



**MUNICÍPIO DE PALMITOS**  
Estado de Santa Catarina

**MEMORIAL DESCRITIVO:**

**Dimensionamento do Sistema de**  
**Tratamento de Esgoto**

Obra: **MELHORIAS EXTERNAS DA C.E.I. BEM-ME-QUER (MEC/FNDE TIPO-B)**

**Palmitos - SC, dezembro de 2014.**

Arquivo:

MD\_Dim\_Tratamento de Esgoto\_CEI\_FNDE\_v1



## **MUNICÍPIO DE PALMITOS**

### **Estado de Santa Catarina**

#### **1. Apresentação**

O Município de Palmitos apresenta o Projeto Básico do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários para atendimento do C.E.I. BEM-ME-QUER e desenvolvido de acordo com as normas da ABNT e determinações e padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011.

#### **2. Justificativa**

A água, indispensável para o funcionamento de qualquer sociedade, após a sua utilização, ela retorna como veículo de poluição, principalmente matéria orgânica gerada durante as atividades profissionais e 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, principalmente em regiões urbanas onde ainda não são atendidas por rede coletora e tratamento de esgoto.

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).

#### **3. Descrição dos equipamentos de tratamento**

##### **3.1. Reator anaeróbio de manta de lodo (Biorreator)**

O modelo do Biorreator adotado é conhecido como reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFAMALL). Um exemplo do Biorreator é demonstrado na Figura 01.

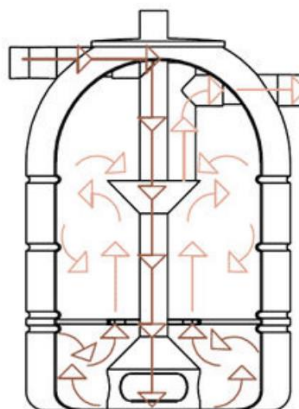


Figura 01 – Modelo do fluxo do efluente em um Biorreator



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

Na Figura 01 é demonstrado 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 na tubulação de saída. A tubulação de saída do Biorreator deve obrigatoriamente conectar-se com a entrada de um Biofiltro para a garantia da eficiência do sistema.

### 3.2. 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.

Algumas empresas substituem o meio filtrante, comumente executado com pedras nº04, 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 se comparados ao meio filtrante de pedras. Um 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.

O modelo de funcionamento do Biofiltro é ilustrado na Figura 02.

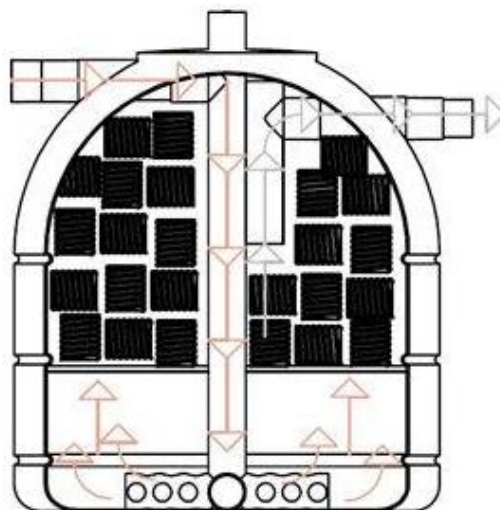


Figura 02 – Modelo do fluxo do efluente no Biofiltro

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 filtrante.



## **MUNICÍPIO DE PALMITOS**

### **Estado de Santa Catarina**

A NBR 13969/97 adota nos cálculos o uso de brita como material filtrante com coeficiente proporcional ao volume ocupado pelo material de 1,6.

Com conduítes elétricos (tubos corrugados em PEAD) em forma de anel, o coeficiente usual é cai para 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).

### **3.3. Desinfecção**

A cloração faz parte de uma série de alternativas para desinfecção do esgoto. Todos os efluentes que tenham como destino final corpos receptores superficiais ou galerias de águas pluviais, além do reuso, devem sofrer desinfecção. Esta deve ser efetuada de forma criteriosa, compatível com a qualidade do corpo receptor e segundo as diretrizes do órgão ambiental. Entre as alternativas existentes para cloração pode-se optar pelo método de cloração por gotejamento (hipoclorito de sódio) e por pastilha (hipoclorito de cálcio ou tricloro estabilizado), uma vez que estes representam menor preocupação em nível operacional.

## **4. 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 no sistema de tratamento.

### **4.1. Dados para projeto**

Classificação do estabelecimento segundo NBR13969/97:

-Ocupantes temporários - Escola externato e local de longa permanência – (50litros/pessoa/dia) com 200 crianças.

### **4.2. Cálculo da contribuição volumétrica de esgoto**

$$Q = \sum(n \times CV)$$

Onde:

Q = Vazão diária (L/d).



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

n = Número de ocupantes (p).

CV = Contribuição volumétrica diária por pessoa (L/d).

$$Q = 200 \times 50$$
$$10000 \text{ L/d}$$

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.

### 4.3. Dimensionamento do Biorreator

#### 4.3.1. Cálculo do volume do Biorreator

$$V = \tau \times Q$$

Onde:

V = Volume do reator (L).

$\tau$  = Tempo de residência (d).

Q = Vazão diária (L/d).

$$V = 1 \times 10.000$$

$$V = 10.000 \text{ L}$$

#### 4.3.2. Cálculo do novo tempo de residência

$$\tau_1 = V / Q$$

Onde:

$\tau_1$  = Novo tempo de residência (d).

V = Volume total do(s) reator(es) comercial(ais) (L).

Q = Vazão diária (L/d).

$$\tau_1 = 10000 / 10000$$

$$\tau_1 = 1 \text{ d}$$

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.

#### 4.3.3. Cálculo da concentração de substrato



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

Segundo Jordão e Pessoa (2005), quando existem duas ou mais contribuições, ocorre uma nova concentração dos parâmetros a que se pode chamar de concentração de mistura inicial, podendo ser calculada pela aplicação de uma média ponderada, conforme equação:

$$S_f = \sum S_i \cdot Q_i / \sum Q_i$$

Onde:

$S_f$  = Concentração do parâmetro na mistura (g/L).

$S_i$  = (CO/CV) concentrações iniciais de cada contribuição (g/L).

$Q_i$  = Vazões iniciais de cada contribuição (L/d).

Em termos de concentração de DBO para este caso:

$$S_{DBO} = \sum (CO/CV \cdot Q) / \sum Q$$

$$S_{DBO} = 25 / 50$$

$$S_{DBO} = 0,5 \text{ g DBO/L}$$

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 gDQO/gDBO.

$$S_{DQO} = S_{DBO} \cdot 2$$

Onde:

$S_{DBO}$  = Concentração de DBO (g DBO/L).

$S_{DQO}$  = Concentração de DQO (g DQO/L).

$$S_{DQO} = 1 \text{ g DQO/L}$$

#### 4.3.4. Cálculo da carga orgânica diária

$$COD = S_{DBO} \cdot Q$$

Onde:

COD = Carga orgânica diária (g DBO/d).

$S_{DBO}$  = Concentração de DBO (g DBO/L).

$Q$  = Vazão diária (L/d).

$$COD = 0,5 \text{ g DBO/L} \cdot 10000 \text{ L/d}$$



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

$$\text{COD} = 5000 \text{ g DBO/d}$$

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/m<sup>3</sup>.d) aplicadas com sucesso em instalações piloto, porém tratando-se de esgoto doméstico a carga orgânica volumétrica atinge até 3,5 kg DQO/m<sup>3</sup>.d (CAMPOS, 1999).

Para o cálculo da carga orgânica volumétrica, temos a seguinte expressão.

#### 4.3.5. Cálculo da carga orgânica volumétrica(segundo Chernicharo (2007))

$$\text{COV} = (Q \times \text{SDQO}) / V$$

Onde:

COV = Carga orgânica volumétrica (kg DQO/m<sup>3</sup>.d).

Q = Vazão diária (L/d).

S<sub>DQO</sub> = Concentração de DQO (g DQO/L).

V = Volume total do(s) biorreator(es) (L/d).

$$\text{COV} = (10000 \times 1) / 10000$$

$$\text{COV} = 1 \text{ g DQO/L.d}$$

$$\text{COV} = 1 \text{ kg DQO/m}^3\text{.d}$$

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 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d (CHERNICHARO, 2007).

#### 4.3.6. Cálculo da carga hidráulica volumétrica

$$\text{CHV} = Q / V$$

Onde:

CHV = Carga hidráulica volumétrica (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.d).

Q = Vazão diária (L/d).

V = Volume total do(s) Biorreator(es) (L).

$$\text{CHV} = 10000 / 10000$$

$$\text{CHV} = 1 \text{ L/L.d}$$

$$\text{CHV} = 1 \text{ m}^3\text{/m}^3\text{.d}$$



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

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 m/h para esgotos sanitários, sendo tolerados picos temporários de até 2 m/h e 1,1 m/h para vazões máximas.

#### 4.3.7. Cálculo da velocidade superficial de fluxo

$$v = Q/A$$

Onde:

$v$  = Velocidade (m/h).

$Q$  = Vazão diária (L/d).

$A$  = Área transversal média do Biorreator ( $m^2$ ).

Definindo a área transversal como:

$$A = V/h$$

Onde:

$A$  = Área transversal média do Biorreator ( $m^2$ ).

$V$  = Volume do Biorreator (m/h).

$h$  = Altura do Biorreator (m).

Substituindo na equação da velocidade,

$$v = Q * h / V$$

Como já foi definido o tempo de residência, temos:

$$\tau_1 = V / Q$$

Substituindo na equação da velocidade, obtemos:

$$v = h / (\tau_1 * 24)$$

$$v = 2,28 / (1 * 24)$$

$$v = 0,09 \text{ m/h}$$

#### 4.3.8. Cálculo da formação de lodo

Como o Biorreator 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





## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

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  $Y = 0,10$  kg SST/kg DQO (Campos, 1999). E a carga de DQO aplicada no sistema é em kg DQO/d, ou seja, multiplicamos a concentração de substrato em termos de DQO e a contribuição diária de esgoto.

$$COD_{DQO} = S_{DQO} * Q$$

Onde:

$COD_{DQO}$  = Carga DQO diária (kg DQO/d).

$S_{DQO}$  = Concentração de DQO (g/L).

$Q$  = Vazão diária (L/d).

$$\begin{aligned} COD_{DQO} &= 1 * 10000 \\ COD_{DQO} &= 10 \text{ kg DQO/d} \\ PSST &= Y * COD_{DQO} \end{aligned}$$

Onde:

$PSST$  = Produção de sólidos no sistema (kg SST/kg DQO).

$Y$  = coeficiente de produção de sólidos (kg SST/kg DQO).

$COD_{DQO}$  = Carga DQO diária (kg DQO/d).

$$\begin{aligned} PSST &= 0,1 * 10 \\ PSST &= 1 \text{ kg SST/d} \end{aligned}$$

A concentração de lodo varia de 3 a 5% (CHERNICHARO, 2007). Em nosso dimensionamento utilizamos o valor máximo de 5%.

Cálculo da vazão de lodo gerado por dia

$$Q_{lodo} = PSST / (p * \%c)$$

Onde:

$Q_{lodo}$  = Vazão de lodo diária (L/d).

$PSST$  = Produção de sólidos no sistema (kg SST/kg DQO).

$$\begin{aligned} Q_{lodo} &= 1 / (1,030 * 0,05) \\ Q_{lodo} &= 19,42 \text{ L/d} \end{aligned}$$



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

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

$$\text{Vacúmulo} = V / 2$$

Onde:

Vacúmulo = volume de acúmulo (L)

V = Volume do Biorreator (L)

$$\text{Vacúmulo} = 10000 / 2$$

$$\text{Vacúmulo} = 5000 \text{ L}$$

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 biorreator.

$$T \text{ Limpeza} = \text{Vacúmulo} / Q_{\text{lodo}}$$

Onde:

T Limpeza = Tempo de limpeza do biorreator (meses).

Q lodo = Vazão de lodo diária (L/d).

$$T \text{ Limpeza} = 5000 / (19,42 * 30)$$

$$T \text{ Limpeza} = 8 \text{ meses}$$

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 9.

#### 4.4. Dimensionamento 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 acréscimo do seu volume em função do espaço ocupado pelo material utilizado no meio filtrante. Neste caso, vamos adotar o valor de 1,10 (Anexo A,) pois o material adotado são tubos corrugados (eletrodutos) cordados em tocos no lugar da brita nº4.

$$V = 1,1 \times N \times CV \times \tau$$

Onde:



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

V = Volume do Biofiltro.

1,10 = Coeficiente de volume ocupado pelo recheio.

N = Número de ocupantes (p).

CV = Contribuição volumétrica diária por pessoa (L/d).

$\tau$  = Tempo de residência (d)

$$V = 1,1 \times (200 \times 50) \times 0,75$$

$$V = 8250 \text{ L}$$

Para fins comerciais esse Biorreator vai ser aproximado para um volume de 10.000 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.

#### 4.5. Dimensionamento da Desinfecção

Antes que ocorra a disposição final adota-se o tratamento de desinfecção do efluente através de cloração por pastilhas (hipoclorito de cálcio ou tricloro estabilizado), conforme NBR 13969/97 com no mínimo 65% de cloro ativo, sendo este meio seguro para o manuseio e aplicação, evitando assim queimaduras e intoxicações. Estes tabletes têm em média 200 gramas.

#### 4.6. Parâmetros de projeto da caixa de cloração

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento da caixa de cloração estão de acordo com a NBR 13969/97.

Adota-se um tempo de detenção para o contato do cloro com a água de 30 min e período de utilização de 1 dia, o que promove um total de 48 ciclos.

Para o cálculo do volume útil da caixa de cloração, utiliza-se a equação:

$$V = Q/Nc$$

V = Volume da caixa de cloração (L);

Q = Vazão diária (L/d);

Nc = número de ciclos.

Para os dados do projeto têm-se

$$V = 10000 \text{ L/dia} / 48 \text{ ciclos/dia}$$

$$V = 208,33 \text{ Litros.}$$

Comercialmente será adotada uma caixa cloradora de 320 litros.



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

#### 4.7. Eficiência do sistema

##### 4.7.1. Sistema biorreator e biofiltro

O sistema possui uma eficiência média entre 70% a 85% em termos de DBO, podendo chegar a níveis de eficiência de até 93%.

Através de estudos realizados pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), obteve-se curvas de eficiência representadas pelas Equações abaixo. Essas Equações possibilitam estimar as eficiências de reatores do tipo UASB tratando esgotos domésticos, em função do tempo de detenção hidráulica, para parâmetros DQO e DBO, respectivamente.

$$\begin{aligned} (DQO) &= 100 \cdot (1 - 0,68 \cdot \theta_h^{-0,35}) \\ (DBO_5) &= 100 \cdot (1 - 0,70 \cdot \theta_h^{-0,50}) \end{aligned}$$

Para tempo de detenção de 1 (uma) hora temos eficiência de:

$$DQO = 77,64 \%$$

$$DBO = 85,71 \%$$

As concentrações de DQO e de DBO no efluente final do Biorreator são encontradas pela equação:

$$S = S_o - (E \times S_o)/100$$

Onde:

S é a concentração (mg/L);

S<sub>o</sub> é a concentração inicial (mg/L);

E é a eficiência;

$$S_{DQO} = 1000 - (77,64 \times 1000) / 100 = 223,581 \text{ mg/L}$$

$$S_{DBO} = 500 - (85,71 \times 500) / 100 = 71,4435 \text{ mg/L}$$

Para uma eficiência de 40% de remoção de DBO e 40% de DQO no Biofiltro conforme NBR 13969/97 teremos no efluente final:

$$S_{DQO} = 223,581 - (40 \times 223,581) / 100 = 134,1486 \text{ mg/L}$$

$$S_{DBO} = 71,4435 - (40 \times 71,4435) / 100 = 42,8661 \text{ mg/L}$$



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

#### 4.7.2. Concentração de SST no efluente final

Segundo Chernicaro (2007) uma estimativa da concentração de sólidos suspensos totais em um Biorreator pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$CSST = 102 \times t^{-0,24}$$

Onde:

CSST = concentração de sólidos suspensos totais no efluente (mg/L); t é o tempo de detenção hidráulica (h);

$$CSST = 102 \times 24^{-0,24} = 47,57 \text{ mg/L}$$

Para uma eficiência de 60% de remoção de SST no Biofiltro, conforme NBR 13969/97, teremos no efluente final:

$$CSST = 47,57 - (60 \times 47,57) / 100 = 19,0287 \text{ mg/L}$$

#### 5. 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 deverão ser inferiores aos estipulados pela Resolução CONAMA 430/11, SEÇÃO III que equivale a Tabela 1 deste memorial. Quando o efluente for para a rede pluvial, deverá atender a Tabela 5 da NBR 13969/97.



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

Tabela 1 - Valores para lançamento de efluentes sanitários

Parâmetro	Conama 430/11	Tab. 5 NBR 13969/97	Expectativa Fibrtec
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	< a 120 mg/L ou remoção mínima de 60%	Inferior a 60	42,8661
DQO (mg/L)	-	Inferior a 150	134,1486
pH	Entre 5 e 9	Entre 6,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0
Temperatura	Inferior a 40°C	Inferior a 40°C	Inferior a 40°C
Óleos e graxas (mg/L)	Até 100 mg/L	Inferiores a 50	Inferiores a 50
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-	Superior a 1,0	Superior a 1,0
Sólidos sedimentáveis (mg/L)	Até 1,0 mg/L	Inferior a 0,5	Inferior a 0,5
Sólidos não filtráveis (mg/L)	-	Inferior a 50	19,0287
Coliformes fecais NMP/100mL	-	<1000	<1000
Cloro residual livre (mg/L)	-	Superior a 0,5	Superior a 0,5

Fonte: CONAMA 430/11. NBR 13969/97

## 6. Operação dos equipamentos

### 6.1. Procedimento de manutenção do Biorreator e Biofiltro

Quando atingir o tempo necessário para a limpeza do Biorreator e do Biofiltro, 8 (oito) meses, 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 o cano do bucal que deixar livre para a entrada de ar;
- Abrir o cano do bucal para conectar a mangueira do caminhão que irá succionar o lodo decantado no biorreator, o mesmo vale para o Biofiltro;
- Efetuar a sucção, porém mantendo uma quantidade de lodo mínima para a funcionalidade do sistema;
- Colocar novamente os tampões nos bucais de entrada de ar e de sucção do Biorreator e Biofiltro;
- Fechar a tampa de inspeção;



## **MUNICÍPIO DE PALMITOS**

### **Estado de Santa Catarina**

#### **6.2. Procedimento de manutenção da desinfecção**

O sistema de cloração será efetuado através de pastilhas de cloro (hipoclorito de cálcio), com no mínimo 65% de cloro ativo, sendo este meio seguro para o manuseio e aplicação, evitando assim queimaduras e intoxicações. Estes tabletes tem em média 200 gramas.

A vazão do efluente é: 10000 L/d

A concentração inicial de cloro recomendada é: 10 mg/L. (PROSAB, 2003).

A média de pastilhas de cloro gasto por semana é: 3,8 unidades.

#### **7. 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. O efluente obtido no final do tratamento feito pelo sistema de Biorreator 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 de drenagem pluvial ou mesmo sumidouro.

##### **7.1. Lodo anaeróbio**

O lodo retirado do sistema a cada 8 (oito) meses deverá ser removido por caminhão fossa licenciado com disposição final adequada conforme legislação.

##### **7.2. Efluente final**

A disposição final do efluente tratado será: Rede Pluvial/Corpo receptor

Palmitos, SC, 19 de dezembro de 2014.

---

**JULIANO PEDRO SCANDOLARA**  
Engenheiro Civil / CREA-SC nº 51.858-1



## **MUNICÍPIO DE PALMITOS**

### **Estado de Santa Catarina**

#### **8. 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, C. A. de L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Reatores anaeróbios**, v. 5, 2. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 2007.

GONÇALVES, R. F. (coordenador) . **Desinfecção de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB. 2003.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro. 2005.

NBR – 7229/93. **Projeto, Construção e Execução de Sistemas de Tanques Sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT. Setembro de 1993.

NBR – 13969/97. **Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação**. Rio de Janeiro: ABNT. Setembro de 1997.

NBR – 12209/11. **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABNT. Dezembro de 2011.

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

CONAMA. RESOLUÇÃO 430/11. **Condições e padrões de lançamento de efluentes**. Março de 2011.

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

VON SPERLING M., **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1, 3ª. ed. Minas Gerais: DESA, UFMG. 2005.





## MUNICÍPIO DE PALMITOS

Estado de Santa Catarina

### Anexo A

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

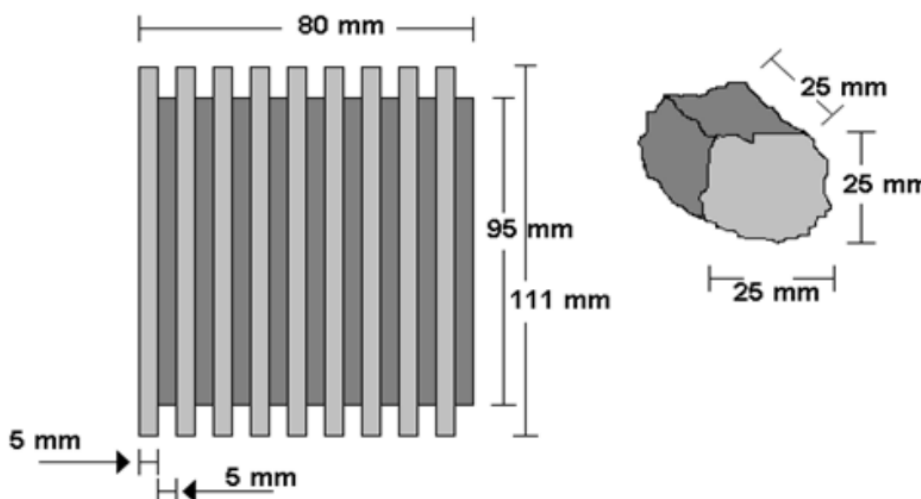


Figura 5 - Dimensões do tubo corrugado e da pedra no 4.

#### Volume de um cilindro

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

#### Área da base

$$\text{Área} = \pi * r^2 \quad (2)$$

#### Área da superfície externa de um cilindro

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

#### 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:

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

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



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

Área superficial total =  $14,915 * 8$  partes

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

Cálculo da faixa com raio maior  $r = 5,55 \text{ cm}$

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

Quantidade de faixas =  $8$

Usando a equação 3, temos

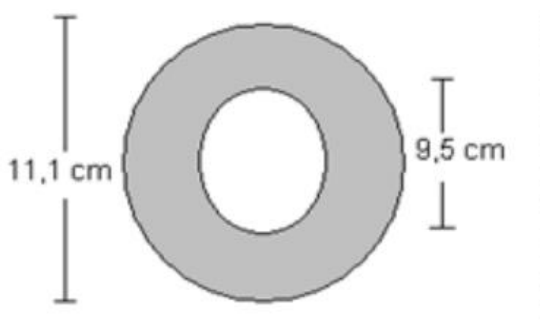
Área superficial =  $2 * 3,14 * 5,55 * 0,5$

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

Área superficial total =  $17,436 * 8$  partes

**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:

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

Área =  $3,14 * 5,55^2 - 3,14 * 4,75^2$

**Área =  $25,887 \text{ cm}^2$**

Área total

Como são 16 partes iguais a essa temos:

Área total =  $25,887 * 16$

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

Somando todas essas áreas temos:

**Área externa total =  $414,19 + 119,32 + 139,487$**



## MUNICÍPIO DE PALMITOS

### Estado de Santa Catarina

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Obtendo o coeficiente de espaços vazios

$$\text{Vazios} = \text{volume ocupado} - \text{volume movimentado de água}$$

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

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

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 nº4 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:

$$V = 1,1 * n * CV * \tau$$