

## ASPECTOS TÉCNICOS E EFICIÊNCIA DE UM REATOR EM BATELADA SEQUENCIAL (SBR) PARA TRATAMENTO DE ESGOTO RESIDENCIAL

Matheus Vieira Carvalho, Mariko de Almeida Carneiro, Camila de Almeida Porto, Gilson Barbosa Athayde Júnior, Rennio Félix de Sena

\* Universidade Federal da Paraíba (graduação em engenharia civil), matheusvieiracarvalho@hotmail.com

### RESUMO

No Brasil, em 2015, apenas 50,3 % das pessoas tinham acesso à rede coletora de esgoto, enquanto que 42,67 % do esgoto produzido passava por alguma forma de tratamento. O Reator em Batelada Sequencial (SBR, sigla do idioma inglês) é um equipamento que usa o processo similar ao de lodo ativado, para o tratamento de efluentes líquidos residenciais e vem ganhando espaço como uma opção para tratamento de esgotos domiciliares no Brasil. O presente trabalho teve como objetivo, analisar o funcionamento de um SBR e verificar a sua eficiência na remoção de alguns parâmetros físico-químicos, a saber: Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ). Fez-se uma comparação dos resultados obtidos no efluente do SBR com os padrões de descarte de efluentes exigidos pela Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Concluiu-se que o SBR gera um esgoto tratado que atende à legislação brasileira para descarte de efluentes e que sua eficiência se encontra dentro dos valores esperados, sugeridos pelo fabricante do reator. A eficiência média na remoção da concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ) foi de 94,61 %, enquanto que para a Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi de 86,92 % e Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ) de 83,94 %. Nenhum dos resultados de amostras ultrapassaram o limite máximo, imposto pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA, de 120 mg/L de concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ) e nem o de 20 mg/L para Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ). Foi abordado também o consumo de energia do equipamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** SBR,  $DBO_5$ , DQO, Nitrogênio Amoniacal, eficiência de remoção.

### INTRODUÇÃO

É inegável a importância do tratamento de efluentes resultantes de sistemas de esgotamento sanitário para a sociedade e para o meio ambiente, principalmente para a conservação dos cursos d'água. Um dos grandes desafios da atualidade é garantir a segurança e eficiência na coleta e tratamento dos esgotos, de modo a evitar grandes índices de poluição. Entretanto, para se realizar essas atividades, necessita-se de investimentos, provenientes geralmente do poder público, para construção de redes de coleta e estações de tratamento de esgotos.

Constata-se que, no Brasil, ao longo do processo histórico e de urbanização, houve uma preocupação inicial do poder público em garantir o abastecimento de água tratada para a população, deixando-se de lado possíveis soluções de coleta e tratamento das águas residuárias. Todavia, em 2007, com a sanção da Lei nº 11.445 (Lei do Saneamento Básico), previu-se a universalização dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, obrigando os municípios a elaborarem um plano municipal para esse setor. Paralelamente, em 2013, foi lançado o Plano Nacional de Saneamento Básico com o intuito de alavancar o desenvolvimento desse campo.

Em 2015, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), através do Estudo Trata Brasil, o índice de brasileiros atendidos com abastecimento de água tratada é de 83,3 %, enquanto que apenas 50,3 % dos mesmos têm acesso à rede de coleta de esgoto. Ou seja, quase metade dos brasileiros descarta o esgoto no meio ambiente de maneira inadequada, poluindo os cursos d'água, ou usam sistema de tanque séptico e fossa-sumidouro. Além disso, segundo o mesmo estudo, apenas 42,67 % do esgoto produzido no país passam por algum processo de tratamento.

Com isso, verifica-se ainda a necessidade de ampliação e melhoramento do sistema de tratamento de esgoto. O descarte irregular e ilegal de efluentes na natureza é responsável pela poluição dos cursos d'água, causando desequilíbrio na cadeia alimentar do ambiente, além de ser um condicionante à propagação de doenças de veiculação hídrica aos seres humanos (IBGE, 2010). Além disso, cria-se dificuldade no tratamento de água para abastecimento humano, caso alguma fonte poluidora entre em contato com o manancial de abastecimento. Observa-se que as áreas rurais carecem mais de serviços de saneamento básico, pois geralmente encontram-se distantes dos sistemas de coleta de esgoto. Estima-se que países em desenvolvimento possuam 82 % de suas áreas rurais sem acesso a serviços de saneamento básico, enquanto que nas zonas urbanas a estimativa é de 25 % (MASSOUD et al., 2009).

## OBJETIVOS

Este trabalho objetivou verificar a eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ) em um Reator Aerado em Batelada Sequencial (SBR) tratando esgoto sanitário e o atendimento aos padrões de lançamento de efluente da Resolução CONAMA nº 430/2011 para esses parâmetros. Além disso, comparou-se a eficiência de remoção da concentração de alguns poluentes do SBR com as dos sistemas tradicionais de tratamento individual de esgoto mais utilizado no Brasil (conjuntos com fossas sépticas) e com os resultados esperados pelo fabricante do equipamento. Discorreu-se também sobre o consumo energético do equipamento.

## METODOLOGIA

Fez-se uma simulação do funcionamento de um SBR, utilizando o efluente líquido bruto (EB) que chega à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do bairro de Mangabeira, local que se encontra sob responsabilidade da CAGEPA, Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, na cidade de João Pessoa (Paraíba). Devido às dimensões do equipamento para o experimento, simulou-se um tratamento de esgoto produzido por uma unidade residencial unifamiliar, de 0,900 m<sup>3</sup>/dia de efluente líquido produzido. O efluente líquido bruto (EB), utilizado no estudo, passou por um tratamento preliminar em grade e caixa de areia, com o objetivo de reter sólidos grosseiros e areia.

Para o funcionamento do SBR, fez-se necessário a instalação de uma bomba submersível de esgoto entre a Calha Parshall e a primeira lagoa anaeróbica da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com o intuito de realizar o bombeamento do efluente líquido para um tanque instalado próximo ao equipamento em estudo. A cada 3 horas, era realizado esse bombeamento, iniciando-se diariamente às 07:00 e terminando às 19:00, completando 5 ciclos diários. Logo após, o efluente líquido escoava por gravidade, através de abertura de válvula automática, para o primeiro compartimento do SBR. Essa abertura ocorria quando o bombeamento cessava e o nível de esgoto no tanque atinja uma altura equivalente a 180 litros, volume do resíduo líquido que representa 1/5 (um quinto) do volume diário estimado da residência unifamiliar deste projeto. Atingido o nível, a boia instalada no tanque acionava o relé para abertura da válvula e o fechamento do circuito de bombeamento da bomba submersível instalada na entrada da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

No SBR, haviam dois compartimentos: compartimento de purificação preliminar e compartimento de tratamento. O funcionamento do sistema iniciava-se com a chegada do esgoto ao compartimento de purificação preliminar para ser realizado o pré-tratamento de purificação mecânica. Em seguida, o efluente pré-tratado era conduzido pelo orifício de transbordamento em direção à área inferior do compartimento de tratamento do Reator. A fim de evitar possíveis turbulências no lodo ativado, durante a fase de sedimentação ou da remoção do efluente tratado, a saída do orifício de transbordamento é direcionada para a parede externa do tanque (ver Figura 1).

Quando o esgoto atingia seu nível máximo no compartimento de tratamento, a boia do sistema dava o comando para se iniciar a fase de sedimentação e retorno do lodo ativado. Então, curtas vibrações feitas na parte inferior do sistema soerguiam o excesso de lodo e o transportava para o estágio de pré-tratamento. Em seguida, a bomba de elevação de ar começava a borbulhar ar no esgoto, iniciando o tratamento do mesmo.

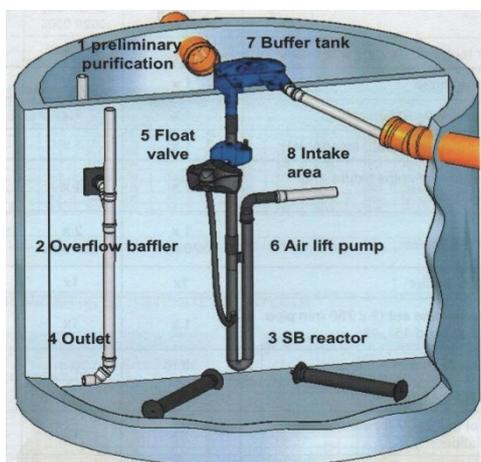


Figura 1: Desenho esquemático do SBR (ATB UMWELTTECHNOLOGIEN GMBH, 2014).

Com a finalização do tratamento através da aeração, o esgoto estará clarificado; a saída do compartimento de purificação preliminar é fechada e o esgoto tratado é transportado pela seção de amostra purificada do tanque de amortecimento do SBR para a saída. O orifício de transbordamento então é mudado para a direção oposta da área de funcionamento da bomba de elevação de ar, evitando assim a mistura água clarificada a ser descartada com o esgoto não tratado. Feito descarte do efluente tratado, o nível de líquido será mínimo e a boia do sistema dá o comando de fazer a aeração, iniciando novo ciclo. O SBR utilizado neste trabalho é mostrado nas Figuras 2 (antes da instalação) e 3 (instalado).



Figura 2: Reator em Batelada Sequencial (SBR) antes da instalação



Figura 3: Reator em Batelada Sequencial (SBR) instalado e em operação

### Análises de laboratório e estatísticas

Foram feitas análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ) seguindo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2005). As coletas de amostras e ensaios de laboratório foram feitas entre o período de 12/04/2017 e 11/10/2017.

O método utilizado para a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ) foi o da Determinação Respirométrica, que consiste de uma medição através da diferença de pressão em um sistema fechado. Já para a realização das leituras de DQO tanto para o Esgoto Bruto (EB) quanto para o efluente tratado no equipamento, usou-se o Método da Refluxação Fechada. E para as leituras do Nitrogênio Amoniacal ( $N-NH_4^+$ ), usou-se o Método de Nessler.

Quanto aos dados estatísticos, trabalhou-se, em todas as análises, com um nível de confiança de 90% para se determinar os intervalos máximos e mínimos da faixa de variação de todos os parâmetros. Com isso, a média aritmética somada e/ou subtraída ao produto do desvio padrão com o fator multiplicador (valor de 1,645) do mesmo, para nível de confiança de 90%, serão os extremos do intervalo adequado para remoção de poluentes. Foram feitos, ao todo, 19 ensaios de cada parâmetro.

### RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos no EB e no efluente do SBR (concentrações e eficiência do SBR para  $DBO_5$ , DQO e  $N-NH_4^+$ ).

Constata-se que a média aritmética da  $DBO_5$  do Esgoto Bruto (EB) foi de 334,32 mg/L, enquanto que a do efluente tratado foi de 15,58 mg/L. Para o primeiro, a variação do intervalo das amostras, a um nível de confiança de 90%, foi entre 189,28 mg/L e 479,35 mg/L, enquanto que, o segundo, os valores ficaram entre 0,00 mg/L e 36,55 mg/L. De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, esse efluente tratado pode ser descartado ao meio ambiente pois apresenta uma concentração inferior a 120 mg/L de  $DBO_5$  em todas as amostras. A eficiência média da remoção da  $DBO_5$  foi de 94,61 %, com intervalo de variação, a 90% de nível de confiança, entre 84,91 % e 100,00 %, enquanto que a eficiência esperada pelo equipamento para a remoção de  $DBO_5$  é de 97,9 %, segundo o fabricante (ver Tabela 2). Logo, a eficiência esperada encontra-se dentro do intervalo de confiança.

Observa-se que a média aritmética da concentração de DQO do Esgoto Bruto (EB) foi de 595,68 mg/L, enquanto que a do efluente tratado foi de 69,42 mg/L. Para o primeiro, a variação do intervalo das amostras, a 90% de nível de confiança, foi entre 181,51 mg/L e 1009,86 mg/L, já para o segundo foi entre 12,09 mg/L e 126,75 mg/L. Na Resolução CONAMA nº 430/2011, não há restrições para níveis de concentração de DQO para o descarte de efluentes tratados. A eficiência média da remoção da

DQO foi de 86,92 %, com um intervalo de variação, a 90% de nível de confiança, entre 75,92 % e 97,92 %, enquanto que a eficiência esperada pelo equipamento para a remoção da DQO é de 95,1 %, segundo o fabricante (ver Tabela 2). Logo, a eficiência esperada encontra-se dentro do intervalo de confiança.

Nota-se que a média aritmética da concentração de Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) do Esgoto Bruto (EB) foi de 56,37 mg/L, enquanto que a do efluente tratado foi de 8,24 mg/L. Para o primeiro, a variação do intervalo das amostras, a 90% de nível de confiança, foi entre 30,48 mg/L e 82,25 mg/L, já para o outro foi entre 0,60 mg/L e 15,89 mg/L. De acordo com a Resolução CONAMA n° 430/2011, esse efluente tratado pode ser descartado ao meio ambiente pois apresenta uma concentração inferior a 20 mg/L de Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) em todas a amostras coletadas. A eficiência média da remoção da concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi de 83,94 %, com um intervalo de variação, a 90 % de nível de confiança, entre 66,13 % e 100,00 %, enquanto que a eficiência esperada pelo equipamento para a remoção da concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é de 98,6 % (ver Tabela 2). Logo, a eficiência esperada encontra-se dentro do intervalo de confiança.

**Tabela 1. Resultados das análises obtidas em laboratório das amostras coletadas de Esgoto Bruto (EB) e o esgoto tratado pelo Reator em Batelada Sequencial (SBR) e suas análises estatísticas.**

Poluentes	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> )			Demanda Química de Oxigênio (DQO)			Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		
	EB (mg/L)	SBR (mg/L)	Eficiência (%)	EB (mg/L)	SBR (mg/L)	Eficiência (%)	EB (mg/L)	SBR (mg/L)	Eficiência (%)
12/04/2017	400	13	96,75	843	61	92,76	63,00	18,00	71,43
19/04/2017	356	51	85,67	505	130	74,26	36,00	13,00	63,89
04/05/2017	213	38	82,16	Análise com erro de leitura			Análise com erro de leitura		
11/05/2017	151	33	78,15	281	46	83,63	31,00	5,50	82,26
18/05/2017	433	16	96,30	663	33	95,02	65,00	18,75	71,15
25/05/2017	309	12	96,12	468	39	91,67	49,00	8,75	82,14
02/06/2017	345	14	95,94	585	97	83,42	70,00	5,00	92,86
08/06/2017	425	17	96,00	675	122	81,93	76,50	6,00	92,16
14/06/2017	413	4	99,03	699	114	83,69	32,50	3,25	90,00
22/06/2017	215	12	94,42	309	51	83,50	32,00	14,00	56,25
29/06/2017	372	5	98,66	182	42	76,92	60,00	6,75	88,75
13/07/2017	219	2	99,09	428	17	96,03	51,00	9,75	80,88
19/07/2017	314	9	97,13	336	71	78,87	Análise com erro de leitura		
27/07/2017	297	7	97,64	Análise com erro de leitura			70,50	10,50	85,11
03/08/2017	316	6	98,10	378	41	89,15	41,50	4,50	89,16
09/08/2017	Análise com erro de leitura			675	122	81,93	76,50	6,00	92,16
14/09/2017	375	13	96,53	597	60	89,95	69,00	4,50	93,48
21/09/2017	430	18	95,81	776	109	85,95	67,50	7,00	89,63
28/09/2017	471	22	95,33	829	48	94,21	58,50	7,05	87,95
05/10/2017	Análise com erro de leitura			1190	55	95,38	72,50	4,00	94,48
11/10/2017	298	4	98,66	899	61	93,21	49,00	4,30	91,22
Média	334,32	15,58	94,61	595,68	69,42	86,92	56,37	8,24	83,94
Desvio-Padrão	88,17	12,75	5,89	251,78	34,85	6,69	15,73	4,65	10,83
Limite máximo	479,35	36,55	104,30	1009,86	126,75	97,92	82,25	15,89	101,76
Limite mínimo	189,28	-5,39	84,91	181,51	12,09	75,92	30,48	0,60	66,13
<b>Limite superior</b>	<b>479,35</b>	<b>36,55</b>	<b>100,00</b>	<b>1009,86</b>	<b>126,75</b>	<b>97,92</b>	<b>82,25</b>	<b>15,89</b>	<b>100,00</b>
<b>Limite inferior</b>	<b>189,28</b>	<b>0,00</b>	<b>84,91</b>	<b>181,51</b>	<b>12,09</b>	<b>75,92</b>	<b>30,48</b>	<b>0,60</b>	<b>66,13</b>

**Tabela 2. Valores esperados, pelo fabricante do equipamento, de remoção de poluentes comparados às análises estatísticas obtidas pelos ensaios de laboratório para determinar a concentração de poluentes.**

Fonte: (ATB UMWELTECHNOLOGIEN GMBH, 2014).

Parâmetros	Valor esperado	Média	Limite inferior	Limite superior
DBO <sub>5</sub>	97,9	94,61	84,91	100,00
DQO	95,1	86,92	75,92	97,92
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	98,6	83,94	66,13	100,00

Os sistemas de tratamento e deposição de esgotos residenciais mais comuns no Brasil são aqueles que possuem um tanque séptico acoplado a algum tratamento complementar e um local para deposição final do efluente. As alternativas complementares mais tradicionais e abordadas pela NBR 13969 (ABNT, 1997) são os sistemas de filtro anaeróbio submerso, filtro aeróbio, filtro

de areia, vala de filtração, lodo ativado a batelada (sigla: LAB, similar ao SBR) e lagoa com plantas. Faixas de eficiência esperadas para tais sistemas são sugeridas pela NBR 13969/1997 e são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3. Eficiência na remoção de poluentes dos sistemas tradicionais brasileiros.**  
**Fonte: NBR 13969 (ABNT, 1997).**

Parâmetros	Remoção (%) - Sistema de tanque séptico em conjunto com					
	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	Lodo ativado a batelada	Lagoa com plantas
DBO <sub>5</sub>	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-----	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90

Comparando-se os dados mostrados nas Tabelas 1 e 3, nota-se que o desempenho do Reator em Batelada Sequencial instalado na Estação de Tratamento de Esgoto foi melhor que os sistemas prediais tradicionais brasileiros em conjunto com o tanque séptico. Entretanto, cabe destacar que as médias de remoção de poluentes do sistema em estudo se encontram dentro das margens esperadas para a remoção de poluentes do lodo ativado a batelada, segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), apesar de que os limites inferiores e superiores dos dados obtidos neste trabalho serem maiores que os limiares das margens esperadas pela norma técnica.

### Consumo energético

O Reator em Batelada Sequencial é um equipamento que necessita do uso de energia elétrica para que possa tratar o esgoto. Isso acontece pelo fato de haver uma bomba de elevação de ar presente no equipamento para que a mesma possa realizar a aeração do efluente líquido, a fim de facilitar e acelerar a decomposição da matéria orgânica, gerando assim custos. Segundo o fabricante do equipamento, o consumo de energia elétrica é da ordem de 30 kWh/ano per capita (PUROO, ATB Tecnologias Ambientais Ltd. – em alemão: *ATB Umwelttechnologien GmbH* – 2015). Para este estudo, simulando uma produção de efluente líquido da ordem de 900 L/dia, equivalente a uma residência unifamiliar de 6 pessoas, o consumo elétrico ficou em 180 kWh/ano ou 15 kWh/mês.

### CONCLUSÕES

Constata-se que o Reator em Batelada Sequencial (SBR) é um sistema muito eficiente em relação a sistemas acoplados a tanques sépticos. Quanto aos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e Nitrogênio Amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ele atendeu às normas de descarte de efluente tratado, pela Resolução CONAMA n° 430/2011, em todas as amostras coletadas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9648**. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969**. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
4. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Estados Unidos, 2005.
5. ATB UMWELTTECHNOLOGIEN GMBH. PUROO – **Fully Biological SBR small wastewater treatment plants**. Porta Westfálica (Alemanha), 2015.
6. ATB UMWELTTECHNOLOGIEN GMBH. PUROO – **Installation Instructions**. Porta Westfálica (Alemanha), 2014.
7. BRASIL. **Lei Federal n° 11.445, 5 jan. 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979, n° 8.036, de 11 de maio de 1990, n° 8.666, de 21 de junho de 1993, n° 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n° 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[http://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: 12 out. 2017.
8. BRASIL. **Resolução CONAMA n° 430, 13 mai. 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 26 out. 2017.
9. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2000**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/atlas-de-saneamento-2000.html>>. Acesso em: 12 out. 2017.

10. INSTITUTO PENSAMENTO VERDE. **A importância do tratamento do esgoto doméstico, 26 out. 2013.** Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/importancia-tratamento-esgoto-domestico/>>. Acesso em: 14 out. 2017.
11. INSTITUTO TRATA BRASIL. **Situação do Saneamento no Brasil, 2015.** Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em: 12 out. 2017.
12. MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A.. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries.** Elsevier: Journal of Environmental Management. v.90, p.652-659, 2009.
13. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB –, mai. 2013.** Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Conseelhos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conseelhos_Nacionais_020520131.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2017.