

II-150 - ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS EM TRATAMENTO DE ESGOTO POR BACIA HIDROGRÁFICA DE MINAS GERAIS

Lucas Marques Pessoa

Engenheiro Ambiental pela UFMG. Mestre em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos pela UFMG. Analista fiscal de regulação na ARSAE-MG.

Fernando Silva de Paula

Engenheiro civil pela UFMG. Mestre em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos pela UFMG. Assessor da Coordenadoria Técnica de Regulação Operacional e Fiscalização dos Serviços da ARSAE-MG.

Maria Luisa Greco Vilani Marques

Engenheira Ambiental pela UFMG.

Endereço: Rod. Papa João Paulo II, 4001 - Ed. Gerais, 12º andar – Serra Verde – Belo Horizonte. CEP 31630-901 - Brasil - Tel: (31) 39158079 - e-mail: lucasm.pessoa@yahoo.com.br

RESUMO

A importância do acesso aos serviços de esgotamento sanitário é cada vez mais amplamente reconhecida, demandando a expansão dos sistemas com a instalação de novas estruturas, principalmente nas áreas urbanas. Porém, o ritmo desta ampliação tem sido um tanto tímido diante das metas estabelecidas. Todavia, este reconhecimento também tem motivado reflexões que põem de um lado o direito humano e do outro o direito do consumidor e, a despeito do ordenamento legal ora vigente, aguçam as arestas dos obstáculos, ditos estruturantes, à sua almejada universalização. O cenário atual indica que o alcance das metas estabelecidas é ainda assaz difícil, haja vista a importante magnitude dos déficits revelados. Soma-se a isso, o fato de os recursos públicos, para prover os investimentos necessários, são escassos, e sua maior fonte tem sido a própria tarifa cobrada pelos serviços prestados, tornando importante estimar os investimentos necessários para prover ao menos essa infraestrutura. O lançamento de esgoto sanitário ainda persiste entre os principais responsáveis pela degradação das águas superficiais em Minas Gerais. Concentrando a atenção nas bacias hidrográficas como unidade territorial de planejamento, buscou-se, diante desta tela, fazer uma análise dos investimentos realizados em tratamento dos esgotos no Estado de Minas Gerais, por cada tipologia utilizada nas ETEs, a partir de dados financeiros e operacionais de uma companhia de saneamento estadual. Assim, a estimativa dos investimentos necessários para superar o déficit apresentou variação para maior de 20%, quando comparada com a publicada recentemente pela ANA. A diferença percebida entre bacias hidrográficas foi mais expressiva, onde a estimativa aqui obtida chega a ser 6,5 vezes menor. É possível que as principais diferenças decorram, sobretudo, da metodologia empregada, visto que uma leva em consideração maior integração entre as soluções propostas tendendo à maior descentralização e observando o enquadramento dos cursos d'água na definição das unidades e etapas necessárias ao tratamento dos esgotos.

PALAVRAS-CHAVE: Investimento saneamento, tratamento de esgoto, bacias hidrográficas.

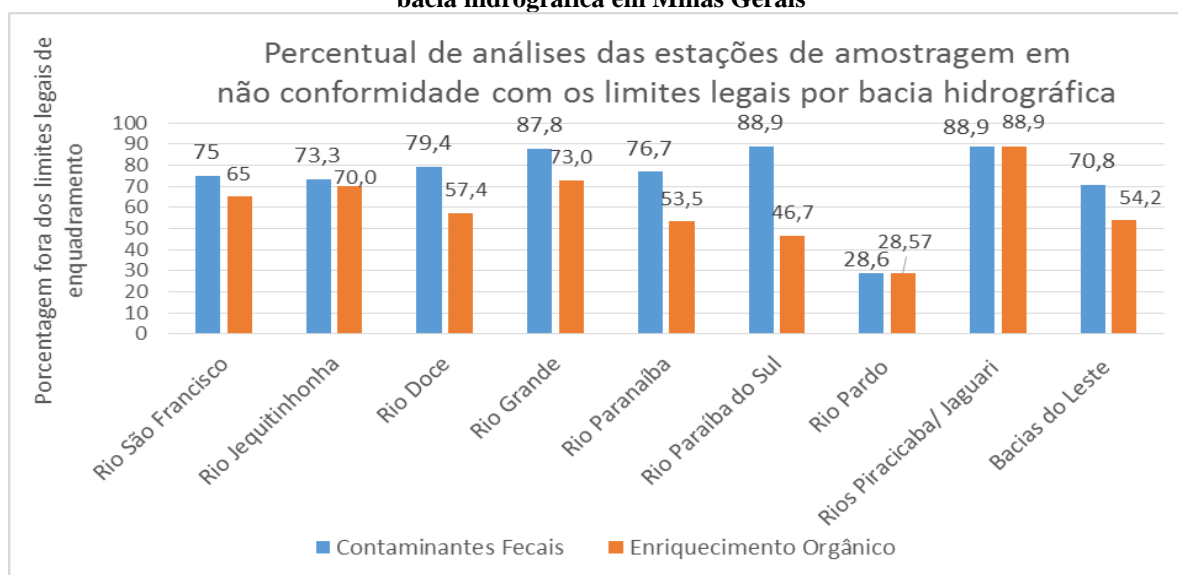
INTRODUÇÃO

A ONU, em julho de 2010, considera os serviços de abastecimento de água e saneamento (esgotamento sanitário) como direitos humanos fundamentais para a dignidade humana (ONU, 2010). Segundo Pessoa *et al.* (2018b) o acesso ao serviço de esgotamento sanitário proporciona preservação ambiental e melhora da qualidade de vida da população, com efeitos na saúde, no desenvolvimento social e econômico dos países. Em consonância com o exposto, o inciso I do artigo 2º da Lei Federal nº 11.445/2007 (Lei Nacional de Saneamento Básico – LNSB), marco regulatório do saneamento no Brasil, preconiza, a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico como princípio para fundamentar a sua prestação (BRASIL, 2007). O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) previsto na LNSB, a partir da síntese da análise situacional do país propõe metas de curto, médio e longo prazo, por macroregião, para o cenário de referência para os próximos 20 anos. Entre as 23 metas apresentadas e monitoradas, têm destaque as metas referentes à porcentagem de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários (E1) e ao percentual de tratamento de esgoto coletado (E4), diretamente relacionadas à meta estabelecida pela

ONU de universalização da coleta e tratamento de esgotos dos países até 2030 (meta 6.2) do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – ODS 6 que trata de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento – esgotamento sanitário – para todas e todos (ANA, 2019).

Contudo, segundo o relatório do IGAM de monitoramento das águas superficiais de 2016 de Minas Gerais, os principais fatores de poluição no estado, que contribuem para piora da qualidade das águas superficiais, ainda são, principalmente, os lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais (IGAM, 2017). A Figura 1 apresenta compilado do monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas de Minas Gerais. Observa-se a quantidade relativa pelo percentual de vezes que os parâmetros de coliformes termotolerantes e enriquecimento orgânico (matéria orgânica e nutrientes), indicativos de lançamentos de esgotos domésticos, estiveram acima dos valores máximos permitidos para a classe na qual aquela curso d'água se enquadra (IGAM, 2017).

Figura 1 Percentual de análises de estações de qualidade de água superficial com não conformidades por bacia hidrográfica em Minas Gerais



Fonte: elaboração própria com dados do IGAM, 2017.

Em todas as bacias hidrográficas houve descumprimento em boa parte das determinações dos indicadores considerados. O melhor cenário observado, do Rio Pardo, não houve atendimento à classe do curso d'água em 29% das análises avaliadas. As demais bacias hidrográficas tiveram sempre resultados deficientes na maior parte das observações, com exceção da bacia do Rio Paraíba do Sul, onde o descumprimento ao enquadramento da classe do curso d'água pelos indicadores de enriquecimento orgânico não passaram de 47%. Dessa forma, os dados ratificam a triste realidade do aporte de esgotos permanece entre os principais responsáveis pela degradação das águas superficiais de Minas e reforça a necessidade em se tratar mais e melhor os esgotos sanitários.

Pessoa *et al.* (2018a), ao avaliar o tratamento e lançamento de esgotos nos cursos d'água na porção mineira da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, revelam a preocupante cena na qual uma em cada cinco ETES apresenta eficiência abaixo de 60 % de remoção de DBO a despeito da meta de 70% de redução de DBO (média anual) preconizada pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008).

Atualmente, cerca de 60% da população do Brasil tem atendimento com coleta de esgoto. Do volume de esgoto coletado, por volta de 70% é tratado. Ou seja, cerca de 58% da população brasileira não conta com tratamento de seus esgotos. Com isso, a carga de poluentes que chega aos cursos d'água em todo país ainda é enorme. Em relação aos serviços de esgotamento sanitário, o avanço do acesso tem se mostrado lento para o alcance das metas estabelecidas pelo Plansab para o ano de 2018, como apresenta a Tabela 1 a seguir (Brasil, 2014; 2018).

Tabela 1 – Índices de atendimento e metas de coleta e tratamento de esgoto no Brasil em 2016 por macrorregião

Região do Brasil	População urbana atendida com coleta de esgoto em 2016 (%) *	Meta do PLANSAB para 2018 IN024 (%)	Volume de esgoto coletado que é tratado em 2016 (%) **	Meta do PLANSAB para 2018 IN016 (%)
Norte	13,4	56	81,0	75
Nordeste	34,7	66	79,7	77
Sudeste	83,2	94	69,0	63
Sul	49,0	84	92,9	73
Centro-Oeste	56,7	69	92,1	92
Brasil	59,7	82	74,9	69

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

Fonte: SNIS 2018 e Plansab 2014

Por meio da Tabela 1 pode-se concluir que em termos de tratamento a situação estaria adequada, com percentuais superiores à meta. Porém, essa seria uma análise equivocada, visto que, a meta com relação a tratamento de esgoto, está referida a porcentagem de esgoto que é coletado. Portanto, se não há atendimento suficiente com coleta, o percentual tratado do que é coletado, pode estar aquém. Considerando o valor atual de coleta no Brasil, seria necessário tratar 93% do coletado para atingir a meta para 2018. Porém o valor atual de tratamento em 2016 é de 74,9%, portanto, provavelmente não alcançável no prazo de dois anos.

Pessoa *et al.* (2018a), ao avaliar o percentual de atendimento com os serviços de esgotamento sanitário segundo porte populacional dos municípios, não observaram variações no atendimento com rede coletora, porém, os percentuais de tratamento do volume de esgoto coletado foram bastante superiores nos grupos de municípios mais populosos. Alertam do déficit substancialmente maior nas áreas rurais e ressaltam a necessidade de ações urgentes para ampliação do acesso aos serviços de esgotamento. Neste sentido, o uso de soluções que associem simplicidade operacional e baixo custo de implantação e operação, adequadas à realidade local, são fundamentais.

Por sua vez, Hamdan *et al.*, (2018) destacam que muitas vezes as periferias mais afastadas dos centros urbanos, menos adensadas, ou com ausência de urbanização, não contam com os serviços de saneamento, inclusive pela baixa capacidade de pagamento da sua população. Os autores analisaram a situação e a evolução dos serviços de esgotamento sanitário em Minas Gerais desde 2014 até 2017, a partir de informações do SNIS, dados dos prestadores de serviços submetidos à Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG), destacam que uma barreira percebida no avanço do serviço é a dificuldade em incentivar o cidadão a solicitar a ligação de sua residência à rede coletora disponível. A falta de adesão ao sistema leva à ociosidade das unidades. Isto pode decorrer do desconhecimento legal, capacidade de pagamento deficiente (a efetivação da ligação implica em pagamento pelos serviços), além de não se praticar a aplicação de penalidades - via de regra a cargo das Prefeituras - capazes de incentivar, ou mesmo obrigar, os usuários a se conectarem às redes públicas disponíveis. Assim, apesar do significativo avanço pós promulgação da LNSB e dos investimentos em obras de infraestrutura, ainda há muito a se avançar para atingir a universalização do serviço com qualidade (Hamdan *et al.*, 2018).

Para solução dos problemas evidenciados são necessários aportes significativos de investimentos no setor de esgotamento sanitário, notadamente em estações de tratamento. É importante que se planeje e analise os investimentos, a fim de evitar desperdícios de recursos escassos. Para tanto é possível que se estabeleça estimativas de custos (EC), as quais devem obedecer a alguns princípios básicos. Um destes princípios é que as EC devem ser simples, claras, de fácil entendimento e alteração. “Devem apresentar-se numa forma que possa ser entendida, controlada, verificada e corrigida”. Outro destes princípios é a sua adequação e ajuste. Os resultados obtidos pela EC devem ser um reflexo da 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, 2000; Mendes *et al.*, 2009).

Portanto o presente estudo avalia os custos *per capita* de Estações de Tratamento de Esgoto - ETE de uma base de dados real, comparando os valores obtidos com outros da literatura, gerando informações que podem auxiliar projeto e implantação de sistemas de saneamento, além de agências reguladoras no seu processo de

fiscalização. As estimativas de investimentos futuros, podem também auxiliar gestores municipais e estaduais nos processos de tomada de decisão, assim como abrir essa discussão para os comitês de bacias hidrográficas.

OBJETIVO

O objetivo principal deste estudo é estimar os investimentos em tratamento de esgoto por bacia hidrográfica de Minas Gerais. Como objetivos específicos, procurou-se:

- Avaliar o custo *per capita* de diferentes tecnologias de tratamento de esgoto de uma companhia estadual;
- Criar uma base de custos *per capita* por tecnologia com os valores obtidos no estudo e com outros valores encontrados na literatura;
- Estimar os valores de investimento em tratamento de esgoto para cenário de universalização, no horizonte de 2035, por bacia hidrográfica do estado de MG

METODOLOGIA

Base de dados - Foram utilizados os dados do banco patrimonial de uma companhia estadual do Brasil. Os dados de custos de implantação de ETEs foram atualizados para a base de agosto de 2017. Para este ajuste, foi adotado o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), que é uma 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. Os valores de investimento em cada ETE foram agrupados por tecnologias. A seguir são apresentadas na Tabela 2 as associações de tecnologias identificadas nas estações e sua respectiva quantidade de unidades.

Tabela 2 Grupos e quantidade de cada associação de tecnologia de ETE avaliadas no estudo

Tecnologia	Nº de dados
UASB + Lagoa (s)	18
UASB + Filtro anaeróbico	19
UASB Filtro aeróbico	32
UASB + Escoamento solo	9
UASB	26
Lodos ativados	4
Lagoas	9

Nota: UASB – reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente.

Os dados de custos de implantação de cada ETE foram divididos pela população equivalente a qual aquela ETE tem capacidade de tratar seus esgotos. Com isso, calculou-se o custo per capita de cada ETE. Os dados de custos *per capita* obtidos neste estudo, foram agrupados a outros dados de fontes da literatura. Todos os valores foram atualizados para a base de agosto de 2017 através do INCC. Foram utilizados os valores do primeiro e terceiro quartil para definir os limites inferior e superior de cada grupo de tecnologia.

Estimativa de custos - Os custos *per capita* medidos foram utilizados para estimar os valores a serem investidos em tratamento de esgoto em cada uma das bacias hidrográficas de MG. Anteriormente, se identificou as tecnologias mais utilizadas em cada uma das bacias hidrográficas, a fim de dar maior aproximação a estimativa. Serão utilizadas as medianas dos valores de custos *per capita* das tecnologias predominantes em cada bacia hidrográfica. As populações consideradas no estudo, serão os valores estimados pelo IBGE para cada município para o ano de 2035, a fim de poder comparar os resultados obtidos com os dados do Atlas de despoluição de bacias hidrográficas da ANA de 2017. Os índices de atendimento atuais em cada localidade utilizados virão da base do SNIS (BRASIL, 2018).

RESULTADOS OBTIDOS

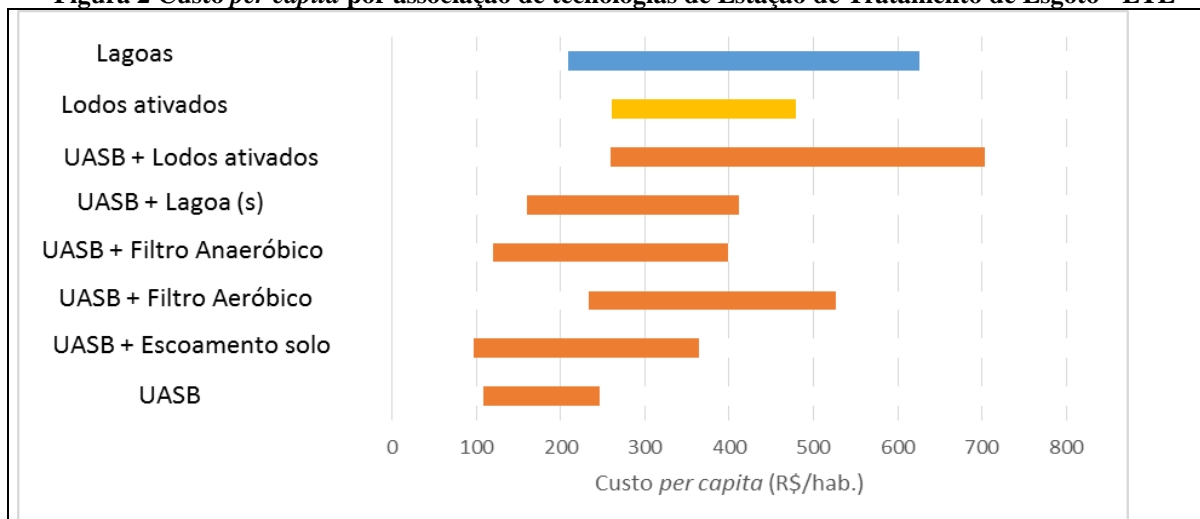
A Tabela 3 apresenta os dados de custos *per capita* de implantação por tecnologia empregada em ETEs. O intervalo considerado foi entre o primeiro e terceiro quartil. A Figura 2 ilustra o compilado de informações com o intervalo de custo demarcado. Os seguintes estudos foram utilizados para elaboração da Tabela 3 e da Figura 2: Colossi (2002); Brites *et al.* (2007); Nunes *et al.* (2005), Pacheco (2010), von Sperling (2014).

Tabela 3 Comparação do custo *per capita* por ETE no Brasil. Data base: agosto de 2017

Tecnologia	Nº de dados	Intervalo de população (hab)	Intervalo de custo (R\$)	
Lagoas	30	1.000 - 202.000	209	626
Lodos ativados	64	3.000 - 1.800.000	261	480
UASB + Lodos ativados	21	10.000 – 900.000	260	704
UASB + Lagoa (s)	51	3.000 - 370.000	160	412
UASB + Filtro Anaeróbico	56	350 – 70.000	120	399
UASB + Filtro Biológico Percolador	64	1.300 - 950.000	234	526
UASB + Escoamento solo	9	600 - 30.000	97	364
UASB	32	1000 - 1.000.000	108	246

Nota: UASB – reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente.

Figura 2 Custo *per capita* por associação de tecnologias de Estação de Tratamento de Esgoto - ETE



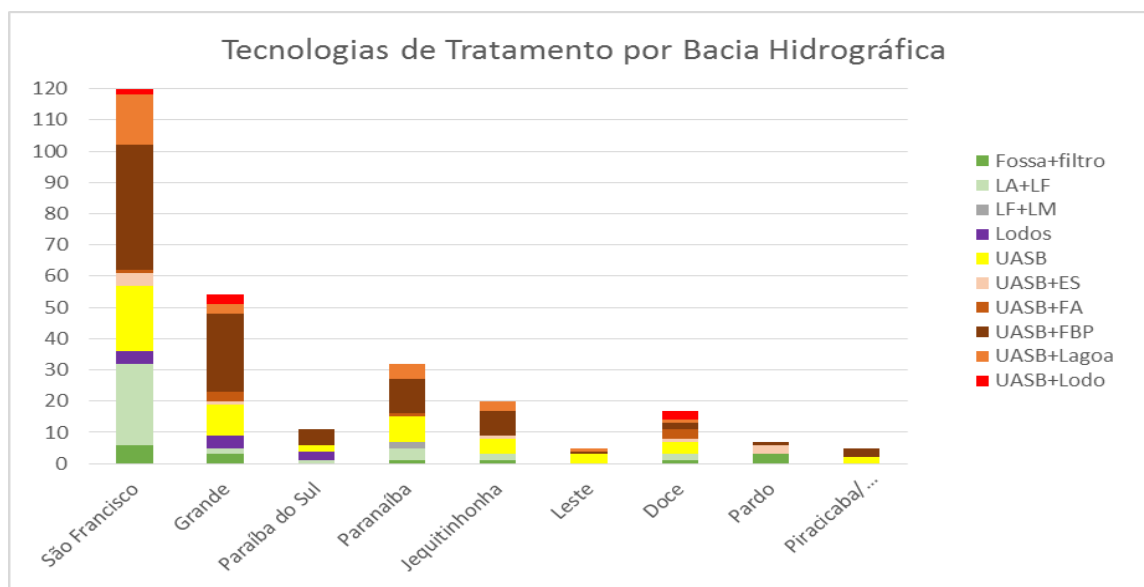
Fonte: Elaboração própria com dados do atual estudo e dos autores Colossi (2002), Brites *et al.* (2007), Nunes *et al.* (2005), Pacheco (2010) e von Sperling (2014).

As unidades de tratamento que utilizam as modalidades de lagoas tiveram as maiores variações de custos, desde valores inferiores a 200 R\$/habitante, até valores próximos a 1000 R\$/habitante. Isso deve ocorrer, por conta das variações nos custos associados à aquisição das áreas requisitadas – cada vez mais preciosas nos centros urbanos – também pelos custos construtivos das Lagoas variarem de acordo com o custo das movimentações de terra para construção dos taludes, e da necessidade de impermeabilização. Por sua vez, nota-se os altos custos associados ao emprego da modalidade de lodos ativados como pós tratamento de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente – UASB, tecnologia com elevados requisitos energéticos. O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado, em nível mundial, em situações em que se deseja uma elevada qualidade do efluente final da estação com baixos requisitos de área, a despeito da complexidade operacional, nível de mecanização e do consumo energético, relativamente mais elevados (von Sperling, 2014). Ao seu tempo, as unidades que utilizam de tecnologias de reatores UASB, são as que possuem maiores números de ETEs (180) e de variações de composições de tecnologias para o necessário pós-tratamento dos seus efluentes. Entre as associações de reatores UASB, a que conta com escoamento em solo como pós tratamento apresenta os menores valores em média de custo *per capita*. As unidades com filtros aeróbicos percoladores – FBP e filtros

anaeróbicos apresentam diferenças principalmente no limite inferior (1º quartil). Ao avaliar os dados de associações entre reatores UASB e lagoas, percebemos que tal modalidade pode propiciar a redução dos custos quando comparados com sistemas que conjugam apenas lagoas.

A Figura 3 apresenta as ETEs existentes no “Atlas Esgotos – Despoluição de Bacias Hidrográficas de acordo com a tecnologia adotada, subdivididas por bacia hidrográfica (ANA, 2017). Importante notar que a bacia hidrográfica do São Francisco apresenta maior número de ETEs, sendo explicado por sua maior abrangência territorial e populacional. As bacias do Leste, Pardo e Piracicaba/Jaquari apresentam as menores quantidades de estações de tratamento, pelo mesmo motivo que explica o maior número de estações da bacia do São Francisco, menor extensão territorial e populacional. Ressalva-se que as ETEs que não possuem dados de tecnologia foram excluídas da análise feita a seguir, sendo assim, o universo da análise consta apenas as estações que possuem informação de tecnologia. As tecnologias que utilizam reatores UASB são predominantes em todas as bacias hidrográficas, representando 76% do total de ETEs do estado. Entre as tecnologias de UASB, se destacam as estações que contam apenas com UASB e a associação de UASB + FBP, representando 56% de toda a amostra. As estações que contam com lagoas estão presentes em poucas quantidades na maioria das bacias hidrográficas, sendo que a bacia do Paraíba do Sul conta com apenas uma e do Piracicaba/Jaquari com nenhuma. Isso pode ser explicado pela grande declividade dos territórios dos municípios presentes nessas bacias, requerendo assim, modelos mais compactos de tratamento. As ETEs que contam com a tecnologia de lodos ativados, se encontram espalhadas pelas bacias com poucos exemplares em cada uma delas, correspondendo a algo em torno de 7% da amostra.

Figura 3 Associações de tecnologias de tratamento de esgoto por bacia hidrográfica de Minas Gerais



Nota: LA – Lagoa anaeróbia; LF – Lagoa facultativa; LM – Lagoa de maturação; Lodos – Lodos Ativados; UASB – reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente; ES – Escoamento no solo; e FBP – Filtro biológico percolador.

A Tabela 4 apresenta os dados de atendimento por bacia hidrográfica com tratamento de esgoto. A bacia hidrográfica do Rio São Francisco apesar de ter um dos maiores índices de atendimento, é a que apresenta maior população absoluta não atendida por tratamento de esgoto. As bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e do Rio Piracicaba/Jaquari apresentaram os menores índices de atendimento, enquanto as bacias hidrográficas do Rio Pardo e do Rio Paranaíba apresentaram os maiores atendimentos. Na sequência, em número absolutos populacionais, a bacia hidrográfica do Rio Grande e do Rio Doce, possuem os maiores valores de população sem atendimento. Vale ressaltar que na base de dados da ANA, a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba/Jaquari possuía 3 ETEs, porém no mesmo estudo não havia dados de vazão atendidas por elas. Dessa forma, o valor de 0% de atendimento na bacia não é real, porém não é possível saber qual seria o valor exato. Ressaltando que a base de dados se refere ao ano de 2013, ou seja, possivelmente os valores de atendimento 5 anos depois devem ser superiores aos apresentados.

Tabela 4 População atendida, vazão atendida, déficit de atendimento e população total atual por bacia hidrográfica em Minas Gerais

Bacia hidrográfica	Vazão Tratada (l/s)	População Atendida (Hab)	Atendimento com tratamento (%)	População total (hab)	Déficit atendimento atual (hab)
São Francisco	7.286,40	4.695.613	58	8.141.142	3.445.529
Grande	1.440,30	953.423	30	3.231.076	2.277.653
Paraíba do Sul	154,60	92.792	7	1.282.305	1.189.513
Paranaíba	3.140,50	1.265.829	75	1.695.973	430.144
Jequitinhonha	184,00	172.750	32	534.360	361.610
Leste	160,30	133.640	42	316.345	182.705
Doce	672,70	465.513	20	2.302.614	1.837.101
Pardo	26,20	27.688	74	37.172	9.484
Piracicaba/ Jaguari	0,00	0	0	51.982	51.982
Total	13.065,00	7.807.248	44	17.592.969	9.785.721

A Tabela 5 apresenta as estimativas populacionais para 2035 e a estimativa de investimento em tratamento realizada pelo Atlas Esgotos (ANA, 2017). Foi realizada estimativa a partir do presente estudo, com os dados de custos *per capita* de cada tecnologia de ETE de acordo com os dados da Figura 2. A comparação dos resultados de estimativa total de investimento dos dois estudos revela uma diferença entre eles de 20%, o Atlas Esgotos estimou em 2,5 bilhões e o presente estudo em 3,1 bilhões. Porém é notável a diferença entre as estimativas por bacia hidrográfica. Isso pode ser explicado pela distinção entre as metodologias utilizadas. O Atlas Esgotos (ANA, 2017) considerou o investimento de acordo com a necessidade da qualidade de efluente comparada, à qualidade da água dos corpos d'água receptores, em cada município. O presente estudo apenas considerou uma manutenção da proporção das tecnologias já existentes em cada bacia, para estimar o cenário com aumento do atendimento em 2035. Essa diferença entre os resultados do estudo é melhor percebida na Tabela 6. Uma ressalva importante é quanto à data base dos valores estimados no Atlas Esgotos (ANA, 2017). O trabalho foi publicado em 2017, porém não foi possível saber se os valores monetários foram atualizados para essa data. Caso os dados sejam do ano base de 2013, quando comparados a data base desse estudo que é agosto de 2017, existe uma diferença de inflação acumulada de 31% no período, medida pelo IPCA.

Tabela 5 População a ser atendida e déficit de atendimento em 2035, estimativa de investimento em tratamento de esgoto, e percentual correspondente à do Atlas Esgotos (ANA, 2017), por bacia hidrográfica.

Bacia hidrográfica	População 2035 (hab)	Déficit no atendimento 2035 (hab)	Custo com tratamento (Milhões de Reais)	
			Estimativa	% da diferença para a da ANA (2017)
Rio São Francisco	8.986.169	4.290.556	1.102,08	-36%
Rio Grande	3.580.018	2.626.595	750,60	58%
Rio Paraíba do Sul	1.388.083	1.295.291	394,87	38%
Rio Paranaíba	2.001.375	735.546	194,81	-21%
Rio Jequitinhonha	600.270	427.520	106,01	59%
Rio Leste	324.747	191.107	38,71	26%
Rio Doce	2.530.406	2.064.893	516,12	88%
Rio Pardo	44.310	16.622	3,20	-548%
Rio Piracicaba/ Jaguari	61461	61461	15,95	-166%
Total	19.516.839	11.709.591	3.122,36	20%

A Tabela 6 apresenta a necessidade de investimento *per capita*, por bacia hidrográfica, estimada no Atlas Esgotos (ANA, 2017) e no presente estudo.

Tabela 6 Valores *per capita* a serem investidos em cada bacia hidrográfica, segundo ANA (2017) e de acordo com o presente estudo, e a razão entre elas.

Bacia hidrográfica	Investimento <i>per capita</i> (R\$/hab)		Razão entre as estimativas
	Atlas Esgotos (ANA, 2017)	Presente estudo	
Rio São Francisco	349,84	256,86	1,36
Rio Grande	119,73	285,77	0,42
Rio Paraíba do Sul	188,56	304,85	0,62
Rio Paranaíba	319,33	264,86	1,21
Rio Jequitinhonha	100,74	247,96	0,41
Rio Leste	150,31	202,57	0,74
Rio Doce	29,07	249,95	0,12
Rio Pardo	1248,82	192,71	6,48
Rio Piracicaba/Jaguari	690,54	259,48	2,66
Total	212,62	266,65	0,80

As bacias hidrográficas do Rio Pardo e do Rio Doce apresentaram as maiores diferenças, sendo que no Atlas Esgotos (ANA, 2017) o menor investimento *per capita* necessário, corresponde à bacia hidrográfica do Rio Doce, que correspondeu a 12% da estimativa de investimento desse estudo. Por outro lado, a bacia hidrográfica do Rio Pardo, apresentou a maior necessidade de investimento *per capita*, e na estimativa do Atlas Esgotos (ANA, 2017) corresponde a 6,5 vezes o valor da estimativa deste estudo. Os resultados obtidos neste estudo apontam que as bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul e do Rio Pardo, necessitam do maior e menor investimento *per capita* respectivamente.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no exposto, espera-se contribuir para o conhecimento dos custos *per capita* de diferentes associações de tecnologia de tratamento de esgoto. Dessa forma, acredita-se auxiliar empresas construtoras, prestadores de serviço no planejamento de suas obras e investimentos. Além disso, o estudo pode subsidiar a função de agências reguladoras ao avaliarem a prudência dos investimentos realizados. As estimativas de investimentos futuros, apontam para gestores públicos a necessidade de aporte de recursos no setor de infraestrutura e auxiliam na sua tomada de decisão visando a universalização desse serviço no longo prazo.

Ressalta-se que o investimento em tratamento de esgoto não é suficiente para sanar os problemas do setor de esgotamento sanitário. Importante que seja aportado também recursos para a implantação de redes de coleta, interceptores e elevatórias de esgoto, necessárias para a expansão e interligação do sistema e para que encaminhem os esgotos gerados pela população para as estações de tratamento. Além disso, devem ser observadas as medidas estruturantes como aponta o próprio Plansab (Brasil, 2014), de extrema relevância para otimização da gestão e operação do setor de saneamento como um todo.

Ainda que exista grande déficit de medidas estruturais, as medidas estruturantes não podem ser negligenciadas, conforme salientam Hamdan *et al.*, (2018). Os autores concluem que “conhecer as dificuldades e barreiras impostas para a universalização pretendida é o primeiro passo para a construção de instrumentos normativos mais claros e que incentivem a ampliação dos serviços de esgoto. É necessário discutir e entender cada vez mais as dificuldades estruturantes impostas para o avanço no setor, além de repensar as normativas e mecanismos de investimentos para resolver os problemas. Aliado a isso, há que se considerar a necessidade de envolvimento dos municípios, Estados e União, mas especialmente, da sociedade para o sucesso de todas as ações do setor”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – Agência Nacional de Águas. Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES (Brasil). Manual de Operações, Versão 2015. Brasília: 2015.
2. ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: 2017.
3. ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 94 p.
4. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 2007.
5. BRASIL. Ministério das Cidades (MCID). Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), 2014. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plans. Acesso em: 30 abr. 2018.
6. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). SNIS – Série Histórica. Brasília: Ministério das Cidades; SNSA, 2018. Disponível em: <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 08 out. 2018.
7. 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. São Paulo. 2007.
8. CARR, R. I. Cost-Estimating Principles. Journal of Construction Engineering and Management, 115(4) p. 545-551. 1989.
9. COLOSSI, N. Modelos paramétricos de custos para projetos de sistema de esgoto sanitário. Florianópolis. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.
10. HAMDAN, O. H. C., PAULA, F. S., POLIZZI, R. B., PAULA, A. A. H., PESSOA, L. M. Ciclo urbano da água: sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário. p. 105-118. In: Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais – 2014/2017. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2018. 135 p.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2017. 2017. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm>. Acesso em: 04 out. 2018.
12. INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2016: resumo executivo. Belo Horizonte: IGAM, 2017. 172 p.
13. 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. Benguela. 2009
14. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo, 13 mai. 2008.
15. 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&exprSearch=37486&indexSearch=ID>. Acesso em: 28 nov. 2018.
16. ONU. Resolution 64/292, adopted by the General Assembly on 28 July 2010. The human right to water and sanitation. Disponível em: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=%20A/RES/64/292&lang=E>. Acesso em: 11 out. de 2018.
17. PACHECO, R. P. Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2010.
18. 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. 2018a

19. 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
20. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG. 2014. 4a ed., 472 p. ISBN 9788542300536