

REVISTA FAROL

FACULDADE ROLIM DE MOURA

ISSN Eletrônico: 2525-5908

www.revistafarol.com.br

**Avaliação do sistema de tratamento de esgoto sanitário para um condomínio
residencial em Porto Velho – RO**
Clodoaldo Oliveira de Melo Neto

Avaliação do sistema de tratamento de esgoto sanitário para um condomínio residencial em Porto Velho – RO

Clodoaldo Oliveira de Melo Neto¹

RESUMO: A importância do saneamento básico está intrinsecamente ligada aos danos que a sua inexistência pode ocasionar. Doenças de saúde pública tem a água como o seu principal veículo transmissor, o que demonstra a necessidade de implantação de um sistema de tratamento de esgoto que atenda todas as necessidades. O estudo tem como objetivo principal avaliar diversos meios de tratamento para o esgoto sanitário gerado e seus aspectos econômico e ambiental. A pesquisa gera dados que demonstram a eficiência dos tipos de tratamentos e as suas particularidades, apresentando dados que identificam a melhor alternativa para este caso. A avaliação foi realizada utilizando a metodologia de estudo de caso. Dentre as alternativas estudadas foram apontadas a mais viável do ponto de vista econômico e ambiental, sendo respectivamente o tanque séptico coletivo e a lagoa anaeróbia. Os resultados obtidos permitem uma contribuição para redução de impacto ambiental causado pela má destinação, tratamento ineficiente, ou mesmo a negligência quanto ao saneamento básico.

Palavras-chave: Saneamento básico; Sistemas Condominiais; Contaminação antrópica.

Evaluation of the sanitary sewage treatment system for a residential condominium in Porto Velho – RO

ABSTRACT: The importance of basic sanitation is intrinsically linked to the damages that its absence can cause. Public health diseases have water as their main transmitter vehicle, which demonstrates the need to deploy a sewage treatment system that meets all needs. The main objective of this study is to evaluate several treatment options for the sanitary sewage generated and its economic and environmental aspects. The research generates data that demonstrate the efficiency of the types of treatments and their particularities, presenting data that identify the best alternative for this case. The evaluation was performed using the case study methodology. Among the alternatives studied, the most feasible from the economic and environmental point of view were the collective septic tank and the anaerobic lagoon. The results obtained allow a contribution to reduce the environmental impact caused by incorrect destination, inefficient treatment, or even neglect of basic sanitation.

Keywords: Basic sanitation; Condominial Systems; Antropic contamination..

INTRODUÇÃO

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remontam às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento de outras. Os poucos meios de comunicação do passado podem ser responsabilizados, em grande parte, pela descontinuidade da evolução dos processos de saneamento e retrocessos

¹Engenheiro Civil, esp. em Engenharia de Segurança no trabalho, docente no curso de Engenharia civil da FAROL – Faculdade de Rolim de Moura. E-mail: Clodoaldo.neto@farol.edu.br

havidos.

A infraestrutura de saneamento ambiental, da grande maioria das cidades, não foi capaz de acompanhar as demandas exercidas, tanto pelo crescimento populacional como pela própria expansão do território urbano. Em decorrência, é notória a evolução temporal do processo de degradação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas urbanas, notadamente daquelas em que se inserem os municípios brasileiros. Assim sendo, é possível verificar a quase inexistência de sistemas abrangentes e eficientes de ordenamento das águas urbanas, em grandes áreas, na maioria das cidades brasileiras.

Um dos maiores desafios para os projetistas da área de saneamento é o ciclo do esgoto, desde a sua geração, passando pelo tratamento, até a sua disposição final. Esgotos sanitários são gerados em decorrência do uso urbano das águas de abastecimento. Os domicílios e as atividades comerciais, público-institucionais e industriais inseridas no meio urbano utilizam a água provida por sistema público de abastecimento e a ela agregam matéria de diversificada composição física, química e biológica.

Para realização de uma análise de alternativas para tratamentos de esgoto, faz-se necessária a utilização da ferramenta denominada estudo de concepção. Tal ferramenta é definida como sendo o estudo de arranjos das diferentes partes de um sistema, organizados de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da concepção básica, sendo esta concepção básica definida como a melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social.

A pesquisa retorna dados referentes aos diversos sistemas de tratamento analisados, sua eficiência quanto à remoção das substâncias patogênicas, seu custo por habitante, sendo o que se apresentou como melhor solução, para este caso, foi o sistema Tanque Séptico coletivo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Características do esgoto doméstico

De acordo com a sua origem, os esgotos são classificados em: Sanitário, doméstico, industrial e pluvial. (NBR 9648, ABNT, 1986)

O esgoto doméstico é definido como o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. São providas principalmente de residências que dispõem de áreas molhadas tais como instalações de banheiro, cozinhas e lavanderias. Podem ser fornecidos também por estabelecimentos comerciais e instituições. (NBR 9648, ABNT, 1986)

O esgoto industrial é aquele gerado através das atividades industriais, onde a característica do esgoto varia conforme o tipo de fábrica juntamente com uma vazão tipicamente de esgoto doméstico originada nas unidades sanitárias, tais como pias, bacias e lavatórios. (NBR 9648, ABNT, 1986)

O esgoto pluvial tem a sua geração formada a partir da coleta de águas da chuva, do escoamento superficial originado das intempéries. (NBR 9648, ABNT, 1986)

A característica do esgoto doméstico é definida através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Sua composição é formada essencialmente por fezes humanas, alimentos não digeridos, gorduras, sais, micro organismos e água. As principais características físicas ligadas aos esgotos domésticos são: matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez e variação de vazão. (FUNASA, 2006)

As principais características químicas dos esgotos domésticos são: matéria orgânica e matéria inorgânica. (...) As principais características biológicas do esgoto doméstico são: microorganismos de águas residuais e indicadores de poluição. (FUNASA, 2006)

Tanque séptico

Os sistemas unitários são sistemas individuais que visam atender a pequenas comunidades, tais como residência ou pequenos condomínios. O tanque séptico tem sido

empregado desde o século XIX, sendo que estas unidades são projetadas para receber as águas provenientes das cozinhas, desde que previamente passem por uma caixa de gordura, assim como as águas das lavanderias domiciliares, lavatórios, vasos sanitários, bidês, banheiros, chuveiros, mictórios, ralos de piso de compartimentos interiores ou qualquer outro despejo cujas características se assemelhem às do esgoto doméstico. (Jordão & Volschan Junior, 2009)

Também chamado de fossa séptica, a sua função principal é permitir que ocorra a sedimentação do efluente, que haja o armazenamento do sólido sedimentado e que a sua digestão ocorra em um ambiente anaeróbio. As características do efluente de um tanque séptico são a cor escura, o odor característico devido à presença de gás sulfídrico e outros gases que produzem odores. Em relação às bactérias, as decompositoras de matéria orgânica estão presentes em grande quantidade. Comparando a uma estação convencional, a fossa séptica estaria, ao mesmo tempo, substituindo o decantador primário e o digestor de lodos, sem nenhum consumo de energia. (Nuvolari, 2011)

Filtro anaeróbio

A NBR 13969 (ABNT, 1997) caracteriza o filtro anaeróbio como sendo um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microorganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Sua utilização é mais recorrente na retenção dos sólidos.

Para que haja um aumento na eficiência do tratamento, utiliza-se juntamente com a fossa séptica um filtro anaeróbio. O filtro anaeróbio trata-se de um tanque dotado de fundo falso perfurado. Sua dimensão pode ser cilíndrica ou prismática. O efluente da fossa séptica entra por esse fundo falso e atravessa o fundo das lajes que sustenta o material de enchimento. Esse enchimento pode ser feito com pedra britada n. 04 ou 05 com as dimensões uniformes, bem como as peças plásticas em anéis ou estruturadas. (Nuvolari, 2011)

Quanto ao fundo falso, o diâmetro dos tubos deve ser de 2,5 cm. Caso os tubos sejam perfurados, o diâmetro do furo deverá ser de 1,0 cm. Caso o material utilizado seja o plástico, fica dispensado o fundo falso, em seu lugar, utiliza-se uma tela de aço inox ou o próprio material já estruturado. (NBR 13969, ABNT 1997)

Segundo Macintyre (1996), a redução de coliformes no tanque séptico varia entre 40 a 60% de eficiência. O fator de eficiência da remoção da DBO varia em torno de 30 a 60%.

Combinando então o uso de tanque séptico com câmara única juntamente com o filtro anaeróbio, chegamos aos valores de remoção da DBO variando na faixa de 50 a 70% de eficiência. (Jordão & Volschan Junior, 2009).

Deste modo, observa-se que, utilizando o filtro anaeróbio, aumenta-se a eficiência do tratamento.

Lagoa anaeróbia

Concebida de forma natural de tratamento anaeróbio, as lagoas foram, por muitos anos, empregadas para o tratamento de efluentes concentrados em matéria orgânica. A elevada carga orgânica aplicada e a configuração das lagoas asseguravam condições anaeróbias, mas a degradação biológica ocorria a baixas taxas, sendo necessários altos tempos de retenção hidráulica para se alcançar eficiência aceitáveis de remoção de DBO e DQO. (Sant'Anna Junior, 2010)

Segundo Campos (1999), as lagoas anaeróbias, quando comparadas a uma estação de tratamento convencional, podem substituir, com vantagem, em termos de eficiência, custos e facilidade de operação, as seguintes unidades de tratamento:

- Decantadores primários;
- Adensadores de lodos;
- Digestores anaeróbios;
- Unidades de desaguamento de lodos;
- Bombas, tubulações e dispositivos de transferência de lodos.

Assim sendo, é importante frisar que a eficiência de tratamento realizada pela lagoa anaeróbia é alta. As remoções de DBO atingidas nas lagoas anaeróbias se situam comumente nas faixas de 50 a 70% para esgotos domésticos. Como propostas de aprimoramento, tem se distribuído o esgoto em diferentes pontos e profundidades, a fim de criar um escoamento vertical através da camada de lodo, incrementando o contato entre os micro-organismos e os poluentes orgânicos. (Sant'Anna Junior, 2010).

A eficiência de remoção de coliformes fecais varia muito conforme alguns fatores

como a temperatura, o tempo de detenção, a geometria das lagoas e as características do esgoto bruto. Conforme pesquisa realizada por Aguiar *et al.* (1997) na cidade de Vitória - ES, o efluente da lagoa anaeróbia tem o seu número de coliformes reduzido em 91%.

Tendo em vista que a temperatura é fator primordial na eficiência da lagoa anaeróbia para o tratamento de esgoto, adota-se, portanto, os mesmos parâmetros, estimando que este possa ter eficiência igual ou superior aos expostos no estudo, haja vista que a temperatura na região da cidade Porto Velho é superior a de Vitória.

A lagoa anaeróbia é sem dúvida umas das formas mais atrativas para ser instrumento de tratamento de efluente, uma vez que as suas exigências construtivas são baixas, porém, seu maior empecilho é a necessidade de área superior a de outros sistemas de tratamento, fazendo com que em muitos casos este sistema seja preterido. Campos (1999) sugere que para o dimensionamento da lagoa anaeróbia, adote-se a profundidade entre 3 e 5 metros.

Volume de esgoto gerado na intervenção diariamente

É necessário que se determine a quantidade per capita de esgotos. Para isso, serão extraídos os dados da NBR 7229 (ABNT, 1993):

Diversos parâmetros são necessários para o dimensionamento; enquadram-se nesse conjunto os coeficientes de retorno, de máxima vazão diária e de máxima vazão horária. A NBR 9649 (ABNT, 1986) faz recomendações em seu conteúdo com relação aos parâmetros para estes coeficientes.

Existe ainda a contribuição das águas de infiltração, A NBR 9649 (ABNT, 1986) delimita esses valores no intervalo de 0,05 a 1,0 L/s.km (litros / segundo x quilômetro). Esta variação ocorre devido ao tipo de junta utilizado, material da tubulação, qualidade da execução da rede, nível d'água do lençol freático e natureza do subsolo.

Dimensiona-se o volume de esgoto doméstico gerado na edificação para a hora de maior consumo, considerando a população máxima, ou seja, a população de final de plano, para tanto, utilizamos a seguinte equação:

$$Q_f = \frac{q \times c \times P_f \times k_1 \times k_2}{86400} + Q_i$$

Métodos construtivos

Tanque Séptico

Como definição:

A fossa séptica deve ser fechada, provida de tampa para inspeção e limpeza e enterrada no solo. Seu material pode variar, sendo a mesma construída em alvenaria, anéis pré-moldados de concreto, material plástico reforçado com fibra de vidro. Este último, especificamente, é mais leve e fácil manuseio, sendo comercializado por empresas especializadas. Seu formato pode ser prismático, cilíndrico ou retangular. Geralmente as fossas são retangulares, pois, desse modo, evita perturbações ao seu funcionamento, melhorando a condição de escoamento hidráulico. (NBR 7229, ABNT 1993)

Para o dimensionamento do volume total da fossa séptica, adotam-se as recomendações da NBR 7229 (ABNT, 1993).

Filtro anaeróbio

Para o dimensionamento correto do filtro anaeróbio, a NBR 13969 (ABNT, 1997) recomenda que a metodologia utilizada seja a exposta a seguir:

$$V = 1,60 \times N \times C \times T_d$$

Onde: V = volume útil em litros;

N = Número de contribuintes;

C = Contribuição unitária em litros/pessoa x dia;

T_d = Tempo de detenção

A altura do leito filtrante deve ser limitada a 1,20 metros; o fundo falso deve ter 0,60 metros no máximo. O volume mínimo para o filtro anaeróbio deve ser de 1000 litros

A altura interna total do filtro anaeróbio é determinada através da soma das alturas do leito filtrante, da calha coletora e da sobressalente. A perda de carga hidráulica entre o nível mínimo do tanque séptico e o nível máximo do filtro anaeróbio deve ser de 0,10 metros.

Para determinar a área do filtro anaeróbio, utiliza-se o volume encontrado dividido pela altura, sendo esta a metodologia apresentada para o cálculo. Quanto às dimensões, a norma não especifica a proporção entre os lados do filtro, caso seja retangular, porém

determina que o diâmetro mínimo no caso dos filtros circulares seja de 0,95 m.

Para o filtro prismático quadrado, deverá ser usado o seguinte método:

$$A = L^2$$

Onde: A = Área da seção transversal do filtro em metros quadrados;

L = Lado da seção transversal do filtro em metros;

Para o filtro prismático circular, deverá ser usado o seguinte método:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Onde: A = Área da seção transversal do filtro em metros quadrados;

D = Diâmetro da seção transversal do filtro em metros;

Lagoa anaeróbia

Para determinar o volume útil da lagoa, é necessário utilizar – se dos seguintes parâmetros:

Taxa de aplicação de carga orgânica (TCO);

Tempo de detenção hidráulico θ_h , expresso em dias;

Para determinar o volume da lagoa anaeróbia, é necessário realizar o produto da vazão do esgoto e o tempo de detenção hidráulica. Sendo assim representado:

$$V_l = Q_f \times TDH$$

Sendo: V_l = Volume da lagoa (m³)

Q_f = Vazão para fim de plano (m³/dia)

TDH = Tempo de detenção hidráulica (dias)

METODOLOGIA

Para análise da técnica mais vantajosa, deverá ser levado em consideração o custo para implantação do sistema escolhido. Deve-se salientar que o custo da aquisição do terreno também deverá estar incluso. Os custos por unidades serão baseado na tabela desonerada do

SINAPI com a referência do mês de fevereiro de 2015.

A hipótese que representa melhor vantagem do ponto de vista ambiental é aquela que possui maior eficiência na remoção dos agentes contaminantes do efluente, não analisando a questão de custo. Para esta análise, deverá ser levada em consideração a eficiência quanto à remoção da DBO e dos coliformes termotolerantes.

DESENVOLVIMENTO

Características da região estudada

O condomínio está situado à Rua Engº Anysio da Rocha Compasso (estrada da penal), bairro Aponiã, sendo os pontos de referências os condomínios Ecoville e Verana, e o Centro de Tradições Gaúchas (CTG), na cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia. A figura 1 apresenta uma vista superior do local.

Figura 1 - Vista Aérea do Condomínio.



Fonte: Google Earth, 2015.

Os serviços de abastecimento de água do condomínio são realizados pela própria administração, através de poços artesianos que se localizam em diversos pontos do condomínio. O sistema contempla três reservatórios elevados, sendo cada um com capacidade de 10 m³.

A intervenção analisada não dispõe de um sistema de coleta e tratamento de esgoto

sanitário. O problema é contornado pelos moradores através do lançamento dos efluentes em fossas do tipo tanque sépticos com sumidouros. Em diversos locais, o “tratamento” é feito através de fossas rudimentares, conhecidas também como fossas negras.

Como agravante, a contaminação do lençol freático atinge diretamente a todos os moradores, pois não há qualquer tratamento preliminar para a distribuição da água, sendo esta distribuída sem qualquer controle de qualidade.

Tais práticas, todavia, contribuem para a geração de problemas de saúde provenientes do contato com o esgoto bruto.

O empreendimento não possui sistema de direcionamento para águas pluviais, deixando apenas que o fluido escoar naturalmente, seja infiltrando no lençol freático ou escoando para dentro de residências com nível abaixo da rua. Esta ausência acarreta principalmente em avarias as ruas, estas não pavimentadas, trazendo prejuízos aos moradores com a depreciação de seus veículos automotores, bem como o mal estar de se ter uma rua alagada.

Com relação aos serviços de coleta de lixo, tais serviços são realizados pela Prefeitura da cidade de Porto Velho, que mantém caminhões fazendo a coleta duas vezes na semana, geralmente na quarta-feira e no domingo.

O condomínio conta atualmente com 166 (cento e sessenta e seis) imóveis residenciais, e possui 85 (oitenta e cinco) terrenos ainda não edificados.

Por se tratar de um condomínio residencial, e este possuir delimitação de área, o valor adotado para a população de projeto será em favor da sua ocupação total, uma vez que não existem perspectivas de ampliação da área do condomínio, ou de construção de industriais ou outros tipos de empreendimentos na região que afetem diretamente na quantidade de pessoas que usufruirão do sistema adotado.

Característica do esgoto

Como a intervenção analisada aborda um condomínio residencial, sem a presença de indústria em seu interior, a designação do tratamento proposto será baseada nas características do esgoto doméstico, acrescido das características relativa às águas de infiltração e seus valores correspondentes.

A natureza do efluente gerado no condomínio é referente ao esgoto doméstico acrescido das águas de infiltrações.

Cálculo do volume de esgoto

A quantidade gerada de esgoto está diretamente ligada na quantidade consumida de água. Fatores como condições socioeconômicas, qualidade da água e clima, influenciam inteiramente este ciclo. Esta é e expressa em termos de vazão de esgotos e corresponde ao volume de esgoto gerado – em litros (L) ou em metros cúbicos (m³) – por unidade de tempo – em segundo (s), hora (h), ou dia (d).

Especificando para um habitante, o consumo de água pode ser denominado “consumo per capita”. Corresponde à razão entre a vazão de água produzida e a população nele inserida; usualmente é expresso em L/hab.d. (Jordão & Volschan Junior, 2009)

Verificou-se que para este empreendimento, o padrão utilizado será o socioeconômico médio, utilizando como parâmetro a sistemática de que o padrão socioeconômico baixo se enquadraria em empreendimentos habitacionais geridos por programas do governo federal e o padrão alto se encaixaria em condomínios estruturados, que possuem a infraestrutura executada, sendo uma delas o saneamento básico. Deste modo, o volume per capita de esgoto adotado será de 130 L/hab.d.

Pelas características do local, levando – se em consideração que as ruas não são asfaltadas, deve-se considerar, portanto, um valor alto para a vazão de infiltração. Tal valor só não será máximo, pois, considerando que o material da tubulação da rede coletora será de PVC e as juntas elásticas em PEAD, estima-se o valor de 0,75 L/s.km para as águas de infiltração. Considerando ainda que a rede possuirá aproximadamente um quilômetro de extensão, o valor total da vazão de infiltração será de 0,75 L/s.

Deste modo, com os dados obtidos, estima-se a quantidade de habitantes conforme a tabela 1:

Tabela 1 - Cálculo da População de Projeto

Período	Tipo de ocupação	Quantidade de imóveis	População estimada
Início do plano (2.015)	Residências	166	664
	Outros		
	Total	166	664
Final do plano (2.025)	Residências	251	1004
	Outros		
	Total	251	1004

Fonte: Autor.

Adotando os parâmetros expostos no item 3.2:

$$Q_f = \frac{q \times c \times P_f \times k_1 \times k_2}{86400} + Q_i$$

Sendo: $P_f = 1004$; $q = 130$ l/s; $c = 0,80$; $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,5$; $Q_i = 0,75$ l/s

Encontra-se o volume de esgoto domestico gerado na edificação para a hora de maior consumo no valor de 2,93 L/s. Adota-se, portanto, o valor de 3,0 L/s.

Unidades de tratamento

Tanque séptico individual

Considerou – se a contribuição diária inferior a 1.500 litros, o intervalo de limpeza de 1 ano e a temperatura superior a 20°C; para o sistema coletivo, a contribuição diária foi mensurada em maior do que 9.000 litros, o intervalo de limpeza manteve-se o de 1 ano e a temperatura superior a 20°C.

Temos então que $V = 1.748$ litros. Transformando este valor em metros cúbicos, obtemos $V = 1,75$ m³, sendo este o volume do tanque séptico para um lote.

Considerando o volume útil do tanque séptico unitário, que equivale a 1,75 m³, a sua profundidade irá variar entre 1,20 e 2,20 metros. Como o volume útil é pequeno, quando

comparado ao montante total gerado pelo condomínio, adota-se um valor próximo à profundidade mínima.

Para este caso, considerar altura igual a 1,40 m. A área resulta num valor igual a 1,25 m². Considerando a proporcionalidade 2:1 temos que as dimensões serão de 1,60 x 0,80 m.

Tanque séptico coletivo

Dimensionando agora dois tanques sépticos conforme NBR 7229 (ABNT, 1993), sendo cada um responsável por atender metade da demanda gerada pelo condomínio, temos o volume do tanque séptico $V = 62,24 \text{ m}^3$.

Neste caso é necessário que haja um melhor aproveitamento da área superficial, considera-se a altura máxima permitida de 2,80 m, resultando numa área igual a 22,23 m². Considerando a proporcionalidade 2:1 temos, portanto, que as dimensões de cada um dos dois tanques sépticos serão de 6,70 x 3,35 m.

Filtro anaeróbio para um sistema unifamiliar

Para o filtro anaeróbio, o dimensionamento resultou-se num volume $V = 0,83 \text{ m}^3$, sendo adotado o volume mínimo de 1 m³.

Com a intenção em reduzir a área superficial, considerou-se a altura H máxima, encontrando – se uma área de 0,83 m² e um diâmetro igual a 1,03 m. Arredondando para 1,10 m, sua nova área será de 0,95 m²

Filtro anaeróbio para um sistema coletivo

Para o filtro coletivo, serão considerados a existência de 4 unidades, sendo que cada dupla atenderá a demanda de um dos tanques sépticos. Assim sendo, o cálculo resulta em $V = 26,104 \text{ m}^3$.

Com altura $H = 1,20\text{m}$, o resultado será uma área de 21,75 m² com diâmetro igual a 5,26. Arredondado para 5,30 m a nova área será de 22,06 m².

Lagoa anaeróbia

Para uma vazão dimensionada para fim de plano, no valor de 3 L/s, e o tempo de detenção hidráulica de 5 dias, para uma temperatura da lagoa variando entre 25 e 30°C, temos que o seu volume V_l será igual a 1.296 m³. Para definir a área, é necessário estipular o comprimento que a lagoa deve possuir. Em geral, os terrenos do condomínio possuem dimensões iguais a 12 x 25 metros, portanto, para a escolha do comprimento o valor estipulado será de 25 metros, resultando em uma área da seção transversal da lagoa de 51,84 m²,

Levando se em consideração a altura útil da lagoa de 5 metros, adotando – se a seção transversal de um trapézio, encontra-se a soma aritmética entre a base maior e a base menor igual a 20,74 m. Para a dimensão superior, adota – se o valor de 12 metros o que resulta numa base inferior de 8,74 metros.

Com relação à tubulação, adotou-se o diâmetro de 200 mm.

Diagnóstico das hipóteses analisando o fator econômico

O orçamento e a memória de cálculo referente aos serviços necessários para a implantação do sistema de tratamento de esgoto encontram-se nos Apêndices B e C.

O cálculo das dimensões do tanque séptico e do filtro anaeróbio, tanto individual quanto coletivo, permite que façamos a estimativa do custo por habitante atendido para este sistema de tratamento.

Para o sistema unitário tanque séptico, o levantamento apontou um custo total de R\$ 575.927,03, sendo o custo per capita a R\$ 573,63.

Para o sistema coletivo, o valor encontrado foi de R\$ 60.108,47, o que representa um custo unitário por habitante igual a R\$ 59,87.

Para o sistema unifamiliar tanque séptico + filtro anaeróbio, o levantamento nos permite afirma que a sua estimativa de custo é de R\$ 1.782.009,64 para atender a toda a população de fim de plano, sendo assim, o teu custo por habitante será igual a R\$ 1.774,91.

Em relação ao sistema coletivo, o valor total para a população de fim de plano foi estimado em R\$ 327.533,71. Com este parâmetro, o custo por habitante pode ser estimado

em. R\$ 326,23.

O custo de implantação de uma lagoa anaeróbia foi estimado em R\$ 133.743,64, sendo o per capita igual a R\$ 133,21.

Em resumo:

Tabela 2 - Resumo dos custos de implantação das unidades de tratamento

Unidades de Tratamento	Custo Total	Custo por habitante
TS COLETIVO	R\$ 60.108,47	R\$ 59,87
LAGOA ANAERÓBIA	R\$ 133.743,64	R\$ 133,21
TS + FI COLETIVO	R\$ 327.533,71	R\$ 326,23
TS INDIVIDUAL	R\$ 575.927,03	R\$ 573,63
TS + FI INDIVIDUAL	R\$ 1.782.009,64	R\$ 1.774,91

Fonte: Autor.

Avaliação das hipóteses com relação aos aspectos ambientais

Tabela 3 - Quadro comparativo quanto à eficiência dos sistemas de tratamento

Unidades de Tratamento	Eficiência de remoção de DBO	Eficiência de remoção de coliformes
LAGOA ANAERÓBIA	70%	91%
TS + FI INDIVIDUAL	70%	60%
TS + FI COLETIVO	70%	60%
TS INDIVIDUAL	60%	60%
TS COLETIVO	60%	60%

Fonte: Sant'Anna Junior, 2010; Jordão & Volschan Junior, 2009.

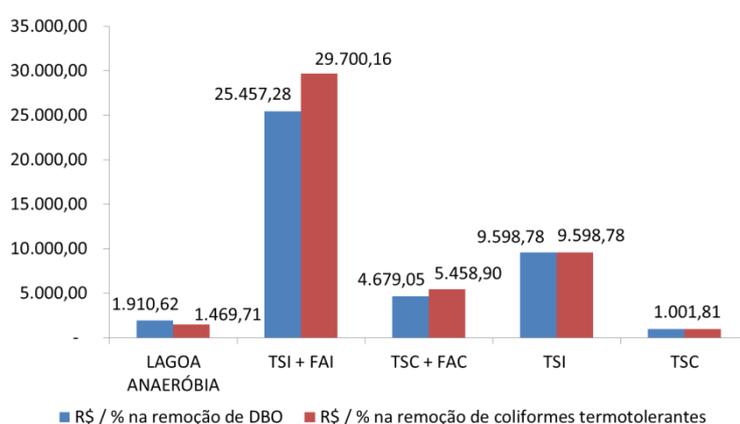
Analisando a eficiência quanto à remoção da DBO, a lagoa anaeróbia juntamente com o conjunto tanque séptico + filtro anaeróbio individual e coletivo possuem eficiência um pouco superior ao tanque séptico coletivo e individual.

Em relação à remoção dos coliformes fecais, a lagoa anaeróbia apresentou melhor eficiência frente aos outros tipos de tratamento especificados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posteriormente a apreciação das informações apresentadas neste trabalho, entende-se que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Sendo assim, com todo o embasamento dado pelos levantamentos realizados e todos os cálculos comparativos, observou-se que, dentre os sistemas apresentados, dois se sobressaíram. A lagoa anaeróbia se demonstrou mais eficiente na remoção da DBO e destacou-se na capacidade de remoção de coliformes termotolerantes.

Figura 2 – Análise entre o custo do sistema com relação à eficiência no tratamento.



Fonte: Autor, 2015

Com os padrões de lançamento especificado, podemos afirmar que todos os tratamentos expostos neste trabalho atendem as especificações mínimas necessárias para o seu lançamento no corpo receptor.

No ponto de vista econômico, o sistema de tanque séptico coletivo apresentou-se como o mais eficiente. Os sistemas individuais demonstraram serem os mais onerosos, o que inviabiliza a sua utilização. O sistema coletivo tanque séptico + filtro anaeróbio demonstrou ser uma opção interessante, haja vista a sua facilidade de operação e manutenção e a não necessidade de uma mão de obra qualificada.

Analisando os critérios ambientais, a lagoa mostrou-se melhor opção quando analisada a remoção dos coliformes termotolerantes. No parâmetro DBO, todos os sistemas demonstraram eficiência satisfatória.

Com relação à remoção dos coliformes termotolerantes, independentemente do sistema adotado, será necessária a incorporação de um sistema de desinfecção, seja ele por

cloração, radiação ultravioleta, ozonização ou lagoa de maturação, conforme sugerem Jordão e Pessôa (2005) e Von Sperling (2005).

Sendo assim, o sistema que demonstrou ser a melhor opção para a implantação é o Tanque séptico coletivo, uma vez que numa análise de eficiente se baseia em remoção da DBO e em seu valor proporcional.

A análise teve como ponto principal à eficiência quanto aos sistemas de tratamento proposto, bem como a sua aplicabilidade para o local. Para a implantação deste sistema, faz-se necessário um estudo aprofundado do manancial a fim de caracterizar a capacidade de suporte que o corpo receptor possui.

Deste modo, observa-se que, caso seja estudado todos os tipos de tratamento e pós-tratamento de esgoto, chegar-se-á a um resultado aonde cada sistema possuirá vantagens competitivas, fazendo necessária uma análise mais aprofundada de todos os fatores de ordem econômica e ambiental, e não somente ao de implantação do sistema, mas sim a do empreendimento como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229:** Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT 1997.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT 1986.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649:** Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT 1986.
- AGUIAR, M.M., SILVA, S.R., MENDONÇA, A.S.F.:** Eficiência na remoção de coliformes fecais em lagoas de estabilização na grande Vitória – ES: ABES, 1997 – Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/eficiencia.pdf>.
- CAMPOS, J. R.** Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro, 1999.
- FUNASA,** Fundação Nacional de Saúde: Manual de Saneamento. 3. Ed. Rev. Brasília, 2006.
- JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A.** Tratamento de esgotos domésticos. 4ª Rio de Janeiro. 932p. 2005.
- JORDÃO, E. P., VOLSCHAN JUNIOR, I.** Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais. Brasília, Distrito Federal, 2009.
- MACINTYRE, A. J.** Instalações hidráulicas prediais e industriais. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- NUVOLARI, A.** Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola – 2ª Ed. rev. Atualizada e ampl. São Paulo: Blucher, 2011.
- VON SPERLING, M.** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos. 3ª Ed Belo Horizonte. 452 p. 2005.

Recebido para publicação em junho de 2017
Aprovado para publicação em junho de 2017