



Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde

**BRAZÓPOLIS – MG
DISTRITO DE LUMINOSA**

**TOMO III
PROJETO BÁSICO
VOLUME 4
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO
(RIBEIRÃO VARGEM GRANDE)**

JULHO / 2016

CONTRATO Nº 09/2012

Elaboração de Diagnósticos, Estudos de Concepção e Viabilidade, Projetos Básicos e Executivos de Engenharia e Estudos Ambientais para Sistemas de Esgotamento Sanitário para o Estado de Minas Gerais



**PROJETO BÁSICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO
DO DISTRITO DE LUMINOSA-BRAZÓPOLIS-MG**

ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DO RIBEIRÃO VARGEM GRANDE

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS	3
3.	CORPO RECEPTOR	6
4.	MODELAGEM DO CORPO D'ÁGUA.....	13
4.1	MODELAGEM MATEMÁTICA - STREETER-PHELPS.....	13
4.2	ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO	15
4.3	CENÁRIOS AVALIADOS	18
4.4	DADOS DE ENTRADA	18
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5.	BIBLIOGRAFIA	26
	ANEXOS.....	27
	PLANILHAS	28

1. INTRODUÇÃO

A modelagem da qualidade da água de rios é muito importante no gerenciamento de bacias hidrográficas. Pode-se, através desta, avaliar os impactos negativos de quaisquer lançamentos sobre um curso d'água ou a melhoria da qualidade de suas águas a partir do ponto de descarte de um efluente líquido de baixo grau poluidor, obtido após o tratamento físico, químico ou biológico.

A modelagem tem a vantagem de retratar a situação presente e/ou futura. Assim é possível comparar diferentes cenários e propor sistemas de tratamento adequados que impeçam a sobrecarga em um rio com baixa capacidade de autodepuração.

O presente estudo avaliará o impacto do lançamento de esgotos domésticos, brutos e tratados, do distrito de Luminosa pertencente ao município de Brazópolis, na bacia hidrográfica composta pelo Córrego dos Mau e Ribeirão Vargem Grande, afluentes do Rio Sapucaí que integra a bacia do Rio Grande, conforme indica a figura a seguir:

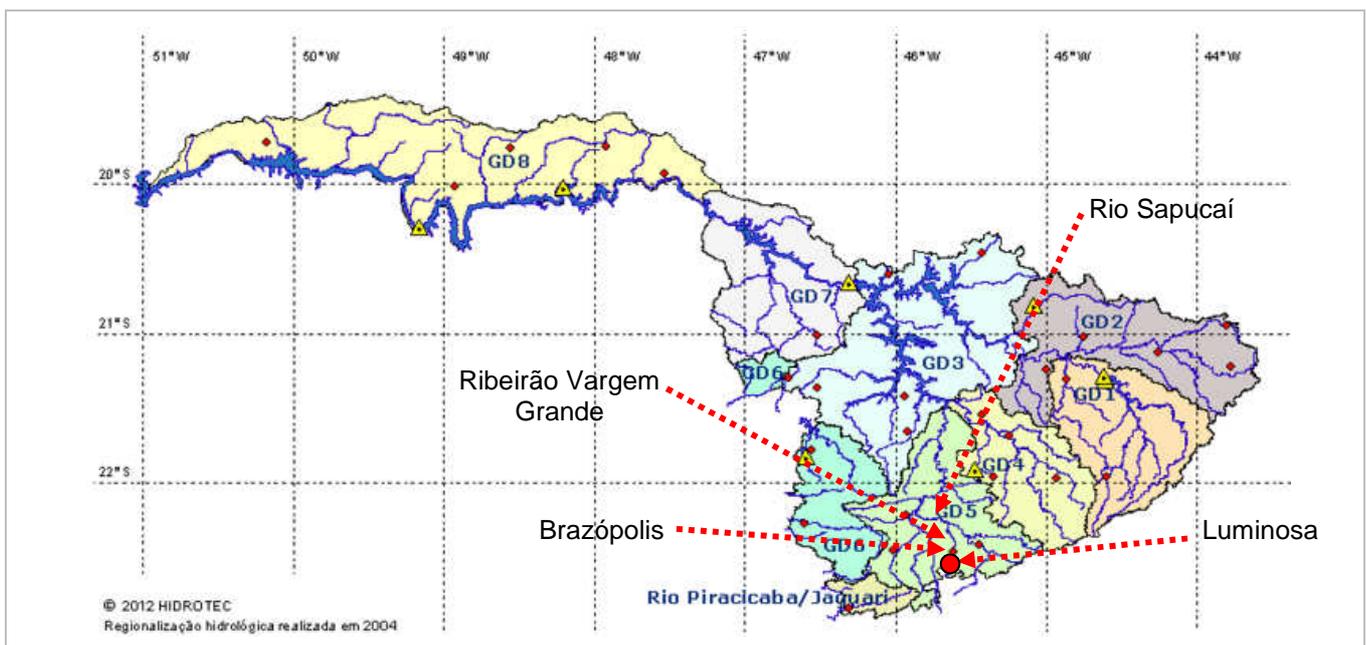
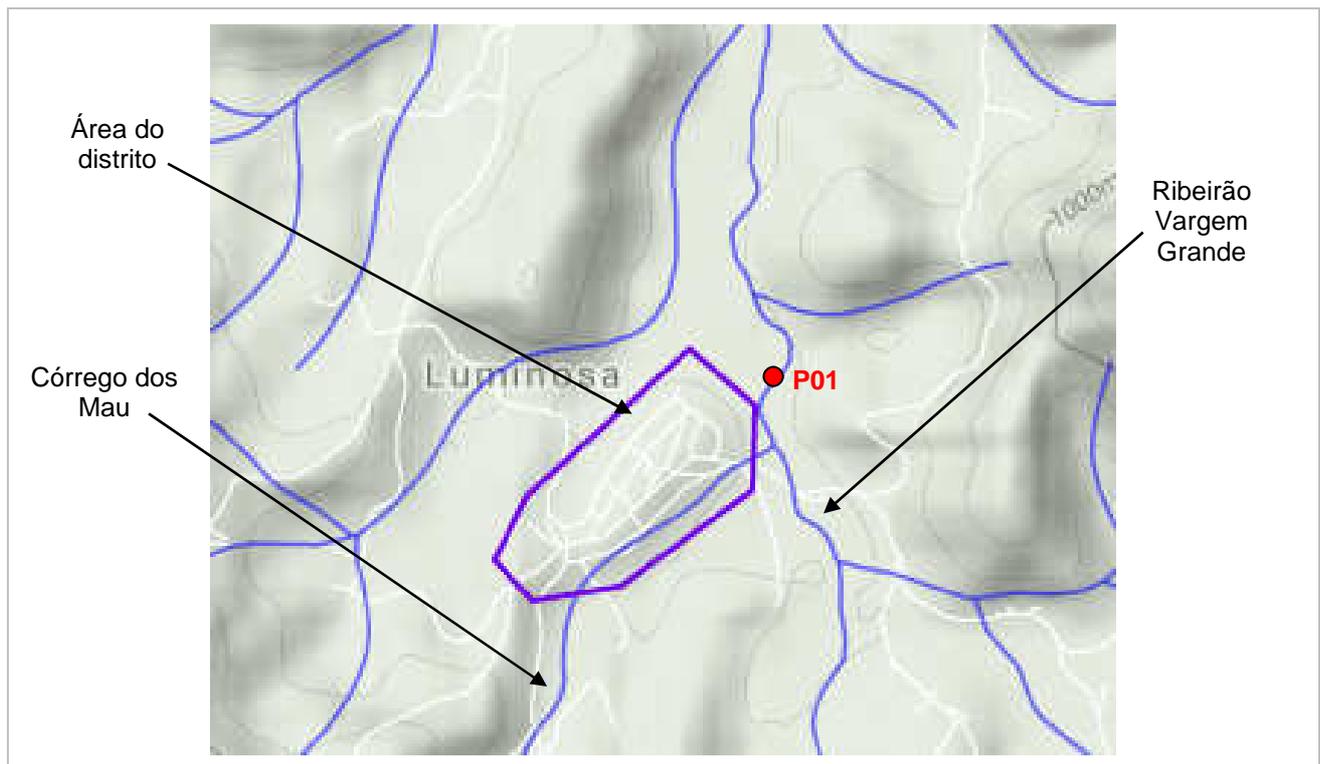


Figura 1.1 – Bacia do Rio Grande com localização do distrito de Luminosa – Brazópolis / MG



● Localização do ponto de lançamento da ETE Luminosa

Figura 1.2 – Área do distrito de Luminosa – Brazópolis/MG com indicação do ponto de lançamento da ETE

Propôs-se para o tratamento do esgoto sanitário gerado no distrito um sistema composto por tratamento preliminar seguido por duas lagoas facultativas, que lançará seus efluentes no Ribeirão Vargem Grande, tributário do Rio Sapucaí. As concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), ao longo do trecho em estudo, serão avaliadas em dois cenários:

- ✓ **Cenário 01:** Lançamento de esgoto bruto;
- ✓ **Cenário 02:** Lançamento do esgoto tratado.

Diante da modelagem do curso d'água nestes cenários, as concentrações de OD e DBO₅, ao longo do trecho em estudo, devem atender aos limites permitidos pelas normas ambientais para corpos receptores. Portanto, o item seguinte exibe uma breve apresentação da legislação e, na sequência, é feita a modelagem da qualidade da água do rio. Esta avaliação considera a vazão prevista para fim de plano (2038).

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS

As principais legislações que dispõem sobre a qualidade das águas em âmbito nacional e estadual são, respectivamente, as Resoluções CONAMA Nº 357/05 e 430/11 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, de 05/05/2008. Ambas as legislações dividem as águas do Território Nacional em águas doces (salinidade $\leq 0,5$ ‰), águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30 ‰) e águas salinas (salinidade > 30 ‰).

As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, de

acordo com Resolução CONAMA 357/05. A Tabela a seguir apresenta um resumo dos principais usos relativos às águas interiores.

Tabela 2.1 - Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA 357/05 e DN Conjunta COPAM/CERH-MG 01/08)

Uso	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x	x ^a	x ^b	x ^b	
Preservação do equilíbrio natura das comunidades aquáticas	x				
Recreação de contato primário		x	x		
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Irrigação		x ^c	x ^d	x ^e	
Criação de espécies (aquicultura)			x		
Dessedentação de animais			x		
Navegação					x
Harmonia paisagística					x
Usos menos exigentes					x

a Após tratamento simplificado; *b* Após tratamento convencional; *c* Hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que desenvolvam rentes ao solo e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam consumidas cruas sem remoção de película; *d* Hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; *e* Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 e pela DN COPAM/CERH 01/08 estão apresentados na tabela a seguir para os principais parâmetros de interesse, relacionados a esgoto doméstico.

Tabela 2.2 - Padrões de qualidade para corpos d'água doce (Resolução CONAMA 357/05 e DN COPAM/CERH 01/08).

Parâmetro	Unidade	Águas doces – Classe			
		1	2	3	4
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	200/Res. 274	1000/Res. 274	(a)	-
DBO ₅	mg/L	3	5	10	-
OD	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 2
N amon. total (pH ≤ 7,5)	mg/L	3,7	3,7	13,3	-
N amon. total (7,5 < pH ≤ 8,0)	mg/L	2	2	5,6	-
N amon. total (8,0 < pH ≤ 8,5)	mg/L	1	1	2,2	-
N amon. total (pH ≥ 8,5)	mg/L	0,5	0,5	1	-
Nitrato	mg/L	10	10	10	-
Nitrito	mg/L	1	1	1	-
Ptotal (ambiente lêntico)	mg/L	0,02	0,03	0,05	-
Ptotal (ambiente intermediário)	mg/L	0,025	0,05	0,075	-
Ptotal (ambiente lótico)	mg/L	0,1	0,1	0,15	-

(a) Para dessedentação de animais confinados (1.000 NMP/100 mL); recreação de contato secundário (2.500 NMP/100 mL), demais usos (4.000 NMP/100 mL).

Cada uma destas classes pressupõe certa qualidade a ser mantida no corpo d'água, expressa em termos do padrão do corpo d'água receptor. Além destes, há padrões de lançamento gerais, estabelecidos principalmente por questões práticas. A relação entre os padrões, de forma geral, são:

- ✓ Um efluente, além de satisfazer aos padrões de lançamento, deve permitir também o cumprimento aos padrões do curso d'água para a sua respectiva classe.

- ✓ Caso o atendimento aos padrões do corpo receptor seja demonstrado através de estudos ambientais, o poluidor pode solicitar ao órgão ambiental um relaxamento nos padrões de lançamento.

Cabe ainda destacar o exposto no artigo 10 da Resolução CONAMA 357/05:

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Já a Resolução CONAMA 430/11, estabelece que:

Art. 12. O lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis.

Parágrafo único. Nos corpos de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final.

Art. 13. Na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo.

A DN Conjunta COPAM/CERH 01/08 estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Deliberação, ou o lançamento seja de interesse público induzindo o relaxamento nos padrões de qualidade da água.

As principais condições de lançamento de efluentes estabelecidos pela DN COPAM/CERH 01/08, de interesse ao tratamento de esgotos sanitários são:

- ✓ pH entre 6,0 a 9,0;
- ✓ Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura, desde que não comprometa os usos previstos para o corpo d'água;
- ✓ Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- ✓ DBO: até 60 mg/L ou o tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;

- ✓ DQO - até 180 mg/L ou o tratamento com eficiência de redução de DQO em, no mínimo, 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;
- ✓ Sólidos em suspensão totais até 100 mg/L, sendo 150 mg/L nos casos de lagoas de estabilização.

3. CORPO RECEPTOR

O lançamento do efluente tratado na ETE Luminosa ocorrerá no Ribeirão Vargem Grande, afluente do Rio Sapucaí, pertencente à bacia do Rio Grande, (UPGRH GD-05), no ponto P-01 localizado a jusante do distrito conforme ilustra a figura 3.1.

Este curso d'água é classificado pelo Zoneamento Ecológico Econômico – ZEE do Estado de Minas Gerais como **classe 2**. De acordo com o Mapa de Vazões Específicas desenvolvido pelo HIDROTEC – Atlas Digital das Águas de Minas - ADM, a vazão média $Q_{7,10}$ do distrito de Luminosa é de 5,85 l/s.km².

O estudo será feito para duas situações distintas, a primeira para o lançamento do esgoto bruto no Ribeirão Vargem Grande. A segunda visará o lançamento nesse mesmo corpo d'água dos efluentes tratados provenientes da ETE Luminosa - Figura 1.1.

No estudo em sequencia considera-se tanto para o lançamento do esgoto bruto quanto tratado, a bacia hidrográfica de contribuição apresentada a seguir.

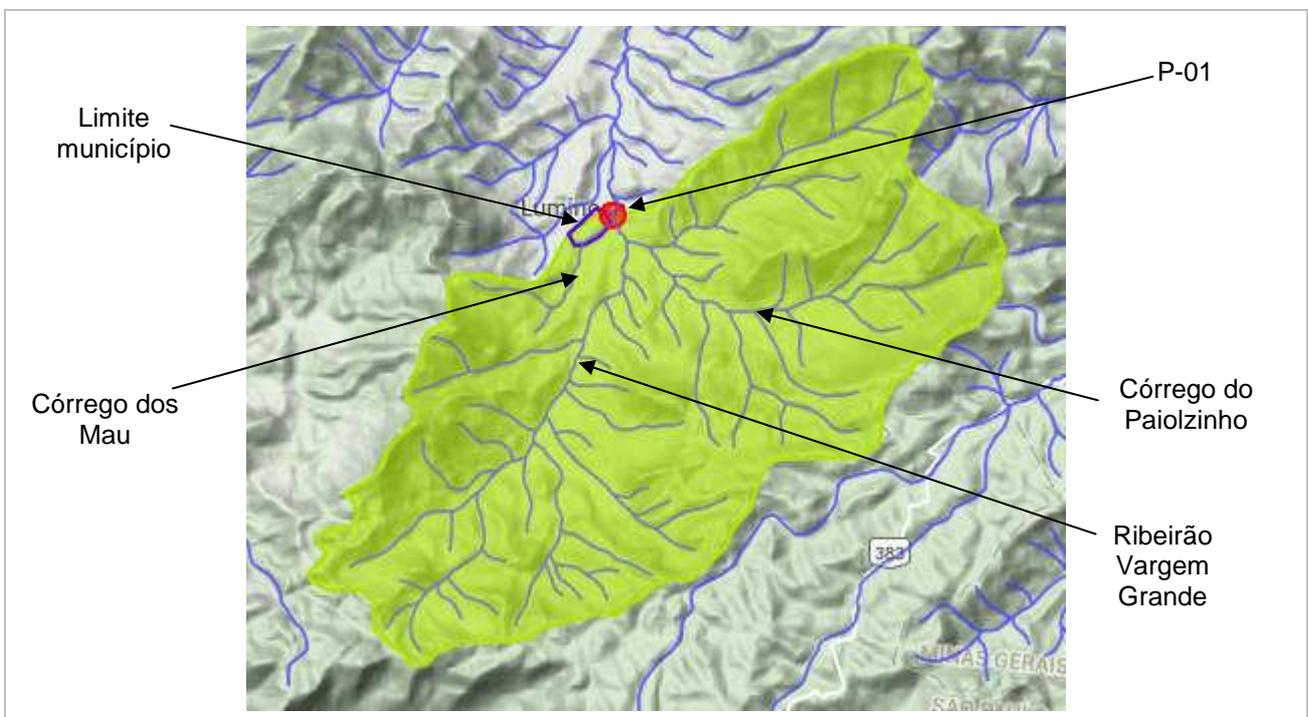


Figura 3.1 – Bacia de contribuição do Ribeirão Vargem Grande em Luminosa – Brazópolis/MG

No caso do lançamento do esgoto bruto no Ribeirão Vargem Grande, considera-se a área de contribuição a montante do ponto de lançamento de, aproximadamente, 65,16 km² e a vazão

de descarga específica $Q_{7,10}$ para essa bacia de $5,85 \text{ l/s.km}^2$ ¹. A figura a seguir mostra a bacia de contribuição até o ponto de descarga P-01.

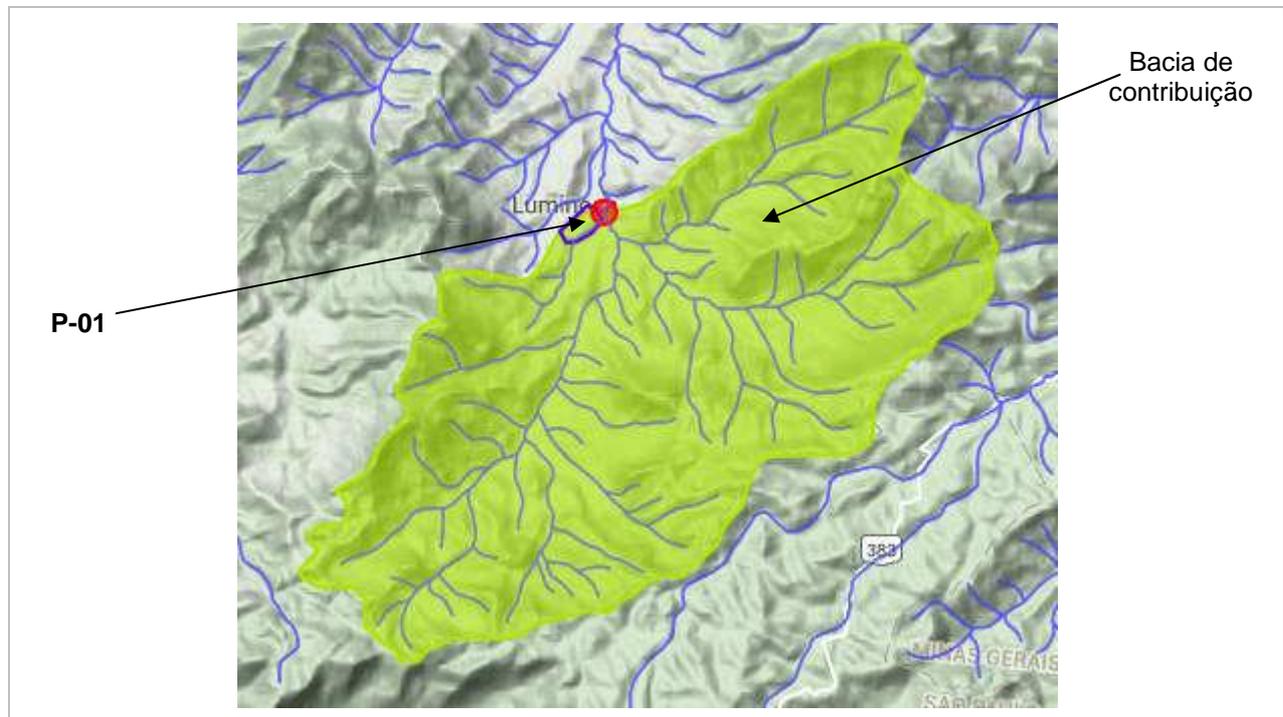


Figura 3.2 – Bacia de contribuição do Ribeirão Vargem Grande em Luminosa – Brazópolis/MG com indicação do ponto de descarga P-01.

Os diagramas a seguir apresentam os dados de vazão, distâncias, DBO e OD adotados no desenvolvimento deste trabalho para o esgoto bruto e o tratado, desde o ponto de lançamento até o quinto tributário a jusante. Analisando-se os números apresentados conclui-se que, como a vazão lançada é pequena, o curso d'água consegue depurar o volume lançado desde o primeiro tributário e, desta forma, os valores de DBO e OD, em ambos os cenários estão dentro dos limites estipulados por norma desde o lançamento. Ressalta-se que o estudo foi mantido até o quinto tributário de forma a se obter as curvas dos perfis de comportamento do rio além de se comprovar que o sistema de tratamento cumpre com a sua finalidade e que os cursos d'água a jusante do lançamento não foram afetados pelo lançamento dos efluentes bruto e tratado, sendo que alguns afluentes não foram estudados amiúde por serem de pequena vazão, mas foram incorporados à bacia principal e, portanto, contabilizados. As figuras 3.5 a 3.9 na sequência apresentam as áreas das bacias de contribuição de cada um dos cursos d'água contribuintes.

¹ As vazões apresentadas foram obtidas no Atlas das Águas - <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/>

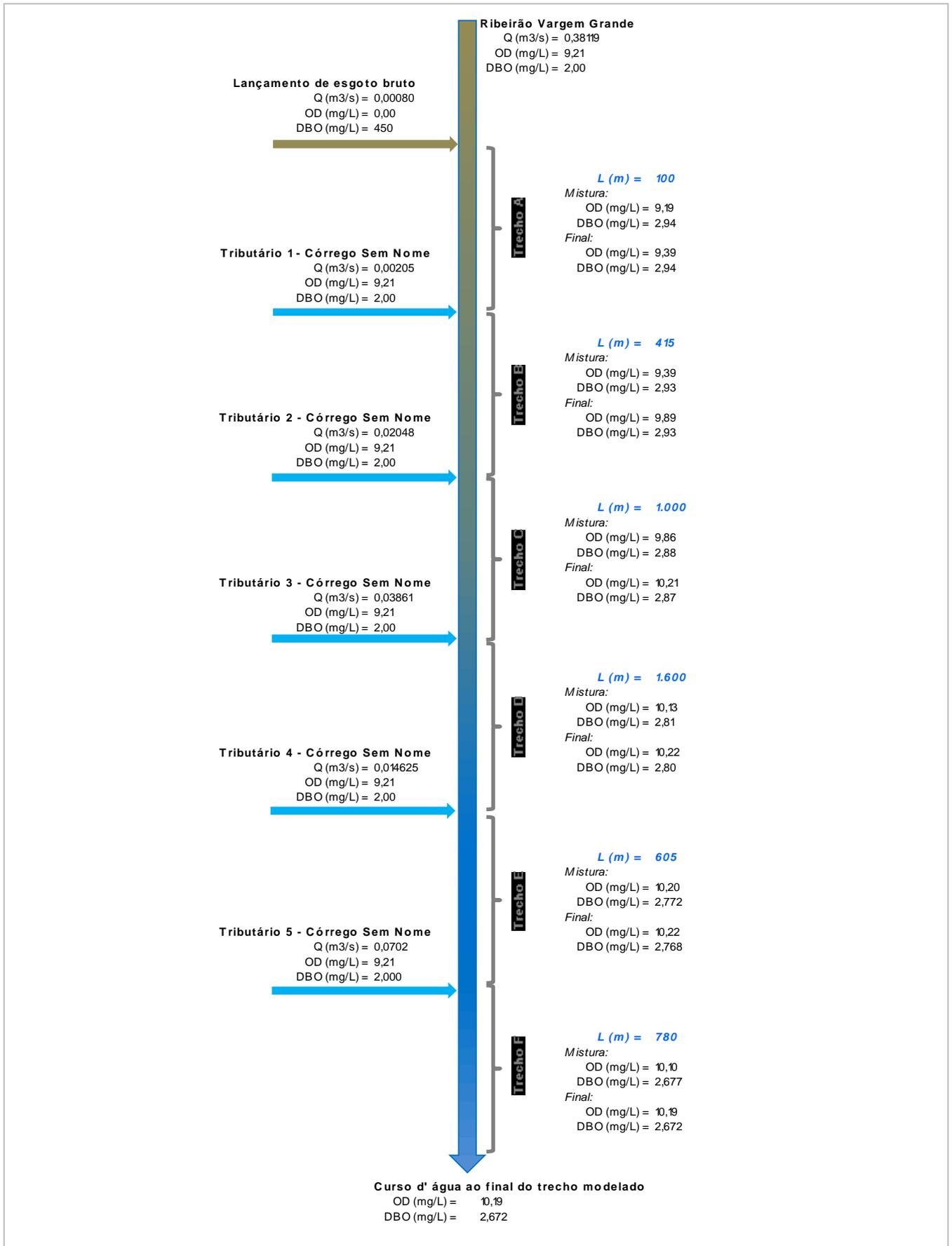


Figura 3.3 – Diagrama unifilar – Esgoto Bruto

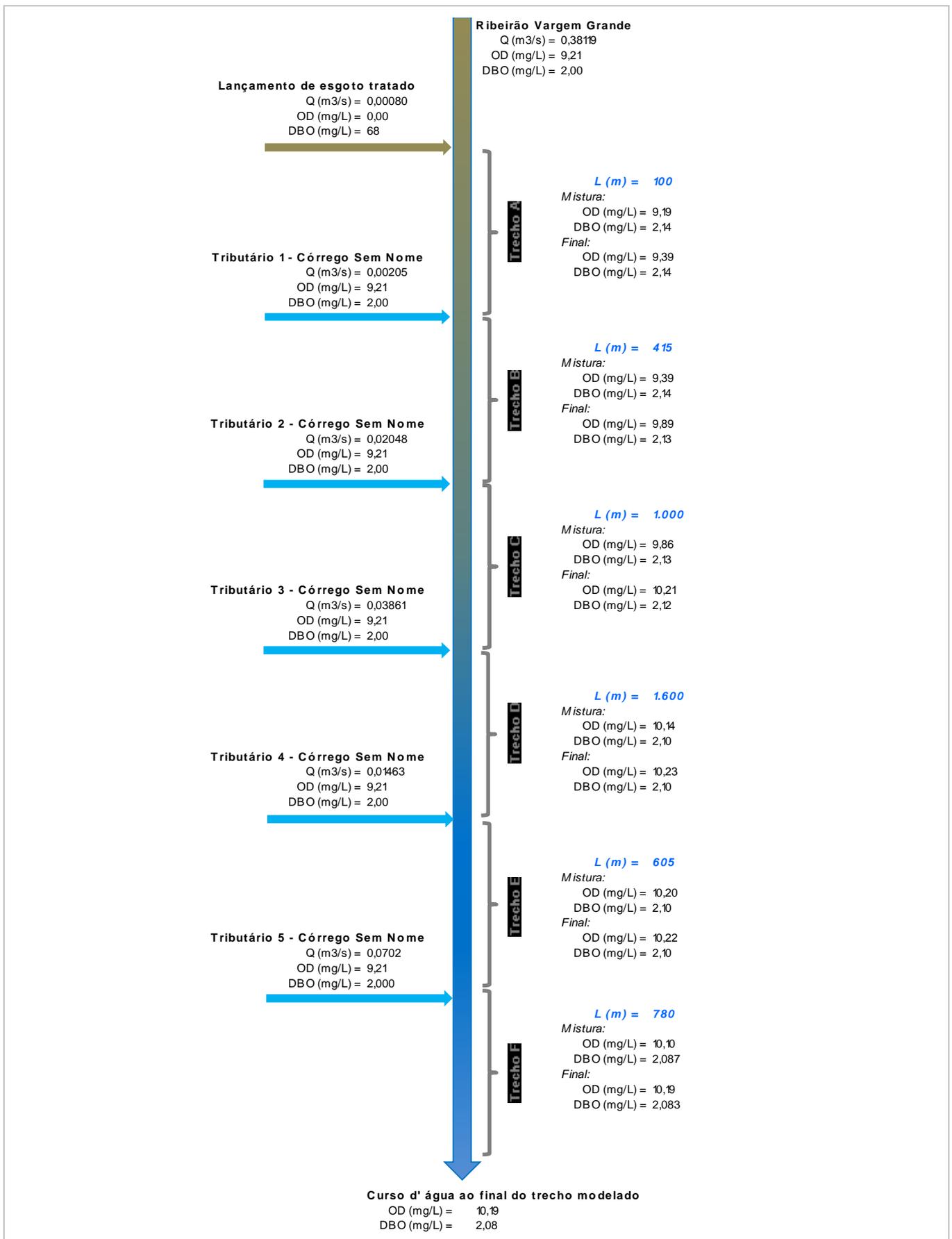


Figura 3.4 – Diagrama unifilar – Efluente Tratado

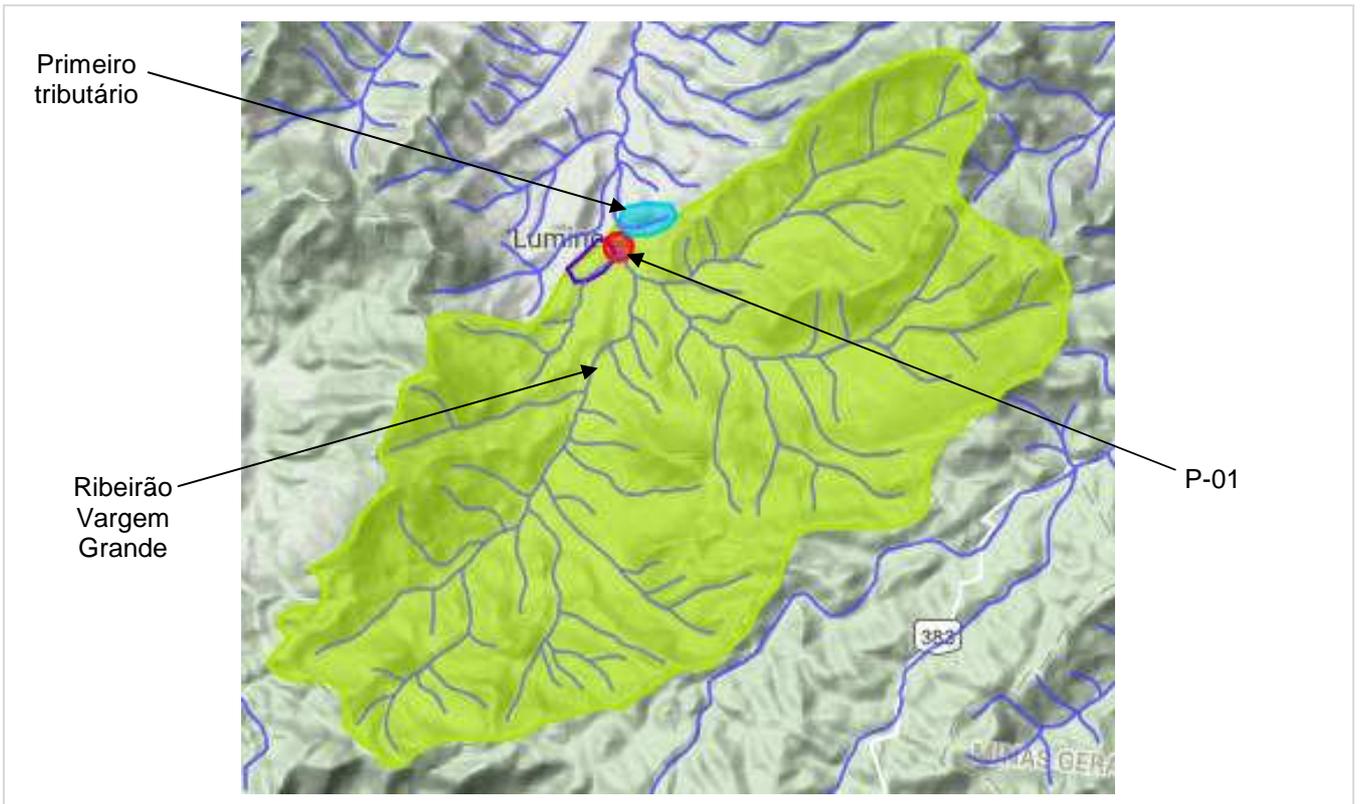


Figura 3.5 – Bacia de contribuição do primeiro tributário após lançamento no ponto P-01

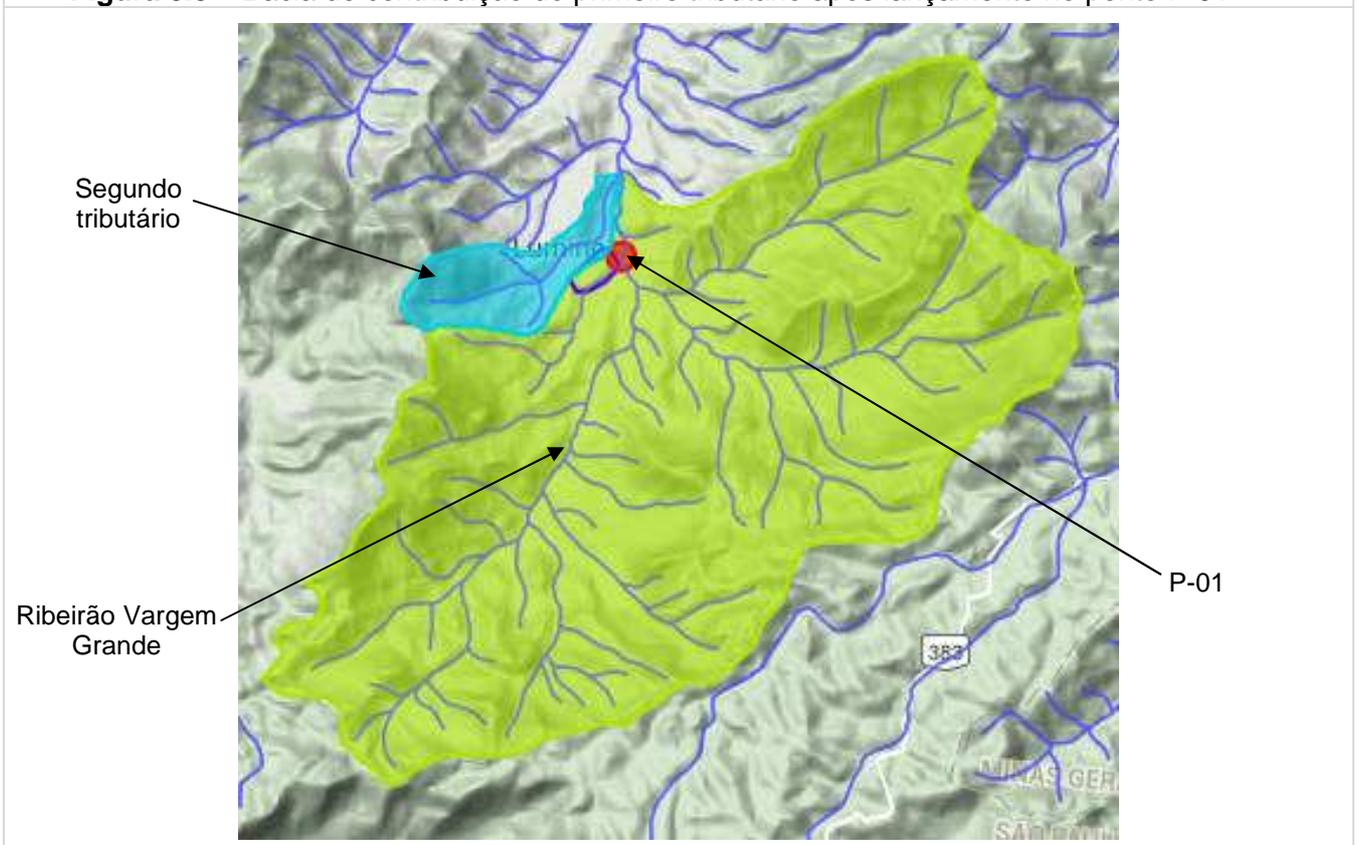


Figura 3.6 – Bacia de contribuição do segundo tributário após lançamento no ponto P-01

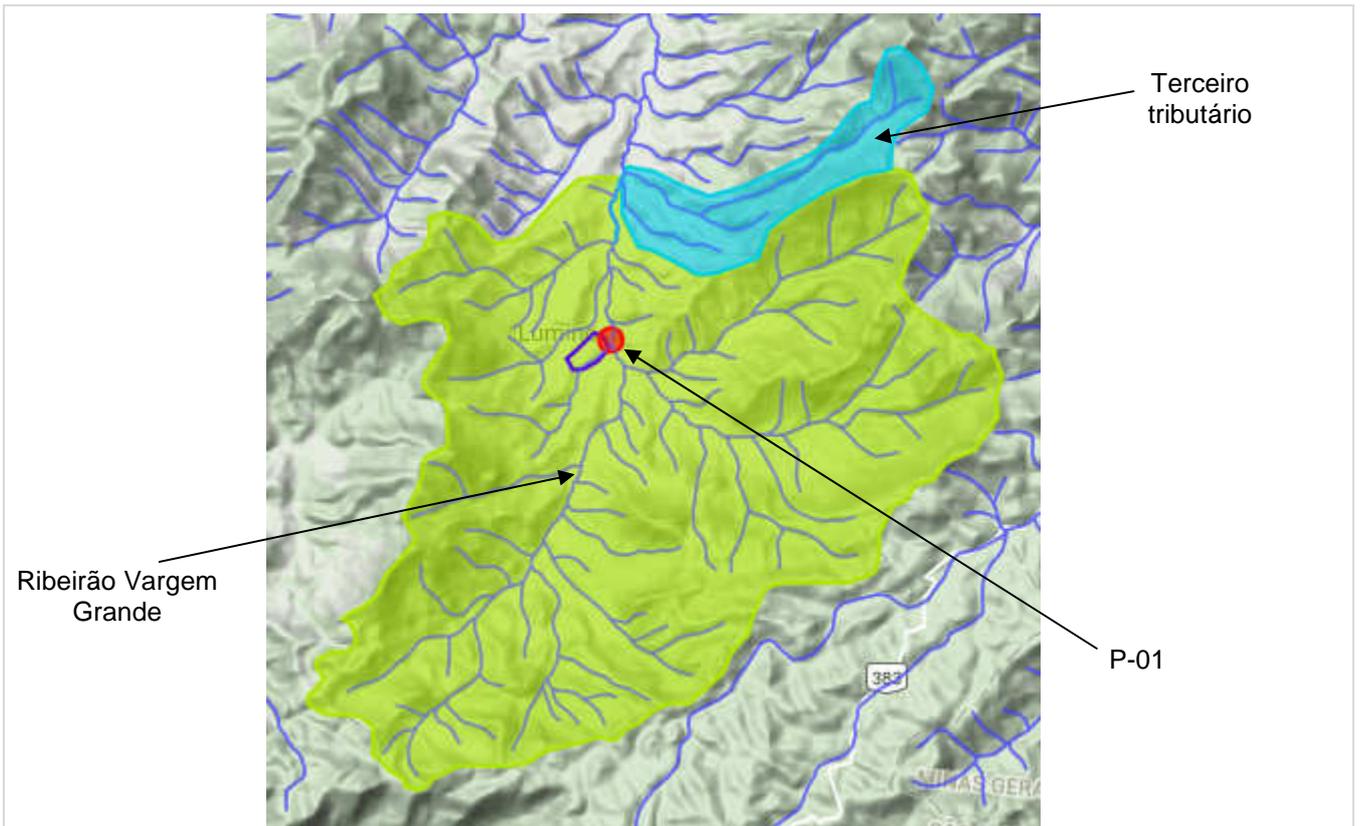


Figura 3.7 – Bacia de contribuição do terceiro tributário após lançamento no ponto P-01

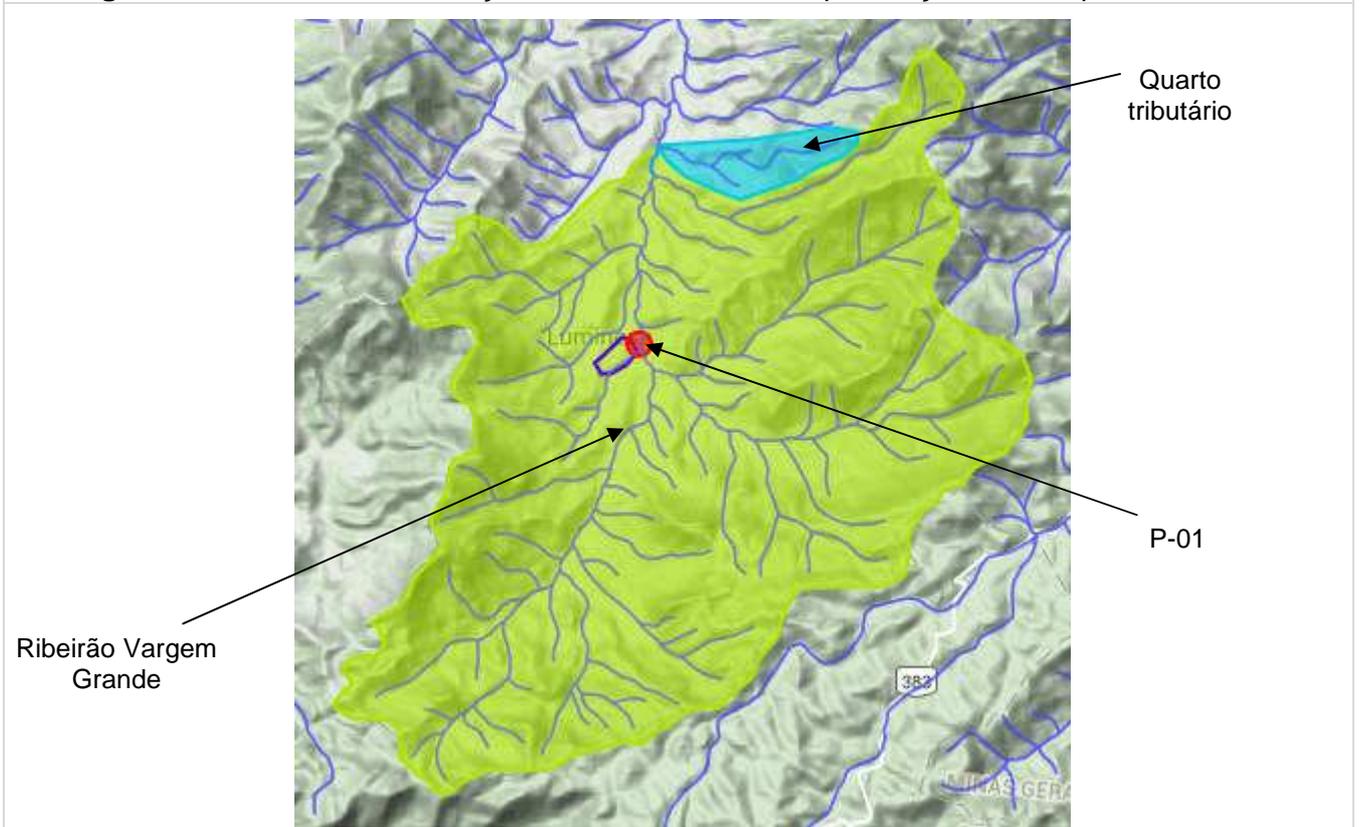
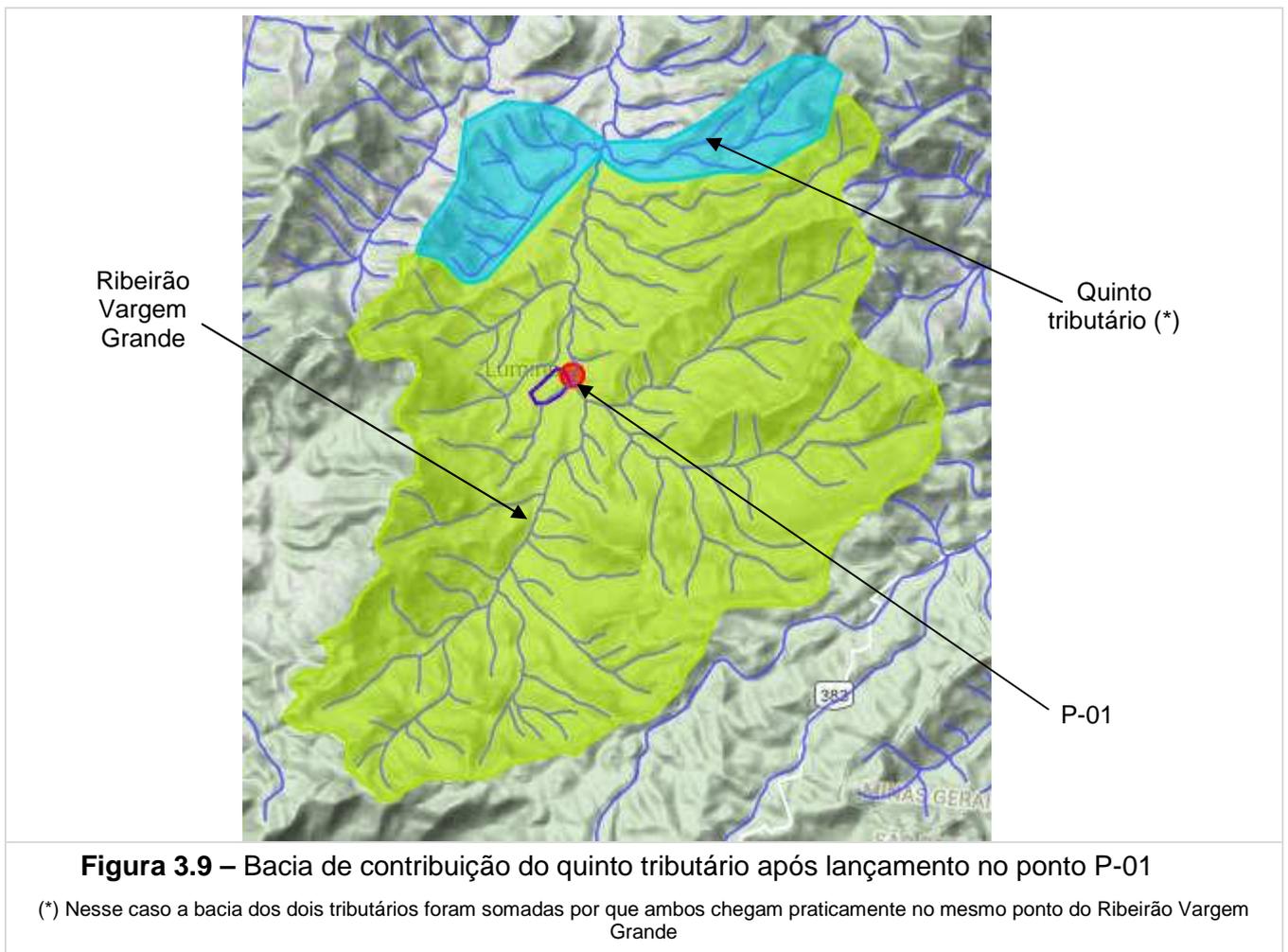


Figura 3.8 – Bacia de contribuição do quarto tributário após lançamento no ponto P-01



A tabela a seguir mostra os padrões de corpos d'água **classe 2** definidos pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG número 01 de 05 de maio de 2008.

Tabela 3.1 - Padrão de qualidade da água para corpos receptores classe 2

Parâmetro	Unidade	Padrão
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1.000/Res.274
DBO5	mg/L	5
OD	mg/L	≥ 5
N amon. Total (pH ≤ 7,5)	mg/L	3,7
N amon. Total (7,5 ≤ pH ≤ 8,0)	mg/L	2
N amon. Total (8,0 ≤ pH ≤ 8,5)	mg/L	1
N amon. Total (pH ≥ 8,5)	mg/L	0,5
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Ptotal (ambiente lêntico)	mg/L	0,03
Ptotal (ambiente intermediário)	mg/L	0,05
Ptotal (ambiente lótico)	mg/L	0,1

4. MODELAGEM DO CORPO D'ÁGUA

4.1 MODELAGEM MATEMÁTICA - STREETER-PHELPS

Do ponto de vista ecológico, um dos efeitos mais nocivos do lançamento de cargas poluidoras nos cursos d'água é o decréscimo das concentrações de oxigênio no meio líquido.

Para a modelagem das concentrações de oxigênio dissolvido, utilizou-se a modelagem matemática da qualidade da água proposta por Streeter-Phelps. Tal modelo é determinístico em estado estacionário suficiente para o planejamento ambiental de bacias hidrográficas. A ideia foi a de se utilizar a estrutura mais simples possível, com poucos requisitos de dados de entrada. As eventuais limitações resultantes das simplificações são compensadas por uma melhor compreensão entre as entradas e as saídas do modelo. Nas condições brasileiras, a falta de dados básicos justifica a adoção de modelos simplificados, evitando-se estruturas excessivamente parametrizadas, nas quais os requisitos de dados são superiores à disponibilidade usual e incompatíveis com a incerteza geral em torno dos dados de entrada, dos coeficientes do modelo e dos próprios dados medidos.

Os dois componentes que interagem no balanço de massa do oxigênio são: (a) o consumo para a estabilização aeróbica da matéria carbonácea e (b) a produção por meio da re-aeração atmosférica. Os seguintes mecanismos, algumas vezes incluídos em modelos mais sofisticados, não foram considerados na versão adotada do modelo:

- ✓ *Consumo de oxigênio através da demanda bentônica.* É possível que durante condições de baixas vazões os sedimentos formem uma camada de lodo no fundo, a qual poderia exercer uma certa demanda de oxigênio. No entanto, este fator é de difícil quantificação, devido à instabilidade desta camada (em vazões altas esta camada é provavelmente ressuspensa).
- ✓ *Consumo de oxigênio para nitrificação.* O tempo de percurso no trecho estudado é bastante baixo, sendo insuficiente para suportar a nitrificação.
- ✓ *Consumo de oxigênio da matéria ressuspensa.* A ressuspensão dos sedimentos geralmente ocorre em períodos de alta vazão, os quais não foram considerados nas simulações.
- ✓ *Produção de oxigênio por fotossíntese.* A turbidez das águas mostra-se elevada o suficiente para reduzir a penetração da energia luminosa, decrescendo, portanto, a taxa de fotossíntese.

O fluxo hidráulico admitido foi o de fluxo em pistão. As equações constantes do modelo de Streeter-Phelps são as seguintes:

a) Concentração e déficit de oxigênio no rio após a mistura com o despejo

$$C_0 = \frac{Q_r \cdot OD_r + Q_e \cdot OD_e}{Q_r + Q_e} \quad (1) \quad \text{e} \quad D_0 = C_s - C_0 \quad (2)$$

onde:

C_o = concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg/L);

D_o = déficit inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg/L);

C_s = concentração de saturação de oxigênio (mg/L);

Q_r = vazão do rio a montante do lançamento dos despejos (m^3/s);

Q_e = vazão de esgotos (m^3/s);

OD_r = concentração de oxigênio dissolvido no rio, a montante do lançamento dos despejos (mg/L);

OD_e = concentração de oxigênio dissolvido no esgoto (mg/L).

Observa-se que o valor de C_o é obtido através de média ponderada entre as vazões e teores de OD do rio e dos esgotos.

b) Cálculo da DBO_5 e da demanda última no rio após a mistura com o despejo

- DBO_5 da mistura:

$$DBO_{5_o} = \frac{(Q_r \cdot DBO_r + Q_e \cdot DBO_e)}{Q_r + Q_e} \quad (3)$$

- DBO última da mistura:

$$L_o = DBO_{5_o} \cdot K_T = \frac{(Q_r \cdot DBO_r + Q_e \cdot DBO_e)}{Q_r + Q_e} \cdot K_T \quad (4)$$

onde:

DBO_5 = concentração de DBO_5 , logo após a mistura (mg/l)

L_o = demanda última de oxigênio, logo após a mistura (mg/l)

DBO_r = concentração de DBO_5 do rio (mg/l)

DBO_e = concentração de DBO_5 do esgoto (mg/l)

K_T = constante para transformação da DBO_5 a DBO última (DBO_u)

$$K_T = \frac{DBO_u}{DBO_5} = \frac{1}{1 - e^{-5 \cdot K_1}} \quad (5)$$

onde:

K_1 = coeficiente de desoxigenação (d-1)

O valor de L_o é também obtido através de média ponderada entre as vazões e as demandas bioquímicas de oxigênio do rio e dos esgotos.

c) Cálculo do perfil de oxigênio dissolvido em função do tempo

$$C_t = C_s - \left\{ \frac{K_d \cdot L_o}{K_2 - K_d} \cdot (e^{-K_d t} - e^{-K_2 t}) + (C_s - C_0) \cdot e^{-K_2 t} \right\} \quad (6)$$

onde:

K_d = coeficiente de remoção de DBO (d⁻¹)

K₂ = coeficiente de reaeração (d⁻¹)

t = tempo de percurso (d)

Caso ocorra uma eventual concentração negativa de oxigênio dissolvido (C_t < 0), tal fato, apesar de matematicamente possível, não tem significado físico. Nestas condições, atinge-se a anaerobiose (OD=0 mg/l), e o modelo de Streeter-Phelps passa a não ser mais válido.

4.2 ZONAS DE AUTODEPURAÇÃO

O processo de autodepuração ocorre ao longo da extensão do curso d'água, portanto é possível identificar fisicamente os estágios de sucessão ecológica, ou seja, faixas ao longo do rio em que há maior ou menor presença de determinados organismos. Estas faixas são facilmente identificadas através da variação da concentração de oxigênio dissolvido. De acordo com von Sperling (2005), existem quatro principais zonas de autodepuração. São elas:

- ✓ Zona de águas limpas;
- ✓ Zona de degradação;
- ✓ Zona de decomposição ativa;
- ✓ Zona de recuperação.

A **zona de águas limpas** é definida antes do lançamento de águas residuárias em um curso d'água e, quando a qualidade da água anterior ao lançamento é retomada. Ao considerar a qualidade da água do rio, atém-se basicamente aos parâmetros oxigênio dissolvido e matéria orgânica. Nesta faixa, não há matéria orgânica e a concentração de oxigênio se aproxima à de saturação devido à baixa atividade microbiana e possivelmente à elevada produção de oxigênio pelas algas.

A **zona de degradação** inicia-se logo após o lançamento do despejo. A característica principal desta faixa é a elevada concentração de matéria orgânica potencialmente decomponível, visualmente identificável pela coloração turva. Inicialmente, devido à incipiência dos poucos microorganismos decompositores presentes, existe um lento consumo de oxigênio dissolvido no meio. Há, também, uma redução considerável de espécies no ecossistema, prevalecendo as formas mais adaptadas ao novo cenário.

A partir do momento em que os microorganismos, já adaptados às novas condições, realizam ativamente o processo de estabilização da matéria orgânica, tem-se a **zona de decomposição ativa**. Há um consumo elevado de oxigênio e este atinge a concentração mínima de todo o trecho. Caso esse consumo alcance um nível extremo, pode-se criar um



ambiente anaeróbio e os seres aeróbios dão lugar aos anaeróbios no processo de biodegradação. Uma vez que grande parte da matéria está estabilizada, reduz-se a quantidade de bactérias no meio por falta de substrato. Contudo, fatores como floculação, luz, adsorção e precipitação também contribuem para a sua diminuição. Com isso, há o aumento da concentração de oxigênio dissolvido no final desta etapa.

Como a matéria orgânica é praticamente transformada em material inerte, tem-se a etapa final de recuperação da qualidade da água, identificada como **zona de recuperação**. Nesta faixa, a introdução de oxigênio atmosférico no meio líquido é superior ao consumo para estabilização do despejo. O possível ambiente anaeróbio formado na etapa de decomposição ativa já não existe e a vida aquática anterior ao despejo volta a se formar.

Na figura seguir, apresenta-se a correlação entre a concentração de matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido com a distância, a partir do lançamento de águas residuárias em um curso d'água. Mostra, ainda, a delimitação entre as zonas de autodepuração.

Devido à complexidade dos estudos de autodepuração apresentados neste trabalho, relativa, por exemplo, à vazão do corpo d'água ser muito superior à do lançamento ou a inclusão da contribuição de tributários na modelagem, as zonas de autodepuração não são identificadas visualmente em gráfico.

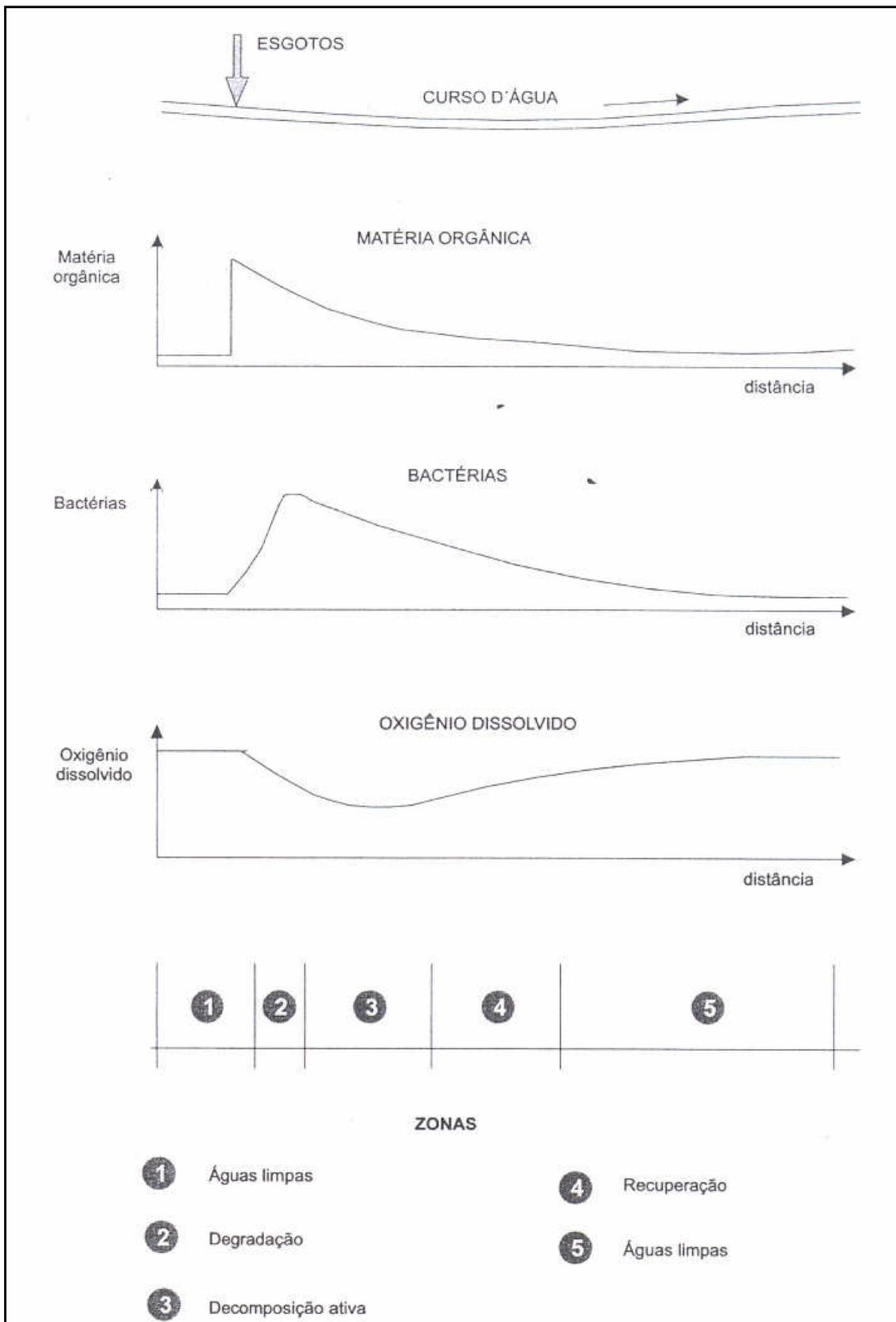


Figura 4.1 – Zonas de autodepuração

Fonte: von Sperling, 2005.



4.3 CENÁRIOS AVALIADOS

Como já abordado anteriormente, para o estudo da qualidade da água do curso d'água no trecho em questão foram definidos dois cenários. São eles:

- ✓ **Cenário 01:** Lançamento de esgoto bruto;
- ✓ **Cenário 02:** Lançamento de esgoto tratado pela ETE 01 (85% de eficiência de remoção de DBO para todas as tipologias de tratamento).

4.4 DADOS DE ENTRADA

Para a modelagem da qualidade da água do rio, é necessária a determinação dos dados de entrada, discriminados nas tabelas a seguir.

A disposição das tabelas se dará em função das situações definidas anteriormente, ou seja, com lançamento pontual dos efluentes provenientes das ETEs nos corpos d'água em estudo, pertinentes aos lançamentos em cada cenário (01 e 02).

Tabela 4.1 – Dados de entrada - Cenário 01: Lançamento de esgoto bruto – ETE 01 – Ribeirão Vargem Grande

Dado de entrada	Valor adotado	Critério
Distância total de percurso (d; km)	variável	Distância ideal à avaliação da capacidade autodepurativa do corpo d'água.
Declividades do Ribeirão Vargem Grande (i;m/m)	0,006	Declividade longitudinal do corpo d'água adotada através de avaliação feita no Google Earth.
Coefficiente de Manning	0,03	Corpo d'água limpo com pedras e vegetação, em boas condições de escoamento.
Altitude acima do nível do mar - trecho A (Altit.;m)	872	Altitude próxima ao ponto de lançamento conforme levantamento topográfico ou estimado pelo Google Earth.
Temperatura da água (°C)	10,0	Média do período seco.
OD de saturação - Em todos os trechos (C _s)	10,2	Típica para a altitude, temperatura e qualidade da água no trecho em estudo.
Vazão do Ribeirão Vargem Grande a montante do primeiro lançamento (Q _r ;m ³ /s)	0,38119	Vazão específica disponibilizada pelo HIDROTEC – Atlas Digital das Águas de Minas.
OD no Ribeirão Vargem Grande, a montante do primeiro lançamento (O _{dr} ; mg/L)	9,21	90% do OD de saturação; von Sperling, 2007.
DBO ₅ no Ribeirão Vargem Grande a montante do primeiro lançamento (DBO _r ; mg/L)	2,00	Rio razoavelmente limpo. Tabela 1.6; von Sperling, 2007.
Velocidade do Ribeirão Vargem Grande, a montante do primeiro lançamento (v; m/s)	0,87	Valor calculado a partir da vazão no ponto em estudo e das características aproximadas da seção do leito do rio, tais como: largura, declividade e profundidade. Cálculo detalhado em anexo.
Vazão de esgotos (lançamento) - trecho A (Q _e ; m ³ /s)	0,00080	Valor definido no estudo de vazões.
OD no esgoto bruto (O _{de} ; mg/L)	0	Considerou-se concentração nula de OD no esgoto bruto.
DBO ₅ no esgoto bruto (DBO _e ; mg/L)	450	Conforme efluente em questão.
Coefficiente de desoxigenação - lançamento de esgoto bruto - trecho A (K ₁ ; d ⁻¹)	0,35	Rio raso; curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração. Valor médio tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de desoxigenação - confluência de tributários e lançamento de esgoto bruto - trecho B (K ₁ ; d ⁻¹)	0,20	Rio raso; curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração e tributário. Tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de remoção de DBO - confluência de tributários e lançamento de esgoto bruto - trecho B (K _d ; d ⁻¹)	0,20	Rio raso; curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração e tributário. Tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de reaeração - Ribeirão Vargem Grande - trecho inicial (K ₂ ; d ⁻¹)	164,75	Calculado através da correlação com a vazão. Tsivoglou e Wallace para rios rasos: rios pequenos (Q entre 0,03 e 0,3 m ³ /s): K ₂ = 31,6.v.i

Tabela 4.2 - Dados de entrada - Cenário 02: Lançamento de esgoto tratado – ETE 01 – Ribeirão Vargem Grande

Dado de entrada	Valor adotado	Critério
Distância total de percurso (d; km)	variável	Distância ideal à avaliação da capacidade autodepurativa do corpo d'água.
Declividades do Ribeirão Vargem Grande (i;m/m)	0,006	Declividade longitudinal do corpo d'água adotada através de avaliação feita no Google Earth.
Coefficiente de Manning	0,03	Corpo d'água limpo com pedras e vegetação, em boas condições de escoamento.
Altitude acima do nível do mar - trecho A (Altit.;m)	872	Altitude próxima ao ponto de lançamento conforme levantamento topográfico ou estimado pelo Google Earth.
Temperatura da água (oC)	10,0	Média do período seco.
OD de saturação - Em todos os trechos (Cs)	10,2	Típica para a altitude, temperatura e qualidade da água no trecho em estudo.
Vazão do Ribeirão Vargem Grande a montante do primeiro lançamento (Qr;m³/s)	0,381	Vazão específica disponibilizada pelo HIDROTEC – Atlas Digital das Águas de Minas.
OD no Ribeirão Vargem Grande, a montante do primeiro lançamento (Odr; mg/L)	9,2	90% do OD de saturação; von Sperling, 2007.
DBO5 no Ribeirão Vargem Grande a montante do primeiro lançamento (DBOr; mg/L)	2,0	Rio razoavelmente limpo. Tabela 1.6; von Sperling, 2007.
Velocidade do Ribeirão Vargem Grande, a montante do primeiro lançamento (v; m/s)	0,87	Valor calculado a partir da vazão no ponto em estudo e das características aproximadas da seção do leito do rio, tais como: largura, declividade e profundidade. Cálculo detalhado em anexo.
Vazão de esgotos (lançamento) - trecho A (Qe; m³/s)	0,00080	Valor definido no estudo de vazões.
OD no esgoto bruto (Ode; mg/L)	0	Considerou-se concentração nula de OD no esgoto bruto.
DBO5 no esgoto bruto (DBOe; mg/L)	450	Conforme efluente em questão.
Eficiência de tratamento (E; %)	90	Planilhas de dimensionamento das ETEs.
Coefficiente de desoxigenação - lançamento de esgoto tratado - trecho A (K1; d ⁻¹)	0,18	Rio raso; curso d'água recebendo efluente secundário. Valor médio tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de desoxigenação - confluência de tributários e lançamento de esgoto tratado (K1; d ⁻¹)	0,18	Rio raso; curso d'água recebendo efluente secundário e tributário. Valor médio tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de remoção de DBO - confluência de tributários e lançamento de esgoto tratado (Kd;d ⁻¹)	0,18	Rio raso; curso d'água recebendo efluente secundário e tributário. Valor médio tabela 1.7; von Sperling, 2007.
Coefficiente de reaeração - Ribeirão Vargem Grande - trecho inicial (K2; d ⁻¹)	164,75	Calculado através da correlação com a vazão. Tsivoglou e Wallace para rios rasos: rios pequenos (Q entre 0,03 e 0,3 m3/s): K2 = 31,6.v.i

As tabelas 4.3 e 4.4 a seguir são auxiliares, consultadas quando da definição dos dados de entrada referentes à DBO₅ do rio e coeficientes de desoxigenação e de remoção de DBO₅ – K₁ e K_d.

Tabela 4.3 – Valores de DBO₅ em função das características do curso d'água

Condição do rio	DBO ₅ do rio (mg/L)
Bastante limpo	1
Limpo	2
Razoavelmente limpo	3
Duvidoso	5
Ruim	>10

Fonte: von Sperling, 2007.

Tabela 4.4 - Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO₅ (K₁, K_s, K_d e K_r), a 20°C

Origem	K ₁ (laborat)	Valores típicos dos coeficientes de remoção de DBO (K ₁ , K _s , K _d e K _r) (base e, 20°C)					
		Rios rasos			Rios profundos		
		Decomp. K _d	Sediment. K _s	Remoção K _r (=K _s +K _d)	Decomp. K _d	Sediment. K _s	Remoção K _r (=K _s +K _d)
Curso d'água recebendo esgoto bruto concentrado	0,35-0,45	0,50-1,00	0,10-0,35	0,60-1,35	0,35-0,50	0,05-0,20	0,40-0,70
Curso d'água recebendo esgoto bruto de baixa concentração	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,25	0,45-1,05	0,30-0,45	0,00-0,15	0,30-0,60
Curso d'água recebendo efluente primário	0,30-0,40	0,40-0,80	0,05-0,10	0,45-0,90	0,30-0,45	0,00-0,05	0,30-0,50
Curso d'água recebendo efluente secundário	0,12-0,24	0,12-0,24	-	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	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

Fonte: von Sperling, 2007.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras a seguir apresentam as concentrações de OD e DBO₅ a partir do lançamento de esgoto bruto até o final do trecho em estudo, para as situações discriminadas anteriormente, ou seja:

✓ **Cenário 1 – Lançamento de esgoto bruto de luminosa no Ribeirão Vargem Grande**

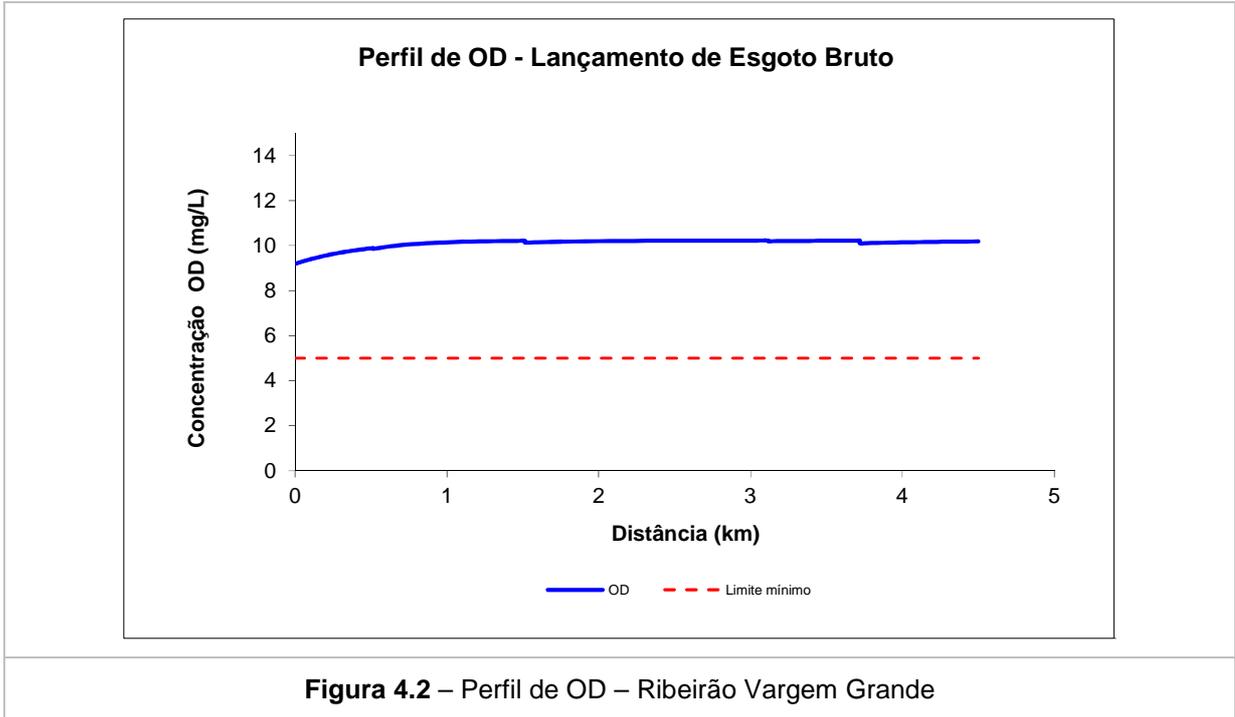


Figura 4.2 – Perfil de OD – Ribeirão Vargem Grande

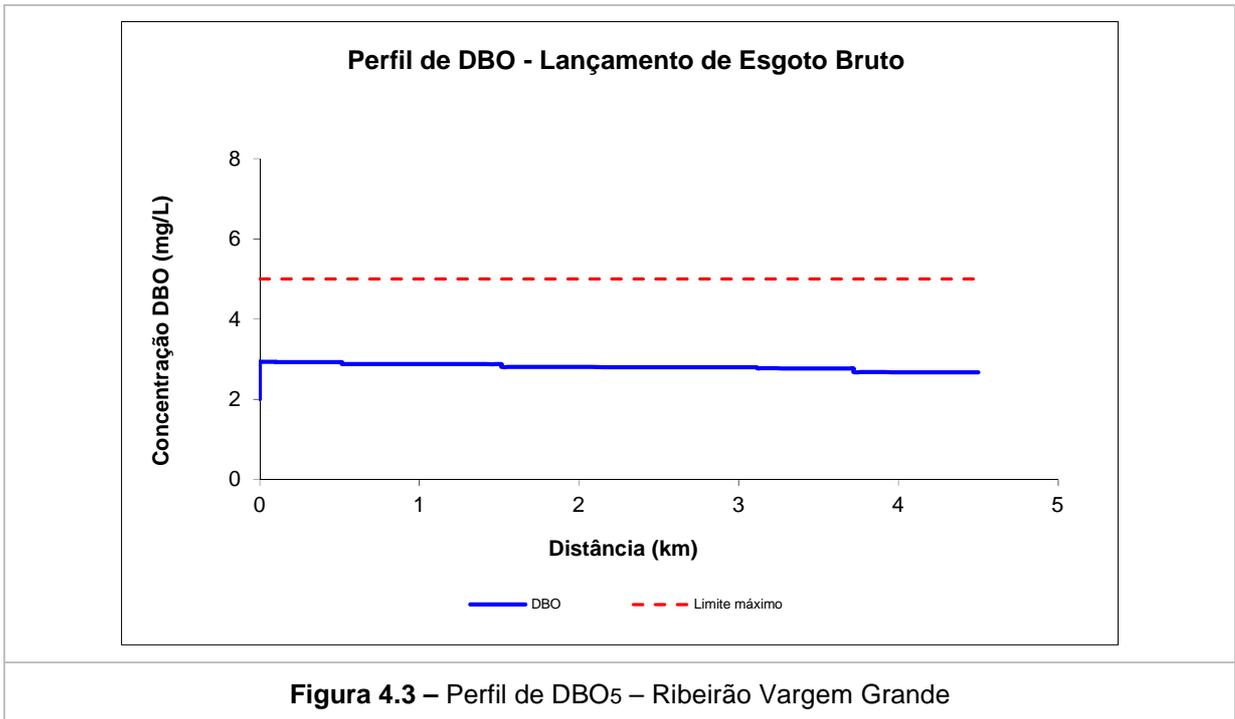
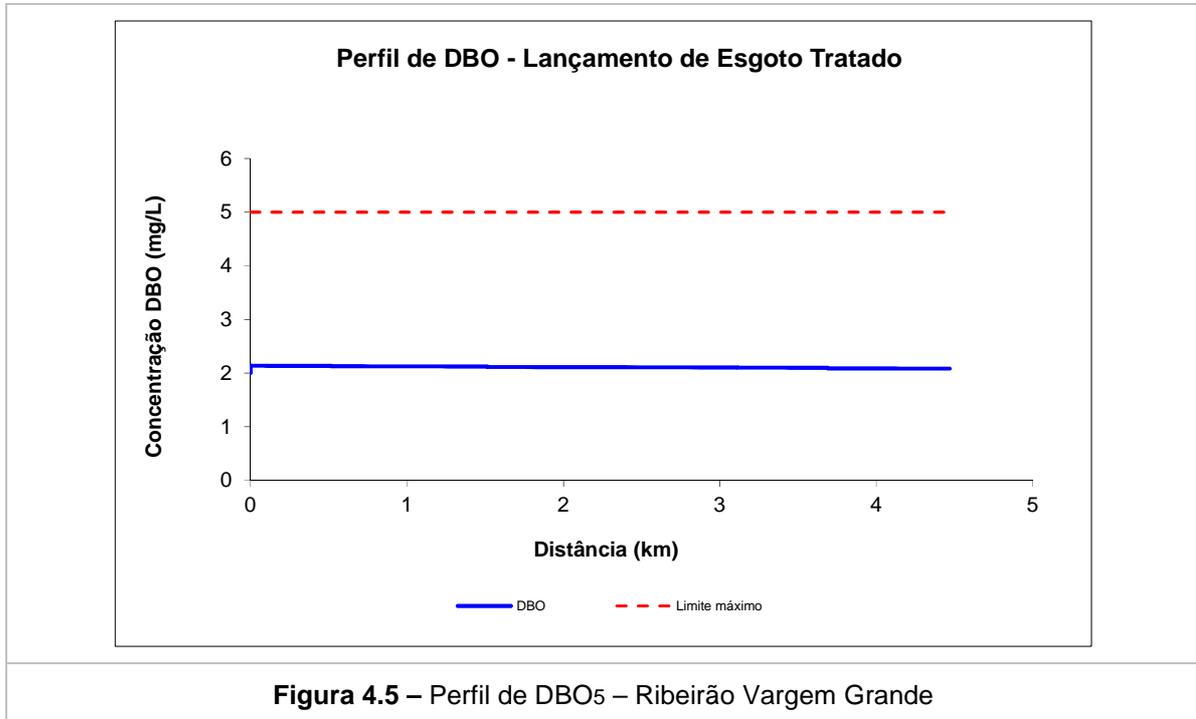
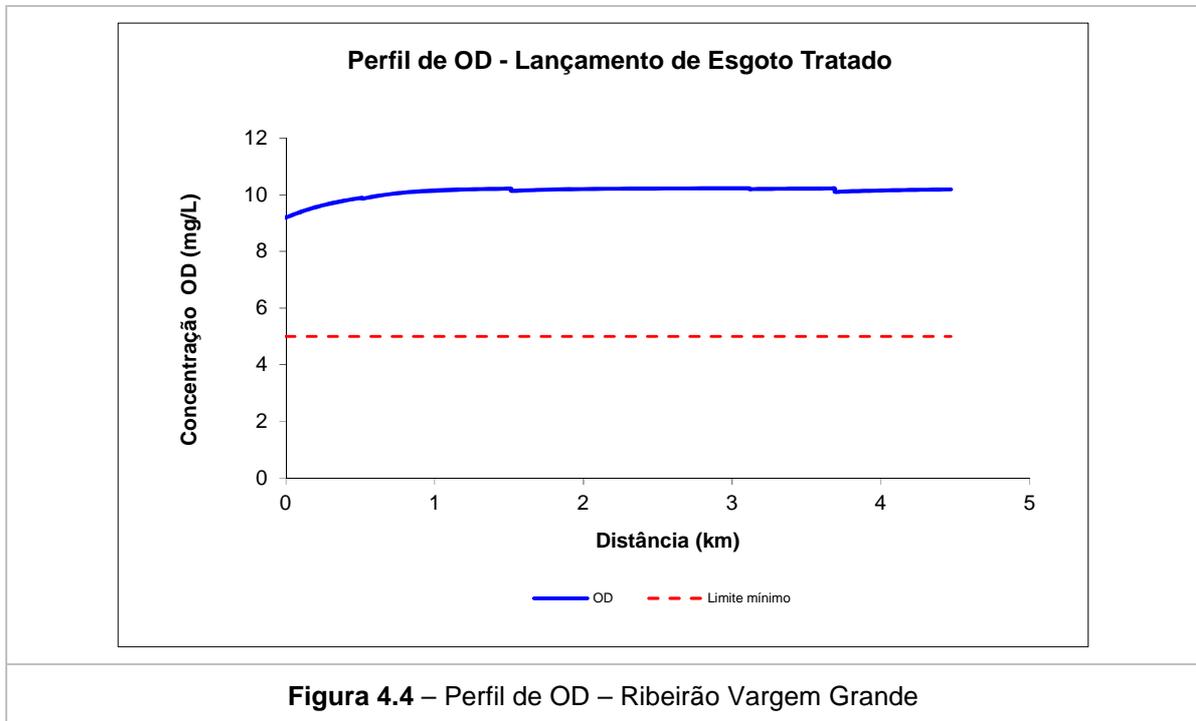


Figura 4.3 – Perfil de DBO5 – Ribeirão Vargem Grande

Ao avaliar os gráficos apresentados verifica-se que, mesmo com o lançamento de esgotos acontecendo em seu estado natural, o curso d'água consegue se recuperar.

- ✓ **Cenário 2** – Já, as figuras 4.6 a 4.9 apresentam as concentrações de OD e DBO5 para o Cenário 2, a partir do lançamento do efluente tratado, nas situações supracitadas.



Diante dos resultados das simulações, tem-se que, o valor mínimo de 5,0 mg/L de **OD** e de **DBO₅** estipulado por norma, foram atendidos nas duas situações propostas e em toda a extensão dos trechos em estudo, tendo como valores:

Tabela 4.5 – Valores de OD e DBO5 para as situações definidas anteriormente

Descrição	Curso d'água	ETE	Situação	OD		DBO5	
				Bruto	Tratado	Bruto	Tratado
Lançamento dos efluentes brutos e tratados no curso d'água	Ribeirão Vargem Grande	1	Início trecho	9,19	9,19	2,94	2,137
			Final trecho	10,186	10,187	2,672	2,083

Note-se pelos gráficos apresentados que os valores finais de DBO₅ se mantiveram abaixo do limite de 5 mg/l estabelecido pela norma, mesmo com lançamento do esgoto bruto.

Cabe ainda citar o § 1º do artigo 10 da Resolução CONAMA 357/05 que dispõe:

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Logo os lançamentos de efluentes tratados atendem ao padrão de corpo receptor.

É necessário atentar que, além do atendimento aos padrões de corpos receptores, deve-se lançar um efluente com as características mínimas estabelecidas na legislação relativa a padrões de lançamento em corpos d'água. A tabela a seguir mostra os padrões de lançamento de efluentes domésticos em corpos d'água para DBO, DQO e Sólidos em Suspensão definidos pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG número 01, de 05 de maio de 2008.

Tabela 4.6 - Padrões de Lançamento em corpos d'água

Parâmetro	Unidade	Padrão
DBO* ₁	mg/L	≤ 60
DQO* ₂	mg/L	≤ 180
SS* ₃	mg/L	≤ 100

*1 Para DBO, é permitida a concentração de até 60 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70%.

*2 Para DQO, é permitida a concentração de até 180 mg/L ou tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65%.

*3 Para lagoas de estabilização, ≤ 150mg/L.

A tabela 4.7 mostra as eficiências do sistema composto por tratamento preliminar e lagoas facultativas e a tabela 4.8, as concentrações do esgoto bruto e tratado, de acordo com von Sperling, 2005.

Tabela 4.7 – Eficiência de tratamento

Parâmetros	Eficiência de tratamento	
	Sistema	
	TP+LF	
DBO	85%	
DQO	80%	
SS	80%	
CF	99%	

Fonte: von Sperling, 2007

Tabela 4.8 – Concentrações médias do esgoto bruto e tratado

Concentração (mg/L)	TP+LF	
	Esgoto bruto	Esgoto Tratado
DBO	300	30
DQO	600	60
SS	350	35
CF*	10 ⁸	10*

*De acordo com a Resolução Conama 357/05, para corpos d'água enquadrados como Classe 2, as concentrações de coliformes fecais é de 10³ NMP/100mL. Como não há recreação de contato primário nos cursos d'água objetos desse estudo, então não há necessidade de se atender à Resolução Conama 274/2000 – Balneabilidade.

Fonte: von Sperling, 2007

Através das tabelas apresentadas, percebe-se que o esgoto bruto gerado na área de estudo apresenta concentrações de DBO, DQO e Sólidos Suspensos superiores às máximas estabelecidas pela DN CERH/COPAM n°01, 2008.

Quando o tratamento ocorre por meio do sistema proposto, tem-se um efluente com parâmetros cujas concentrações estão dentro dos limites permitidos. Conclui-se, portanto, que esse sistema poderá ser implantado em Luminosa para tratamento dos esgotos ali gerados, pois não acarretarão impactos ambientais nos cursos d'água a jusante.

Com relação a organismos patogênicos, tem-se que os principais fatores naturais considerados como agentes desinfetantes no caso do tratamento por lagoas são: temperatura, insolação, pH, escassez de alimentos, organismos predadores, compostos tóxicos e elevada concentração de oxigênio dissolvido. Cistos de protozoários e ovos de helmintos são tratados, por assim dizer, pelo processo de sedimentação durante o tratamento nas lagoas de sedimentação. Segundo von Sperling, 2008 (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Volume 7 - Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios), a eficiência de tratamento por lagoas facultativas varia de 80 a 99%. Salienta-se que muitas vezes o polimento do tratamento é necessário nos casos em que haja recreação de contato primário ou balneabilidade, o que não é o caso desse distrito. Ressalta-se ainda que a implantação de um sistema de polimento nessa ETE encareceria o processo e demandaria mão de obra qualificada para tanto. A água de abastecimento é fornecida pela Copasa, sendo tratada e livre de elementos nocivos à saúde da população.



5. BIBLIOGRAFIA

CHERNICHARO, C.. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 5 - Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.

CONAMA, Resolução nº 357/05. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

COPASA - PDRHBS – Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Sapucaí, 2011; acessado em maio de 2016. Disponível em: <http://igam.mg.gov.br/images/stories/planos_diretores_BH/sapucaí.pdf>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades @ [Internet]. Atualizado em fevereiro de 2011; acessado em fevereiro de 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>

NORMATIVA, Deliberação CERH/COPAM nº 01. Conselho Estadual de Política Ambiental, 2008.

VIÇOSA, U.F. Atlas das águas [Internet]. Acessado em Julho de 2012. Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br>>

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol.1 - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 7 - Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007.

ZEE- Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais – Disponível em: <<http://www.zee.mg.gov.br/>>



ANEXOS



PLANILHAS

Lançamento efluentes

Cenário 1 - Esgoto Bruto

	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		
	ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO A - Do ponto de lançamento ao recebimento do 1º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS			
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande		
Classe:	2		
Cenário 01:	Lançamento de esgoto bruto		
DADOS DE ENTRADA	Símbolo	Valor	
Variáveis			
Vazao do curso d'água principal (m ³ /s)	Qr	0,38119	
Vazao do esgoto (m ³ /s)	Qe	0,00080	
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,0	
DBO5 do esgoto bruto (mg/l)	DBOe	450	
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,2	
OD do esgoto (mg/l)	ODE	0,0	
Coefficientes (na temperatura do líquido)			
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,35	
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,75	
Coef. reaeração (1/d)	K2	164,75	
Dados adicionais			
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2	
Distancia do trecho (km)	d	0,1	
Velocidade (m/s)	v	0,87	
Efic. remoção DBO na ETE (%)	Edbo	0	
DADOS DE SAIDA	Símbolo	Valor	
Dados do esgoto bruto			
DBO5 do esgoto bruto (mg/l)	DBOet	450	
Dados da mistura			
OD da mistura (mg/l)	ODo	9,19	
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,9	
Coef.DBO ultima	KT	1,21	
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,6	
Dados do trecho			
Tempo de percurso (d)	t	0,00	
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	9,39	
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,9	
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,19	

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		
	ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO	
	TRECHO B - Do recebimento do 1º tributário ao recebimento do 2º tributário	
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO		
STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 01:	Lançamento de esgoto bruto	
DADOS DE ENTRADA	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,38398
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,00205
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,9
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,4
OD do tributário (mg/l)	ODE	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,20
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,20
Coef. reaeração (1/d)	K2	167,47
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	0,415
Velocidade (m/s)	v	0,88
DADOS DE SAIDA	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODO	9,39
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOO	2,9
Coef.DBO ultima	KT	1,58
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	4,6
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,01
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	9,89
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,9
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,39

FUNASA		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		ESSE Engenharia e Consultoria	
FUNASA		ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO		ESSE Engenharia e Consultoria	
FUNASA		TRECHO C: Do recebimento do 2º tributário ao recebimento do 3º tributário		ESSE Engenharia e Consultoria	
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO					
STREETER-PHELPS					
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande				
Classe:	2				
Cenário 01:	Lançamento de esgoto bruto				
DADOS DE ENTRADA					
	Símbolo	Valor			
Variáveis					
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,38983			
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,02048			
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,9			
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0			
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,9			
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2			
Coefficientes (na temperatura do líquido)					
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,20			
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,20			
Coef. reeração (1/d)	K2	268,86			
Dados adicionais					
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2			
Distancia do trecho (km)	d	1			
Velocidade (m/s)	v	1,00			
DADOS DE SAIDA					
	Símbolo	Valor			
Dados do tributário					
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0			
Dados da mistura					
OD da mistura (mg/l)	ODo	9,86			
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,9			
Coef.DBO ultima	KT	1,58			
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	4,6			
Dados do trecho					
Tempo de percurso (d)	t	0,01			
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,21			
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,9			
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,86			

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		 Engenharia e Consultoria
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO D: Do recebimento do 3o tributário ao recebimento do 4º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 01:	Lançamento de esgoto bruto	
DADOS DE ENTRADA	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,46880
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,03861
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,9
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	10,2
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,20
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,20
Coef. reaeração (1/d)	K2	168,16
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	1,6
Velocidade (m/s)	v	0,82
DADOS DE SAIDA	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODo	10,13
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,8
Coef.DBO ultima	KT	1,58
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	4,4
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,02
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,22
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,8
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	10,13

		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		
		ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO E: Do recebimento do 4o tributário ao recebimento do 5º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO				
STREETER-PHELPS				
Corpo d'água: Ribeirão Vargem Grande				
Classe: 2				
Cenário 01: Lançamento de esgoto bruto				
DADOS DE ENTRADA				
	Símbolo		Valor	
Variáveis				
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr		0,49805	
Vazão tributário (m3/s)	Qe		0,01463	
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr		2,8	
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe		2,0	
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr		10,2	
OD do tributário (mg/l)	ODe		9,2	
Coefficientes (na temperatura do líquido)				
Coef. desoxigenação (1/d)	K1		0,20	
Coef. decomposição (1/d)	Kd		0,20	
Coef. reaeração (1/d)	K2		168,16	
Dados adicionais				
OD saturação (mg/l)	ODsat		10,2	
Distancia do trecho (km)	d		0,605	
Velocidade (m/s)	v		0,82	
DADOS DE SAIDA				
	Símbolo		Valor	
Dados do tributário				
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt		2,0	
Dados da mistura				
OD da mistura (mg/l)	ODo		10,20	
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo		2,8	
Coef.DBO ultima	KT		1,58	
DBO última da mistura (mg/l)	Lo		4,4	
Dados do trecho				
Tempo de percurso (d)	t		0,01	
OD no final do trecho (mg/l)	ODt		10,22	
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt		2,8	
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín		10,20	

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		 Engenharia e Consultoria
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO F: Do recebimento do 5o tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 01:	Lançamento de esgoto bruto	
DADOS DE ENTRADA		
	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,52730
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,07020
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,8
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	10,2
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,20
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,20
Coef. reaeração (1/d)	K2	106,96
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	0,78
Velocidade (m/s)	v	0,82
DADOS DE SAIDA		
	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODo	10,10
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,7
Coef.DBO ultima	KT	1,58
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	4,2
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,01
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,19
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,7
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	10,10

Cenário 2 – Efluente Tratado

		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA			
		ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO			
		TRECHO A - Do ponto de lançamento ao recebimento do 1o tributário			
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO					
STREETER-PHELPS					
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande				
Classe:	2				
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado				
DADOS DE ENTRADA					
	Símbolo	Valor			
Variáveis					
Vazao do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,38119			
Vazao do esgoto (m3/s)	Qe	0,00080			
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,0			
DBO5 do esgoto bruto (mg/l)	DBOe	450			
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,2			
OD do esgoto (mg/l)	ODE	0,0			
Coefficientes (na temperatura do líquido)					
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18			
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18			
Coef. reaeração (1/d)	K2	164,75			
Dados adicionais					
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2			
Distancia do trecho (km)	d	0,1			
Velocidade (m/s)	v	0,87			
Efic. remoção DBO na ETE (%)	Edbo	85			
DADOS DE SAIDA					
	Símbolo	Valor			
Dados do esgoto tratado					
DBO5 do esgoto tratado (mg/l)	DBOet	67,5			
Dados da mistura					
OD da mistura (mg/l)	ODo	9,19			
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1			
Coef.DBO ultima	KT	1,69			
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,6			
Dados do trecho					
Tempo de percurso (d)	t	0,00			
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	9,39			
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1			
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,19			

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		 Engenharia e Consultoria
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO B - Do recebimento do 1o tributário ao recebimento do 2o tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado	
DADOS DE ENTRADA	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,38398
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,00205
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,1
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,4
OD do tributário (mg/l)	ODE	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18
Coef. reaeração (1/d)	K2	167,47
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	0,415
Velocidade (m/s)	v	0,88
DADOS DE SAIDA	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODo	9,39
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1
Coef.DBO ultima	KT	1,69
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,6
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,01
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	9,89
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,39

		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		
		ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO C: Do recebimento do 2º tributário ao recebimento do 3º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO				
STREETER-PHELPS				
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande			
Classe:	2			
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado			
DADOS DE ENTRADA				
	Símbolo	Valor		
Variáveis				
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,38983		
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,02048		
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,1		
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0		
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	9,9		
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2		
Coefficientes (na temperatura do líquido)				
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18		
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18		
Coef. reaeração (1/d)	K2	268,86		
Dados adicionais				
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2		
Distancia do trecho (km)	d	1,0		
Velocidade (m/s)	v	1,00		
DADOS DE SAIDA				
	Símbolo	Valor		
Dados do tributário				
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0		
Dados da mistura				
OD da mistura (mg/l)	ODo	9,86		
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1		
Coef.DBO ultima	KT	1,69		
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,6		
Dados do trecho				
Tempo de percurso (d)	t	0,01		
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,21		
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1		
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	9,86		

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		 Engenharia e Consultoria
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO D: Do recebimento do 3o tributário ao recebimento do 4º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado	
DADOS DE ENTRADA	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,46880
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,03861
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,1
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	10,2
OD do tributário (mg/l)	ODE	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18
Coef. reaeração (1/d)	K2	168,16
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	1,6
Velocidade (m/s)	v	0,82
DADOS DE SAIDA	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODo	10,14
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1
Coef.DBO ultima	KT	1,69
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,6
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,02
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,23
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	10,14

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA		 Engenharia e Consultoria
ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO E: Do recebimento do 4º tributário ao recebimento do 5º tributário		
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO STREETER-PHELPS		
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande	
Classe:	2	
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado	
DADOS DE ENTRADA		
	Símbolo	Valor
Variáveis		
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,49805
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,01463
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,1
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	10,2
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2
Coefficientes (na temperatura do líquido)		
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18
Coef. reaeração (1/d)	K2	168,16
Dados adicionais		
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2
Distancia do trecho (km)	d	0,605
Velocidade (m/s)	v	0,82
DADOS DE SAIDA		
	Símbolo	Valor
Dados do tributário		
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0
Dados da mistura		
OD da mistura (mg/l)	ODo	10,20
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1
Coef.DBO ultima	KT	1,69
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,5
Dados do trecho		
Tempo de percurso (d)	t	0,01
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,22
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	10,20

		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRAZÓPOLIS - LUMINOSA			
		ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO TRECHO F: Do recebimento do 5o tributário			
MODELO DE OXIGENIO DISSOLVIDO					
STREETER-PHELPS					
Corpo d'água:	Ribeirão Vargem Grande				
Classe:	2				
Cenário 02:	Lançamento de esgoto tratado				
DADOS DE ENTRADA					
	Símbolo	Valor			
Variáveis					
Vazão do curso d'água principal (m3/s)	Qr	0,52730			
Vazão tributário (m3/s)	Qe	0,07020			
DBO5 do curso d'água principal (mg/l)	DBOr	2,1			
DBO5 tributário (mg/l)	DBOe	2,0			
OD do curso d'água principal (mg/l)	ODr	10,2			
OD do tributário (mg/l)	ODe	9,2			
Coefficientes (na temperatura do líquido)					
Coef. desoxigenação (1/d)	K1	0,18			
Coef. decomposição (1/d)	Kd	0,18			
Coef. reaeração (1/d)	K2	106,96			
Dados adicionais					
OD saturação (mg/l)	ODsat	10,2			
Distancia do trecho (km)	d	0,78			
Velocidade (m/s)	v	0,82			
DADOS DE SAIDA					
	Símbolo	Valor			
Dados do tributário					
DBO5 do tributário (mg/l)	DBOt	2,0			
Dados da mistura					
OD da mistura (mg/l)	ODo	10,10			
DBO5 da mistura (mg/l)	DBOo	2,1			
Coef.DBO ultima	KT	1,69			
DBO última da mistura (mg/l)	Lo	3,5			
Dados do trecho					
Tempo de percurso (d)	t	0,01			
OD no final do trecho (mg/l)	ODt	10,19			
DBO5 no final do trecho (mg/l)	DBOt	2,1			
OD mínimo no trecho (mg/l)	ODmín	10,10			