

0 - Dados da Rede

Vazão Concentrada de Início $Q_{c,i} = 0$ L/s

Vazão Concentrada de Final $Q_{c,f} = 0$ L/s

$K_1 = 1.2$; $K_2 = 1.5$; $K_3 = 0.5$

População Final, $P_f = 2598$ hab

População Inicial, $P_i = 1748$ hab

Consumo percapita, $q = 150$ L/s

Coefficiente de retorno, $C = 80$ %

Taxa de Infiltração, $T_{xinf} = 0.0002$ (L/s)/m

Extensão Virtual da Rede, $L = 3030.6$

Vazão mínima de início de plano (L/s): $Q_{min,i} = 1.52$ L/s

$$Q_{min,i} = \frac{K_3 * P_i * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,i}$$

Vazão média de início de plano (L/s): $Q_{med,i} = 3.03$ L/s

$$Q_{med,i} = \frac{P_i * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,i}$$

Vazão máxima de início de plano (L/s): $Q_{max,i} = 3.5$ L/s

$$Q_{max,i} = \frac{K_2 * P_i * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,i}$$

Vazão mínima de final de plano (L/s): $Q_{min,f} = 2.41$ L/s

$$Q_{min,f} = \frac{K_3 * P_f * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,f}$$

Vazão média de final de plano (L/s): $Q_{med,f} = 4.21$ L/s

$$Q_{med,f} = \frac{P_f * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,f}$$

Vazão máxima de final de plano (L/s): $Q_{max,f} = 7.1$ L/s

$$Q_{max,f} = \frac{K_1 * K_2 * P_f * q * (C / 100)}{86400} + T_{xinf} * L + Q_{c,f}$$

1 - DIMENSIONAMENTO UASB CIRCULAR

1.1 - DADOS DE ENTRADA

Vazão máxima fim de Plano, $Q_{max} = 5.863338 \text{ m}^3/\text{d}$

Vazão média fim de Plano, $Q_{med} = 3 \text{ m}^3/\text{d}$

População final = 2598 Hab

DBO Entrada = 300 mg/L

Variação Normal: $110 \text{ mg/L} < \text{DBO} < 500 \text{ mg/L}$ Ref: METCALF,L.;EDDY,H. P. 2003

DQO Entrada = 600 mg/L

Variação Normal: $250 \text{ mg/L} < \text{DQO} < 800 \text{ mg/L}$ Ref: METCALF,L.;EDDY,H. P. 2003

Temperatura = 25 °C

Tempo de Detenção Hidráulica, TDH = 7 h

6 horas para temperatura do esgoto superior a 25 °C

7 horas para temperatura do esgoto entre 22°C e 25 °C

8 horas para temperatura do esgoto entre 18 °C e 21 °C

10 horas para temperatura do esgoto entre 15 °C e 17 °C.

Ref: NBR 12.209 - 2011

Volume Total, $VT = Q_{med} * TDH = 0.88 \text{ m}^3$

Sólidos Suspensos Totais, SST Entrada = $0.291 * \text{DQO Entrada} = 174.60 \text{ mg/L}$

Ref: VON SPERLING, M. (2005)

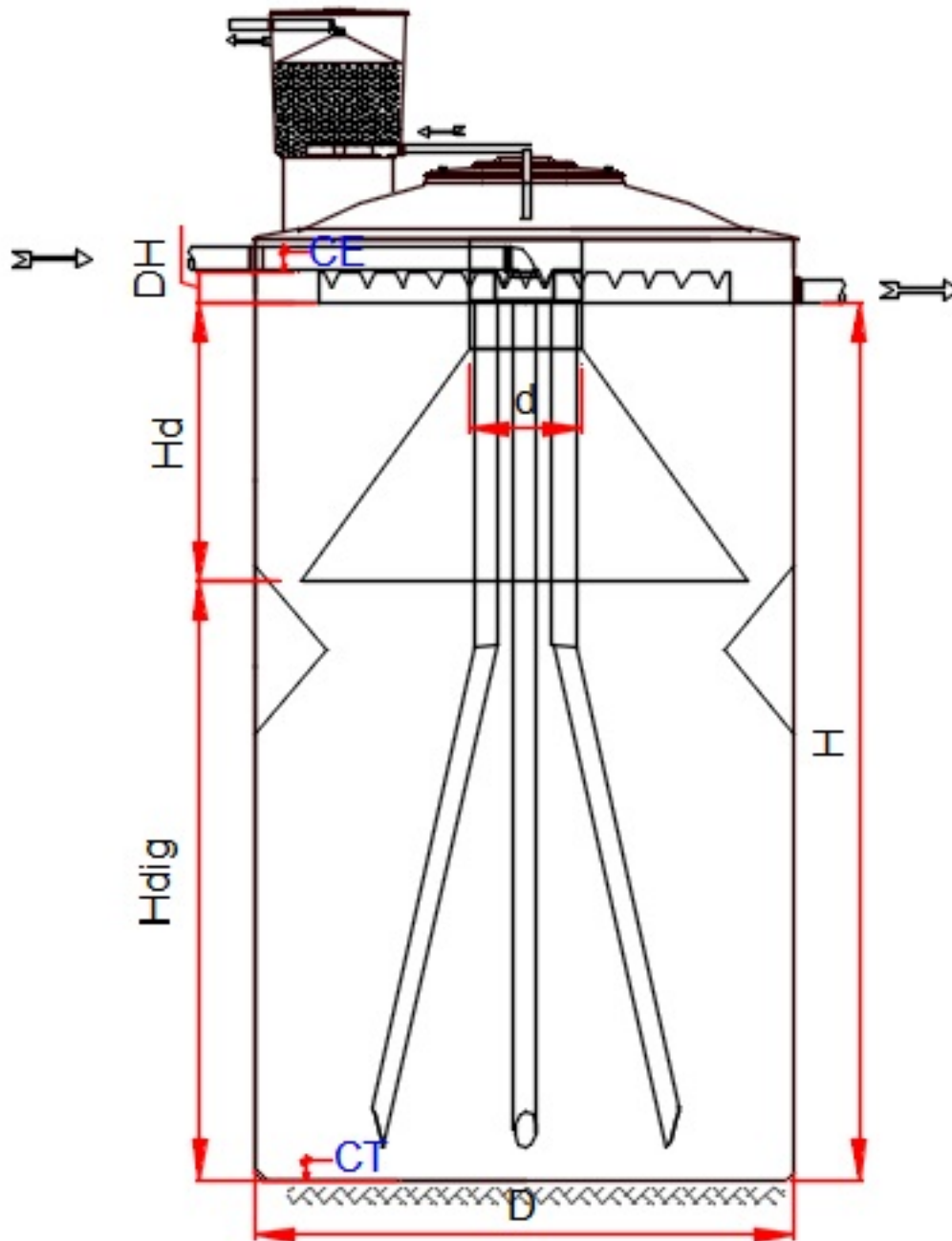
Capacidade de Tratamento de cada Reator, $Q_{capac} = 190 \text{ m}^3/\text{d}$

Volume de um Reator, $V_{un} = Q_{capac} * TDH = 55.42 \text{ m}^3$

Quantidade de reatores, $n = \text{Inteiro } [VT/V_{un}] = 1$



1.2 - DIMENSOES POR UNIDADE



Fonte: Sistemas Urbanos Engenharia

Vazão média fim de Plano de 01 reator, $Q_{med1R} = Q_{med} / n = 3 \text{ m}^3/\text{d}$

Vazão máxima fim de plano de 01 reator, $Q_{max1R} = Q_{max} / n = 5.86 \text{ m}^3/\text{d}$

Volume mínimo de 01 Reator, $V_{1Rmin} = V_T / n = 0.88 \text{ m}^3$

Velocidade limite média de ascensão, $v_{Lim} = 0.6 \text{ m/h}$

Recomenda-se $0.5 < v_{Lim} < 0.7 \text{ m/h}$; sendo tolerados picos temporários, durante 2 a 4 horas, de até 2.0 m/h

Diametro adotado, $D = 3.50 \text{ m}$

Altura mínima, $H_{min} [TDH] = v_{Lim} * TDH = 4.20 \text{ m}$

Altura mínima, $H_{min} [CHV_{max}] = 4 * Q_{max1R} / (\pi * D^2 * CHV_{max}) = 0.10 \text{ m}$

$CHV_{max} = 6 \text{ m}^3/(\text{m}^3 * \text{d})$ Ref: NBR 12.209 (2011)

Altura mínima, $H_{min} [H_{digmin}] = H_{dig} + 2.5 = 4.50 \text{ m}$

Altura Adotada, $H = (\text{maior valor entre } H_{min} [TDH], H_{min} [CHV_{max}] \text{ e } H_{min}[H_{digmin}]) = 4.5 \text{ m}$

Ref: NBR 12.209 (2011) recomenda que a altura seja igual ou superior a 2.5m e inferior a 6.0m.

Volume de 1 reator, $V1R = [(Pi * D^2) / 4] * H = 43.30 \text{ m}^3$

Tempo de detenção hidráulica médio, $TDHmed = (V1R / Qmed1R) * 24 = 346.40 \text{ h}$

Cota do Terreno, $CT = 209.4 \text{ m}$

Folga do tubo de entrada, $DH = 0.32 \text{ m}$

Cota do tubo de entrada, $CE = CT + H + DH = 213.92 \text{ m}$

Velocidade Ascendente máxima, $vmax = Qmax1R / A1R = 0.03 \text{ m/h}$ Recomenda-se $vmax \leq 2.0 \text{ m/h}$

Tempo de detenção hidráulica Mínimo, $TDHmin = (V1R / Qmax1R) * 24 = 165.50 \text{ h}$

Velocidade de ascensão média, $vmed = Qmed1R / A1R = 0.01 \text{ m/h}$

1.3 SISTEMA DE DECANTAÇÃO

Diametro do coletor de gás, $d = 0.75 \text{ m}$

Altura do compartimento de decantação, $Hd = 2.00 \text{ m}$

$TDHmaxdec = 1h$ Ref: NBR 12.209 (2011)

1.4 SISTEMA DE DIGESTÃO DE LODO

Altura do compartimento de digestão, $Hdig = H - Hd = 2.50 \text{ m}$

$2.5 \text{ m} \leq Hdig \leq 3.5 \text{ m}$, e também $Hdig \leq H$

1.5 VERIFICAÇÃO DE CARGA HIDRAULICA VOLUMÉTRICA, CHV

Carga hidraulica volumétrica média, $CHVmed = Qmed1R / V1R = 0.07 \text{ m}^3 / (\text{m}^3 * d)$

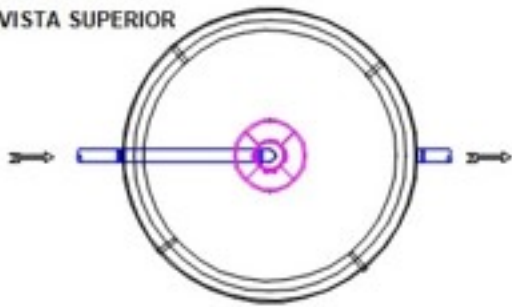
Recomenda-se $CHVmed < 4 \text{ m}^3 / (\text{m}^3 * d)$

Carga hidraulica volumétrica máxima, $CHVmax = Qmax1R / V1R = 0.14 \text{ m}^3 / (\text{m}^3 * d)$

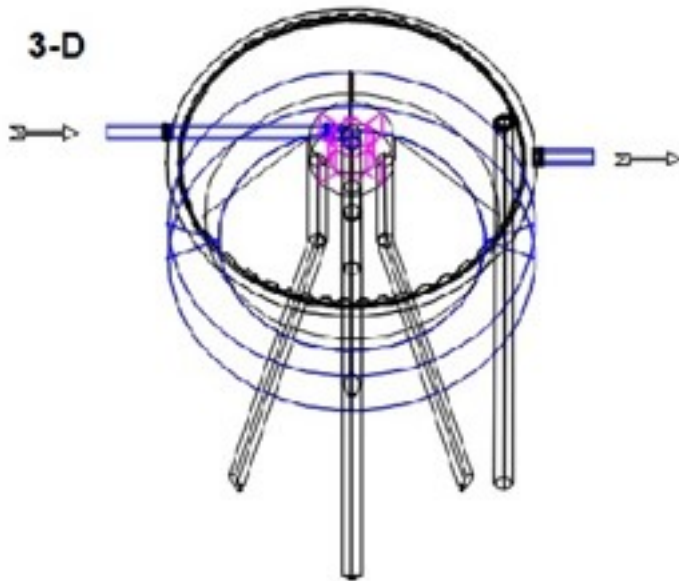
Recomenda-se $CHVmed < 6 \text{ m}^3 / (\text{m}^3 * d)$

2 - SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

VISTA SUPERIOR



3-D



Fonte: Sistemas Urbanos Engenharia

Carga ORGÂNICA VOLUMÉTRICA, $COV = (Q_{med1R} * DBO_{Entrada}) / V1R = 0.02 \text{ Kg DBO}/(m^3*d)$

Área de influencia tubo, $A1t = 0.75m^2$

VALORES DE ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS TUBOS DISTRIBUIDORES EM FUNÇÃO DA COV:

CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA < 1.0 --- ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CADA DISTRIBUIDOR (m^2) = 0.5 a 1.0

CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA ENTRE 1.0 a 2.0 --- ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CADA DISTRIBUIDOR (m^2) = 1.0 a 2.0

CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA > 2.0 --- ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CADA DISTRIBUIDOR (m^2) = 2.0 a 3.0

Número de tubos, $Nt = A1R / A1t = 13$

Vazão por tubo, $Q1t = Q_{med1R} / Nt = 0.05 \text{ m}^3/d$

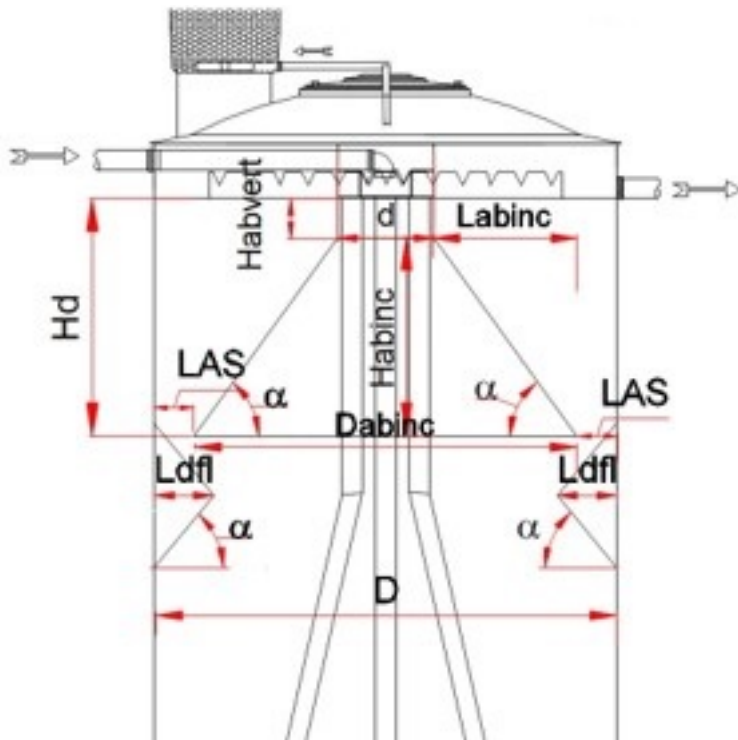
Diâmetro Interno Tubo Calculado, $D1 = [(4 * Q1t / \pi * v_{desc})^{1/2}] * 1000 = 3 \text{ mm}$

Diâmetro Interno Tubo Adotado, $D1adt = 75 \text{ mm}$

Diâmetro mínimo do tubo: 75 mm

Vel. desc. real, $v1t = Q1t / [(\pi * D1adt)^2 / 4] = 0.00 \text{ m/s}$

3 - COMPARTIMENTO DE DECANTAÇÃO UASB



Fonte: Sistemas Urbanos Engenharia

3.1 - Velocidades no Final do Compartimento de Digestão e Início do Compartimento de Decantação

Largura da abertura simples, $LAS = 0.30 \text{ m}$

Diâmetro da abertura, $Dabinc = D - (2 * LAS) = 2.90 \text{ m}$

Área da abertura, $A = (\pi * (D^2 - Dabinc^2)) / 4 = 3.02 \text{ m}^2$

Velocidade média de passagem pelas aberturas, $vmedabe = Qmed1R / (A * 24) = 0.04 \text{ m/h}$

$vmedabe \leq 2.5 \text{ m/h}$, Fonte: NBR 12.209 (2011) - item 6.4.9

Velocidade máxima de passagem pelas aberturas, $vmaxabe = Qmax1R / (A * 24) = 0.08 \text{ m/h}$

$vmaxabe \leq 4.00 \text{ m/h}$, Fonte: NBR 12.209 (2011) - item 6.4.9

Largura do defletor, $Ldfl = 0.45 \text{ m}$

Transpasse, $Transp = LAS - Ldfl = 0.15 \text{ m}$

$Transp \geq 0.15 \text{ m}$, Fonte: NBR 12.209 (2011)

3.2 - Tempo de Detenção Hidráulica no Compartimento de Decantação

Largura da Aba Inclinada, $Labinc = [(D - d) / 2] - LAS = 1.08 \text{ m}$

Ângulo de Inclinação, $\alpha = \geq 50^\circ = 50.00 \text{ grau}$, Fonte: NBR 12.209 (2011)

Altura da Aba Inclinada, $Habinc = Labinc * \tan(\alpha) = 1.29 \text{ m}$

Altura da Aba Vertical, $Habvert = Hd - Habinc = 0.71 \text{ m}$

Volume Total do Compartimento de Decantação, $Vdec =$

$$(A * Hd) + [(\pi * Dabinc^2 / 4) * Hd] / 3 - [\pi * (d^2 / 4) * Habvert] / 3 - [(\pi * d^2) / 4 * Habinc] + [\pi * (D - LAS)^2 / 4 - \pi * d^2 / 4] * Habvert = 12.99 \text{ m}^3$$

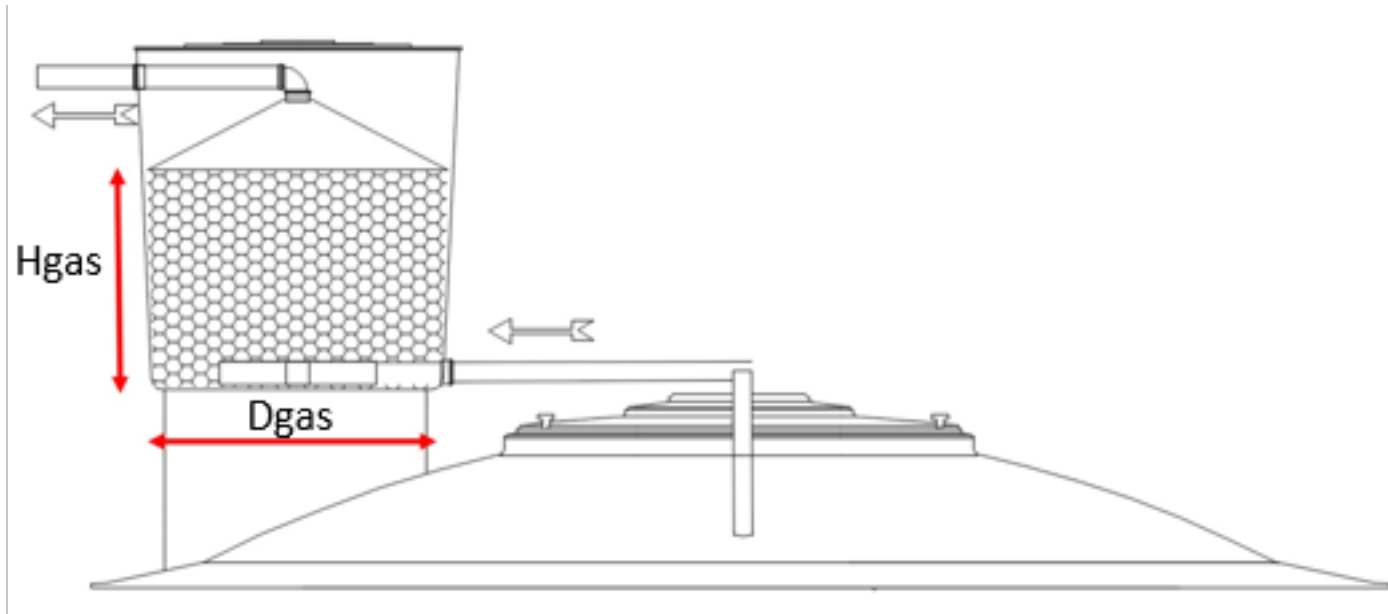
Tempo de Detenção Hidráulica para $Qmed$, $TDHmeddec = (Vdec / Qmed1R) * 24 = 103.92 \text{ h}$

$TDHmeddec \geq 1.50 \text{ h}$, Fonte: NBR 12.209 (2011) - item 6.4.12

Tempo de Detenção Hidráulica para $Qmax$, $TDHmaxdec = (Vdec / Qmax1R) * 24 = 53.20 \text{ h}$

$TDHmaxdec \geq 1.00 \text{ h}$, Fonte: NBR 12.209 (2011) - item 6.4.12

4 - PRODUÇÃO DE GÁS



Fonte: Sistemas Urbanos Engenharia

$y = 0.21$ Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

DQO Saída = 54 mg/L

Carga ORGÂNICA de DQO diária transformada em CH₄, DQOCH₄

DQOCH₄ = Q_{med} * (DQO Entrada - DQO Saída) - y * Q_{med} * DQO Entrada = 1.26 Kg/d

P = 1 atm

Temperatura operacional do reator, T = 22 °C

DQO correspondente a um mol de CH₄, gDQO = 64 gDQO/mol

R = Constante dos gases = 0.08206 atm.L/mol.K

Fator de correção para a temperatura operacional do reator, f(T)

$f(T) = P * gDQO / [R * (273 + T)] = 2.64 \text{ KgDQO/m}^3$

Produção volumétrica diária de metano, QCH₄ = DQOCH₄ / f(T) = 0.48 m³/d

Vazão diária de gás, Qgás = 1.2 * QCH₄ = 0.58 m³/d

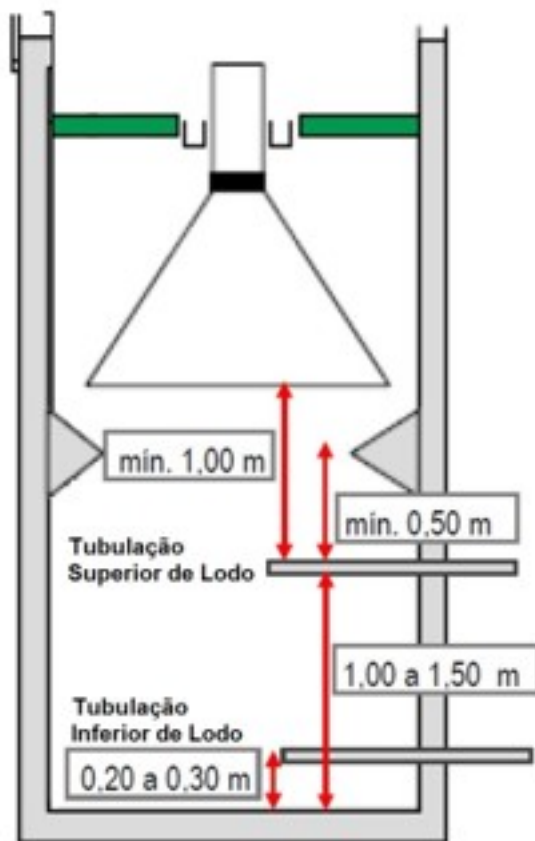
Diâmetro do tanque de carvão ativado, Dgas = 0.70 m

Altura do tanque de carvão ativado, Hgas = 0.60 m

Volume do tanque de carvão ativado, Vgas = $[(\pi * D_{gas}^2) / 4] * H_{gas} = 0.23 \text{ m}^3$

Tempo de detenção do gás, TDgas = Vgas / Qgas = 571.03 min

5 - PRODUÇÃO E DESCARTE DE LODO



Carga ORGÂNICA diária, $CDQO = Q_{med} * DQO \text{ Entrada} = 0.60 \text{ Kg/d}$

Coeficiente de produção diária de Lodo, $Y = MLododia / CDQO = 0.2$ Recomenda-se $0.11 < Y < 0.23$

Massa de Lodo diária, $MLododia = Y * CDQO = 0.12 \text{ Kg/d}$

Frequencia de descarte, $fd = 30 \text{ dias}$

Massa de Lodo a ser descartado, $MLodo = MLododia * fd = 3.60 \text{ Kg}$

Teor Sólidos do Lodo superior, $Tsup = 2 \%$

Teor de Sólidos do Lodo = 5%

Densidade do Lodo, $DLodo = 1030 \text{ Kg/m}^3$ onde: $1020 \text{ Kg/m}^3 < DLodo < 1040 \text{ Kg/m}^3$

Percentual de Descarte de Lodo superior, $Psup = 50 \%$

Percentual de descarte de Lodo inferior, $Pinf = 100 - Psup = 50 \%$

Volume de Lodo superior a ser descartado,

$Vsup = [MLododia * fd * (Psup/100)] / [DLodo * (Tsup/100)] = 0.09 \text{ m}^3$

Volume de Lodo inferior a ser descartado,

$Vinf = [MLododia * fd * (Pinf/100)] / [DLodo * (Tinf/100)] = 0.03 \text{ m}^3$

Volume de Lodo a ser descartado, $VLodo = Vinf + Vsup = 0.12 \text{ m}^3$

6 - LEITO DE SECAGEM

6.1 - DIMENSIONAMENTO DO LEITO DE SECAGEM

Tempo de Secagem, $TS = 20$ dias

Tempo de Limpeza, $TL = 1$ dias

Duração do ciclo de operação, $T = TS + TL = 21$ dias

Frequencia de descarte, $fd = 30$ dias

Número de células, $Nc = 1$

Largura adotada de cada célula, $LLS = 10.00$ m

Taxa Nominal de Aplicação de sólidos, $Tx = 10.00$ Kg/m² Recomenda-se: $Tx_{max} = 15$ kg/m² Ref: NBR 12.209

Massa de Lodo a ser descartada em cada célula, $MLodoCel = MLodo / Nc = 3.60$ Kg

Área necessária de secagem de cada célula, $ALS = MLodoCel / Tx = 0.36$ m²

Comprimento mínimo de cada célula, $CLSmin = (ALS / LLS) / Nc = 0.04$ m

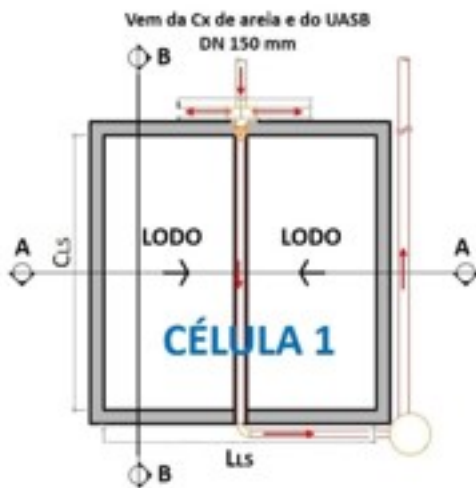
Comprimento adotado de cada célula, $CLS = 0.04$ m

Área adotada total, $ATLS = Nc * LLS * CLS = 0$ m²

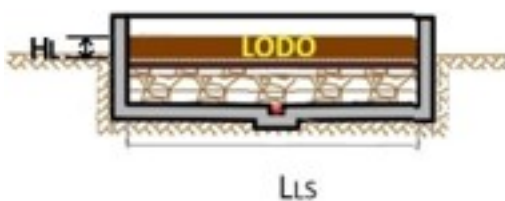
Volume de Lodo a ser descartado em cada célula, $VLodo = 0.12$ m³

Altura da lamina de Lodo após a carga no leito, $HL = VLodo / (CLS * LLS * Nc) = 0.30$ m

PLANTA



CORTE AA



7 - EFICIENCIA UASB

7.1 - EFICIENCIA UASB DBO

K DBO = 0.70 Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

a DBO = 0.50 Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

E DBOcalc = $100 * [1 - KDBO * TDHmed^{(-aDBO)}]$ = 96 %

E DBOadot = 96 %

DBO Entrada = 300 mg/L

DBO Saída = $[1 - (EDBO / 100)] * DBOEntrada$ = 12 mg/L

7.2 - EFICIENCIA UASB DQO

K DQO = 0.68 Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

a DQO = 0.35 Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

E DQOcalc = $100 * [1 - KDQO * TDHmed^{(-aDQO)}]$ = 91 % Ref: CHERNICHARO, C. A. L. (2007)

E DQOadot = 94 %

DQO Entrada = 600 mg/L

DQO Saída = $[1 - (EDQO / 100)] * DQOEntrada$ = 54 mg/L

DQO Saída < 200 mg/L Ref: Portaria SEMACE Nº 154/2002

7.3 - EFICIENCIA UASB SST

E SST = 65% Normalmente $65\% < E SST < 80\%$ Ref: VON SPERLING (2005)

SST Entrada = 174.60 mg/L

SST Saída = $[1 - (E SST / 100)]$ = 61.11 mg/L

SST Saída < 50 mg/L Ref: Portaria SEMACE Nº 154/2002

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHERNICHARO, C. A. L.; Reatores Anaeróbios. Vol. 5. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, n. I), 2007.

JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES , 2014.

LOBATO, L. C. da S. et al. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma. Revista DAE: Nº 214, vol 66, Edição Especial - Novembro, 2018

METCALF,L.;EDDY,H. P. Wastewater Engineering-Treatment Disposal and Reuse. 4ª Edição. Nova York: McGraw-Hill Book Company, inc., p 1819, 2003.

NBR 12.209 (2011)

SEMACE, Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará, Portaria Nº 154 de 22 de julho de 2002.

VON SPERLING, M. Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, 4ª Edição, UFMG, 2005.