

## II-565 – PANORAMA DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS - MG

### **Matheus Pascoal de Freitas<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG (DESA/UFMG).

### **César Rossas Mota Filho**

Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela North Carolina State University (EUA). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG (DESA/UFMG).

### **Thiago Bressani Ribeiro**

Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG (DESA/UFMG). Doutorando em Ciências Biológicas Aplicadas: Tecnologias Ambientais pela Universidade de Ghent (UGent).

### **Valéria de Seixas Ferreira Araújo**

Engenheira Civil. Especialista em Engenharia Sanitária e Formas Alternativas de Energia. Analista de Saneamento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

### **Saulo Nonato de Souza**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Engenheiro de operação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Saulo de Tarso Goulart, 221 - Belo Horizonte - MG - CEP: 31510-130 - Brasil - Tel: (31) 99330-6399 - e-mail: [matheus.pascoalfreitas@gmail.com](mailto:matheus.pascoalfreitas@gmail.com)

## **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo realizar o diagnóstico do tratamento de esgoto sanitário na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – BHRV. Por sua localização central no estado de Minas Gerais, compreendendo municípios de grande porte e possuindo elevada densidade demográfica, o volume de esgoto gerados dentro da área de drenagem da bacia pode representar uma elevada carga poluidora. Para tanto, foram levantadas as estações de tratamento de esgoto (ETEs) instaladas e em operação na BHRV. Avaliou-se a expressividade de cada tipologia de tratamento empregada quanto ao número e porte das estações existentes, em termos da capacidade instalada de tratamento. Do total de municípios, 53% apresentam ETEs em operação, outros 17% possuem ETEs instaladas, mas que não operam ou foram desativadas permanentemente. Por fim, 18% dos municípios não possuem ETEs e não realizam tratamento de esgoto sanitário. Quanto aos sistemas de tratamento, nota-se uma predominância do uso de reatores UASB, correspondentes à 72% dos sistemas em operação, seguidos de lagoas de estabilização (12%) e os sistemas de lodos ativados (10%). Contudo, os sistemas de lodos ativados são responsáveis pelo maior volume de esgoto sanitário tratado na BHRV, em virtude de sua utilização em ETEs de grande porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reatores UASB, lodos ativados, lagoas de estabilização, bacia hidrográfica do Rio das Velhas, Tratamento de Esgoto.

## **INTRODUÇÃO**

O lançamento de esgoto sanitário sem tratamento é causa de diversos problemas ambientais e de saúde pública. Neste contexto, é conhecido o grave déficit enfrentado pelo Brasil na coleta e tratamento dos esgotos sanitários. De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2015 (BRASIL, 2017) o país apresentou um índice de atendimento total com rede de esgotos igual a 50,3%, sendo que 74% do volume de esgotos coletados foram tratados. Em termos gerais, apenas 42,7% do total de esgotos gerados no país são atualmente tratados. Para a região sudeste, o índice de atendimento total com rede de esgotos é de 77,2% e, quanto ao tratamento, 47,4% dos esgotos gerados são tratados, o que corresponde a um percentual de 67,8% da parcela coletada.

Diante deste cenário de déficit na infraestrutura de saneamento, uma série de políticas públicas e metas de progresso têm sido implantadas visando o desenvolvimento e a melhoria dos indicadores sanitários no país. A

Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, tem como o primeiro de seus princípios fundamentais a universalização do acesso (BRASIL, 2007). Além disso, o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB estabelece como meta para 2033 um percentual de tratamento do esgoto coletado de 93% (BRASIL, 2013). Com isso, vislumbra-se um horizonte de ampliação destes serviços.

Deste modo, o conhecimento sobre a atual situação dos municípios a respeito do esgotamento sanitário, sobretudo quanto ao tratamento de esgoto, é um importante subsídio para a ampliação dos serviços e para a escolha de tecnologias adequadas. Noyola *et al.* (2012) apresenta um levantamento das principais tipologias de tratamento de esgotos sanitários em uso na América Latina e von Sperling (2016) apresenta um estudo das principais tecnologias de tratamento aplicadas no Brasil, caracterizando os principais sistemas adotados e suas expressividades em termos de capacidade de tratamento, considerando a aplicação para diferentes equivalentes populacionais. Contudo, ainda são poucos os estudos que forneçam panoramas acerca da efetiva operação das ETEs em uma bacia hidrográfica, considerando a capacidade de tratamento das diversas tecnologias existentes.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho consiste em fornecer um diagnóstico do tratamento de esgotos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – BHRV, no que se refere às estações de tratamento em operação e às tipologias de tratamento empregadas. Avalia-se adicionalmente a expressividade de cada tipologia de tratamento quanto ao número e porte das estações existentes, em termos de capacidade instalada de tratamento. Tais informações permitem verificar a preferência pela adoção de determinadas concepções tecnológicas para diferentes escalas populacionais, podendo ainda auxiliar nos planejamentos governamentais no intuito de buscar a universalização dos serviços de esgotamento sanitário na BHRV.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido a partir da coleta de dados de tratamento de esgoto sanitário dos municípios da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, também denominada Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH SF5.

Segundo o CBH Rio das Velhas (2016), o Rio das Velhas tem sua nascente principal no município de Ouro Preto, numa altitude de aproximadamente 1.500 m e desagua no Rio São Francisco, em Várzea da Palma, numa altitude de 478 m. A bacia tem uma área total de 27.850 km<sup>2</sup> e o Rio das Velhas percorre uma distância de aproximadamente 806 km até seu encontro com o Rio São Francisco. O Rio das Velhas e seus afluentes são responsáveis pela drenagem de 51 municípios do estado de Minas Gerais, cujos territórios estão parcial ou completamente inseridos dentro da área da BHRV (CBH Rio das Velhas, 2016).

Em termos demográficos, a BHRV tem elevada importância no cenário estadual. A capital do estado e outros 19 dos municípios que integram a Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH – estão inseridos na BHRV, concentrando 77% da população total da bacia. Por apresentar uma elevada concentração de atividades industriais e densa urbanização, a RMBH pode ser considerada como a área que mais contribui para a degradação da qualidade das águas do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas, 2016).

### Dados de tratamento de esgotos sanitários

Os dados de tratamento de esgoto referentes aos municípios da BHRV foram obtidos junto aos respectivos prestadores de serviço de esgotamento sanitário dos municípios. No âmbito da área de estudo encontram-se em atuação a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, autarquias municipais e as prefeituras, através do modelo de administração direta. Os dados que não foram possíveis de serem coletados diretamente com os prestadores foram obtidos através do relatório “Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na bacia do Rio das Velhas” (FEAM, 2010) e dos Planos Municipais de Saneamento Básico dos diversos municípios.

Os dados foram trabalhados com o intuito de extrair as informações necessárias ao estudo, quais sejam: presença ou ausência de ETE no município, localização (coordenadas geográficas) e nome das ETEs, prestador do serviço de esgotamento sanitário, fluxograma de tratamento e condições operacionais (se estava em operação ou desativada). Por se tratar de um panorama atual do tratamento de esgoto na bacia, foram incluídas neste item somente as ETEs em operação. Aquelas que, segundo informações do prestador, se

encontravam inoperantes ou desativadas permanentemente, mesmo que já instaladas, não foram aqui contabilizadas, visando-se obter o panorama real do tratamento de esgoto na BHRV.

### Situação dos municípios quanto ao tratamento de esgoto sanitário

Para a representação dos municípios da BHRV quanto ao tratamento de esgoto sanitário foram determinadas classes de acordo com a situação dos mesmos frente ao tratamento destes efluentes. Sendo assim, os municípios foram classificados nas cinco classes a seguir:

- Municípios com ETEs em operação: municípios que possuem ETEs em operação, realizando efetivamente o tratamento de efluentes.
- Municípios com ETEs fora de operação: municípios que possuem ETEs já instaladas, mas que por algum motivo não se encontravam em operação no período de coleta dos dados, não havendo também previsão para retorno do funcionamento.
- Não possui tratamento: municípios que não possuem ETEs instaladas e, conseqüentemente, não realizam tratamento dos efluentes sanitários.
- Lançamento fora da área da BHRV: municípios que, apesar de possuir parte do seu território inserido na BHRV, possuem sua zona urbana fora dos limites da bacia hidrográfica, de modo que o lançamento dos seus efluentes, tratados ou não, não é realizado na bacia e, portanto, não fazem parte da área de estudo deste trabalho.

### Tecnologias de tratamento de esgoto

No que se refere ao fluxograma de tratamento da fase líquida das ETES, as principais tecnologias de tratamento empregadas foram agrupadas conforme a descrição a seguir:

- Reatores UASB: neste grupo foram incluídas todas as estações que operam com reatores UASB, seguidos de pós-tratamento ou não. Fazem parte também deste grupo as ETEs que operam com Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente – RAFA e Reatores Anaeróbios de Leito Fluidizado – RALF, devido às similaridades com os reatores UASB.
- Lodos ativados: fazem parte deste grupo as estações cujo sistema principal de tratamento secundário são os lodos ativados, tanto de aeração convencional quanto aeração prolongada.
- Lagoas de estabilização: fazem parte deste grupo as ETEs que operam com sistemas de lagoas para remoção da matéria orgânica no tratamento secundário. Aquelas estações que possuem lagoas para pós-tratamento do efluente de outro reator foram agrupadas de acordo com o processo unitário principal utilizado no tratamento secundário.
- Tanques sépticos seguido de filtro anaeróbio: neste grupo estão incluídas as estações que operam com tanques sépticos sucedidos de filtros anaeróbios.

### Equivalentes populacionais

Para melhor análise da abrangência do tratamento de esgoto nos municípios da bacia hidrográfica, realizou-se a determinação dos equivalentes populacionais (EP) de cada ETE. É aqui denominado equivalente populacional o número de habitantes diretamente atendido pela ETE, calculado a partir da vazão de esgotos. Para determinação deste número, utilizou-se a seguinte equação:

$$EP (\text{n}^\circ. \text{habitantes}) = \text{Vazão de esgotos (l/dia)} / \text{Consumo per capita de água (l/hab.dia)} * 0,8 \quad \text{equação (1)}$$

Neste estudo foram determinados os equivalentes populacionais para duas vazões diferentes. Primeiramente, foram calculados os equivalentes para a vazão de operação das ETEs, ou seja, a vazão tratada atualmente. Em seguida, calculou-se o EP para a vazão nominal de projeto. O coeficiente de 0,8 na equação se trata do coeficiente de retorno água/esgoto, uma vez que foram utilizados os consumos per capita de água em cada um dos municípios para realização do cálculo, dados estes obtidos através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2015).

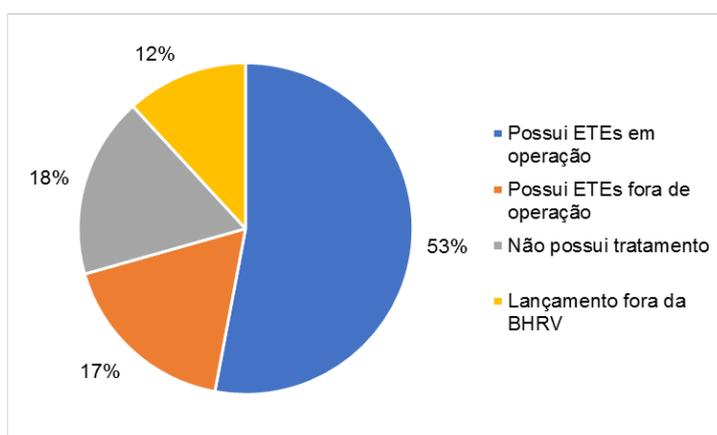
A partir dos dados foram calculados os equivalentes populacionais para cada ETE considerada no estudo, e os valores somados ao fim. Analisou-se então, de forma conjunta, tais valores em comparação com a população total da bacia, obtida através do sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA – IBGE).

Além da avaliação da cobertura do sistema de tratamento de esgoto, o equivalente populacional das ETEs foi utilizado para classificação das mesmas conforme o porte: i) ETEs de pequeno porte (grupo com equivalente populacional menor que 10.000 habitantes); ii) ETEs de médio porte (grupo com equivalente populacional maior ou igual a 10.000 e menor que 100.000 habitantes); e iii) ETEs de grande porte (grupo com equivalente populacional maior ou igual a 100.000 habitantes).

## RESULTADOS OBTIDOS

Dos 51 municípios inseridos na BHRV, 12% possuem suas zonas urbanas localizadas fora da área de drenagem da bacia, de modo que o lançamento dos efluentes gerados ocorre fora da área da BHRV. Do total de municípios, 53% apresentam ETEs em operação, outros 17% possuem ETEs instaladas, mas que não operam ou foram desativadas permanentemente. Por fim, 18% dos municípios não possuem ETEs e não realizam tratamento de esgotos sanitários.

Na Figura 1 é apresentada a distribuição dos municípios quanto ao tratamento de esgotos sanitários.

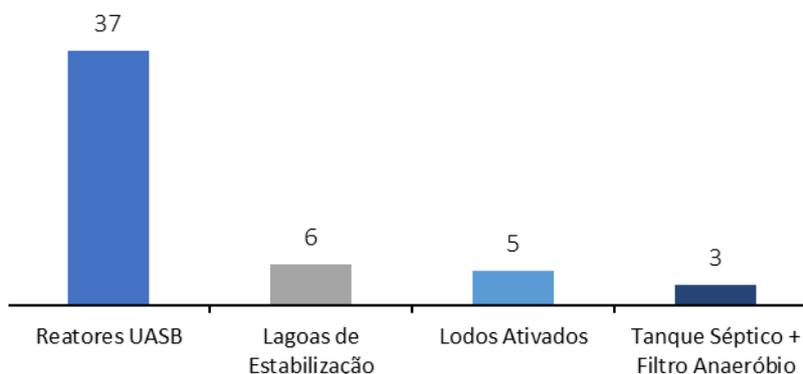


**Figura 1: Situação dos municípios da BHRV quanto ao tratamento de esgotos sanitários**

No contexto da BHRV, localizada na região central do estado, com densa urbanização e elevada pressão sobre os recursos hídricos, a ausência de tratamento de esgotos em qualquer município ilustra a crítica situação do esgotamento sanitário na área de estudo, assim como a degradação ambiental, visto que, sem o tratamento, os efluentes são lançados *in natura* nos corpos receptores.

No que se refere às ETEs, foram levantadas 51 unidades em operação na Bacia. Dentre estas, os reatores UASB aparecem como principal tendência de tratamento de esgoto sanitário dentre os municípios da bacia, com 37 ETEs desta tipologia, equivalente a 72% do total. Em seguida, em ordem de expressividade, encontram-se os sistemas de lagoas de estabilização com 6 unidades e os sistemas de lodos ativados com 5 unidades, correspondendo, respectivamente, a 12% e 10% das ETEs instaladas. Por fim, os fluxogramas que apresentam tanque séptico seguidos de filtros anaeróbios possuem menor aplicação, correspondente a 6% das ETEs em operação, com 3 unidades.

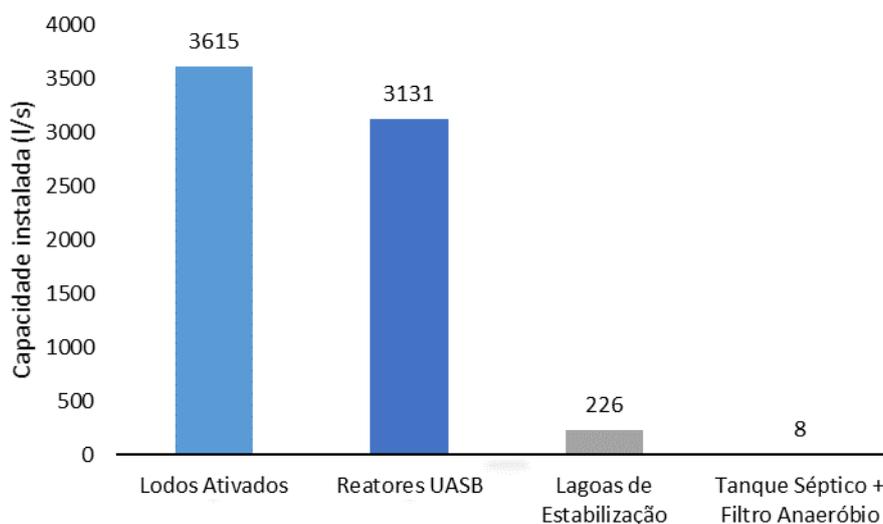
A Figura 2 apresenta a distribuição das ETEs em operação na BHRV por tipologia de tratamento.



**Figura 2: Distribuição das ETEs por tipologia de tratamento na BHRV**

A predominância dos reatores UASB como principal tecnologia de tratamento na BHRV resulta de uma tendência nacional nos últimos anos. Noyola *et al.* (2012) cita que os reatores UASB ganharam uma posição de destaque no tratamento de esgotos sanitários no Brasil nas últimas duas décadas. Apesar da considerável utilização da tecnologia anaeróbia através dos reatores UASB, as três principais tecnologias de tratamento evidenciadas na BHRV correspondem às mais utilizadas também em um contexto mais amplo. Noyola *et al.* (2012) e von Sperling (2016) em seus estudos na América Latina e no Brasil, respectivamente, apontaram os sistemas de lagoas de estabilização, reatores UASB e lodos ativados com as três tipologias mais aplicadas.

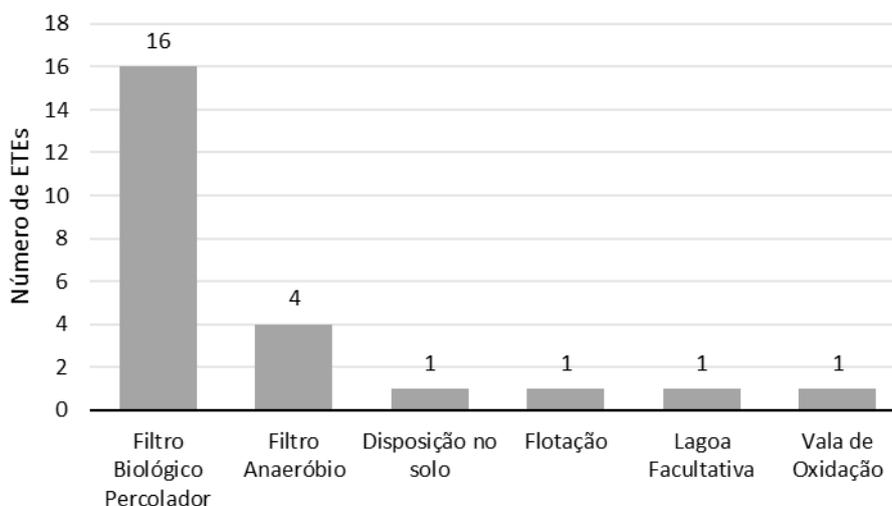
Apesar de se configurarem como principal tecnologia de tratamento em número de ETEs em operação, os reatores UASB não são responsáveis pela maior capacidade de tratamento instalada. A Figura 3 apresenta a capacidade instalada em termos de vazão por tecnologia de tratamento na BHRV.



**Figura 3: Capacidade instalada (l/s) por tecnologia de tratamento na BHRV**

É possível observar que, mesmo em menor quantidade, os fluxogramas de tratamento de lodos ativados possuem maior capacidade de tratamento de esgoto sanitário na BHRV. Isto se deve ao fato de que a ETE Arrudas, localizada em Belo Horizonte e operada pela COPASA-MG, possui maior capacidade de tratamento instalada dentre todas as ETEs. Deste modo, mesmo em menor quantidade, esta tipologia de tratamento apresenta grande importância no panorama do tratamento de esgoto sanitário na BHRV.

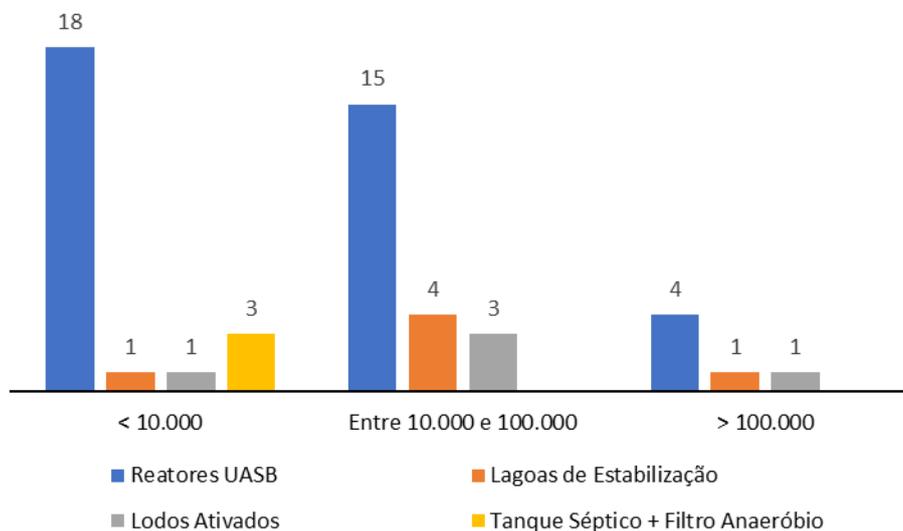
Devido à vasta utilização dos reatores UASB na área de estudo, e a necessidade usual desta tecnologia em ser sucedida por uma unidade de pós-tratamento para a remoção complementar de matéria orgânica, são apresentados na Figura 4 as principais alternativas utilizadas na BHRV. Cabe ressaltar que 35% das ETEs investigadas cuja tecnologia empregada são os reatores UASB não possuíam unidades de pós-tratamento. Tal se deve provavelmente em virtude da boa capacidade de autodepuração dos corpos hídricos receptores.



**Figura 4: Tecnologias de pós-tratamento aplicadas após os reatores UASB analisados**

Nota-se que a principal alternativa de pós-tratamento de efluentes anaeróbios na BHRV são os filtros biológicos percoladores. Provavelmente, entre os fatores de explicação pode-se elencar o menor requisito de área para uma qualidade similar do efluente final, comparativamente às demais tecnologias verificadas. De fato, a utilização sequencial de processos anaeróbios e aeróbios parece explorar da melhor maneira as vantagens individuais de cada tecnologia (KASSAB *et al.*, 2010).

Na Figura 5 apresenta-se a distribuição das diferentes tipologias de tratamento de esgoto em função do porte das ETEs. À exceção dos tanques sépticos seguidos por filtros anaeróbios, notadamente presentes em estações de pequeno porte, as demais tecnologias encontram-se empregadas em todos os portes de ETEs.



**Figura 5: Porte das ETEs (nº hab.) por tipologia de tratamento**

Os reatores UASB, presentes em grande número, predominam em todas as escalas de equivalentes populacionais. Os sistemas de lagoas de estabilização, apesar de figurarem como segunda tipologia mais expressiva em número, tem menor capacidade instalada de tratamento que os sistemas de lodos ativados, conforme ilustra a Figura 3, ainda que ambas as tipologias apresentem distribuição similar entre os diferentes portes. Por fim, encontram-se os sistemas de tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbio, presentes em menor quantidade e somente como unidades de pequeno porte.

Por fim, foram calculados os equivalentes populacionais a partir da vazão média atual de operação das ETEs e da vazão nominal de projeto (capacidade total de tratamento instalada) (Tabela 2). Através da razão entre os

equivalentes populacionais e a população total estimada da BHRV para o ano de 2015 (IBGE, 2010) (relação EP/P), obteve-se o percentual da população da BHRV teoricamente atendido com tratamento de esgoto, bem como o potencial de atendimento das estações implantadas na BHRV, caso as ETES operassem em capacidade plena.

**Tabela 2: Razão entre os equivalentes populacionais e a população total da BHRV**

Situação considerada	Equivalente Populacional (EP) (habitantes)	População da BHRV (P)	EP/P
Vazão média de operação	3.508.397	4.903.403	71,6%
Vazão nominal de projeto (capacidade instalada)	5.068.269		103,4%

Quanto à análise dos equivalentes populacionais, observa-se que as ETES em operação, presentes em cerca de metade dos municípios da BHRV, possuem elevado potencial de tratamento já em operação, correspondente a 71,6% da população total da bacia hidrográfica. Quando a análise é feita considerando a capacidade instalada de tratamento, as ETES em operação na bacia possuem capacidade de tratamento para uma população maior que a residente na BHRV. Isto pode ser explicado visto à concentração das ETES na RMBH, além da recente ampliação da ETE Arrudas, que trouxe um aumento considerável à sua capacidade de tratamento. Este dado se mostra interessante, uma vez que com tal potencial de tratamento, os déficits de coleta de esgotos na bacia e a existência das ETES em apenas cerca de metade dos municípios podem ser considerados como entrave para a melhoria nos índices de tratamento de esgotos sanitários.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam cenários críticos para a BHRV no que se refere ao tratamento de esgotos. Cerca de 18% dos municípios não realizam o tratamento de seus esgotos e 17% possuem ETES inoperantes. Todavia, quanto à capacidade de tratamento, observa-se o potencial já existente de atendimento à toda população da BHRV. Não obstante, tal potencial deve-se à concentração das ETES em parte dos municípios, sobretudo da região metropolitana de Belo Horizonte.

Devido à presença de estações de maior porte, com maior capacidade de tratamento instalada, os sistemas de lodos ativados figuram como o principal responsável pelo tratamento de efluentes sanitários na BHRV, seguidos dos reatores UASB, dos sistemas de lagoas de estabilização e dos tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, respectivamente. Cabe ressaltar o elevado número de reatores UASB utilizados na área de estudo, corroborando com os dados da literatura que indicam o destaque pelo uso desta tecnologia no Brasil nas últimas duas décadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e financiamento por parte do Governo do Reino Unido, através do *Foreign & Commonwealth Office* e da Embaixada Britânica no Brasil, à COPASA MG pela parceria no desenvolvimento do trabalho e colaboração na disponibilização de dados, e aos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas pelas informações fornecidas que possibilitaram a execução do presente trabalho no âmbito do projeto *Minas Gerais Sustainable Sewage Treatment*. À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) pelo apoio no desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei Federal 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. Brasília: Diário Oficial da União, 5 jan. 2007. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 24 jan. 2017.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES. 212 p., 2017.

3. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Brasília: SNSA/MCIDADES. 173p., 2013.
4. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS – CBH RIO DAS VELHAS. A bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Disponível em: < <http://cbhvelhas.org.br/a-bacia-hidrografica-do-rio-das-velhas/>>. Acesso em: 15 dez. 2016.
5. FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na bacia do rio das Velhas. Belo Horizonte: Diretoria de qualidade e gestão ambiental, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/Flavia/pite%20bhrv%20final%20-%2029-12-10.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.
6. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Censo Demográfico 2010. Sinopse. IBGE, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm)>. Acesso em: 20 set. 2016.
7. KASSAB, G.; HALALSHEH, M.; KLAPWIJK, A.; FAYYAD, M.; VAN LIER, J.B. Sequential anaerobic-aerobic treatment for domestic wastewater - a review. *Bioresour Technol*, v. 101, n. 10, p. 3299-310, 2010.
8. NOYOLA, A., PADILLA-RIVERA, A., MORGAN-SAGASTUME, J.M., GÜERECA, L.P., HERNÁNDEZ-PADILLA, F. Typology of municipal wastewater treatment technologies in Latin America. *Clean - Soil, Air, Water*, v. 40, n. 9, p. 926-932, 2012.
9. VON SPERLING, M. *Urban wastewater treatment in Brasil*. Washington, US: Inter-American Development Bank, 2016. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/handle/11319/7783>>. Acesso em: 25 jan. 2017.
10. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica: informações e indicadores desagregados. Indicadores de água e esgoto, ano de referência: 2015. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 20 jan. 2017.