



# AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO UTILIZADO NA FERTIRRIGAÇÃO DE FORRAGEIRA



## DOMESTIC SEWAGE EFFLUENT'S USED IN FERTIGATION OF FORAGE PLANTING CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS

PENIDO, Débora Luiza Andrade<sup>1\*</sup>; MARQUES, Marcus Vinícius Araújo<sup>2</sup>; MATOS, Antonio Teixeira<sup>3</sup>; COSTA, Maria Teresa Menezes<sup>4</sup>; SILVÉRIO, Thiago Henrique Ribeiro<sup>5</sup>;

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Av Presidente Antônio Carlos, 6627, cep 31270-901, Belo Horizonte – MG, Brasil (fone: +55 3134091880; fax: +55 3134091879)

\* Autor correspondente  
e-mail: deboraapenido@gmail.com

Received 09 November 2017; received in revised form 4 February 2018; accepted 6 February 2018

### RESUMO

A fertirrigação de culturas agrícolas utilizando esgoto doméstico bruto (EDB), tem se mostrado uma excelente escolha em contraposição ao seu tratamento convencional. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características do EDB a ser aplicado na fertirrigação do capim-elefante quanto aos seus possíveis nutrientes e poluentes. O EDB foi submetido à análises laboratoriais químicas (potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), sódio (Na), macronutrientes e micronutrientes) e físicas (condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos fixos totais (SFT) e sólidos voláteis totais (SVT)). O sódio foi o elemento químico referencial para definição da lâmina de EDB a ser aplicada no solo, que foi de 215 mm de EDB em 26 semanas de cultivo. As concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e fósforo (P) no EDB foram de 137 e 19,9 mg L<sup>-1</sup>, correspondente à carga aplicada de 296 e 43,9 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, valores que podem ser considerados altos. Ainda, as concentrações médias de DBO<sub>5</sub> e DQO foram de 433 e 743 mg L<sup>-1</sup> respectivamente, o que leva à relação DQO/DBO<sub>5</sub> de 1,7, sinalizando uma alta biodegradabilidade da matéria orgânica no EDB, indicativo de boa qualidade para fins agrícolas. Com base na lâmina aplicada, pode-se concluir que o EDB proporcionou a disponibilização de quantidades suficientes de nutrientes, assegurando boas condições para o desenvolvimento da forrageira.

**Palavras-chave:** *aproveitamento agrícola, esgoto sanitário, capim*

### ABSTRACT

Fertigation of agricultural crops using raw domestic sewage (RDS) has proven to be an excellent choice as opposed to conventional treatment. In this context, this work's purpose was to evaluate the characteristics of the RDS to be applied in elephant grass fertirrigation as to its possible nutrients and pollutants. RDS was submitted to chemical (pH, COD, BOD<sub>5</sub>, Na, macronutrients and micronutrients) and physical (EC, TS, TFS and TVS) laboratory analyzes. Sodium was the referential chemical element for the definition of the RDS's sheet to be applied to the ground, which was 215 mm of RDS at 26 cultivation weeks. NTK and P concentrations in RDS were 137 and 19.9 mg L<sup>-1</sup>, corresponding to the applied load of 296 and 43.9 kg ha<sup>-1</sup> respectively, values that can be considered high. Furthermore, the mean concentrations of BOD<sub>5</sub> and COD were 433 and 743 mg L<sup>-1</sup> respectively, which leads to a COD/BOD<sub>5</sub> ratio of 1.7, signaling a high biodegradability of organic matter in the RDS, indicative of good quality for agricultural purposes. Based on the applied sheet, it can be concluded that the RDS provided the availability of sufficient quantities of nutrients, ensuring good conditions for forage grass development.

**Keywords:** *agricultural use, sewage, grass*

## INTRODUÇÃO

Com a escassez de água que atinge grande parte da população mundial, estratégias que diminuam a utilização de água de boa qualidade, ou seja, reduzam a dependência de captação das águas de corpos hídricos superficiais e subterrâneos, vêm sendo discutidas e estudadas. A magnitude desse problema se torna ainda maior no meio rural, em razão do grande consumo de água na irrigação de culturas agrícolas (FAO, 2014).

A fertirrigação utilizando águas residuárias, como o esgoto doméstico bruto (EDB), é uma alternativa para reduzir a dependência supracitada. No Brasil, já se aproveita cerca de  $23.330 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  de águas residuárias (JIMÉNEZ; ASANO, 2008), entretanto esse valor é ínfimo quando comparado ao que poderia ser utilizado. Por essa razão, tecnologias deveriam ser desenvolvidas de forma a fomentar o aproveitamento desse recurso.

Sabe-se que o esgoto doméstico bruto (EDB) possui quantidades consideráveis de elementos químicos e físicos (THAPLIYAL *et al.*, 2011; VON SPERLING, 2014). Esses elementos são nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o que demonstra o potencial de utilização dessa água residuária na fertilização de solos agrícolas. Contudo, as concentrações destes elementos químicos presentes no esgoto doméstico podem variar bastante, a depender do fator de diluição e das características da fonte geradora.

A definição da dose de aplicação do esgoto doméstico no solo ao se estabelecer um elemento químico referencial, é fundamental para que se possa conduzir a operação de forma sustentável, possibilitando eliminação ou redução significativa dos riscos de contaminação ambiental (MATOS, 2014). Sendo assim, estudos demonstram que a dose de aplicação de EDB deve ser controlada tendo como base a quantidade de sódio, em que a dose estabelecida para aplicação é de  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de Na, para que esse elemento químico não seja aplicado em excesso no solo (MATOS e MATOS, 2017).

Os efeitos benéficos da fertirrigação de culturas agrícolas devido as características

químicas e físicas do esgoto doméstico já foram comprovados no Brasil e no exterior. No que se refere ao aumento na produtividade em culturas agrícolas, as evidências indicaram direta relação com o fornecimento de nutrientes presentes (FREITAS *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2011; SOUSA NETO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2015; THAPLIYAL *et al.*, 2011) e aumento na atividade microbiana do solo (PAULA *et al.*, 2010; SIMÕES *et al.*, 2013).

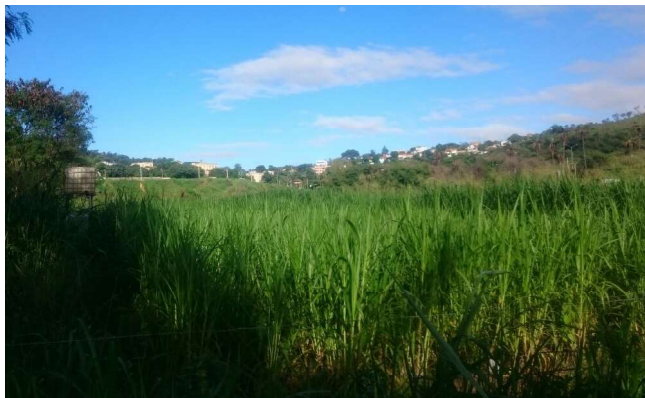
Há de se ressaltar que, quanto maior o grau de tratamento proporcionado ao esgoto doméstico, menor a disponibilidade de macro e micronutrientes no efluente, o que conduz à conclusão que, para uso agrícola, quanto menor for o grau de tratamento maior o equilíbrio químico e o valor fertilizante deste efluente. Por essa razão, tem sido proposto o tratamento mínimo de esgoto doméstico para utilização agrícola (MATOS e MATOS, 2017). Em contrapartida, existe grande preocupação no que se refere ao fornecimento excessivo de nutrientes ao solo, acima da capacidade de absorção das plantas. No caso específico do nitrogênio, a aplicação de doses excessivas pode levar à sua lixiviação no solo, causando contaminação de águas subterrâneas (CERQUEIRA *et al.*, 2008; LEAL *et al.*, 2010; BLUM *et al.*, 2013).

Nesse contexto, trabalhos que apresentem as características do esgoto doméstico, bem como as cargas de nutrientes/poluentes aplicadas, dependendo das doses aplicadas, são de grande importância para viabilizar a alternativa de disposição final dessas águas residuárias com fins de aproveitamento agrícola. Esse estudo tem o objetivo de avaliar as características químicas e físicas do EDB e as cargas aplicadas de nutrientes no cultivo do capim-elefante.

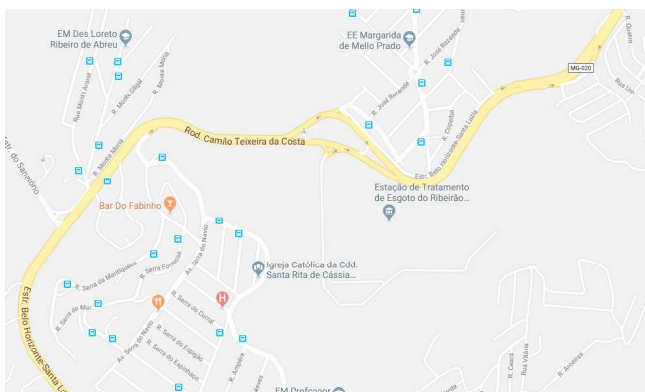
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de fertirrigação com EDB, ilustrado na Figura 1, foi conduzido em área disponibilizada na Estação de Tratamento de Esgoto da COPASA (ETE - Onça), localizada junto ao Ribeirão do Onça, no município de Santa Luzia - MG, próximo a Belo Horizonte - MG, Brasil, nas coordenadas geográficas  $19^{\circ}49'20,6''$  Sul e  $43^{\circ}53'46,6''$  Oeste. A

localização da ETE – Onça pode ser visualizada na Figura 2, enquanto a Figura 3 mostra a vista por satélite desta.



**Figura 1.** Experimento de fertirrigação de capim-elefante utilizando EDB.



**Figura 2.** Mapa com a localização da Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça, adquirido pelo Google Maps.



**Figura 3.** Vista por satélite da ETE Onça, onde o experimento foi realizado, a partir do Google Earth.

A fertirrigação com o esgoto doméstico bruto (EDB) na área de cultivo do capim-elefante foi efetuada por meio do método superficial por

sulcos. Para isso, o terreno foi previamente sistematizado, ou seja, com base em levantamento topográfico do local, teve sua superfície aplainada (BERNARDO *et al.*, 2008). Os sulcos foram construídos após a sistematização da área com formato trapezoidal, tendo profundidade de 0,20 m, largura de 0,30 m e espaçamento de 0,60 m.

A água residuária utilizada no experimento foi constituída pelo esgoto bruto submetido apenas a um gradeamento (EDB), cuja caracterização foi feita em termos de seus atributos físicos e químicos. Semanalmente, uma amostra do EDB a ser aplicado era coletada e submetida à análises laboratoriais. Os métodos utilizados nas análises estão apresentados no *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater* (APHA, 2005) e em Matos (2015).

Determinaram-se as concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio(Al), manganês (Mn), cobre(Cu), zinco(Zn) e ferro (Fe), por espectrofotometria de absorção atômica; nitrogênio total Kjeldahl (NTK), pelo método titulométrico; sódio(Na) e potássio(K), por cromatografia iônica; fósforo(P) e demanda química de oxigênio(DQO), pelo método colorimétrico; demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), pelo método oximétrico; e sólidos totais (ST), sólidos fixos totais(SFT) e sólidos voláteis totais(SVT), pelo método gravimétrico.

O cálculo da lâmina aplicada na cultura do capim-elefante foi baseado na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Na, via EDB, tal como sugerido por Matos e Matos (2017), para que esse elemento químico não seja aplicado em excesso no solo. Assim, depois de determinada a lâmina de EDB a ser aplicada semanalmente, essa era subtraída da lâmina de irrigação, efetuando uma irrigação complementar.

A aplicação de EDB foi realizada por 26 semanas (pouco mais de 6 meses), período compreendido entre o plantio e o segundo corte da forrageira, iniciado em junho (inverno) e terminado em dezembro (verão).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lâmina de fertirrigação com EDB na área, considerando-se as 26 semanas de cultivo, ficou na ordem de 215 mm, valor correspondente à aplicação proporcional a 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Na. Torna-se importante ressaltar que esse valor

de lâmina aplicada seria facilmente superado na fertirrigação com esgoto doméstico caso as concentrações de Na fossem menores, o que ocorre em Estações de Tratamento de Esgoto que recebem o efluente por meio de canais abertos, pois aumenta-se seu fator de diluição. Na Tabela 1 estão apresentados os valores de pH e CE e das doses aplicadas de ST, SFT, SVT, DBO<sub>5</sub> e DQO.

**Tabela 1.** Valores de pH e CE e de concentrações médias e doses aplicadas (quando cabível), ST, SFT, SVT, DBO<sub>5</sub> e DQO, com 26 semanas de aplicação do EDB em área cultivada com capim-elefante.

Variável	Unidade	Valor
pH		7,7
CE	μS cm <sup>-1</sup>	1.523
ST	mg L <sup>-1</sup>	998
	kg ha <sup>-1</sup>	2.206
SFT	mg L <sup>-1</sup>	544
	kg ha <sup>-1</sup>	1.201
SVT	mg L <sup>-1</sup>	454
	kg ha <sup>-1</sup>	1.005
DBO <sub>5</sub>	mg L <sup>-1</sup>	433
	kg ha <sup>-1</sup>	958
DQO	mg L <sup>-1</sup>	743
	kg ha <sup>-1</sup>	1.599

O pH do esgoto doméstico, normalmente, não possui grandes variações, estando este próximo da neutralidade. Neste trabalho, o pH do EDB utilizado teve baixa variação ao longo do tempo, mantendo-se entre 7 e 8, e apresentando média de 7,7. Esses valores são típicos para o esgoto doméstico, segundo von Sperling (2014). Ao contrário do pH, a CE apresentou maior divergência ao longo do tempo, uma vez que a quantidade de íons em solução está diretamente ligada à quantidade de sólidos dissolvidos, e esses variam muito a depender do período amostrado, do fator de diluição, do horário da coleta, entre outros fatores (METCALF & EDDY, 2003). A CE foi de 600 a 2.000 μS cm<sup>-1</sup>, sendo o valor médio de 1.523 μS cm<sup>-1</sup> (Tabela 1).

A quantidade de sólidos voláteis (SV) presente em águas residuárias pode ser entendida como uma estimativa, ainda que grosseira, do conteúdo orgânico (MATOS, 2014).

Sendo assim, quanto maior a concentração de SV, melhor será a água residuária para fins agrícolas. A concentração de ST foi em média 998 mg L<sup>-1</sup>, perfazendo uma carga aplicada de 2.206 kg ha<sup>-1</sup>. Desse valor, 46% são relativos aos sólidos voláteis totais para as 26 semanas de aplicação do EDB. Esses valores foram menores do que os reportados por von Sperling (2014), nos quais, cerca de 56% de 1.100 mg L<sup>-1</sup> de ST estão na forma de SV.

As concentrações médias de DBO<sub>5</sub> e DQO foram de 433 e 743 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A relação DQO/DBO<sub>5</sub> indica a biodegradabilidade da matéria orgânica do esgoto doméstico e sabe-se que quanto menor essa relação, maior será a degradabilidade proporcionada pelos microrganismos, o que pode ser, também, considerado indicativo de qualidade quando utilizado para fins agrícolas (MATOS, 2014). A relação DQO/DBO<sub>5</sub> foi 1,7, ou seja, 58% da DQO está na forma de DBO<sub>5</sub>, valor considerado de alta biodegradabilidade, sendo indicado para tratamentos biológicos, segundo von Sperling (2014).

Na Tabela 2 estão apresentadas as concentrações e cargas aplicadas de macronutrientes e Na. Verifica-se que o elemento químico referencial Na apresentou concentração média de 79,5 mg L<sup>-1</sup> no EDB, o que proporcionou a aplicação de uma dose de 173 kg ha<sup>-1</sup> de Na no solo em 26 semanas de cultivo do capim-elefante, considerando a dose previamente estabelecida de 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No que se refere ao esgoto doméstico, concentrações de Na maiores (121 mg L<sup>-1</sup>) que as obtidas neste trabalho foram encontrados por Leal *et al.* (2009), em efluente oriundo de um sistema de tratamento de esgoto doméstico composto por lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas. Esses autores, no intento de suprir 100% da demanda hídrica da cana-de-açúcar, aplicaram uma dose total de 3.056 kg ha<sup>-1</sup> de Na, valor incompatível para que a prática da fertirrigação seja conduzida com mínimo impacto para o solo e/ou águas subterrâneas.

As concentrações de N e P no EDB foram, em média, 137 e 19,9 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 2), respectivamente, valores acima dos citados por von Sperling (2014) para esgoto doméstico bruto.

**Tabela 2.** Concentrações médias e doses aplicadas, de Na e macronutrientes (NTK, P, K, Ca e Mg), com 26 semanas de aplicação do EDB em área cultivada com capim-elefante.

Variável	Unidade	Total
Na	mg L <sup>-1</sup>	79,5
	kg ha <sup>-1</sup>	173
NTK	mg L <sup>-1</sup>	137
	kg ha <sup>-1</sup>	296
P	mg L <sup>-1</sup>	19,9
	kg ha <sup>-1</sup>	43,6
K	mg L <sup>-1</sup>	40,6
	kg ha <sup>-1</sup>	87,8
Ca	mg L <sup>-1</sup>	21,3
	kg ha <sup>-1</sup>	49,3
Mg	mg L <sup>-1</sup>	6,4
	kg ha <sup>-1</sup>	14,9

Sabe-se que as concentrações de N e P podem ser consideravelmente reduzidas em esgotos tratados, tendo em vista que parte importante dos nutrientes em solução são incorporados ao lodo formado e retidos no sistema e, no caso específico do N, ocorrem perdas consideráveis via processos de desnitrificação. Segundo Thapliyal *et al.* (2011), em sistemas alagados construídos (*wetlands* construídos), a remoção de N pode chegar a 40% e de P a 30%. Khila *et al.* (2014), analisando um sistema de tratamento de esgoto para fertirrigação, demonstraram que a concentração de N que passa por lagoas facultativas e de maturação diminui de 9,19 para 2,35 mg L<sup>-1</sup> e que, quando submetido em sequência ao tratamento em sistema alagado construído ocorre ainda a redução de mais 25% nessa concentração.

Ainda, a concentração de P no EDB (Tabela 2) foi maior que a reportada por Fonseca *et al.* (2005) para esgoto doméstico tratado em lagoas anaeróbias, seguidas de lagoas facultativas e de estabilização, que foi de 8,4 mg L<sup>-1</sup>. Com isso, fica claro que quando o esgoto doméstico é tratado, perde-se em sua qualidade

para o uso agrícola, pois ocorre diminuição na quantidade de nutrientes essenciais (N e P, principalmente) fornecidos às plantas.

A concentração de K no EDB (Tabela 2) foi maior do que a encontrada por Abdel-Aziz (2015), em Gyza, no Egito, que foi de 22 mg L<sup>-1</sup>, mas menor do que a reportada por Thapliyal *et al.* (2011), que obtiveram, em Delhi, na Índia, a concentração de 158 mg L<sup>-1</sup>. O primeiro caso citado foi para esgoto doméstico com tratamento secundário, enquanto o segundo foi para esgoto doméstico bruto.

As concentrações médias de Ca e Mg no EDB foram 21,3 e 6,4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos reportados por Kumwimba *et al.* (2017), que foram de 90,4 e 14,9 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente dos mesmos nutrientes referidos, em esgoto doméstico do tratamento preliminar da cidade de Sichuan, na China.

As concentrações de micronutrientes no EDB (Tabela 3) estão relativamente baixas. Contudo, a presença desses no sistema solo-planta é essencial, podendo sua falta resultar em baixas produtividades das culturas agrícolas.

As concentrações de Cu no EDB ficaram abaixo do limite de detecção do método (< 0,05 mg L<sup>-1</sup>), e por essa razão, deve ser apresentado como elemento-traço. Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores aos reportados por Thapliyal *et al.* (2011) em esgoto doméstico bruto e tratado em sistemas alagados construídos, que foram de 0,28 e 0,23 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Os mesmos autores encontraram valores inferiores de Zn (Tabela 3), sendo de 0,045 e 0,038 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 3.** Concentrações médias e doses aplicadas de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe e Al), com 26 semanas de aplicação do EDB em área cultivada com capim-elefante.

Variável	Unidade	Total
Cu	mg L <sup>-1</sup>	< 0,05
	kg ha <sup>-1</sup>	-
Zn	mg L <sup>-1</sup>	0,4
	kg ha <sup>-1</sup>	0,8
Mn	mg L <sup>-1</sup>	1,1
	kg ha <sup>-1</sup>	2,5
Fe	mg L <sup>-1</sup>	3,3

	kg ha <sup>-1</sup>	7,8
Al	mg L <sup>-1</sup>	4,2
	kg ha <sup>-1</sup>	10,0

As concentrações médias de Mn, Fe e Al, foram 1,1, 3,3 e 4,2 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Esses valores foram superiores quando comparados aos detectados por Kumwimba *et al.* (2017) para efluente do tratamento preliminar de esgoto, de 0,08, 0,064 e 0,055 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3).

## CONCLUSÕES

O EDB mostrou possuir quantidades suficientes dos nutrientes necessários para o desenvolvimento da forrageira. Isso evidencia essa água residuária como sendo de excelente qualidade para o uso agrícola, desde que o sistema de fertirrigação seja manejado da forma correta e que sejam respeitadas as doses de aplicação recomendadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos pelo apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio logístico e concessão da área experimental da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA-UFMG).

## REFERÊNCIAS

1. ABDEL-AZIZ, R. Journal of Water Resources and Arid Environments. 2015, 4, 36.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for the examination for water and wastewater, 21th ed., Washington, 2005.
3. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Man. Irrig. 2008, 8, 625.
4. BLUM, J.; HERPIN, U.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Agric. Water Manage. 2013, 117, 122.
5. CERQUEIRA, L. L.; FADIGAS, F. S.;

- PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2008, 12, 613.
6. FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2005, 36, 2003.
7. FREITAS, C. a S. De; SILVA, A. R. a; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2013, 17, 734.
8. JIMÉNEZ, B.; ASANO, T. IWA Publishing, 2008, 650.
9. KUMWIMBA, M. N.; ZHU, B.; SUANON, F.; MUYEMBE, D. K.; DZAKPASU, M. Science of The Total Environment. 2017, 581, 781.
10. LEAL, R. M. P.; FIRME, L. P.; HERPIN, U.; DA FONSECA, A. F.; MONTES, C. R.; DOS SANTOS DIAS, C. T.; MELFI, A. J. Agricultural Water Management. 2010, 97, 276.
11. LEAL, R. M. P.; HERPIN, U.; FONSECA, A. F. da; FIRME, L. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. Agric. Water Manage. 2009, 96, 316.
12. MATOS, A. T. D. E. Qualidade do meio físico ambiental: práticas de laboratório. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.
13. MATOS, A. T. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2014.
14. MATOS, A. T.; MATOS, M. P. Disposição de águas residuárias no solo e sistemas alagados construídos. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.
15. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and reuse, 4th ed., McGraw Hill Higher Education: New York, 2003.
16. PAULA, A. M.; FONSECA, A. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI, A. J. Water, Air, and Soil Pollution. 2010, 205, 171.
17. SANTOS, O. S. N.; PAZ, V. P. da S.; GLOAGUEN, T. V.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. D. S.; COSTA, J. A. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2012, 16, 827.
18. SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2011, 15, 629.
19. SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. D. F. S. P.;

- ALMEIDA, A. T. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.2013, 17, 523.
20. SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. D. S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. a De; DINIZ, A. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.2012, 16, 208.
21. SOUZA, D. P.; QUELUZ, J. G. T.; SILVA, A. O.; ROMÁN, R. M. S. Irriga.2015, 20,362.
22. THAPLIYAL, A.; VASUDEVAN, P.; DASTIDAR, M. G.; TANDON, M.; SEN, P. K.; MISHRA, S. J. Sci. Ind. Res. 2011, 70,621.
23. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte. 4ª ed, 2014.
24. <https://www.fao.org.br/DMAcafpself.asp>, acessada em Fevereiro 2018.