



**COMPLEMENTAÇÕES E ATUALIZAÇÕES DE PROJETO EXIGIDAS PELA CETESB
PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO DISTRITO DE
SERTÃOZINHO - CRUZ DAS POSSES/SP**

MEMORIAL DESCRITIVO

Outubro/2014

Revisão 00

Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
2. ATUALIZAÇÃO DOS DADOS DE POPULAÇÃO.....	6
3. ESTIMATIVA DAS CONTRIBUIÇÕES TOTAIS - VAZÕES DE ESGOTOS DOMÉSTICOS E DE INFILTRAÇÃO E CARGAS POLUIDORAS	9
3.1. VAZÃO DOMÉSTICA	9
3.2. VAZÃO DE INFILTRAÇÃO	10
3.3. VAZÕES INDUSTRIAIS	11
3.4. VAZÕES DE PROJETO.....	11
3.5. CARGA ORGÂNICA	12
3.6. CONCENTRAÇÃO DE DBO.....	12
3.7. COMPARATIVO DAS VAZÕES E CARGAS ORGÂNICAS	13
4. ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO	14

Índice de figuras

Figura 1: Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com "T" anos de período de retorno - $Q_{7,T}$ (m³/s). 15

Figura 2: Perfil OD..... 21

Índice de tabelas

Tabela 1: Populações urbana, rural e total (Fonte IBGE – Censo) e taxas geométricas de crescimento anual de Cruz das Posses.....	6
Tabela 2: Projeção populacional 01.....	7
Tabela 3: Projeção populacional 02.....	7
Tabela 4: População urbana – novas projeções e projeção existente.....	7
Tabela 5: Consumo medido de água no ano 2.013 – Cruz das Posses	9
Tabela 6: Vazões de esgotos domésticas	10
Tabela 7: Taxas de infiltração recomendadas	11
Tabela 8: Vazões de projeto	12
Tabela 9: Cargas orgânicas	12
Tabela 10: Concentração média dos esgotos	13
Tabela 11: Comparativo das vazões de projeto.	13
Tabela 12: Concentração de saturação de oxigênio - Fonte: Von Sperling, Marcos – “Estudo e Modelagem da qualidade da água de rios”.....	16
Tabela 13: Coeficientes de desoxigenação e decomposição - Fonte: Von Sperling, Marcos – “Estudo e Modelagem da qualidade da água de rios”.....	18
Tabela 14: Valores de OD ao longo do trecho.....	20

1. INTRODUÇÃO

A Prefeitura Municipal de Sertãozinho/SP contratou, em 2002, empresa especializada para execução do Projeto executivo da Estação de Tratamento de Esgotos do distrito de Cruz das Posses.

Como até a atual data a obra desta ETE projetada não foi iniciada, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) solicitou à prefeitura a verificação de alguns parâmetros do projeto executivo existente.

Sendo assim, a prefeitura de Sertãozinho contratou a empresa Sanetech Engenharia e Meio Ambiente Ltda. EPP para prestação de serviços especializados em engenharia para atendimento às complementações e atualizações de projeto exigidas pela CETESB para a ETE Cruz das Posses contemplando:

- atualização de dados de população, vazões afluentes, cargas orgânicas e demais parâmetros, a fim de comprovar a eficiência da ETE;
- realização do estudo de autodepuração do corpo receptor dos efluentes tratados.

2. ATUALIZAÇÃO DOS DADOS DE POPULAÇÃO

Para atualização dos dados de população do distrito Cruz das Posses, serão elaboradas novas projeções populacionais e, os resultados obtidos serão comparados aos resultados da projeção apresentada no projeto executivo existente da ETE.

No sentido de garantir maior segurança aos estudos da demanda por serviços de saneamento, para atualização dos dados de população do distrito, foram consultadas as informações dos últimos Censos demográficos fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A Tabela 1 apresenta os valores das populações urbana, rural e total do distrito fornecidas pelo IBGE (Censos) e as taxas geométricas de crescimento anual, calculadas a partir destes valores.

Ano	População Urbana (Censo)	População Rural (Censo)	População Total (Censo)	Taxas geométricas de crescimento anual (%) - Urbana	Taxas geométricas de crescimento anual (%) - Rural
1980	2.540	1.322	3.862	-	-
1991	4.653	1.192	5.845	5,66	-0,94
2000	6.265	697	6.962	3,36	-5,79
2010	7.259	218	7.477	1,48	-10,97

Tabela 1: Populações urbana, rural e total (Fonte IBGE – Censo) e taxas geométricas de crescimento anual de Cruz das Posses

Segundo dados do Censo IBGE 2010, “o índice de crescimento da população brasileira está em queda” e vem mostrando uma tendência regular ao declínio desde a década de 60. Apesar disso, também é importante ressaltar que, após análise de projetos existentes contendo projeções feitas para municípios e distritos da mesma região de Cruz das Posses, verificou-se que em alguns casos, nas projeções populacionais, as taxas de crescimento geométricas anuais permanecem iguais após decréscimo significativo das taxas dos últimos censos. Sendo assim, para análise da evolução populacional de Cruz das Posses foram feitas duas projeções considerando:

- Decréscimo da taxa geométrica de crescimento anual urbana utilizando a mesma proporção de decréscimo que esta taxa teve nos Censos de 2.000 a 2.010 - Projeção 01 (Tabela 2);
- Taxa geométrica de crescimento anual urbana igual à taxa dos Censos de 2.000 a 2.010 - Projeção 02 (Tabela 3).

Obs.: Como na taxa geométrica de crescimento anual rural houve um decréscimo proporcional desde o primeiro Censo analisado nesse estudo e o último decréscimo já é significativo, foi utilizada mesma taxa de crescimento anual dos Censos de 2.000 a 2.010 para cálculo da população rural nas duas projeções.

É importante ressaltar que o plano do projeto executivo existente foi de 20 anos, ou seja, a projeção populacional e cálculos foram apresentados para os anos 2.002, 2.012 e 2.022. Tendo em vista que o estudo em questão está sendo elaborado no final do ano de 2.014, as projeções a seguir contemplarão tanto os anos apresentados no projeto existente quanto o horizonte de projeto de 20 anos considerando que a implantação

da ETE terá início em 2.015.

Projeção 01			
Ano	População urbana	População rural	População total
2.002	6.452	552	7.005
2.012	7.354	173	7.527
2.015	7.499	122	7.621
2.022	7.792	54	7.846
2.025	7.859	38	7.897
2.035	8.023	12	8.035

Tabela 2: Projeção populacional 01

Projeção 02			
Ano	População urbana	População rural	População total
2.002	6.452	552	7.005
2.012	7.476	173	7.649
2.015	7.814	122	7.936
2.022	8.662	54	8.716
2.025	9.053	38	9.092
2.035	10.490	12	10.502

Tabela 3: Projeção populacional 02

Conforme descrito anteriormente, a partir dos resultados obtidos nas novas projeções populacionais, foi feito comparativo com os resultados de projeção apresentados no projeto executivo da ETE Santa Cruz conforme Tabela 4.

Projeções - População urbana			
Ano	Projeção 01	Projeção 02	Projeção existente
2.002	6.452	6.452	6.536
2.012	7.354	7.476	8.109
2.015	7.499	7.814	8.651
2.022	7.792	8.662	10.061
2.025	7.859	9.053	-
2.035	8.023	10.490	-

Tabela 4: População urbana – novas projeções e projeção existente

Foi fornecido pela prefeitura municipal de Sertãozinho o número de ligações de água existentes no distrito Cruz das Posses nos anos 2.012, 2.013 e 2.014 (até o mês de agosto). Para realizar uma estimativa da população utilizando estes dados reais, foi adotado em média 3,43 habitantes por residência (Fonte IBGE – Média de moradores em domicílios particulares ocupados em 2.010):

- Ano 2.012: $2.070 \times 3,43 = 7.100$ habitantes;
- Ano 2.013: $2.105 \times 3,43 = 7.220$ habitantes;
- Ano 2.014: $2.208 \times 3,43 = 7.573$ habitantes.

Comparando estes valores aos resultados obtidos e apresentados para os mesmos anos nas projeções 01 e 02 e na projeção existente, conclui-se que o resultado mais próximo foi o calculado na projeção 02. Sendo assim, a seguir serão realizados os cálculos de vazões de projeto a partir desta projeção.

3. ESTIMATIVA DAS CONTRIBUIÇÕES TOTAIS - VAZÕES DE ESGOTOS DOMÉSTICOS E DE INFILTRAÇÃO E CARGAS POLUIDORAS

A seguir, serão apresentados os cálculos de vazões de projeto e, os resultados obtidos serão comparados aos resultados apresentados no projeto executivo existente da ETE.

3.1. VAZÃO DOMÉSTICA

O conceito de vazão doméstica engloba os esgotos provenientes de domicílios, atividades comerciais e institucionais, normalmente componentes de uma localidade.

De maneira geral, a produção de esgotos corresponde aproximadamente ao consumo de água. No entanto, a fração de esgotos afluente a rede coletora pode variar, devido ao fato de que parte da água consumida pode ser incorporada à rede pluvial (ex.: uso em jardins e parques), além de outros fatores influentes em um sistema separador absoluto, como a ocorrência de ligações clandestinas e indevidas dos esgotos à rede pluvial e infiltração.

A Tabela 5 apresenta os valores de consumos medidos de água no distrito Cruz das Posses, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2013, fornecidos pela prefeitura de Sertãozinho.

2013	Consumo mensal (m ³)
Janeiro	47.870
Fevereiro	48.289
Março	45.586
Abril	48.629
Mai	47.417
Junho	45.981
Julho	47.964
Agosto	47.886
Setembro	48.252
Outubro	52.059
Novembro	49.105
Dezembro	50.252
Média	48.274

Tabela 5: Consumo medido de água no ano 2.013 – Cruz das Posses

A partir destes dados, pode-se estimar o consumo de água per capita para o ano de 2013, que é dada pela fórmula:

$$\text{Consumo "per capita" (l/hab.dia)} = \text{Volume Médio (m}^3/\text{dia)} * 1000 / N^{\circ} \text{ Habitantes}$$

$$\text{Consumo "per capita" (l/hab.dia)} = ((48.274 * 1000)/30) / 7.587$$

Consumo "per capita" (l/hab.dia) = 212,09

A fração de água fornecida afluenta a rede coletora na forma de esgoto, denominada coeficiente de retorno, varia de 60% a 100%.

Considerando coeficiente de retorno 80%, temos:

Geração de esgotos "per capita" (l/hab.dia) = 212,09 * 0,8 = 169,67

A partir da vazão de esgotos "per capita" e das projeções das populações realizadas anteriormente, podemos calcular as vazões mínima, máxima diária e máxima horária de esgotos domésticos, através das seguintes equações:

$$Q_{(\text{máx dia})} = Q_{(\text{média})} * k_1$$

Onde k_1 = coeficiente do dia de maior consumo = 1,2

$$Q_{(\text{máx hor.})} = Q_{(\text{máx dia})} * k_2$$

Onde k_2 = coeficiente da hora de maior consumo = 1,5

$$Q_{(\text{mín dia})} = Q_{(\text{média})} * k_3$$

Onde k_3 = coeficiente da hora de menor consumo = 0,5

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para cada ano considerado no estudo.

Vazão doméstica (l/s)					
Ano	População	Média	Máx. Diária	Máx. Horária	Mínima
2.002	6.452	12,7	15,2	22,8	6,3
2.012	7.476	14,7	17,6	26,4	7,3
2.015	7.814	15,3	18,4	27,6	7,7
2.022	8.662	17,0	20,4	30,6	8,5
2.025	9.053	17,8	21,3	32,0	8,9
2.035	10.490	20,6	24,7	37,1	10,3

Tabela 6: Vazões de esgotos domésticas

3.2. VAZÃO DE INFILTRAÇÃO

A infiltração no sistema de esgotamento ocorre através de tubos defeituosos, conexões, juntas ou paredes de poços de visitas. A quantidade de água infiltrada depende de diversos fatores, como extensão da rede coletora, área servida, tipo de solo, profundidade do lençol freático, topografia e densidade populacional (número de medições por unidade de área) (Metcalf & Eddy, 1991). A taxa de infiltração é normalmente expressa em termos de vazão por extensão de rede coletora ou área servida, isto quando não se dispõe de dados específicos locais.

A NBR 9649 da ABNT propõe valores para a taxa de contribuição de infiltração entre 0,05 e 1,0 l/s.km.

A Tabela 7 apresenta taxas de infiltração na rede recomendadas por diversos autores e entidades.

Autoria	Local	TI (l/s.km)	Ano
Matcalf & Eddy Inc.	EUA	0,15 a 0,60	1.981
SABESP	Estado de São Paulo	0,05 a 0,50	1.984
NBR 9649 - ABNT	Brasil	0,05 a 1,00	1.986
J.R. Campos & F.Y. Hanai	Araraquara	0,17	1.997

Tabela 7: Taxas de infiltração recomendadas

Às vazões de esgoto já calculadas deve-se adicionar o valor de infiltração de água na rede coletora de esgotos.

Adotaremos para os cálculos, o coeficiente de 0,1 l/s.km.

Com base nas informações disponibilizadas pela prefeitura de Sertãozinho, foram estimadas as vazões de infiltração para cada ano de estudo.

Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = \text{comprimento da rede (km)} * \text{coeficiente de infiltração} \left(\frac{l}{s} \cdot \text{km}\right)$

Ano 2.002: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 17,2 * 0,1 = 1,72$

Ano 2.012: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 18,4 * 0,1 = 1,84$

Ano 2.015: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 19,2 * 0,1 = 1,92$

Ano 2.022: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 23,2 * 0,1 = 2,32$

Ano 2.025: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 24,2 * 0,1 = 2,42$

Ano 2.035: Vazão de infiltração $\left(\frac{l}{s}\right) = 29,4 * 0,1 = 2,94$

3.3. VAZÕES INDUSTRIAIS

Conforme informações disponibilizadas pela prefeitura não são gerados efluentes industriais no distrito Cruz das Posses.

3.4. VAZÕES DE PROJETO

Adicionando os valores das vazões de infiltração às vazões de esgotos domésticos obtemos as vazões de projeto. O valor da vazão de infiltração não será adicionado à vazão mínima, por critério de segurança.

Ano	População	Vazão Média de Esgotos (l/s)		Vazões de Projeto (l/s)			
		Domiciliar	Infiltração	Média	Máx. Diária	Máx. Horária	Mínima
2.002	6.452	12,7	1,7	14,4	16,9	24,5	6,3
2.012	7.476	14,7	1,8	16,5	19,5	28,3	7,3
2.015	7.814	15,3	1,9	17,3	20,3	29,5	7,7
2.022	8.662	17,0	2,3	19,3	22,7	32,9	8,5
2.025	9.053	17,8	2,4	20,2	23,8	34,4	8,9
2.035	10.490	20,6	2,9	23,5	27,7	40,0	10,3

Tabela 8: Vazões de projeto

3.5. CARGA ORGÂNICA

A carga orgânica afluyente a uma estação de tratamento de esgotos corresponde à quantidade de poluente (massa) por unidade de tempo e pode ser estimada pela seguinte relação:

$$CO \text{ (kg DBO}_{5,20}\text{/dia)} = \text{população(hab)} \cdot \text{carga per capita (g/hab. dia)} \cdot 10^{-3} \text{ (g/kg)}$$

A carga per capita representa a contribuição de cada indivíduo (expressa em termos de massa do poluente) por unidade de tempo.

De acordo com a norma NBR 12209/1992, na ausência de investigações locais de validade reconhecida, pode-se adotar o valor de 54 g DBO/hab.dia.

A Tabela 9 apresenta as cargas orgânicas para cada ano de estudo.

Ano	População	Carga
		(kgDBO5/dia)
2.002	6.452	348
2.012	7.476	404
2.015	7.814	422
2.022	8.662	468
2.025	9.053	489
2.035	10.490	566

Tabela 9: Cargas orgânicas

3.6. CONCENTRAÇÃO DE DBO

A concentração de DBO pode ser expressa como a relação da carga orgânica pela vazão média total:

$$\text{Concentração (mg/l)} = \text{carga orgânica (kgDBO}_{5,20}\text{/dia)} / \text{vazão média (m}^3\text{/dia)} \cdot 1000$$

Ano	População	Carga Orgânica	Concentração dos esgotos
		(kgDBO5/dia)	(mgDBO5/l)
2.002	6.452	348	280
2.012	7.476	404	283
2.015	7.814	422	283
2.022	8.662	468	280
2.025	9.053	489	280
2.035	10.490	566	279

Tabela 10: Concentração média dos esgotos

3.7. COMPARATIVO DAS VAZÕES E CARGAS ORGÂNICAS

A Tabela 11 apresenta comparativo das vazões de projeto calculadas anteriormente e das vazões do projeto executivo existente da ETE.

Ano	Vazão Média (l/s)	Vazão Máx. Diária (l/s)	Vazão Máx. Horária (l/s)	Vazão Mínima (l/s)	Carga orgânica (kgDBO5/dia)	Concentração (mgDBO5/l)
Vazões de Projeto - Estudo						
2.002	14,4	16,9	24,5	6,3	348	280
2.012	16,5	19,5	28,3	7,3	404	283
2.015	17,3	20,3	29,5	7,7	422	283
2.022	19,3	22,7	32,9	8,5	468	280
2.025	20,2	23,8	34,4	8,9	489	280
2.035	23,5	27,7	40,0	10,3	566	279
Vazões de Projeto - Projeto Existente						
2002	19,0	22,0	30,8	11,6	425	259
2012	23,1	26,7	37,8	13,9	527	265
2022	28,8	33,4	47,2	17,3	654	263

Tabela 11: Comparativo das vazões de projeto.

Após análise da Tabela 11 conclui-se que o sistema proposto no projeto executivo existente da ETE Cruz das Posses atende as necessidades para tratamento dos esgotos do distrito até a última etapa do estudo (2.035), com exceção de uma pequena diferença para os valores de concentração. Sendo assim, também foi feita verificação das dimensões das lagoas projetadas levando em consideração os parâmetros de projeto calculados nesse estudo e a eficiência mínima que o sistema deve atingir para tratamento dos esgotos até o último ano do plano de estudo, comprovando que o sistema projetado (Sistema Australiano) é eficiente para tratar os esgotos de Cruz das Posses em todas as etapas de estudo (até 2.035).

4. ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO

Para realização do estudo de diluição dos esgotos tratados e de autodepuração no corpo receptor, foi utilizado o modelo de Streeter-Phelps, apresentado por Marcos Von Sperling em “Estudos e modelagem da qualidade da água de rios – Vol. 7” e utilizado em nosso país na maioria das simulações de oxigênio dissolvido. Além disso, para elaboração deste estudo foram utilizadas as informações e dados apresentados no projeto existente.

➤ **Dados principais:**

- Características dos esgotos:
 - ✓ Vazão média de esgotos = 23,5 l/s = 2.034 m³/dia = 0,0235 m³/s (vazão afluyente a ETE para a etapa final do estudo - 2035);
 - ✓ Concentração de DBO do esgoto bruto: 279 mg/l (concentração média dos afluentes totais do município para a etapa 2.035).

- Características do curso d'água:
 - ✓ Classe do corpo d'água = Classe 2;
 - ✓ Altitude = 500 m;
 - ✓ Temperatura da água = 20° C.

➤ **Vazão do rio:**

A determinação das eficiências requeridas para os tratamentos dos esgotos nos diversos lançamentos deve ser determinada em condições críticas. Por isso, para este estudo foi adotada para a vazão do rio o valor da vazão mínima $Q_{7,10}$ para a seção do córrego das Tabocas, calculada para o local do ponto de lançamento dos esgotos.

A vazão $Q_{7,10}$ pode ser entendida como o valor anual da menor média de 7 vazões diárias consecutivas que pode se repetir, em média, uma vez a cada 10 anos (período de retorno de 10 anos).

Esta vazão foi obtida pelo método da regionalização hidrológica, através do site do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH).

A área da bacia

Dados de entrada para cálculo da vazão $Q_{7,10}$:

Área da bacia hidrográfica (km ²):	31,51
Longitude do Meridiano Central:	45 °

Coordenadas UTM:

Norte (m):	7667784,109
Este (m):	200464,558

Resultados:

Precipitação anual média (mm):	1491,2
Região hidrológica:	0 ▼
Região hidrológica (parâmetro C):	Y ▼
Latitude:	21° 03' 59"
Longitude:	47° 52' 56"
Norte (m):	7667784,109
Este (m):	200464,558

A Figura 1 apresenta o gráfico obtido a partir dos dados de entrada.

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m ³ /s)	0,103	0,099	0,096	0,094	0,089	0,086

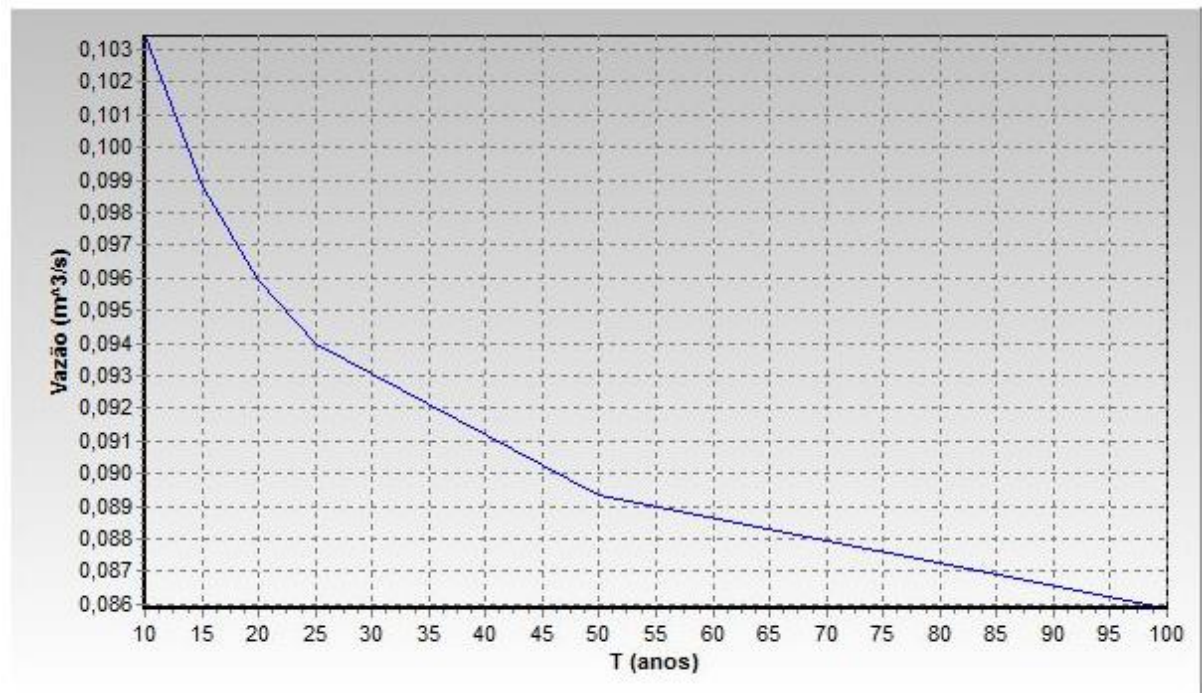


Figura 1: Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com "T" anos de período de retorno - Q 7,T (m³/s).

Com base nos resultados obtidos temos que a vazão $Q_{7,10}$ da seção do córrego das Tabocas, onde serão lançados os efluentes da nova ETE a ser implantada é igual a $0,103 \text{ m}^3/\text{s}$.

Portanto:

$$Q_r = Q_{7,10} = 0,103 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Concentração de saturação de OD (C_s)**

Quando um líquido é exposto a um gás, ocorre um intercâmbio contínuo de moléculas da fase líquida para a fase gasosa e vice-versa. Assim que a concentração de solubilidade na fase líquida é atingida, ambos os fluxos passam a ser de igual magnitude, de modo que não ocorra uma mudança global nas concentrações do gás em ambas as fases. Este equilíbrio dinâmico está associado à concentração de saturação do gás na fase líquida.

A concentração de saturação de oxigênio é função da temperatura da água e da altitude. A Tabela 12 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a concentração de saturação de oxigênio na água limpa para diferentes temperaturas e altitudes.

Temperatura (°C)	Altitude (m)			
	0	500	1000	1500
10	11,3	10,7	10,1	9,5
11	11,1	10,5	9,9	9,3
12	10,8	10,2	9,7	9,1
13	10,6	10,0	9,5	8,9
14	10,4	9,8	9,3	8,7
15	10,2	9,7	9,1	8,6
16	10,0	9,5	8,9	8,4
17	9,7	9,2	8,7	8,2
18	9,5	9,0	8,5	8,0
19	9,4	8,9	8,4	7,9
20	9,2	8,7	8,2	7,7
21	9,0	8,5	8,0	7,6
22	8,8	8,3	7,9	7,4
23	8,7	8,2	7,8	7,3
24	8,5	8,1	7,6	7,2
25	8,4	8,0	7,5	7,1
26	8,2	7,8	7,3	6,9
27	8,1	7,7	7,2	6,8
28	7,9	7,5	7,1	6,6
29	7,8	7,4	7,0	6,6
30	7,6	7,2	6,8	6,4

Tabela 12: Concentração de saturação de oxigênio - Fonte: Von Sperling, Marcos – “Estudo e Modelagem da qualidade da água de rios”.

Para a temperatura de 20°C e altitude de 500 m tem-se:

$$C_s = 8,7 \text{ mg/L}$$

➤ **Oxigênio dissolvido no rio (OD_r)**

O teor de oxigênio dissolvido no rio no ponto a montante do lançamento dos despejos é um parâmetro que pode ser obtido através de análises de amostras coletadas.

Entretanto, em condições onde a coleta da amostra se torna uma atividade complexa, sejam pelos mais diversificados problemas com os quais se podem deparar durante a elaboração de um projeto, como, por exemplo, a questão do acesso ao local, e levando-se em consideração que a simulação pode ser executada mediante uma condição futura, é possível estimar a concentração de OD em função do grau de poluição aproximado do curso d'água, podendo ser adotado, por segurança, de 80 a 90% do valor de saturação de oxigênio, caso o mesmo apresente poucos indícios de poluição.

Dessa forma, para esse estudo foi adotado o seguinte valor:

$$OD_r = 90\% \cdot C_s$$

$$OD_r = 7,83 \text{ mg/L}$$

➤ **Oxigênio dissolvido no esgoto (ODE)**

Foi admitido, por segurança, que o OD efluente do tratamento seja o mesmo do esgoto bruto (0,00 mg/l).

$$OD_e = 0,0 \text{ mg/L}$$

➤ **Demanda bioquímica de oxigênio no rio (DBOr)**

Considerou-se, de acordo com a classificação proposta por Klein (1962), o valor da DBO para rios limpos:

$$DBO_r = 2,0 \text{ mg/L}$$

➤ **Demanda bioquímica de oxigênio do esgoto bruto (DBOe)**

$$DBO_e = 279 \text{ mg/l}$$

➤ **Coefficiente de desoxigenação (k1) e de decomposição da DBO (kd)**

O coeficiente k1 depende das características da matéria orgânica, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras.

O coeficiente de decomposição da DBO no rio, incorporando a decomposição da matéria orgânica pela biomassa suspensa na massa líquida, bem como pela biomassa no lodo de fundo, é denominado kd.

Na impossibilidade de se efetuarem testes específicos, k1 e kd foram adotados como valores médios de literatura (rio raso, recebendo efluente secundário).

Origem	K ₁ (laboratório)	K _d (rio)	
		Rios rasos	Rios profundos
Curso d'água recebendo esgoto bruto concentrado	0,35-0,45	0,50-1,00	0,35-0,50
Curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40-0,80	0,30-0,45
Curso d'água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,40-0,80	0,30-0,45
Curso d'água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12-0,24	0,12-0,24
Curso d'água com águas limpas	0,08-0,20	0,08-0,20	0,08-0,20

Nota: rios rasos: profundidade inferior a cerca de 1,0 ou 1,5 m; rios profundos: profundidade superior a cerca de 1,0 ou 1,5 m

Tabela 13: Coeficientes de desoxigenação e decomposição - Fonte: Von Sperling, Marcos – “Estudo e Modelagem da qualidade da água de rios”

Valores adotados:

$$k_1 = 0,2 \text{ d}^{-1} (20^{\circ}\text{C, base e})$$

$$k_d = 0,2 \text{ d}^{-1} (20^{\circ}\text{C, base e})$$

➤ **Coeficiente de reeração (k₂)**

O valor de k₂ foi adotado com base em valores típicos de rios rápidos e rasos (Arceivala, 1981):

$$k_2 = 1,15$$

➤ **Tempo de percurso**

Foi considerado para o estudo, uma distância de percurso de 700 m (local onde o córrego das Tabocas deságua no Rio Pardo) e velocidade de 1,50 m/s.

$$t = \frac{d}{v \cdot 86400}$$

Onde:

d = distância de percurso

v = velocidade do curso d'água

$$t = \frac{700}{1,50 \cdot 86400}$$

$$t = 0,005 \text{ d}$$

➤ **Oxigênio dissolvido mínimo permissível (OD_{mín})**

O valor mínimo permissível para a concentração de OD no curso d'água em questão é igual a 5 mg/l (Classe 02).

$$OD_{\text{mín}} = 5 \text{ mg/l}$$

➤ **Concentração de oxigênio da mistura (C₀) e déficit de oxigênio no rio (D₀)**

$$C_0 = \frac{Q_r \times OD_r + Q_e \times OD_e}{Q_r + Q_e}$$

$$C_0 = \frac{0,103 \cdot 7,83 + 0,0235 \times 0}{0,103 + 0,0235}$$

$$C_0 = 6,38 \text{ mg/L}$$

$$D_0 = C_s - C_0$$

$$D_0 = 8,70 - 6,38$$

$$D_0 = 2,32 \text{ mg/L}$$

➤ **Concentração de DBO última da mistura (L₀)**

No modelo de oxigênio dissolvido os cálculos são baseados na demanda última de oxigênio, e não na demanda de 5 dias. Há necessidade, portanto, de se converter a DBO₅ para DBO última, utilizando o fator de conversão k_t .

$$k_t = \frac{1}{1 - e^{-5k_1}}$$

$$k_t = \frac{1}{1 - e^{-5 \cdot 0,2}}$$

$$k_t = 1,58$$

A DBO₅ da mistura é:

$$DBO_5 = \frac{Q_r \cdot DBO_r + Q_e \cdot DBO_e}{Q_r + Q_e}$$

$$DBO_5 = \frac{0,103 \times 2 + 0,0235 \times 60}{0,103 + 0,0235}$$

$$DBO_5 = 12,77 \text{ mg/L}$$

$$L_0 = DBO_5 \times k_t$$

$$L_0 = 12,77 \times 1,58$$

$$L_0 = 20,18 \text{ mg/L}$$

➤ **Perfil do oxigênio dissolvido ao longo do tempo e da distância**

$$C_t = C_s - \left[\left(\frac{k_d \times L_0}{k_2 - k_d} \right) \cdot (e^{-k_d \cdot t} - e^{-k_2 \cdot t}) + ((C_s - C_0) \cdot e^{-k_2 \cdot t}) \right]$$

$$C_t = 8,70 - \left[\left(\frac{0,20 \times 20,18}{1,15 - 0,20} \right) \cdot (e^{-0,20 \cdot t} - e^{-1,15 \cdot t}) + ((8,70 - 6,38) \cdot e^{-1,15 \cdot t}) \right]$$

Para diversos valores de t, tem-se:

Distância (km)	Tempo (dia)	OD (mg/l)
0,00	0	7,83
0,00	0	6,38
0,05	0,000771605	6,37
0,10	0,001157407	6,37
0,15	0,00154321	6,37
0,20	0,001929012	6,37
0,25	0,002314815	6,37
0,30	0,002700617	6,37
0,35	0,00308642	6,37
0,40	0,003472222	6,37
0,45	0,003858025	6,37
0,50	0,004243827	6,37
0,55	0,00462963	6,37
0,60	0,005015432	6,37
0,65	0,005401235	6,37
0,70	0	6,38

Tabela 14: Valores de OD ao longo do trecho

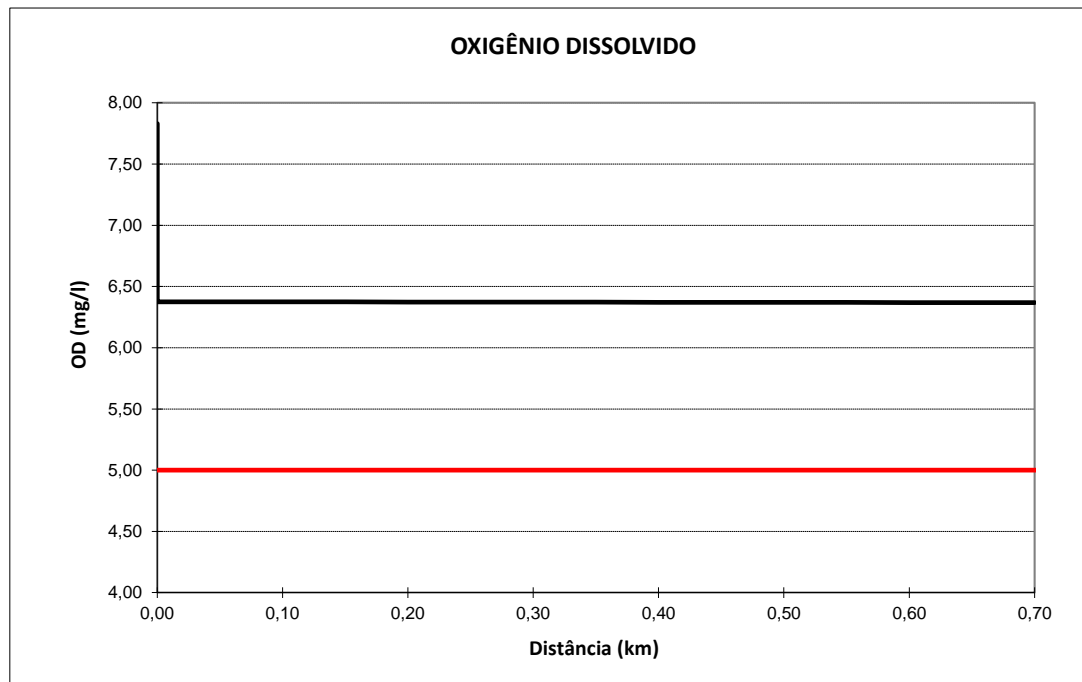


Figura 2: Perfil OD.

Em todo o trecho do percurso considerado, verifica-se que o OD está acima do mínimo permissível de 5 mg/L. Desta forma, do ponto de vista do corpo receptor, a eficiência considerada no estudo é satisfatória.