

Estado do Rio Grande do Sul
CÂMARA MUNICIPAL DE BENTO GONÇALVES
Palácio 11 de Outubro

Ao Plenário
Câmara Municipal de Bento Gonçalves

Autor: Vereador **MOACIR CAMERINI**

CÂMARA MUNICIPAL
DE BENTO GONÇALVES
PROTOCOLO Nº 79
DE 02.02.2017
ÀS 09:26 HORAS
d. n.º

REQUERIMENTO

Requer que esta Casa encaminhe ofício à Secretaria de Meio Ambiente, para que esta providencie com urgência, informações a este vereador, se há algum impedimento na utilização de produtos para tratamento de fluentes como o Biorreator e Biofiltro (modelo em anexo) no município de Bento Gonçalves. Reiterando o Pedido de Informações de número 184/2016.

JUSTIFICATIVA

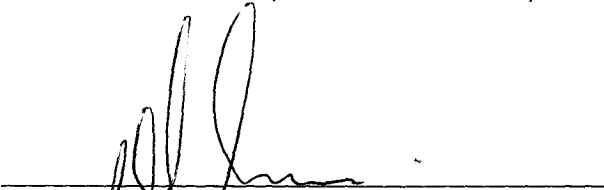
Por meio deste pedido venho requerer que esta Casa encaminhe ofício à Secretaria de Meio Ambiente, de Meio Ambiente, para que esta providencie com urgência, informações a este vereador, se há algum impedimento na utilização de produtos para tratamento de fluentes como o Biorreator e Biofiltro (modelo em anexo) no município de Bento Gonçalves. Reiterando o Pedido de Informações de número 184/2016.

Moradores comunicaram a este Vereador que não foi permitida a utilização deste filtro e fossa nas construções das casas no município, desta forma solicito informações técnicas se existe algum impedimento do uso destes equipamentos em Bento Gonçalves.

Na certeza de que nosso pedido merecerá seu pronto atendimento, desde já agradeço.

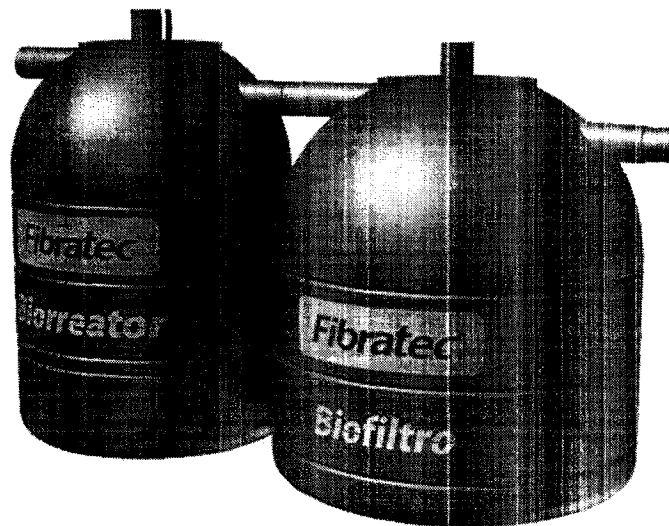
Nestes termos,
Pede deferimento.

Sala das Sessões, Fernando Ferrari, 01 de Fevereiro de 2017.


Vereador **MOACIR CAMERINI** - PDT
Líder da Bancada do PDT



**MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE TRATAMENTO
DO ESGOTO SANITÁRIO**



Obra: Demonstrativo

Responsável Técnico: Eng^o Rafael Celuppi

19/07/2011

SUMÁRIO

1 Apresentação	3
2 Características Gerais	3
3 Justificativa.....	3
4 Descrição dos equipamentos de tratamento.....	4
4.1 Reator anaeróbio de manta de lodo (Biorreator)	4
4.2 Biofiltro com tubos corrugados	5
4.3 Sistema Fibratec	6
5 Dados para projeto (Descrição sumária da obra).....	7
5.1 Referências Bibliográficas para dimensionamento	7
6.1 Cálculo da contribuição volumétrica de esgoto.....	8
6.2 Dimensionamento do Biorreator	8
6.2.1 Cálculo do volume do reator	8
6.2.2 Calculando o novo tempo de residência	9
6.2.3 Cálculo da concentração de substrato.....	9
6.2.4 Cálculo da carga orgânica diária	10
6.2.5 Cálculo da carga orgânica volumétrica	10
6.2.6 Cálculo da carga hidráulica volumétrica	11
6.2.7 Cálculo da velocidade superficial de fluxo.....	11
6.2.8 Cálculo da formação de lodo	12
6.3 Dimensionamento do Biofiltro	13
6.3.1 Cálculo do volume necessário do Biofiltro	13
7 Programa de monitoramento do sistema de tratamento.....	14
8 Operação dos equipamentos	14
8.1 Procedimento de manutenção do Biorreator e Biofiltro	14
9 Destinação dos produtos finais.....	15
9.1 Como definir como será a disposição final	15
10 Referência Bibliográficas	17

1 Apresentação

A *Fibratec* apresenta o Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários demonstrativo, a ser implantado na Avenida __, no município de __.

O projeto ora apresentado foi desenvolvido de acordo com as normativas existentes, determinações e padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Para determinação das contribuições de esgotos sanitários foram utilizados os critérios técnicos estabelecidos pelas normas da ABNT.

2 Características Gerais

Localização:

Obra: Demonstrativo

Proprietário:

Responsável Técnico: Rafael Celuppi CRQ - 13302144

3 Justificativa

Para o desenvolvimento da sociedade e seu correto funcionamento a água é um fator indispensável, pois desempenha diversas funções. Sendo que após a sua utilização, esta retorna somente como veículo de poluição, principalmente matéria orgânica gerada durante as atividades profissionais ou privadas.

A adoção de um maior rigor nos padrões de descarte de águas sanitárias tem motivado a implantação de tratamentos mais eficientes que os utilizados até o momento, neste contexto a *Fibratec* disponibiliza produtos inovadores que tem como objetivo a responsabilidade ambiental aliada ao bem estar do usuário e sociedade.

Os sistemas biológicos de tratamento de resíduos devem atender alguns importantes aspectos: (1) - remoção da matéria orgânica, portanto redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do resíduo a ser tratado; (2) - se possível, degradação de compostos químicos orgânicos de difícil degradação (recalcitrantes); (3) - fornecimento de um efluente

em condições que não afete o equilíbrio do sistema receptor final (rios, lagos, etc.) (LIE; MOLIN, 1991).

O tratamento biológico de resíduos é feito por mecanismos biológicos, reproduzindo, de certa maneira, os processos naturais que ocorrem em um corpo de água após o lançamento de despejos. Porém esse fenômeno ocorre em condições controladas e taxas mais elevadas que nos corpos de água (VON SPERLING, 1996).

4 Descrição dos equipamentos de tratamento

4.1 Reator anaeróbio de manta de lodo (Biorreator)

A aceitação e disseminação da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos, notadamente dos reatores tipo UASB, colocam o Brasil em uma posição de vanguarda em nível mundial. (CAMPOS, 1999).

O modelo do Biorreator usado pela *Fibratec* é conhecido como reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFAMALL). Um exemplo do biorreator *Fibratec* é ilustrado na Figura 01.

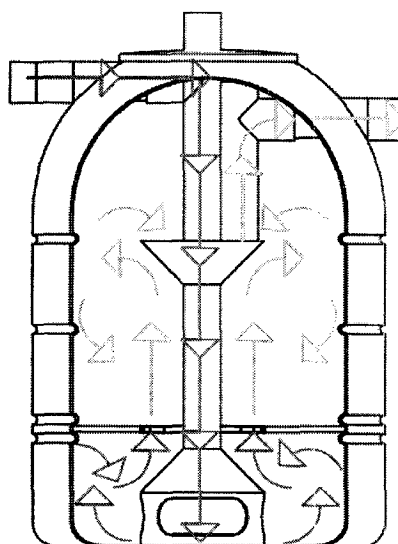


Figura 01 - Biorreator de 1000 L em PEMD.

Nota-se na Figura 01 a entrada do esgoto bruto e seu direcionamento para a parte

inferior do Biorreator. Com 2 zonas distintas e bem definidas, o caminho natural no efluente é ascendente e com um sistema de sinfonamento entra na tubulação de saída. A tubulação de saída do Biorreator deve obrigatoriamente conectar-se com a entrada do Biofiltro, caso contrário a eficiência não será a mesma.

4.2 Biofiltro com tubos corrugados

O Biofiltro é uma tecnologia que tem como guia a NBR 13969/97, que estabelece procedimentos para o dimensionamento, construção, instalação e manutenção. Alguns diferenciais são encontrados no Biofiltro *Fibratec*, como a substituição do meio filtrante por tubos corrugados de polietileno de alta densidade (PEAD). Com a utilização deste material, os microrganismos encontram um suporte ideal e com uma área superficial maior. Uma dos grandes diferenciais é na sua manutenção, pois não necessita de retro-lavagem devido ao microrganismo não conseguir manter sua fixação após a inativação de sua atividade metabólica.

A forma de funcionamento do Biofiltro *Fibratec* é ilustrado na Figura 02.

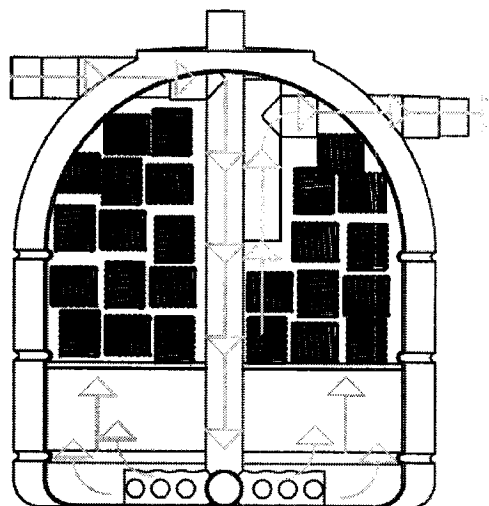


Figura 02 Biofiltro de 1000L em PEAD.

A entrada do Biofiltro é conectada com a saída do Biorreator, e o sentido das águas sanitárias indica que o efluente tem o fluxo ascendente, passando entre o material suporte.

Como a norma NBR 13969/97, mostra os cálculos usando-se a brita como material filtrante, o coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material recheio utilizado é 1,6, já com anel de condúite elétrico (tubos corrugados em PEAD) o coeficiente usual é 1,1, conforme o memorial de cálculo apresentado no Anexo A.

O uso com material plástico como meio suporte, deve-se ao fato de atenderem todas as propriedades físicas favoráveis ao processo biológico, com grandes vantagens em relação às pedras, principalmente no que se refere a peso unitário, área de suporte para as colônias de microrganismos, volume de vazios, bem como a fácil aquisição, fácil transporte, seleção racional da forma e tamanho (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

4.3 Sistema Fibratec

Para sistemas de tratamento com volumes superiores a 2000 L a *Fibratec* reserva-se a utilizar como material construtivo de seus equipamentos poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) de acordo com a NBR 7229/93 e NBR 13969/97. A Figura 03 mostra em detalhes o equipamento fabricado em PRFV.

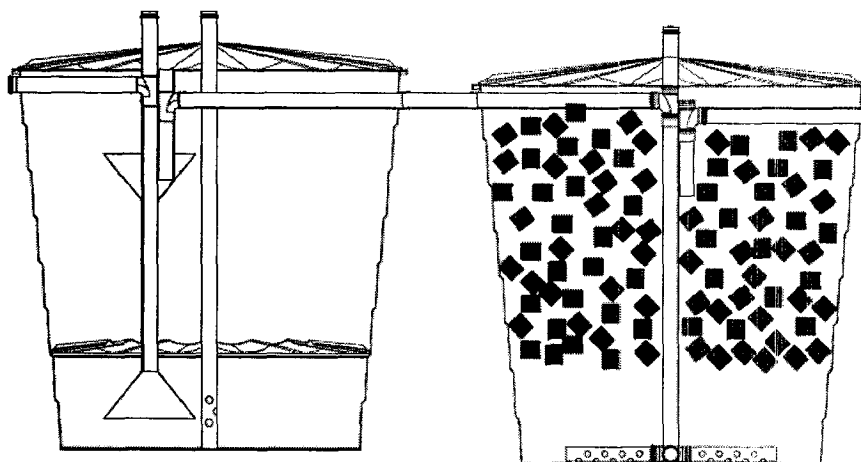


Figura 03 - Sistema Biorreator e Biofiltro em PRFV.

5 Dados para projeto (Descrição sumária da obra)

- Classificação do estabelecimento de acordo com a NBR 13.969 é Padrão médio
- O número de pessoas do prédio é de 6 pessoas.

5.1 Referências Bibliográficas para dimensionamento

O projeto de dimensionamento está baseado em:

CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

Instituições participantes desse estudo: PUC-PR, UFMG, UFPb, UFRGS, UFRN, UNICAMP, USP.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores anaeróbicos. 2. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

NBR - 13969 Tanques *Sépticos* - *Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos* - *Projeto, Construção e Operação*. ABNT, setembro de 1997.

6 Memorial de Cálculo

Segundo a NBR 13969/97, obtemos a quantidade de efluente gerada por uma pessoa em um dia, através deste obtemos a vazão de esgoto sanitário chegando na estação de tratamento.

6.1 Cálculo da contribuição volumétrica de esgoto

$Q = \text{número de ocupantes} \times \text{quantidade gerada por dia}$

$Q = 6 \times 130$

$Q = 780 \text{ litros/dia}$

Conforme Campos (1999) é obtido uma equação para a eficiência com relação ao tempo de residência no Biorreator. Para conseguirmos uma remoção da DBO de até 85%, precisamos um tempo de residência superior a 22 horas. Portanto foi admitido um tempo de residência inicial de 24 horas e posteriormente recalculado de acordo com o volume do reator comercializado.

6.2 Dimensionamento do Biorreator

6.2.1 Cálculo do volume do reator

$V = \text{tempo de residência} \times \text{vazão}$

$V = 1 \times 780$

$V = 780 \text{ litros}$

Para fins comerciais esse Biorreator vai ser aproximado para um volume de 1000 litros, podendo-se visualizar as dimensões na Figura 04.

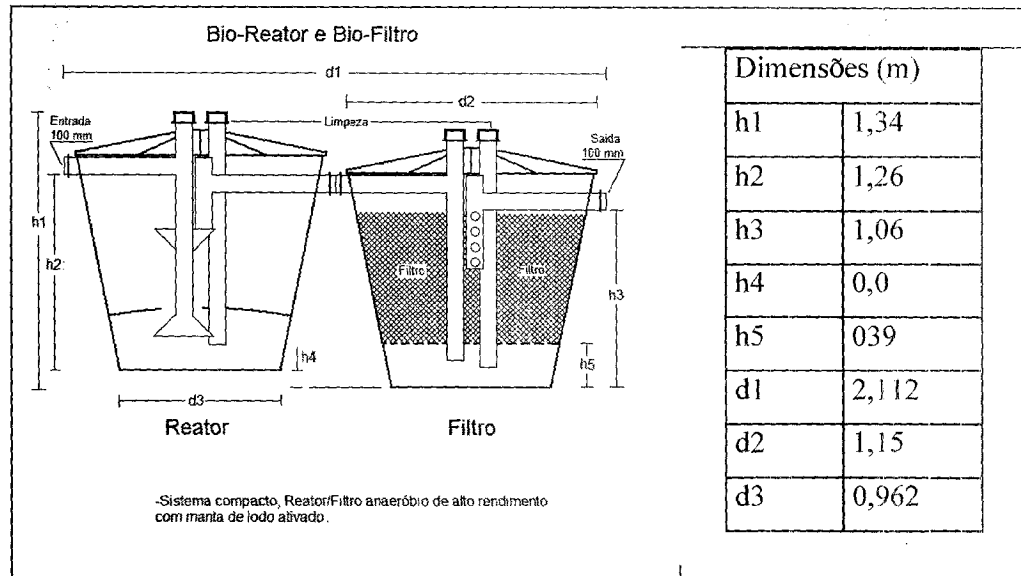


Figura 04 - Dimensões do equipamento.

6.2.2 Calculando o novo tempo de residência

$TDH = \text{Volume do Biorreator comercializado} / \text{Contribuição volumétrica de esgoto}$

$$TDH = 1000/780$$

$$TDH = 1,2820 \text{ dias}$$

Para o cálculo da concentração de substrato é necessário verificar a classificação do gerador na NBR 13969/97, obtendo-se na Tabela 3 a contribuição de carga orgânica e a contribuição volumétrica de esgoto.

6.2.3 Cálculo da concentração de substrato

$S_{DBO} = (\text{Contribuição de carga orgânica}) / \text{Contribuição volumétrica de esgoto}$

$$S_{DBO} = (45) / 130$$

$$S_{DBO} = 0,3461 \text{ g DBO/litro}$$

Transformando a concentração de substrato em termos de DQO, baseou-se em Von Sperling (1996) que estabelece para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO média é aproximadamente 2.

$$S_{DQO} = S_{DBO} * 2$$

$$S_{DQO} = 0,6923 \text{ g DQO/litro}$$

Para que possamos calcular a carga orgânica e a DQO que chega no Biorreator diariamente, é obtido pela seguinte expressão.

6.2.4 Cálculo da carga orgânica diária

$$\text{Carga orgânica diária} = S_{DBO} * \text{Contribuição volumétrica de esgoto}$$

$$\text{Carga orgânica diária} = 0,3461 \text{ g DBO/litro} * 780 \text{ litros/dia}$$

$$\text{Carga orgânica diária} = 269,958 \text{ g DBO/dia}$$

Define-se a carga orgânica volumétrica como a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator por unidade de volume. Encontra-se em efluentes industriais cargas orgânicas extremamente elevadas (da ordem 45 kg DQO/m³.d) aplicadas com sucesso em instalações piloto, porém tratando-se de esgoto doméstico a carga orgânica volumétrica atinge até 3,5 kg DQO/m³.d (CAMPOS, 1999).

Para o cálculo da carga orgânica volumétrica, segundo Chernicharo (2007) temos a seguinte expressão.

6.2.5 Cálculo da carga orgânica volumétrica

$$\text{COV} = (\text{Contribuição diária de esgoto} \times \text{Concentração de substrato}) / \text{Volume do reator}$$

$$\text{COV} = (780 \times 0,6923) / 1000$$

$$\text{COV} = 0,5399 \text{ g DQO/l.dia}$$

$$\text{COV} = 0,5399 \text{ Kg DQO/m}^3\text{.dia}$$

A carga hidráulica volumétrica caracteriza-se pelo volume de esgotos aplicados diariamente ao Biorreator, por unidade de volume do mesmo. É encontrado na bibliografia estudos experimentais demonstrando que a carga hidráulica volumétrica não deve ultrapassar

o valor de $5,0 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ (CHERNICHARO, 2007).

6.2.6 Cálculo da carga hidráulica volumétrica

$\text{CHV} = \text{Contribuição volumétrica de esgoto} / \text{Volume do reator}$

$\text{CHV} = 780 / 1000$

$\text{CHV} = 0,78 \text{ l/l.dia}$

$\text{CHV} = 0,78 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{dia}$

O cálculo da velocidade ascendente do fluxo é obtido a partir da razão entre a altura e o tempo de detenção hidráulico. As velocidades ascendentes médias são admitidas até $0,7 \text{ m/h}$ para esgotos sanitários, sendo tolerados picos temporários de até 2 m/h e $1,1 \text{ m/h}$ para vazões máximas.

6.2.7 Cálculo da velocidade superficial de fluxo

$\text{Velocidade} = \text{Contribuição volumétrica de esgoto} / \text{Área transversal média do Biorreator}$

Definindo a área transversal como:

$\text{Área transversal média} = \text{Volume do Biorreator} / \text{Altura}$

Substituindo na equação da velocidade,

$\text{Velocidade} = \text{Contribuição volumétrica de esgoto} * \text{Altura} / \text{Volume do Biorreator}$

Como já foi definido o tempo de residência, temos:

$\text{Tempo de residência} = \text{Volume do Biorreator} / \text{Contribuição volumétrica de esgoto}$

Substituindo na equação da velocidade, obtemos:

$\text{Velocidade} = \text{altura do reator} / (\text{tempo de residência} * 24)$

$\text{Velocidade} = 1,06 / (1,2820 * 24)$

$\text{Velocidade} = 0,0345 \text{ metros/hora}$

6.2.8 Cálculo da formação de lodo

Como no Biorreator Fibratec é composto pela grande maioria de microrganismos anaeróbios, uma das rotas de conversão da matéria orgânica é o crescimento bacteriano, porém conforme Campos (1999), essa taxa de crescimento é baixa, resultando assim em uma baixa produção de sólidos biológicos que vem a constituir-se no lodo a ser descartado periodicamente. Essa baixa produção de lodo é uma das principais vantagens dos processos anaeróbios em relação aos aeróbios. O coeficiente de produção de sólidos no sistema foi assumido $Y = 0,10 \text{ kg SST/kg DQO}$ (Campos, 1999). E a carga de DQO aplicada no sistema é em Kg DQO/dia, ou seja, multiplicamos a concentração de substrato em termos de DQO e a contribuição diária de esgoto.

$$\text{Contribuição de Kg DQO /dia} = S_{\text{DQO}} * \text{Contribuição de esgoto}$$

$$\text{Contribuição de Kg DQO /dia} = 0,0006923 * 780$$

$$\text{Contribuição de Kg DQO /dia} = 0,5399 \text{ Kg DQO/dia}$$

Produção de sólidos no sistema = produção de sólidos no sistema x carga de DQO aplicada no sistema

$$P_{\text{lodo}} = 0,1 \times 0,5399$$

$$P_{\text{lodo}} = 0,05399 \text{ kg SST/dia}$$

A concentração de lodo varia de 3 a 5% (CHERNICHARO, 1997). Em nosso dimensionamento utilizamos o valor máximo de 5%.

Cálculo do volume de lodo gerado por dia

Volume do lodo = produção de sólidos no sistema / (densidade da carga biológica x porcentagem que representa a carga biológica)

$$\text{Volume do lodo} = 0,05399 / (1,030 \times 0,05)$$

$$\text{Volume do lodo} = 1,0485 \text{ l/dia}$$

É assumido que o volume disponível para a decantação do lodo é metade do volume do Biorreator.

$$\text{Volume de acúmulo} = \text{Volume do Biorreator} / 2$$

$$\text{Volume de acúmulo} = 1000 / 2$$

$$\text{Volume de acúmulo} = 500 \text{ litros}$$

Com os dados do volume disponível para o acúmulo de lodo no sistema e o volume de lodo gerado por dia, resulta no tempo necessário para efetuar a limpeza do bio-reator.

$$\text{Tempo de limpeza do reator} = \text{Volume de acúmulo} / \text{Volume de lodo gerado por dia}$$

$$\text{Tempo de limpeza do reator} = 500 / (1,0485 * 30)$$

$$\text{Tempo de limpeza do reator} = 15,90 \text{ meses}$$

OBS: O sistema de descarte de lodo é essencial para um bom rendimento no tratamento, pois se destina à retirada periódica do excedente de biomassa acumulada, além de retirar material inerte que possa vir acumular-se no fundo do Biorreator. A metodologia para a manutenção é descrita posteriormente no item 8.

6.3 Dimensionamento do Biofiltro

6.3.1 Cálculo do volume necessário do Biofiltro

Conforme descrito anteriormente, o tempo de residência é obtido de acordo com a NBR 13969/97, a única diferença que é feita da norma é o coeficiente de multiplicação, utilizando 1,1 (Anexo A), pois o material filtrante é tubos corrugados no lugar da brita.

Volume do Biofiltro = Coeficiente de volume ocupado pelo recheio x Número de ocupantes x Quantidade gerada por pessoa x Tempo de residência

$$\text{Volume do Biofiltro} = 1,1 \times 6 \times 130 \times 1,17$$

$$\text{Volume do Biofiltro} = 1003,86 \text{ litros}$$

Para fins comerciais esse Biofiltro vai ser aproximado de 1100 litros.

Não é realizado cálculos da necessidade de limpeza, pois a produção de sólidos é muito baixa, e é desnecessário realizar a retro lavagem. Através disso, é aconselhado o

descarte de lodo do Biofiltro quando é feita a limpeza do Biorreator.

7 Programa de monitoramento do sistema de tratamento

O Programa de monitoramento ambiental do Sistema de Tratamento de Esgotos compreenderá a execução de análises físico-químicas e bacteriológicas de efluentes líquidos e controle de disposição final de resíduos sólidos.

Os cálculos demonstrados anteriormente são teóricos podendo os valores de eficiência do sistema real divergirem dos resultados teóricos. Para efeito de monitoramento os valores dos parâmetros no final do sistema devem ser inferiores aos estipulados pela Tabela 5 da NBR 13969/97 que equivale a Tabela 1 deste memorial.

Tabela 1 - Valores para lançamento nas galerias de águas pluviais

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
DBO _{5,20}	Inferior a 60 mg/L	Oxigênio dissolvido	Superior a 1,0mg/L
DQO	Inferior a 150 mg/L	Sólidos sedimentáveis	Inferior a 0,5mg/L
pH	Entre 6,0 e 9,0	Sólidos não filtráveis	Inferior a 50mg/L
Temperatura	Inferior a 40°C	Coliformes fecais	<1000NMP/100mL
Óleos e graxas	Inferiores a 50 mg/L	Cloro residual livre	Superior a 0,5 mg/L

8 Operação dos equipamentos

8.1 Procedimento de manutenção do Biorreator e Biofiltro

Quando atingir o tempo necessário para a limpeza do Biorreator e do Biofiltro, conforme demonstrado neste memorial deve-se efetuar a retirada de parte do lodo acumulado ao decorrer do tempo. O procedimento é descrito abaixo:

- Retirar a tampa de inspeção;
- Abrir os canos com as marcações M e L;
- O bucal M, deixar livre para a entrada de ar;
- No bucal L, conectar a mangueira do caminhão que irá succionar o lodo decantado no biorreator, o mesmo vale para o Biofiltro;

- Efetuar a sucção;
- Colocar novamente os tampões nos canos M e L do Biorreator e Biofiltro.
- Fechar a tampa de inspeção;
- Pode-se retomar o tratamento de efluente com o sistema Fibratec. Pois o mesmo tem um volume máximo de descarte, mantendo uma quantidade de lodo mínima para a funcionabilidade do sistema.

9 Destinação dos produtos finais

A NBR 13.969/97, estabelece alternativas para a disposição final do efluente, de acordo com as características encontradas na região. A água sanitária obtida no final do tratamento feito pelo sistema de Bioreator e Biofiltro, tem níveis de purificação de até 93%.

O lançamento dos efluentes finais pode acontecer em corpos d'água apropriados (rios classe II), rede pública ou mesmo sumidouro.

9.1 Como definir como será a disposição final

Caso exista um corpo d'água próximo: é necessário verificar a possibilidade desse corpo d'água receber o efluente, baseado na sua vazão e classificação. Obs: represas e lagos não podem ser receptoras de efluentes. Abaixo segue anexo com detalhamento sobre os parâmetros de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

É imprescindível que ocorra desinfecção do efluente nesse tipo de lançamento. Essa desinfecção deverá ocorrer através de processos de cloração ou outros aprovados previamente pelos órgãos fiscalizadores.

Caso não exista um corpo d'água: necessário fazer um sumidouro ou vala de infiltração. Como terceira opção, existe a possibilidade de reuso do efluente após processo de desinfecção e aeração (natural ou mecanizada).

Os sumidouros são poços profundos de tijolos, sem argamassa, onde os tijolos são colocados no sistema de junta amarrado. Podem ser executados com anéis de concreto.

Por exigência legal, o fundo do sumidouro deve estar a 1,50m de distância do lençol freático. Para casos onde o lençol freático é alto (cidades litorâneas, por exemplo), as valas de

infiltração horizontal são a solução. Elas devem ser de aproximadamente 60cm de largura x 60cm de profundidade e seu comprimento será variável de acordo com a vazão necessária.

Segundo Jordão e Pessoa (2005) entre as soluções possíveis para a disposição final do lodo pode-se relacionar:

- Aterros sanitários;
- Incineração;
- Usos agrícolas;
- Reuso industrial;
- Lançamento no oceano.

10 Referência Bibliográficas

CAMPOS, J.R. (coordenador). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 1999.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Reatores anaeróbicos*. 2ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

JORDÃO, Eduardo Pacheco, PESSÔA, Constantino Arruda. *Tratamento de esgotos domésticos*. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

NBR - 13969, *Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação*. ABNT, setembro de 1997.

RESENDE, Fátima Aparecida Luiz. *Desempenho de reatores anaeróbios de leito fixo no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2007

VON SPERLING M., 1996. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. v. 2 *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. 1ª edição, DESA-UFMG. Minas Gerais.

VON SPERLING M., 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2ª edição, DESA - UFMG. Minas Gerais.

Anexo A

Descrição dos cálculos para o coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material recheio

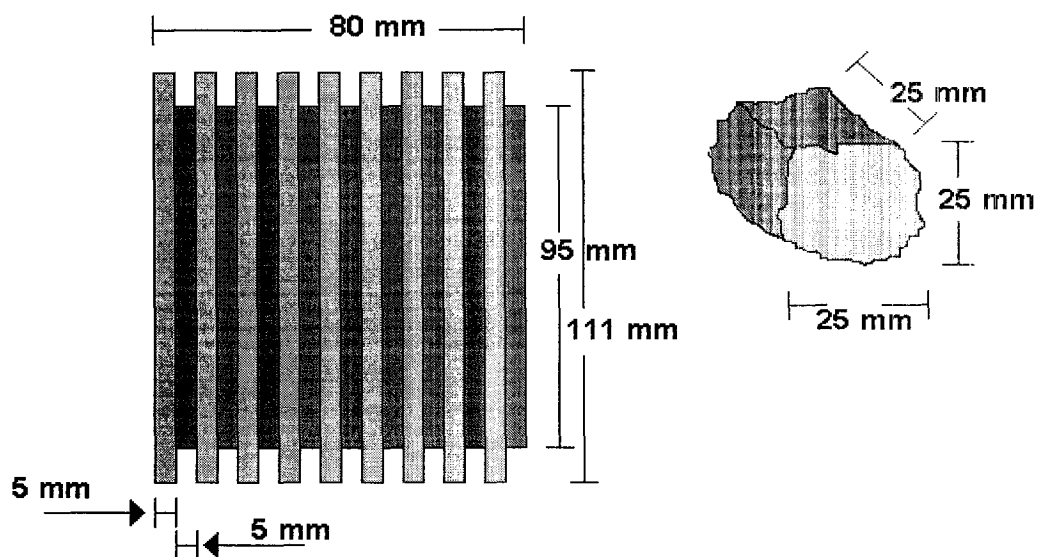


Figura 5 - Dimensões do tubo corrugado e da pedra nº 4

Volume de um cilindro

$$\text{Volume} = \text{área da base} * \text{altura} \quad (1)$$

Área da base

$$\text{Área} = \delta * r^2 \quad (2)$$

Área da superfície externa de um cilindro

$$\text{Área superficial} = 2 * \delta * r * \text{largura} \quad (3)$$

Cálculo da área superficial externa do tubo corrugado

Cálculo da faixa com raio menor

$$r = 4,75 \text{ cm}$$

$$\text{Largura da faixa} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\text{Quantidade de faixas} = 8$$

Usando a equação 3, temos

$$\text{Área superficial} = 2 * 3,14 * 4,75 * 0,5$$

$$\text{Área superficial} = 14,915 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área superficial total} = 14,915 * 8 \text{ partes}$$

$$\text{Área superficial total} = 119,32 \text{ cm}^2$$

Cálculo da faixa com raio maior

$$r = 5,55 \text{ cm}$$

$$\text{Largura da faixa} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\text{Quantidade de faixas} = 8$$

Usando a equação 3, temos

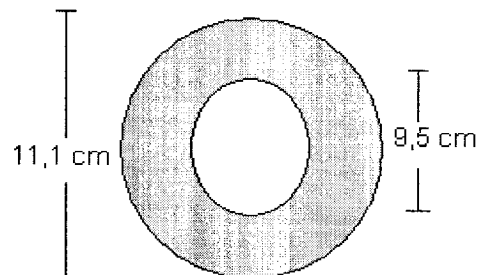
$$\text{Área superficial} = 2 * 3,14 * 5,55 * 0,5$$

$$\text{Área superficial} = 17,436 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área superficial total} = 17,436 * 8 \text{ partes}$$

$$\text{Área superficial total} = 139,487 \text{ cm}^2$$

Cálculo da faixa que liga a faixa com raio menor com a maior



Para termos a área colorida, temos a seguinte equação:

$$\text{Área} = \delta * r_{\text{maior}}^2 - \delta * r_{\text{menor}}^2$$

$$\text{Área} = 3,14 * 5,55^2 - 3,14 * 4,75^2$$

$$\text{Área} = 25,887 \text{ cm}^2$$

Área total

Como são 16 partes iguais a essa temos:

$$\text{Área total} = 25,887 * 16$$

$$\text{Área total} = 414,19 \text{ cm}^2$$

Somando todas essas áreas temos

$$\text{Área externa total} = 414,19 + 119,32 + 139,487$$

$$\text{Área externa total} = 672,997 \text{ cm}^2$$

Para calcularmos o volume ocupado por um tubo corrugado, multiplicamos a área total, obtida anteriormente, pela espessura do nosso material, 1 mm.

Volume ocupado pelo tubo corrugado

$$\text{Volume} = 672,997 * 0,1$$

$$\text{Volume} = 67,3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume} = 0,0673 \text{ litros}$$

Para sabermos o volume ocupado pelo tubo corrugado contando os espaços vazios que ele tem, podemos obter pela equação a seguir:

$$\text{Volume} = \delta * r_{\text{maior}}^2 * \text{comprimento}$$

$$\text{Volume} = 3,14 * 5,55^2 * 8 \text{ cm}$$

$$\text{Volume} = 773,7588 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume} = 0,77376 \text{ litros}$$

Obtendo o coeficiente de espaços vazios

Vazios = volume ocupado - volume movimentado de água

$$\text{Vazios} = 0,77376 - 0,0673$$

$$\text{Vazios} = 0,7065 \text{ litros}$$

Para conhecermos a porcentagem que ocupa os corrugados:

$$\% \text{ aumento de volume} = 0,0673 / 0,77376$$

$$\% \text{ aumento de volume} = 8,698 \%$$

Conforme Pessoa & Villela et.al. Resende, 2007, a brita n° 4 tem porosidade de 50%, já materiais plásticos tem uma porosidade de 90 à 95 %. Como no memorial de cálculo apresentado anteriormente, achamos que o coeficiente de aumento de volume utilizando o tubo corrugado como material suporte, se obtém um acréscimo de 8,698% do volume total. Para fins de dimensionamento será utilizado um coeficiente de 10 %, ou seja, Z igual a 1,1.

Portanto a formula para dimensionamento do biofiltro será:

$$V = 1,1 * N * C * T$$