545-551. 1989. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281989%29115%3A4%28545%29>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

CARVALHO, E. H.; ANDREOLI, C. V. **Lodos de fossa e tanque séptico**: orientações para definição de alternativas de gestão e destinação. Curitiba: ABES, 2015. 450 p.

CARVALHO, P.; SIMOES, P.; MARQUES, R. C. Acessibilidade e capacidade para pagar pelos serviços de água e de esgotamento sanitário em Portugal. **Revista de engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 325-336, out./dez. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522010000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000400005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CASTRO, T. L. Os princípios Legais do Saneamento Básico - Uma análise do artigo 2º da Lei 11445/2007. In: OLIVEIRA, J. R. P.; DAL POZZO, A. N. (Coord.). **Estudos sobre o marco regulatório de saneamento básico no Brasil**. Belo Horizonte: Fórum, 2011. 400 p.

COLOSSI, N. **Modelos paramétricos de custos para projetos de sistema de esgoto sanitário**. 2002. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84041/188619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

CRUZ, K. E. A., RAMOS, F. S. Efficiency in the Management of Sanitation and its Impacts on Health Promotion. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, 10., 2012, Natal (Brazil). **Data envelopment analysis: theory and applications: proceedings of the 10th International Conference on DEA**. Natal: DEA, 2012. 340 p.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impacts of water supply and sanitation. **World Health Statistics Quarterly**, [S.l.], v. 39, p. 105-117, 1986. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/45683/WHSQ\\_39\\_No1\\_1986\\_p105-117\\_eng\\_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/45683/WHSQ_39_No1_1986_p105-117_eng_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

EARLE, G. A., FARREL Jr., P. A mathematical model for estimating sewer costs. In: NEW ENGLAND WATER ENVIRONMENT ASSOCIATION ANNUAL CONFERENCE, 1997, Boston (USA). **Proceedings...** Boston: Environment One Corporation. 1997.

FARACO, A. D.; COUTINHO, D. R. Regulação de indústrias de rede: entre flexibilidade e estabilidade. **Rev. Econ. Polít.**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 261-280, jun. 2007. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31572007000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572007000200007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

G1, Crise exige soluções para se investir em saneamento básico. **G1 – O Portal de Notícias da Globo**, [S.l.], 24 jan. 2018. Sessão Em Movimento. Disponível em: <<https://g1.globo.com/especial-publicitario/em-movimento/noticia/crise-exige-solucoes-para-se-investir-em-saneamento-basico.ghtml>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

GALVÃO JR., A. C.; PAGANINI, W. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista de engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522009000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000100009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

GODINHO, R.E.; RODRIGUES, E.M. **Caracterização das unidades da Federação e nível de mortalidade infantil**. 2001 *apud* TEIXEIRA, J. C., HELLER, L. Priorização de investimentos em saneamento baseada em indicadores epidemiológicos e financeiros. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 187-195, jul./out. 2013.

GOFFI, Andreia dos Santos. **Uso da análise multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de efluentes**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2017. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/2433/1/PB\\_PPGEPS\\_M\\_Goffi\\_Andr%C3%A9ia%20dos%20Santos\\_2017.pdf#page=34&zoom=100,0,237](http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/2433/1/PB_PPGEPS_M_Goffi_Andr%C3%A9ia%20dos%20Santos_2017.pdf#page=34&zoom=100,0,237)>. Acesso em: 14 maio 2019.

GONZALES-GOMES, F.; GARCIA-RUBIO, M. A. Efficiency in the management of urban water services. What have we learned after four decades of research? **Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública**, [Spain?], Instituto de Estudios Fiscales, v.185, p. 39-67, 2008. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/23565871\\_Efficiency\\_in\\_the\\_management\\_of\\_urban\\_water\\_services\\_What\\_have\\_we\\_learned\\_after\\_four\\_decades\\_of\\_research](https://www.researchgate.net/publication/23565871_Efficiency_in_the_management_of_urban_water_services_What_have_we_learned_after_four_decades_of_research)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

GUIMARÃES, E. F.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A. Os indicadores de saneamento medem a universalização em áreas de vulnerabilidade social? **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2014.

HAMDAN, O. H. C.; PESSOA, L. M.; OLIVEIRA, M. D.; PAULA, F. S.; POLIZZI, R. B. Conjuntura do serviço de esgotamento sanitário em Minas Gerais: desafios e avanços. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2017.

HEALD, D. A. Public policy towards cross subsidy. **Annals of Public and Cooperative Economics**, [S.l], v. 68, n. 4, 1997. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-8292.00066>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

HELLER, L.; BASTOS, R. K. X.; HELLER, P. G. B.; TEIXEIRA, J. C. A experiência brasileira na organização dos serviços de saneamento básico. In: HELLER, L. E; CASTRO, J. E. (Org.). **Políticas públicas e gestão de serviços de saneamento**. Edição ampliada. Belo Horizonte: UFMG; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2013. p. 483-501.

HELLER, L., CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 284-295, jul./set. 2007.

HELLER, P. G. B. **Modelos de prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário**: uma avaliação comparativa do desempenho no conjunto dos municípios brasileiros. 2012. 125 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

HIRATA, R., SUHOGUSOFF, A. V., MARCELLINI, S. S., VILLAR, P. C., MARCELLINI, L. Estudo de águas subterrâneas. In: INSTITUTO TRATA BRASIL. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [São Paulo]: Trata Brasil, 2019. 36 p. Disponível em: <[http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo\\_aguas\\_subterraneas\\_FINAL.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo_aguas_subterraneas_FINAL.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Metodologia do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 712 p. (Série Relatórios Metodológicos, ISSN 0101-2843, v. 41).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua**, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/trabalho/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?edicao=23018&t=destaques>>. Acesso em 20 de jan. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR). **Topodata**: Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil. São Paulo: INPE; DSR, 2011. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 10 out.2018.

JOSKOW, Paul L. **Economic regulation**. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 2000. 709 p.

JULIANO, E. F. G. A.; FEUERWERKER, L. C. M.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F. Racionalidade e saberes para a universalização do saneamento em áreas de vulnerabilidade social. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 11, p. 3037-3046, 2012 *apud* GUIMARÃES, E. F.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A. Os indicadores de saneamento medem a universalização em áreas de vulnerabilidade social? **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2014.

JUSTO, M. C. D. M. **Financiamento do saneamento básico no Brasil**: uma análise comparativa da gestão pública e privada. 2004. 165 f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento econômico, espaço e meio ambiente) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: < <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286466> >. Acesso em: 26 nov. 2018.

LEITE, M. C. O. **Regulação dos serviços de abastecimento de água**: análise comparativa entre os modelos brasileiro, norte-americano e inglês. 2016. 209 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da UFES) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016. Disponível em: < <http://repositorio.ufes.br/handle/10/9522> >. Acesso em: 26 nov. 2018.

LEONETI, A. B., PRADO, E. L., BORGES, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6995> >. Acesso em: 27 nov. 2018.

LEWIS; TRACY, R.; GARMON, C. Fundamentals of Incentive Regulation. In: PURC/WORLD BANK INTERNATIONAL TRAINING PROGRAM ON UTILITY REGULATION AND STRATEGY, 12., 1997, Gainesville, (FL). **Proceedings...**Gainesville, (FL), Jun. 10-21, 1997.

LIBÂNIO, P. A. C., NUNES, C. M., SOARES, S. R. A; BRITO, M. C. S. O. M. Balanço geral do programa despoluição de bacias hidrográficas – PRODES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., Campo Grande, 2005. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2005.

MADEIRA, R. F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 123-154, jun.

2010. Disponível em: < <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4782>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

MARQUES, R. C.; SIMÕES, P. Does the sunshine regulatory approach work? Governance and regulation model of the urban waste services in Portugal. **Resources, Conservation & Recycling**, [S.l.], v. 52, n. 8/9, p. 1040-1049, 2008. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344908000566>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

MARTINS, R. M. Titularidade do serviço de saneamento básico. In: OLIVEIRA, J. R. P.; DAL POZZO, A. N. (Coord.). **Estudos sobre o marco regulatório de saneamento básico no Brasil**. Belo Horizonte: Fórum, 2011. 400p.

MENDES, S., RAMOS, L., LOURENÇO, J., BENTES, I. Relações paramétricas de custos de infraestruturas de saneamento básico. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 9., 2009, Benguela. **Repositorium**. [S.l.]: Universidade do Minho, 2009. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18203>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MIRANDA, R. J. S. **A eficiência dos serviços de saneamento e o impacto na geração de emprego e renda em Minas Gerais**. 2015. 105 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2015. Disponível em: < [http://www.poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2016/06/Dissertacao\\_Romulo.pdf](http://www.poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2016/06/Dissertacao_Romulo.pdf) >. Acesso em: 28 nov. 2018.

MONTEIRO, J. R. R. **Plano Nacional de Saneamento – PLANASA: análise de desempenho**. [S.l.]: Edição do autor, 1993. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/planasa/planasa.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to Linear Regression Analysis**. New York: Wiley-Interscience, 2012. 672 p.

NUNES, C. M.; LIBÂNIO, P. A. C.; SOARES, S. R. A. Custos Unitários de Implantação de Estações de Tratamento de Esgotos a partir da Base de Dados do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2005. Disponível em: < <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&expSearch=37486&indexSearch=ID>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/292**. 28 jul. 2010. Disponível em: <<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Social issues in the provision and pricing of water services**. Paris: OCDE, 2002. Disponível em: <<http://www.oecd.org/greengrowth/21561517.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

OTERO, J. A. **Análise paramétrica de dados orçamentais para estimativa de custos na construção de edifícios**: estudo de caso voltado para a questão da variabilidade. 2000. [214 f.]. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<file:///C:/Users/ASUS-Home/Downloads/170830.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

PACHECO, R. P. **Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29604/R%20-%20D%20-%20RODRIGO%20PINHEIRO%20PACHECO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

PACHECO, R. P.; GALLEGO, C. E. C.; FERNANDES, C. V. S.; AISSE, M.M.. Estimativas de custos visando orientar a tomada de decisão na implantação de redes, coletores e elevatórias de esgoto. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n.1, p. 73-81, jan./jun. 2015. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=176&SUMARIO=5029>>. Acesso em: 18 maio 2019.

PEREIRA, D. S. P.; ABICALIL, M. T. Saneamento: os desafios do setor e a política nacional de saneamento. In: **Infraestrutura: perspectivas de reorganização; saneamento**. Brasília: IPEA, 1999. p. 107-137.

PESSOA, L.M., de PAULA, A. A. H, de OLIVEIRA, M. D., de CASTRO, R. L. V. Análise do custo de implantação de estações de tratamento de esgoto no Brasil. In: XVIII Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto. 2018b

PESSOA, L. M., de OLIVEIRA, M. D., de PAULA, F. S. Avaliação do lançamento de esgoto sanitário na bacia hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais. In: II Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Aracaju. 2018<sup>a</sup>

PIRES, I. M. Política de saneamento básico. **Engenharia Sanitária**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 454-461. 1983.

POSNER, R. Taxation by regulation. In: JOSKOW, P. L. **Economic Regulation**. Cheltenham (UK): Edward Elgar, 2000.

POSSAS, M. L.; FAGUNDES, J.; PONDE, J. L. Defesa da Concorrência e Regulação de Setores de Infraestrutura em Transição. **Revista do IBRAC**, São Paulo (SP), v. 8, n. 8, p. 1-20, 2001.

POSSAS, M. L.; PONDÉ, J. L.; FAGUNDES, J. **Regulação da concorrência nos setores de infraestrutura no Brasil**: elementos para um quadro conceitual. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 1997.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2006**: a água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Nova York: PNUD, 2006.

PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO (PMSS). Dimensionamento das necessidades de investimentos para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor de Saneamento, 2003

QUEIROZ, V. C. **Avaliação de fundos como instrumentos de universalização dos serviços de saneamento**: aplicação para o Estado de Minas Gerais. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

QUEIROZ, V. C.; SOUZA, G. A.; BORTOLINI, R. L. R. Metodologia para a identificação da necessidade de investimentos em expansão e reposição de sistemas de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO, 9., 2015, Brasília. Brasília: ABAR, 2015. Disponível em: < <http://abar.org.br/apresentacoes-orais/>>. Acesso em: 3 dez. 2018.

REZENDE, S.; WAJNMAN, S.; CARVALHO, J. A. M.; HELLER, L. Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 90-101, jan./jun. 2007.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil**: políticas e interfaces. 2. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 387 p.



REZENDE, S. C. (Org.). Investimentos em saneamento básico: análise histórica e estimativa de necessidades. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Léo Heller (coord.). **Panorama do saneamento básico no Brasil: elementos conceituais para o saneamento básico**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. (Cadernos Temáticos, v. 5).

RIORDAN, M. H.; WILLIAMSON, O. E. Asset specificity and economic organization. **International Journal of Industrial Organization**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 365-378, 1985. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016771878590030X>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

SAINTIVE, M. B.; CHACUR, R. S. **A Regulação Tarifária e o Comportamento dos Preços Administrados**. Brasília: SEAE, Ministério da Fazenda, 2006 *apud* MIRANDA, R. J. S. **A eficiência dos serviços de saneamento e o impacto na geração de emprego e renda em Minas Gerais**. 2015. 105 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2015. Disponível em: < [http://www.poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2016/06/Dissertacao\\_Romulo.pdf](http://www.poseconomia.ufv.br/wp-content/uploads/2016/06/Dissertacao_Romulo.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2018.

SALAZAR, B. L. **Desenvolvimento de funções de custos de implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário**. 2010. 44 f. Monografia (Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-9ASKJC>>. Acesso em: 21 maio 2019.

SAMPAIO, A. de O., GONÇALVES, M. C. Custos operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados: estudo de caso ETE – Barueri. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SAPPINGTON, D. E. M. Designing Incentive Regulation. **Review of Industrial Organization**, [S.l.], v. 9, n. 3 p. 245-272, 1994. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01025724>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

SILVA, N. V. S.; NASCIMENTO, R. Q.; SILVA, T. C. Modelo de priorização de investimentos em saneamento básico utilizando programação linear com base em indicadores ambientais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 171-180, abr./jun. 2008.

SOARES, S. R. A.; NETTO, O. M. C.; BERNARDES, R. S. Avaliação de aspectos políticos institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil com vistas a definição

de um modelo conceitual. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.84-92, jan./jun. 2003.

SOUSA, A. C. A.; COSTA, N. R. Incerteza e dissenso: os limites institucionais da política de saneamento brasileira. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 587-599, maio/jun. 2013.

STIGLER, G. The theory of economic regulation. In: JOSKOW, P. L. **Economic regulation**. Cheltenham (UK): Edward Elgar, 2000.

TAFAREL, M.; SILVA, W. V.; CLEMENTE, A. Risco regulatório e reação do mercado: análise do setor de energia elétrica brasileiro. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 9, n. 1, p. 121-134. 2013. Disponível em: < <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/universocontabil/article/view/2722>>. Acesso em: 30 nov. 2018

TEIXEIRA, J. C., GOMES, M. H. R., SOUZA, J. A. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros – estudo comparativo entre 2001 e 2006. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p.197-204, abr./jun. 2011.

TEIXEIRA, J. C., GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a Saúde – IDB 2003. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 277-282, jul./out. 2006.

TEIXEIRA, J. C., HELLER, L. Priorização de investimentos em saneamento baseada em indicadores epidemiológicos e financeiros. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 187-195, jul./out. 2013.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico**: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2002 *apud* LEONETI, A. B., PRADO, E. L., BORGES, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6995>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

VARGAS, M. C. Universalização dos serviços de saneamento básico. In: PHILLIPI JR., A.; GALVÃO JR., A. C. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole, 2012. cap. 28, p. 721-750.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p. (Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.1).

VON SPERLING, M. **PNSR – Esgotamento Sanitário**: resumo de custos unitários. [Texto base para elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural]. [S.l.: s.n.], 2017. Não publicado.

## APÊNDICE I Lista de ETEs

ETE	Capacidade instalada (L/s)	Tecnologia	População equivalente (hab.)	Custo per capita (R\$/hab.)	Idade (anos)
1	2,0	UASB + FA	1.596	44,23	9,4
2	260,0	UASB + FBP	130.712	156,78	4,8
3	61,3	UASB + LF	39.429	296,63	2,7
4	27,9	UASB + FBP	17.156	242,47	4,6
5	39,5	UASB	23.572	188,15	4,9
6	8,3	UASB + FA	4.419	797,46	6,3
7	207,0	UASB + FBP	110.886	131,00	5,1
8	10,0	UASB + FA	5.357	695,58	6,3
9	2,0	UASB	1.071	148,07	6,8
10	74,5	UASB + FBP	42.897	566,67	6,3
11	3.375,0	LAT	1.752.276	731,53	16,2
12	17,2	UASB	8.930	145,79	13,0
13	1.800,0	UASB + FBP	934.547	461,65	10,6
14	29,0	UASB	15.057	509,51	3,8
15	95,0	UASB + LAT	54.908	325,42	4,7
16	2,9	UASB	1.688	741,62	14,5
17	13,4	UASB	7.745	148,84	9,3
18	21,0	UASB	12.137	171,36	14,8
19	500,0	UASB + LAT	288.988	477,98	6,3
20	6,0	UASB	3.468	241,97	5,4

<b>ETE</b>	<b>Capacidade instalada (L/s)</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>População equivalente (hab.)</b>	<b>Custo per capita (RS/hab.)</b>	<b>Idade (anos)</b>
21	7,6	LF	4.393	473,13	13,4
22	39,0	UASB + ES	28.371	122,15	5,9
23	12,3	UASB + FA	7.881	362,27	6,0
24	29,0	UASB + LF	15.309	275,30	5,0
25	6,0	LA + LF + LM	4.030	61,58	13,6
26	38,7	LA + LF	18.300	208,91	16,1
27	19,7	UASB + FA	12.572	125,67	2,3
28	34,2	UASB + FBP	18.009	305,67	0,0
29	14,7	UASB + FA	7.162	232,06	4,7
30	3,0	UASB	1.462	122,45	4,3
31	2,1	UASB	1.023	47,30	4,3
32	7,5	UASB	3.654	14,06	4,3
33	87,7	UASB + LF + LM	53.399	326,59	13,3
34	25,0	UASB + LF	14.732	430,80	3,2
35	2,8	UASB + FA	1.765	45,65	16,2
36	0,8	UASB + FA	566	262,09	13,0
37	48,0	UASB + FBP	30.139	413,84	5,4
38	9,5	UASB + FA	6.933	133,20	11,3
39	25,5	UASB + FBP	12.032	669,20	1,7
40	70,0	UASB + FBP	40.306	875,72	11,2
41	68,0	UASB + FBP	41.952	710,68	8,4
42	68,4	UASB + LF + LM	40.535	77,22	12,9

<b>ETE</b>	<b>Capacidade instalada (L/s)</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>População equivalente (hab.)</b>	<b>Custo per capita (R\$/hab.)</b>	<b>Idade (anos)</b>
43	3,0	UASB + ES	1.804	286,31	11,1
44	2,0	UASB + ES	1.315	427,74	14,3
45	115,0	UASB + FBP	73.324	235,01	6,1
46	2,0	UASB + FA	1.182	217,77	3,5
47	9,6	LA + LF	8.997	230,81	4,3
48	28,0	UASB + FBP	16.496	93,78	10,7
49	23,1	UASB + FBP	12.796	476,77	1,8
50	48,7	UASB + LF + LM	26.948	560,83	3,8
51	44,5	UASB + FBP	19.696	359,07	2,2
52	3,0	UASB + FBP	1.328	41,05	2,2
53	154,0	LA + LF	71.496	100,48	13,3
54	5,4	UASB + FA	2.914	517,03	3,5
55	4,0	UASB + LF	2.896	245,96	9,8
56	4,1	UASB + FA	1.392	813,91	10,6
57	10,0	UASB + LF + LM	5.026	60,19	1,5
58	500,0	UASB	344.587	262,42	14,3
59	13,6	UASB + FA	9.373	269,92	14,3
60	14,0	UASB + FA	9.648	281,38	13,8
61	20,9	UASB + FA	14.404	262,84	14,3
62	30,0	UASB	18.918	50,17	7,5
63	208,0	UASB	109.383	378,26	9,4
64	34,1	UASB + LF	21.155	233,47	5,3

<b>ETE</b>	<b>Capacidade instalada (L/s)</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>População equivalente (hab.)</b>	<b>Custo per capita (RS/hab.)</b>	<b>Idade (anos)</b>
65	30,0	UASB + LF	17.361	268,25	11,5
66	33,0	UASB + ES	21.166	108,87	8,5
67	50,0	UASB + LF + LM	28.525	470,06	10,1
68	25,0	UASB + ES	13.121	84,56	23,6
69	12,3	UASB	8.346	754,71	3,1
70	24,8	UASB + ES	16.716	304,70	18,3
71	4,2	UASB + LF	3.159	404,60	16,2
72	8,4	LF + LM	4.204	880,60	33,6
73	126,0	LATAP	62.755	320,44	17,5
74	10,0	UASB + FL	4.981	420,56	10,7
75	240,0	UASB + LF + LM	129.125	178,11	5,3
76	101,0	UASB + LF + LM	54.340	273,01	5,3
77	18,0	UASB + FA	9.688	92,45	10,6
78	14,0	UASB + FA + LM	13.713	195,84	4,9
79	38,7	LA + LF	22.946	166,61	16,1
80	15,2	UASB + FBP	7.813	687,11	2,3
81	13,5	LF + LM	6.665	588,24	4,7
82	21,0	UASB + LF	15.776	233,31	1,8
83	500,0	UASB + FBP	346.162	310,24	6,3
84	7,3	FF	5.075	451,58	0,0
85	35,0	UASB	20.162	200,15	0,1
86	9,5	UASB + FBP	3.012	882,40	10,6

<b>ETE</b>	<b>Capacidade instalada (L/s)</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>População equivalente (hab.)</b>	<b>Custo per capita (R\$/hab.)</b>	<b>Idade (anos)</b>
87	23,1	UASB + FBP	7.330	38,57	1,4
88	120,0	UASB + FBP	63.367	420,09	3,0
89	70,0	LA + LF	42.731	941,49	14,0
90	290,0	LA + LF	183.864	123,26	12,9
91	35,4	UASB + FBP	22.713	298,44	2,9
92	19,4	UASB + LF + LM	12.473	77,90	9,6
93	101,0	UASB + FBP	31.793	523,62	3,2
94	35,0	UASB + LF + LM	17.342	677,03	6,3
95	361,4	UASB	206.292	94,20	2,5
96	0,6	UASB + FA	343	223,47	16,1
97	44,5	UASB	25.398	148,54	2,5
98	9,7	UASB + FBP	7.389	625,83	3,5
99	240,0	UASB + FBP	138.285	494,42	3,8
100	74,0	UASB + FBP	42.637	527,00	3,8
101	4,0	UASB + ES	2.883	272,56	9,3
102	1,1	UASB + ES	623	38,58	5,3
103	3,7	UASB	2.049	172,42	9,8
104	110,0	LF + LM	61.751	259,31	33,1
105	120,0	UASB + FBP	67.364	699,88	3,8
106	29,9	UASB + FBP	16.768	733,62	2,0
107	130,4	UASB	72.557	194,11	9,4
108	18,0	UASB + FBP	12.958	123,07	2,3



<b>ETE</b>	<b>Capacidade instalada (L/s)</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>População equivalente (hab.)</b>	<b>Custo per capita (R\$/hab.)</b>	<b>Idade (anos)</b>
109	90,0	UASB + FBP	49.284	544,63	3,0
110	18,8	LF	12.211	585,94	8,1
111	39,0	UASB	23.982	104,49	6,3
112	5,0	UASB + ES	3.614	423,50	9,3
113	37,4	UASB + FBP	21.425	679,05	4,8
114	20,7	UASB + FA	13.703	99,51	10,6
115	12,7	UASB	9.998	526,29	5,4
116	40,0	UASB + LF + LM	26.203	123,84	5,8
117	21,0	UASB + LF + LM + ES	17.650	348,94	4,4
118	210,0	UASB + FBP	114.470	330,45	3,5
119	83,0	UASB	47.793	246,95	2,3
120	20,2	UASB + FBP	14.873	315,60	5,8
121	8,0	UASB + FA	4.421	128,99	16,1
122	180,0	UASB	102.919	226,68	10,1
123	201,0	UASB	114.927	148,48	12,0
124	40,0	UASB	21.140	108,37	8,8
125	95,0	LATAP	81.294	482,46	27,8
126	21,0	LATAP	17.970	110,05	31,4

## APÊNDICE II Tabela de custos *per capita* de ETE por tecnologia e por fonte bibliográfica

Tecnologia	Fonte	Número de dados	Intervalo de população	Intervalo de custo	
LF + LF / LA + LF	von Sperling	15	2.089 - 61.000	151	261
	PRODES	11	6.797 - 31.148	278	1629
	Pacheco	6	1.367 - 10.944	469	1185
	Brites	2	6.797 - 202.523	166	1100
	Pessoa	9	4.204 - 183.864	145	734
LF + LF + LM / LA + LF + LM	von Sperling	10	1.000 - 14.485	335	606
Lodos ativados	von Sperling	9	40.000 - 1.500.000	398	490
	PRODES	18	4.741 - 336.000	278	844
	Pacheco	12	8.046 - 400.000	228	375
	Brites	6	15.970 - 277.666	220	328
	Colossi	4	6.000 - 55.100	109	454
	Pessoa	4	24.330 - 2.265.795	110	473
UASB	von Sperling	5	4.320 - 15.146	66	204
	PRODES	3	234074 - 1.010.880	108	138
	Pessoa	27	1.023 - 344.587	119	251
UASB + LA	Brites	2	319.592 - 366.720	143	160
UASB + LF	PRODES	3	118.815 - 226.185	35	1252
	Pacheco	4	3.692 - 33.161	190	490
	Pessoa	8	2.895 - 39.429	237	378
UASB + LF + LM	von Sperling	10	5.135 - 138.000	299	480
	PRODES	3	7.389 - 87.352	247	648
	Pessoa	10	5.026 - 129.125	78	493
UASB + LF + LM + LM	von Sperling	4	7.292 - 41.130	435	729
UASB + FA	von Sperling	9	1.381 - 199.041	239	355
	PRODES	5	4.944 - 50.093	106	495
	Pacheco	6	1.609 - 18.000	255	529
	Pessoa	19	342 - 14.404	126	362
UASB + FBP	von Sperling	22	4.584 - 300.000	244	408
	PRODES	14	14.111 - 249.000	232	429
	Pacheco	10	27.024 - 115.200	245	361
	Pessoa	32	1.327 - 943.547	157	626
UASB + LAT	PRODES	12	10.037 - 789.997	259	942
	Pessoa	2	54.908 - 288.988	325	478
	Brites	5	57.000-500.000	374	712
UASB + ES	Pessoa	9	623 - 28.371	97	364

### APÊNDICE III Lista de municípios

Municípios	População total	Extensão rede de coleta (m)	Habitante/metro de rede	Atendimento com coleta (%)	Nº de estações elevatórias	Declividade (%)	Economias/ligação	Custo per capita rede + EEE (R\$/hab)	Custo per capita apenas rede (R\$/hab)
1	32.104	68.272	0,3	67,3	0	23,7	1,07	1.040,41	1.040,41
2	34.037	125.229	0,23	85,6	7	6,7	1,02	3.993,41	2.569,27
3	24.327	64.630	0,2	54,3	4	8,3	1	1.272,17	1.076,71
4	104.207	317.159	0,3	92,6	5	9,2	1,11	869,24	812,61
5	9.041	31.355	0,27	92,3	0	9,7	1,07	1.499,49	1.499,49
6	5.846	15.212	0,22	58,2	2	19,5	1,02	6.664,87	6.411,17
7	46.075	91.822	0,41	80,8	4	16,3	1,21	4.778,71	4.294,89
8	2.454.100	4.454.437	0,52	94,5	17	14,5	1,68	1.346,28	1.218,09
9	419.694	1.111.218	0,29	76,2	7	11,5	1,26	3.873,75	3.638,84
10	47.576	195.143	0,21	89,3	1	8,6	1,08	1.962,97	1.952,47
11	5.894	19.881	0,27	92,2	4	15,9	1,04	2.915,49	2.503,64
12	3.372	27.359	0,09	71	0	12,8	1,01	2.727,16	2.727,16
13	13.670	40.842	0,31	92	2	10	1,06	1.954,72	1.769,56
14	11.697	24.491	0,32	83,1	0	16	1,07	917,1	917,1
15	20.596	62.012	0,25	76	5	6,6	1,02	3.235,52	2.143,16
16	28.380	86.258	0,19	74,3	0	14,6	1,06	2.016,88	2.016,88
17	5.969	33.663	0,16	90	1	16,6	1,03	3.485,72	3.450,23
18	7.297	27.326	0,17	64,4	0	7,2	1,03	416,73	416,73
19	16.637	21.320	0,24	32,3	3	2,8	1,08	702,02	652,64
20	7.446	33.217	0,16	81,4	1	15,9	1,07	1.131,98	1.065,39
21	16.120	53.920	0,22	74,3	0	21	1,11	3.359,38	3.359,38
22	14.293	36.070	0,34	86,7	2	10,9	1,02	874,64	789,56
23	29.253	100.817	0,2	69,3	4	13,7	1,03	664,69	476,29
24	75.608	111.756	0,46	76,8	0	24,7	1,2	1.637,13	1.637,13
25	7.503	31.106	0,16	67,5	5	15,3	1,05	1.146,25	1.057,58
26	11.920	37.096	0,25	79	10	16,1	1,01	1.663,57	707,06
27	9.268	25.587	0,3	87,6	0	12,8	1,05	2.405,47	2.405,47
28	7.411	41.368	0,15	82,9	0	5,7	1,03	790,33	790,33
29	6.505	s/d	s/d	54,4	4	14,9	1,05	16.055,21	1.012,48
30	14.604	s/d	s/d	68,2	0	20,9	1,22	870,78	870,78

Municípios	População total	Extensão rede de coleta (m)	Habitante/metro de rede	Atendimento com coleta (%)	Nº de estações elevatórias	Declividade (%)	Economias/ligação	Custo per capita rede + EEE (R\$/hab)	Custo per capita apenas rede (R\$/hab)
31	14.604	14.483	0,05	26,5	0	3,5	1	591,71	591,71
32	5.828	17.835	0,11	32,4	3	5,8	1,03	1.458,52	1.179,68
33	23.645	99.371	0,21	89,7	4	11	1,1	1.388,82	1.189,92
34	11.460	29.311	0,29	74,4	3	17,5	1,05	1.367,23	1.097,73
35	8.883	36.696	0,23	93,6	0	9,7	1,05	661,28	661,28
36	45.903	118.369	0,29	74,4	0	17,7	1,04	2.949,12	2.949,12
37	121.067	359.938	0,27	79,4	2	16	1,17	1.263,48	1.207,84
38	12.248	26.536	0,17	37,1	7	8,1	1,04	1.419,70	1.265,96
39	6.177	22.711	0,12	52,4	3	7,4	1,06	1.416,62	1.059,81
40	106.685	121.563	0,69	78,4	1	18,8	1,12	1.152,30	1.152,26
41	5.721	12.706	0,26	57,5	2	11,7	1,02	1.054,99	910,55
42	14.013	50.712	0,24	87,4	0	13,4	1,06	593,34	593,34
43	74.478	186.013	0,31	82,1	0	6,3	1,09	3.303,59	3.303,59
44	1.534	7.385	0,16	76,7	2	23,8	1,04	2.754,15	1.253,25
45	10.664	14.474	0,58	78,3	0	20,4	1,07	1.168,69	1.168,69
46	235.026	812.272	0,24	82,7	3	10,2	1,37	1.288,12	1.057,46
47	8.123	9.864	0,28	33,6	3	3,6	1,04	1.338,51	1.001,80
48	2.596	10.000	0,14	54,4	3	7,4	1,05	1.766,80	1.397,38
49	15.210	69.859	0,18	81,2	2	3,2	1,02	1.306,46	1.229,30
50	47.820	141.314	0,31	91,1	2	4,9	1,06	1.073,50	481,44
51	3.441	12.913	0,09	42,2	1	6,2	1,05	1.609,67	1.434,67
52	1.727	10.574	0,09	54,8	7	6,6	1,01	1.267,44	1.144,41
53	3.803	25.200	0,13	85,5	0	5,2	1,04	2.597,01	2.597,01
54	39.290	74.399	0,24	45,5	0	9,8	1,1	1.841,60	1.841,60
55	3.009	8.028	0,11	57,5	0	7,5	1,01	1.224,83	1.224,83
56	7.667	25.396	0,22	74	0	19,5	1,05	3.168,65	3.168,65
57	13.894	23.354	0,2	32,9	3	2,3	1,04	838,46	720,62
58	90.101	337.949	0,23	86	3	15,2	1,19	7.751,84	3.682,19
59	16.249	22.080	0,33	44,4	2	7,1	1,01	1.543,79	1.419,30
60	36.001	78.109	0,4	90,6	3	4,5	1,05	3.114,02	2.607,98
61	21.026	21.105	0,23	23,5	3	3,4	1,04	1.363,89	1.092,66
62	68.689	101.665	0,16	25,2	5	3,2	1,1	1.468,64	1.274,86
63	42.244	66.281	0,13	21,3	6	2,9	1,04	1.786,10	576,04

Municípios	População total	Extensão rede de coleta (m)	Habitante/metro de rede	Atendimento com coleta (%)	Nº de estações elevatórias	Declividade (%)	Economias/ ligação	Custo per capita rede + EEE (R\$/hab)	Custo per capita apenas rede (R\$/hab)
64	16.071	40.655	0,29	73,5	9	7,4	1,02	3.479,86	2.824,17
65	2.508	43.475	0,17	34	0	11,1	1,01	815,42	815,42
66	2.643	9.447	0,18	65,3	4	12,1	1,01	1.327,32	1.016,66
67	59.240	208.031	0,12	42,2	3	10,5	1,22	3.538,14	3.446,03
68	5.823	s/d	s/d	75,2	3	5	1,06	5.470,95	4.379,38
69	2.508	110.998	0,19	65,3	17	11,1	1,09	1.480,70	1.128,26
70	14.750	21.651	0,57	84,4	3	12	1	8.704,72	7.135,47
71	12.158	19.661	0,28	46	3	18,7	1,08	3.260,74	2.268,24
72	9.598	53.140	0,07	37,9	0	5,6	1,05	307,58	307,58
73	381.519	1.266.940	0,26	86,6	10	6,2	1,13	1.497,12	1.257,28
74	16.953	56.806	0,3	90,5	1	14,9	1,2	1.473,94	1.182,16
75	92.674	62.159	0,29	19,4	2	22,6	3,28	696,27	412,09
76	6.411	6.221	0,3	43,7	0	3,7	1,07	870,26	870,26
77	81.924	240.676	0,3	89,1	4	10,5	1,19	3.656,84	3.583,05
78	10.127	14.278	0,45	63,5	0	18,9	1,07	1.504,58	1.504,58
79	81.313	263.563	0,25	79,8	8	8,6	1,04	1.158,69	579,52
80	139.112	585.279	0,22	94,9	4	8,2	1,25	7.629,49	5.877,00
81	20.392	39.100	0,42	80,7	3	18,2	0,99	4.386,08	3.645,66
82	5.739	18.158	0,27	83,9	4	18,2	1	2.414,23	828,56
83	8.698	30.277	0,19	65,6	0	19,5	1,03	681,84	681,84
84	135.888	522.378	0,24	93	14	9,2	1,16	4.833,93	3.275,16
85	7.931	29.717	0,2	75,2	1	18,9	1,02	6.650,74	5.279,66
86	319.779	651.769	0,34	68,8	3	14	1,13	3.114,34	3.102,12
87	11.788	37.371	0,08	26,9	6	7,2	1,09	1.286,73	1.135,29
88	32.054	99.492	0,23	72,6	2	8,4	1,04	4.090,57	3.694,27
89	10.402	26.420	0,17	91,5	0	16,5	1,06	1.570,03	1.570,03
90	37.201	116.010	0,28	87,4	8	11,1	1,06	8.265,84	5.697,84
91	1.836	10.122	0,14	76,1	2	9,2	1,02	1.665,32	1.492,22
92	39.662	61.708	0,41	63,5	3	23,6	1,13	1.051,23	994,72
93	33.182	107.891	0,27	89	2	11,9	1,06	3.821,56	3.609,23
94	13.137	44.809	0,22	74,3	8	11,9	1	6.042,88	2.468,94
95	5.536	13.155	0,34	79,9	0	14,1	1,09	1.025,04	1.025,04
96	12.638	29.998	0,18	42,8	4	6,5	1,05	883,19	827,07

Municípios	População total	Extensão rede de coleta (m)	Habitante/metro de rede	Atendimento com coleta (%)	Nº de estações elevatórias	Declividade (%)	Economias/ ligação	Custo per capita rede + EEE (R\$/hab)	Custo per capita apenas rede (R\$/hab)
97	19.973	79.054	0,14	57,1	0	13	1,1	2.634,66	2.634,66
98	4.237	12.997	0,28	87,3	0	16,5	1,05	984,85	984,85
99	2.737	10.837	0,18	70,2	0	19,4	1	3.482,97	3.482,97
100	64.646	249.574	0,23	92,9	0	8,7	1,11	7.185,57	7.185,57
101	4.325	18.266	0,19	79,6	11	18	1,01	4.758,76	1.553,53
102	31.795	136.356	0,18	75,2	0	12,5	1,05	710,49	710,49
103	7.586	5.540	0,49	39,3	1	4,9	0,99	2.528,24	2.464,63
104	11.098	72.441	0,11	69,4	6	21,6	1,02	4.131,96	3.569,31
105	26.253	20.713	0,51	40,1	1	4,6	1,05	1.105,06	959,94
106	115.828	212.135	0,4	76,4	7	21	1,07	5.588,66	4.397,11
107	29.414	85.311	0,24	71,2	2	11,4	1,05	4.432,29	2.420,02
108	14.699	47.405	0,22	69,8	4	15,5	1,03	2.350,18	2.043,85
109	2.733	s/d	s/d	85,1	3	4,1	1,03	2.490,78	1.340,42
110	2.947	504.429	0,24	92,3	2	14,7	1,13	654,4	616,09
111	33.918	106.240	0,07	23,1	8	3,8	1,02	1.337,37	1.139,17
112	17.010	69.097	0,21	89,6	2	7	1,01	1.403,70	642,65
113	123.383	228.996	0,39	72	4	16,4	1,25	3.508,72	3.195,32