

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA O MUNICÍPIO DE MOZARLÂNDIA-GO

Jefferson Rogério Marques Machado¹

Fernando Ernesto Ucker²

Milton Gonçalves da Silva Junior²

Ressiliane Ribeiro Prata Alonso²

RESUMO

A partir do aumento populacional ocorrido principalmente nos últimos vinte anos ocorreu também expressivo aumento na quantidade de água utilizada pela população e pelas indústrias. Apesar do maior número de investimento com saneamento, grande parte da água utilizada pela população ainda não tem um tratamento adequado antes de ser lançado nos mananciais. Neste trabalho foi proposto um sistema de tratamento de efluente para a cidade de Mozarlândia – GO, o qual será composto por tratamento preliminar e secundário. A partir do sistema proposto pode-se ter bons resultados na remoção dos parâmetros de matéria orgânica e coliformes termotolerantes, uma vez que a disponibilidade de energia solar no município prevalece durante maior parte do ano.

Palavras-chave: Esgoto doméstico, sistema australiano, lagoa de maturação.

INTRODUÇÃO

A partir do aumento populacional ocorrido principalmente nos últimos anos ocorreu também expressivo aumento na quantidade de água utilizada pela população e pelas indústrias. Apesar do maior número de investimento com saneamento, grande parte da água utilizada pela população ainda não tem um tratamento adequado antes de ser lançada nos corpos hídricos. Desta forma, têm-se como resultado o grande aumento de carga orgânica nestes, podendo gerar diversos tipos de adversidades, inclusive a eutrofização, a qual interfere na alteração da qualidade da água e na degradação do meio ambiente. Em virtude deste panorama, ocorre a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável disponível, passando necessariamente pela busca de novas tecnologias e pela revisão do uso da água pela população (ANNECCHINI, 2005).

Com a contaminação dos mananciais, geralmente a população fica exposta às várias doenças de veiculação hídrica, principalmente aquelas residentes em áreas menos nobres. Um exemplo disso é a diarreia, que, segundo Ribeiro e Rooke (2010), com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais atinge as populações, além de causar, segundo os autores, cerca de 30% das mortes de crianças com idade inferior a um ano de idade.

Diante desta situação, vários países, em especial o Brasil, estão em busca de melhorias contínuas para amenizar estes problemas. Mesmo com um avanço nos últimos anos, muito ainda tem que ser feito para sanar as necessidades humanas e ambientais. Segundo informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2011), apenas 37,5% de todo esgoto gerado no território brasileiro recebe algum tipo de tratamento antes que este seja lançado nos mananciais.

Na maioria das cidades brasileiras, os esgotos gerados são encaminhados para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), onde sua principal função, através de processos químicos, físicos e biológicos é remover os contaminantes presentes nos esgotos, fazendo com que o efluente possa ser lançado no corpo d'água em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental vigente (UCKER, 2012).

A maioria dos córregos e rios do Estado de Goiás pertence às águas doces de classe 2, conforme a Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (ABRANTES, 2009). Segundo essa mesma Resolução, para que o efluente possa ser lançado nesses corpos hídricos sem alterar a classe do mesmo, estes devem obedecer aos seguintes parâmetros: pH entre 5,0 e 9,0; temperatura inferior à 40°C; materiais sedimentáveis até 1 mL/L

em teste de 1 hora em cone de Imhoff; Demanda Bioquímica de Oxigênio–DBO - 5 dias, 20°C no máximo de 120 mg/L e/ou com efluente de sistema de tratamento com eficiência acima de 60% de DBO (BRASIL, 2005).

A remoção dos contaminantes presentes nos esgotos pelo tratamento, de forma a satisfazer a uma qualidade desejada ou padrão de qualidade vigente está ligada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência de tratamento (UCKER, 2012). Estes níveis podem ser classificados como: tratamento preliminar, onde tem o objetivo de remover os sólidos grosseiros; tratamento primário contempla a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica em suspensão; tratamento secundário, por sua vez, destina-se a degradação biológica de compostos carbonáceos (lagos de estabilização) e por fim o tratamento terciário, que tem a função de remover nutrientes, organismos patogênicos e metais pesados (VON SPERLING, 1996; CIESIELSKI, 2011; UCKER, 2012).

Com base no exposto acima, este trabalho teve como objetivo dimensionar uma estação de tratamento de esgoto para o município de Mozarlândia, localizada no Estado de Goiás.

METODOLOGIA

O município de Mozarlândia está localizado na região noroeste do estado de Goiás (Figura 1), na microrregião São Miguel do Araguaia, com sede a cerca de 300 km de Goiânia. Possui área de 1.734 km² e limita-se com os seguintes municípios: Araguapaz, Nova América, Crixás e Nova Crixás (IBGE, 2010).

A principal atividade econômica do município é a pecuária, onde além de contar com a criação de gado de corte tem instalado um frigorífico, o qual emprega, de forma direta, mais de dois mil funcionários. Este por sua vez abate em média 2.000 cabeças de gado diariamente. Antes de lançar o esgoto industrial na rede doméstica, a indústria irá fazer um tratamento específico no local de geração do efluente. Depois de tratado, este será direcionado para a estação de tratamento da cidade.



Figura 1—Localização e vias de acesso de Mozarlândia - Goiás.

Como maior parte da região central do Brasil, a cidade de Mozarlândia possui clima tropical, ou seja, apresenta duas estações definidas, inverno e verão. No inverno as temperaturas são amenas e secas de maio a setembro. Já no verão, prevalece o tempo quente e chuvoso de novembro a abril. A temperatura no município estudado varia entre 35°C (no mês de abril) e 15,5°C (no mês de julho) (INMET, 2014).

Após avaliação das condições climáticas do município foi definido o melhor sistema a ser utilizado para tratar o esgoto gerado. Foi então proposto o tratamento com lagoas de estabilização. Von Sperling (1996) cita que locais com elevada radiação solar e baixa nebulosidade são bastante propícios à implantação de lagoas de estabilização.

Para o dimensionamento da estação de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização estimou-se a população da cidade para o ano de 2030. Segundo informações do censo IBGE (2010), o município de Mozarlândia, no ano de 2000, era habitado por 11.186 pessoas e no ano de 2010 por 13.404 habitantes. Para estimar a população da cidade no ano de 2030 (final de plano do projeto), foi aplicado o método geométrico, por meio das Equações 1 e 2.

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Pop}_{2030} = P_2 \times e^{K_g \cdot (t - t_2)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

K_g = constante de crescimento geométrico;

P_1 = população 2000;

P_2 = população 2010;

t = ano de 2030;

t_2 = ano de 2010.

Com o cálculo da população estimada para o ano de 2030, calculou-se a vazão final de projeto (Equação 6), utilizando a vazão doméstica média (Equação 3), vazão de infiltração (Equação 4), vazão industrial (Equação 5) recomendadas por Von Spearling(1996) e Jordão & Pessoa (2005).

$$\text{Vazão doméstica (Q}_{\text{dom}}) = \frac{\text{Pop} \times Q \times C}{1000} \quad \text{Eq. 3}$$

Sendo que:

Pop = população 2030;

Q = Consumo média de água da população (L/hab/dia);

C = coeficiente de retorno.

$$\text{Vazão de infiltração (Q}_{\text{inf}}) = \text{Taxa de infiltração} \times \text{extensão da rede} \quad \text{Eq. 4}$$

$$\text{Vazão industrial (Q}_{\text{ind}}) = \text{Animal abatido} \times \text{Qnt Água} \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{Vazão total (Q}_{\text{méd}}) = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{ind}} \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

T_x = Taxa de infiltração ($L/s.Km^{-1}$);

Extensão = Extensão da rede (Km);

Qnt Água = Quantidade de água utilizada por animal abatido (L/animal);

Q_{dom} = vazão doméstica (m^3/dia);

Q_{inf} = Vazão de infiltração (m^3/dia);

Q_{ind} = Vazão da indústria (m^3/dia).

Tratamento preliminar

Com as vazões do projeto estimadas, foram calculadas as etapas que irão compor o tratamento preliminar, sendo: gradeamento fino e grosso, para reter os sólidos com maiores dimensões (entre 12 e 40 mm); caixa de areia para remover os sólidos com menor dimensão (0,1 a 0,4 mm), e por fim o efluente irá seguir por uma calha Parshal, que possui a função de verificar a vazão do esgoto no momento aferido.

Para calcular o gradeamento fino e grosso foram utilizadas as equações recomendadas por Jordão & Pessoa (2005). Basicamente, calculou-se a eficiência das grades, com a eficiência calculada, calculou-se então a largura da grade, e, em seguida, foi calculada a quantidade de barras.

Após o efluente passar pelo gradeamento, este seguirá por uma caixa de areia para remover os sólidos que não foram removidos na etapa anterior. Nesta etapa, os valores foram adotados segundo indicado por Jordão & Pessoa (2005), sendo: velocidade horizontal de 0,30 m/s e velocidade vertical de 0,02 m/s para partículas com dimensões média de 0,2 mm.

Para dimensionamento da calha Parshal, foram utilizados os dados da Tabela 3, calculando os valores da altura máxima e mínima do medidor, juntamente com rebaixamento z com uso das equações citada por Jordão & Pessoa (2005). As Equações 7 e 8 fornecerão os dados referente às vazões máximas e mínimas, respectivamente, que deverão ser encontradas no sistema de tratamento, a fim de que a estação tenha um bom desempenho. Valores acima do máximo ou abaixo do mínimo poderão trazer problemas ao sistema, como realizar um tratamento menos eficaz (vazão maior), ou gerar condições de sistema sem fluxo de esgoto pela lagoa (vazão menor). Já a Equação 9 fornecerá o rebaixo da calha Parshal, antes de entrar no sistema de tratamento posterior.

$$Q_{m\acute{a}x} = k \times H^n_{m\acute{a}x} \quad \text{Eq. 7}$$

$$Q_{\text{mín}} = k \times H_{\text{mín}}^n \quad \text{Eq. 8}$$

$$Z = \left(\frac{Q_{\text{máx}} \cdot H_{\text{mín}} - Q_{\text{mín}} \cdot H_{\text{máx}}}{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}} \right) \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

$Q_{\text{máx}}$ = Vazão máxima;

$Q_{\text{mín}}$ = Vazão mínima;

Z = Rebaixamento.

Tabela 1 – Dimensões padronizadas da calha Parshal (mm).

W (mm)	Vazões (l/s)		A	B	C	D	E	F	G	K'	N
	Mínima	Máxima									
76	0,85	53,8	466	457	178	359	381	152	308	25	57
152	1,52	110,4	621	610	294	393	457	305	610	76	114
229	2,55	251,9	880	864	380	575	610	305	457	76	114
305	3,11	455,6	1370	1340	601	845	915	610	915	76	229
457	4,25	696,2	1449	1420	762	1026	915	610	915	76	229
610	11,89	936,7	1525	1496	915	1207	915	610	915	76	229
915	17,26	1426	1677	1645	1220	1572	915	610	915	76	229
1220	36,79	1921	1830	1795	1525	1938	915	610	915	76	229
1525	62,8	2422	1983	1941	1830	2303	915	610	915	76	229
1830	74,4	2929	2135	2090	2135	2667	915	610	915	76	229
2135	115,4	3440	2288	2240	2440	3030	915	610	915	76	229
2440	130,7	3950	2440	2392	2745	3400	915	610	915	76	229

Fonte: Azevedo Netto *et al.*, (1998).

Tratamento secundário

Após passar pelas etapas anteriores, o efluente será direcionado para a lagoa facultativa e para a lagoa de maturação. Na lagoa facultativa, estimou-se uma remoção de matéria orgânica (neste caso chamada de demanda bioquímica de oxigênio – DBO) de aproximadamente de 75%.

Lagoa facultativa

Para cálculo da lagoa facultativa, foram atribuídos os valores de DBO de entrada e da taxa de aplicação, citado por Von Spearling (1996), sendo: DBO = 50 g/hab/dia e taxa de aplicação de 180 Kg/DBO/ha/dia. Após adotar estes, calculou-se a carga afluente de acordo com a Equação 10.

$$\text{Carga afluente} = \text{DBO entrada} \times \text{vazão} \quad \text{Eq. 10}$$

Posteriormente ao cálculo da carga orgânica, calculou-se a área da lagoa, com auxílio da Equação 11.

$$\text{Área} = \frac{\text{Carga afluente}}{\text{Taxa de aplicação}} \quad \text{Eq. 11}$$

Com a área da lagoa calculada, foi calculado o volume total da lagoa facultativa (Equação 12), sendo adotada altura (h) de 2,00 metros citado por Von Spearling (1996) e por Jordão & Pessoa (2005).

$$\text{Volume} = \text{Área} \times \text{Altura} \quad \text{Eq. 12}$$

Após o cálculo do volume da lagoa facultativa, calculou-se então o tempo de detenção (TDH) na lagoa por meio da Equação 13.

$$\text{TDH} = \frac{\text{Volume}}{\text{Vazão}} \quad \text{Eq. 13}$$

Lagoa de maturação

Após passar pela lagoa facultativa, o efluente passará pela lagoa de maturação, onde, além de remover parte da DBO que permanece no esgoto, irá remover grande quantidade de nutrientes e principalmente de microrganismos, como os coliformes termotolerantes. Considerou-se que após passar pela lagoa facultativa houve uma redução de 75% de DBO, ou seja, a carga afluyente será de apenas 25% nesta etapa.

Com a nova carga afluyente, calculou-se então a área da lagoa com auxílio da equação 11.

Com a área da lagoa calculada, utilizando a equação 12 foi calculado o volume da lagoa;

E por fim, com volume calculado, calculou-se o tempo de detenção do efluente na lagoa de maturação (equação 13).

Para o melhor funcionamento da lagoa de maturação, Jordão & Pessoa (2005) citam que se houver área disponível o ideal é que seja construído no mínimo 3 lagoas em série, porém cada lagoa dever ter uma área menor que 2ha, ou seja, dimensões com área total menor que 20.000 m². Assim sendo, serão construídas 3 lagoas de maturação em série.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

População e vazão do projeto

A população estimada para o município de Mozarlândia no ano de 2030 é de 19.212 habitantes. Já a vazão total, vazão doméstica, vazão de infiltração e vazão industrial, é de 9.260,5 m³ por dia. Os parâmetros utilizados para cálculo das vazões estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros adotados para cálculo da vazão e taxa de infiltração.

Parâmetro	Valor
Consumo de água	160 L/hab.dia ⁻¹
Coefficiente de Retorno	0.80 (80%)
Taxa de Infiltração	0.3 L/s.Km ⁻¹

A Tabela 3 apresenta todas as vazões calculadas juntamente com a população utilizadas em todas as etapas do projeto.

Tabela 3 – População e vazões do projeto.

Parâmetro	Valor
-----------	-------

População estimada para 2030	19.212 habitantes
Vazão doméstica	2.459,10 m ³ /dia
Vazão de infiltração	1.801,40 m ³ /dia
Vazão industrial	5.000,00 m ³ /dia
Vazão total	9.260,50 m ³ /dia

Tratamento preliminar

Gradeamento grosso

Nessa etapa do tratamento serão utilizadas grades de ferro e aço, inclinadas com um ângulo de 45°. As grades terão espessura de 12,7 x 38,1 mm, uma altura de 0,70 m e largura total de 0,40 m. A retirada dos materiais será feita manualmente pelos operários, sendo que todo material retirado será disposto em aterro sanitário.

Gradeamento Fino

Serão utilizadas grades de ferro e aço com inclinação de 45° com limpeza manual. As grades terão espessura de 7,9 x 38,1 mm, altura de 0,70 m e largura total de 0,40 m. Assim como no gradeamento grosso, todos os materiais retidos nas grades serão removidos manualmente e encaminhados ao aterro sanitário.

Caixa de areia

A caixa de areia será construída em alvenaria e impermeabilizada em todas as etapas de construção, a fim de evitar vazamento. Será construída de seção retangular e terá comprimento de 15,00 metros, largura de 0,92 m e 0,65 m de profundidade.

Será realizada a retirada da areia de maneira manual a cada 7 dias. Com a vazão inicial do efluente e com quantidade de areia presente no efluente calculou-se um total de 1,72 m³ de areia que será retirada da caixa após 7 dias de tratamento. O material removido, por possuir possível grau de contaminação, será diretamente encaminhado para aterro sanitário.

Calha Parshal

Utilizando os valores de $K = 0,39$ e $N = 1,58$ citado por Azevedo Netto *et al.*, (1998), foram obtidos os valores de $H_{m\acute{a}x} = 0,65$ e $H_{m\acute{m}n} = 0,43$. Com os valores de $H_{m\acute{a}x}$ e $H_{m\acute{m}n}$, calculou-se o valor de rebaixamento $Z = 0,19$ metros.

Tratamento secundário

Lagoa facultativa

Com valor da população estimada em 19.212 habitantes no ano de 2030, adotou-se uma taxa de 50 gramas de DBO/hab/dia, calculou-se então a DBO afluente na ordem de 960,6 Kg de DBO/dia. Para cálculo da DBO afluente industrial, foi adotada uma taxa de 1000 gramas de DBO por animal abatido citado por Von Spearling (1996), sendo assim, a DBO afluente industrial é da ordem de 2000 Kg de DBO/dia. Com valores de DBO doméstica mais DBO industrial igual a 2960,6 Kg, e com a vazão do projeto de 9260,5 m³/dia, encontrou-se a concentração de 0,319 Kg.DBO/m³. Após calcular os valores de DBO de entrada e utilizando a vazão do projeto, foi calculada a carga afluente na ordem de 2.954 Kg/dia.

Adotando-se uma taxa de aplicação de 180 Kg de DBO/ha/dia, com isso a área da lagoa será de 164.100 m², volume total de 328.200 m³ e tempo de detenção de 35 dias. A lagoa terá uma profundidade de 2,00 metros.

Lagoa de maturação

Considerando uma remoção de 75% da carga afluente na lagoa facultativa, a carga afluente na lagoa de maturação será na ordem de 738,5 Kg/dia. Assim, a área da lagoa será de 42.000 m². Com profundidade de 1,00 metro, encontrou-se um volume total de 42.000 m³. Para o melhor funcionamento da lagoa de maturação, serão construídos 3 lagoas em série com uma área total de 14.000 m² cada lagoa, com um tempo de detenção de pouco mais de 1 dia em cada lagoa.

Controle de contaminação ambiental

Para o melhor funcionamento das lagoas, tem-se a necessidade de obter uma boa impermeabilização. Assim sendo, será implantado uma manta geotêxtil e logo acima da manta será acrescentado argila com boa compactação, a fim de evitar possíveis contaminações do lençol freático.

Para obter um bom controle de qualidade será proposto o controle da qualidade do efluente antes e após ser lançado no corpo receptor. Serão realizadas análises físico-químicas

do corpo receptor a montante e a jusante do lançamento diariamente para evitar possíveis contaminações no corpo receptor.

Com relação ao lodo gerado nas lagoas de estabilização, este pode ser reaproveitado na recuperação de áreas degradadas e na reciclagem agrícola. Para reuso na recuperação de área, tem-se a desvantagem do lodo gerar maus odores e por muitas das vezes contaminar o lençol freático, fauna e flora, sendo assim, antes de ser reaproveitado deverá realizar análises do lodo antes da disposição deste no solo.

Fluxograma do tratamento proposto

Assim sendo, o sistema proposto será composto por gradeamento fino e grosso, caixa de areia, calha Parshal (medidor de vazão), uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação, antes do esgoto ser direcionado para o corpo receptor.

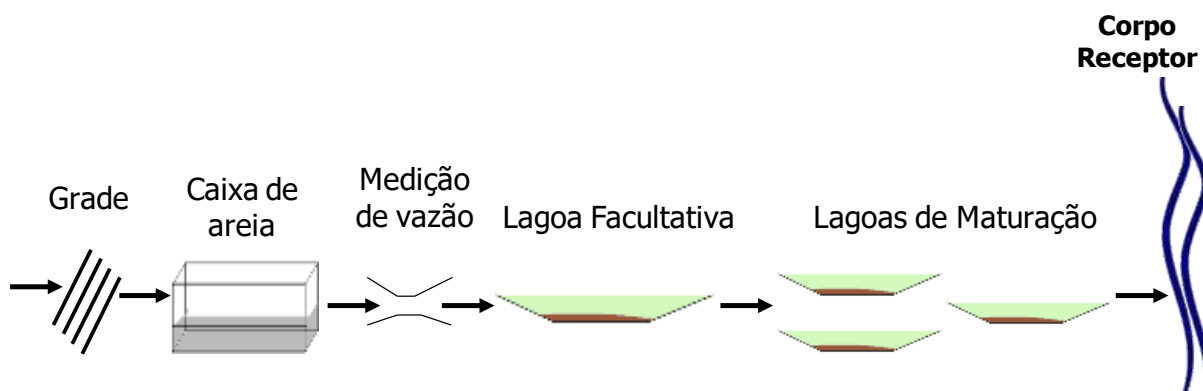


Figura 2 - Fluxograma do tratamento proposto para Mozarlândia – GO.

CONCLUSÃO

Para a construção da ETE no município de Mozarlândia será necessária uma área de 206.100 m². Esta grande área é devido à contribuição do efluente industrial, o qual é responsável por mais de 50% de lançamento. Mesmo requerendo uma grande área para construção, o sistema proposto pode ter bons resultados, uma vez que a disponibilidade de sol no município prevalece durante maior parte do ano. O sistema proposto para o município, além de ser de baixo custo na construção, para sua manutenção não necessita de pessoas com mão de obra qualificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, L. L. M. **Tratamento de Esgoto Sanitário em Sistemas Alagados Construídos Utilizando *TyphaAngustifolia* e *PhragmitesAustralis***. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio ambiente) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. 140 p.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. 150 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. *et al.* **Manual de hidráulica**. 8ª Ed. – Ed Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1998.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **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 Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, ano 142, n. 53, Seção 1, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CIESIELSKI, J. V. R. **Dimensionamento de uma nova estação de tratamento de efluentes domésticos da central de abastecimento do Paraná**. Trabalho Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) Faculdade de Ciências Exatas da Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2011.

inmet.gov.br/> . Acessado em: 16/10/2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao>. Acesso em: 25 out. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET Disponível em: <<http://www>.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª ed.- ABES, Rio de Janeiro, 2005.

RIBEIRO, J. W; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua Relação com o Meio Ambiente e a Saúde Pública**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. 28 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico de água e esgoto 2010**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=95>. Acesso em: 14 out. 2014.

SPERLING, M. V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos** – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, UFMG. v. 2. 1996.

UCKER, F. E. **Eficiência do capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) no tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio ambiente)– Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. 102 p.

Recebido em 06 de outubro de 2015.

Aprovado em 03 de dezembro de 2015.