

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**UTILIZAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO DE
QUALIDADE DA ÁGUA PARA ANÁLISE DE
ALTERNATIVAS DE ENQUADRAMENTO DO RIO
VACACAÍ MIRIM**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lorenza Ferreira Oppa

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**UTILIZAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO DE QUALIDADE
DA ÁGUA PARA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE
ENQUADRAMENTO DO RIO VACACAÍ MIRIM**

Por

Lorenza Ferreira Oppa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

Orientadora: Prof^a.Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Santa Maria, RS, Brasil

2007

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**UTILIZAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO DE QUALIDADE
DA ÁGUA PARA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE
ENQUADRAMENTO DO RIO VACACAÍ MIRIM**

elaborada por

Lorenza Ferreira Oppa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profª. Drª. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini - UFSM
(Presidente/Orientador)

Profª. Drª. Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva- UFSM

Prof. Dr. Antônio Domingues Benetti - UFRGS

Dedico este trabalho ao Marcelo Kilca, aos meus pais Dirlei Riograndino e Tania Arlet, e ao meu irmão Marco Valério, por serem meus grandes incentivadores e tão especiais na minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Dirlei Riograndino e Tania Arlet, e meu irmão Marco Valério, pelo amor, carinho, incentivo e auxílio para realização deste trabalho.

Ao meu namorado e grande incentivador Marcelo Kilca, pelo amor, carinho, atenção e dicas.

À Adalgisa Flores e família, pelo apoio e carinho.

À professora Maria do Carmo C. Gastaldini, pelo exemplo profissional e pessoal, e pela paciência, atenção, orientação e apoio.

A todos os professores do mestrado, especialmente a professora Eloiza Maria C. Dias de Paiva e ao professor João Batista Dias de Paiva, pelo exemplo e esclarecimentos.

Ao grupo GHIDROS, pelo fornecimento de dados.

À Universidade Federal de Santa Maria, em especial, ao Departamento de Hidráulica e Saneamento, pela infra-estrutura adequada para a realização do trabalho.

Ao CT-HIDRO pelo financiamento à pesquisa e à CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

À amiga Monica Montaña, pelo apoio, sabedoria, incentivo e auxílio complementar.

Aos amigos e colegas do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, pela amizade e companheirismo.

Às bolsistas de iniciação científica Débora Missio e Letícia Zorzella, pela amizade e auxílio nos trabalhos.

Aos servidores técnicos Thiago Formentini, Alcides Sartori, pelos serviços de laboratório e campo.

Agradeço a todas aquelas pessoas que de maneira direta ou indireta auxiliaram na realização desse trabalho.

"A felicidade não depende do que nos falta, mas do bom uso que fazemos do que temos."

Thomas Hardy

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

UTILIZAÇÃO DE MODELO MATEMÁTICO DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE ENQUADRAMENTO DO RIO VACACAÍ MIRIM

Autor: Lorenza Ferreira Oppa

Orientador: Profa. Dra. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 27 de Fevereiro de 2007.

Em busca de desenvolvimento econômico, a sociedade utiliza a água de forma abusiva, exigindo, dessa forma, a gestão dos recursos hídricos. O uso de modelos matemáticos que simulam as condições de qualidade da água torna-se uma ferramenta importante para quantificar a capacidade de autodepuração do rio. O objetivo desta pesquisa é avaliar propostas de enquadramento para a bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, utilizando como ferramenta de apoio o modelo matemático de qualidade da água QUAL2E. Os usos preponderantes da bacia são o abastecimento público, agricultura de cultivo temporário ou permanente, pecuária e balneários. Os dados para calibração do modelo foram obtidos de três campanhas de amostragem de água. Os parâmetros simulados foram: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrito, nitrato e fósforo dissolvido. As simulações de prognóstico foram feitas para as vazões Q_{80} , Q_{90} e Q_{95} , nas condições naturais e nas condições com demandas de água para irrigação. Na calibração verificou-se que a qualidade da água do Rio Vacacaí Mirim apresenta boas condições. Exceto nos trechos iniciais considerados na modelagem, onde os valores das concentrações ultrapassam os limites estabelecidos para a classe 2 e 3 da Resolução nº 357/05 do CONAMA, para todos os parâmetros. No prognóstico, os resultados excedem os limites das classes, principalmente com a vazão Q_{95} , em vários trechos. As alternativas de enquadramento sugeridas em função dos usos da água na bacia e simulações do modelo são: classe 3 para os três primeiros trechos do rio, indicando como principal medida o tratamento de esgoto nesses trechos, e classe 2 para o restante do rio; e classe 2 para todo o rio.

ABSTRACT

Master's Essay

Post-Graduation Program in Civil Engineering

Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

USAGE MATHEMATICAL MODEL OF WATER QUALITY TO ANALYZE CLASSIFICATION ALTERNATIVES OF VACACAÍ MIRIM RIVER

Author: Lorenza Ferreira Oppa

Professor: Dra. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Date and Site of Presentation: Santa Maria, February 27, 2007.

Searching for economical development, the society uses water in an abusive way; hence, demanding the water resources management. The use of mathematical models, which simulate the water quality conditions, becomes a key tool to quantify the self depuration capacity of the river. This research aims to assess classification proposals to the hydrographic region of the Vacacaí Mirim River, using the mathematical model of water quality QUAL2E as a supporting tool. The preponderant utilizations of the region were the public supply, temporary and stable agriculture culture, cattle and recreation. The data to calibrate the model were obtained from three water sampling campaigns. The simulated parameters were: dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), fecal coliform, nitrite, nitrate and dissolved phosphorus. The prognostic simulations were made to the flows Q_{80} , Q_{90} and Q_{95} ; in the natural conditions and in the water demand conditions to irrigation. In the calibration, it was verified the water quality of the Vacacaí Mirim River presents good conditions. Despite the initial parts considered in the model, where the concentration values surpass the established limits to the class 2 and 3 of the Resolution n°357/05 of the CONAMA, for all the parameters. In the prognostic, the results exceeded the classes' limits, mostly with the flow Q_{95} , in various parts. The classification alternatives suggested regarding the usage of water in the region and model simulations are: class 3 to the first three portions of the river, indicating as main solution the wastewater treatment in these parts, and class 2 to the rest of the river; and class 2 for the whole river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Discretização do sistema fluvial.....	33
Figura 3.1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim.....	51
Figura 3.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Vacacaí Mirim.....	52
Figura 4.1 - Bacia Hidrográfica do rio Vacacaí Mirim - pontos de monitoramento da qualidade da água.	56
Figura 4.2 - Pontos de monitoramento.....	57
Figura 4.3 - Segmentação do sistema fluvial utilizado para a calibração.....	59
Figura 4.4 - Vazões ao longo do Rio Vacacaí Mirim.....	64
Figura 5.1 - Análise de sensibilidade para condição de vazão baixa	67
Figura 5.2 - Análise de sensibilidade para condição de vazão alta	68
Figura 5.3 - Calibração de OD para vazão baixa.....	71
Figura 5.4 - Calibração de OD para vazão alta.....	71
Figura 5.5 - Calibração da DBO para vazão baixa	73
Figura 5.6 - Calibração da DBO para vazão alta	73
Figura 5.7 - Calibração de coliformes termotolerantes para vazão baixa.	74
Figura 5.8 - Calibração de coliformes termotolerantes para vazão alta.	74
Figura 5.9 - Concentrações de nitrito para vazão baixa	76
Figura 5.10 - Concentrações de nitrito para vazão alta	76
Figura 5.11 - Calibração de nitrato para vazão baixa	77
Figura 5.12 - Calibração de nitrato para vazão alta	77
Figura 5.13 - Concentrações de fósforo dissolvido para vazão baixa	78
Figura 5.14 - Concentrações de fósforo dissolvido para vazão alta	78
Figura 5.15 - Validação de OD	79
Figura 5.16 - Validação da DBO	80
Figura 5.17 - Validação de coliformes termotolerantes.....	80
Figura 5.18 - Vazões de permanência naturais. Fonte: Paiva et al. (2006)	81
Figura 5.19 - Vazões de permanência com demanda de água para irrigação.....	81
Figura 5.20 - Simulação do OD para vazões naturais	82
Figura 5.21 - Simulação de OD para vazões com demanda para irrigação.....	83
Figura 5.22 - Simulação da DBO para os cenários de vazões naturais	84
Figura 5.23 - Simulação da DBO para os cenários de vazões com demanda para irrigação	84

Figura 5.24 - Simulação de coliformes termotolerantes para os cenários de vazões naturais	85
Figura 5.25 - Simulação de coliformes termotolerantes para os cenários de vazões com demanda para irrigação.....	86
Figura 5.26 - Simulação de nitrito para os cenários de vazões naturais	87
Figura 5.27 - Simulação de nitrito para os cenários de vazões com demanda para irrigação	87
Figura 5.28 - Simulação de nitrato para os cenários de vazões naturais.....	88
Figura 5.29 - Simulação de nitrato para os cenários de vazões com demanda para irrigação	88
Figura 5.30 - Simulação de fósforo dissolvido para os cenários de vazões naturais	89
Figura 5.31 - Simulação de fósforo dissolvido para os cenários de vazões com demanda para irrigação.....	90
Figura 5.32 - Condições atuais do Rio Vacacaí Mirim	93
Figura 5.33 - 1ª Sugestão de enquadramento para os trechos da bacia.	94
Figura 5.34 - 2ª Sugestão de enquadramento para os trechos da bacia.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Fases do desenvolvimento dos modelos de qualidade da água.....	25
Tabela 2.2 - Evolução dos modelos de qualidade da água.	26
Tabela 4.1 - Valores típicos para taxa de degradação para níveis de tratamento.	60
Tabela 4.2 - Equações de K_2 para o Qual2E.	61
Tabela 4.3 - Valores da demanda de oxigênio pela camada bentônica.	62
Tabela 5.1 - Valores de K_1 usados na calibração.	69
Tabela 5.2 - Opções de K_2	69
Tabela 5.3 - Valores de K_4	70
Tabela 5.4 - Valores adotados para o coeficiente de decaimento de coliformes.	70
Tabela A 1 - Valores observados e calculados da vazão baixa	110
Tabela A 2 - Valores observados e calculados da vazão alta	113
Tabela A 3 - Simulações para OD, DBO e coliformes termotolerantes.....	116
Tabela A 4 - Simulações para nitrito, nitrato e fósforo dissolvido	119
Tabela A 5 - Simulações para OD, DBO e coliformes termotolerantes.....	122
Tabela A 6 - Simulações para nitrito, nitrato e fósforo dissolvido	125
Tabela A 7 - Vazão baixa	1258
Tabela A 8 - Vazão alta	1259

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

a, b, α , β	Constantes empíricas
A	Concentração da biomassa de algas
ABRH	Associação Brasileira de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional das Águas
Ax	Área da seção transversal do rio
C	Concentração do constituinte na água
Ci	Concentração do constituinte
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
Cs	Concentração de saturação do oxigênio dissolvido
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias
D _L	Coefficiente de dispersão
e	2,7183 (base dos algoritmos neperianos)
E	Concentração de coliformes
F ₁	Consumo de nitrogênio pelas algas proveniente da parcela de amônia (mg/L)
GHIDROS Ambiental	Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento
GWLF	Generalized Watershed Loading Functions
h	Profundidade do rio
IAWQ	Task Group on River Water Quality
K	Constantes de proporcionalidade
K ₁	Coefficiente de desoxigenação da matéria orgânica
K ₂	Coefficiente de reaeração
K ₃	Taxa de decaimento da DBO, devida à sedimentação, função da temperatura
K ₄	Demanda bentônica, em função da temperatura
K ₅	Coefficiente de decaimento de coliformes
KDBO	Coefficiente de conversão da DBO
L	Concentração da DBO carbonácea última

M	Massa
MMA	Média móveis aritméticas
N	Nitrogênio
N ₁	Concentração de amônia
N ₂	Concentração de nitrito
N ₃	Concentração de nitrato
OD	Oxigênio dissolvido
P	Fósforo
P ₁	Concentração de fósforo orgânico
P ₂	Concentração de fósforo dissolvido (ou inorgânico)
PC	Ponto Característico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PQ	Ponto de Qualidade
Q _{7,10}	Vazão de 7 dias com período de retorno de dez anos
Q ₈₀	Vazão com 80% de permanência no tempo
Q ₉₀	Vazão com 90% de permanência no tempo
Q ₉₅	Vazão com 95% de permanência no tempo
Q _i	Vazão de saída
Q _{i-1}	Vazão de entrada
Q _{xi}	Vazão de acréscimo ou retirada
s	Fonte ou sumidouro externo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
t	Tempo
TWDB	Texas Water Development Board
u*	Velocidade média de cisalhamento
\bar{u}	Velocidade média
USEPA	US Environmental Protection Agency
V _i	Volume
X	Distância
Δ _x	Comprimento
α ₁	Fração da biomassa de algas como nitrogênio
α ₂	Fração da biomassa de algas como fósforo

α_3	Taxa de produção de oxigênio por unidade de algas, devido a fotossíntese
α_4	Taxa de produção de oxigênio por unidade de algas, em função do balanço entre fotossíntese e respiração
α_5	Taxa de consumo de oxigênio por unidade de amônia na oxidação biológica
α_6	Taxa de consumo de oxigênio por unidade de nitrito, na oxidação biológica
β_1	Coeficiente de oxigenação biológica de amônia para nitritos, função da temperatura
β_2	Coeficiente de oxidação biológica de nitritos para nitratos, função da temperatura
β_4	Taxa de decaimento de fósforo orgânico
μ	Taxa de crescimento de algas
ρ	Taxa de respiração de algas
σ_2	Taxa de fonte bentônica para fósforo dissolvido
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS.....	108
A.1 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DOS TRECHOS.....	109
A.2 RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DA VAZÃO BAIXA.....	110
A.3 RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO PARA VAZÃO ALTA	113
A.4 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA VAZÕES NATURAIS.....	116
A.5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA VAZÕES COM IRRIGAÇÃO	122
A.6 VAZÕES E CARGAS INCREMENTAIS.....	128

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1	Generalidades	20
2.1.1	Poluição das águas	20
2.1.2	Importância da qualidade da água	21
2.2	Modelos matemáticos de qualidade da água	23
2.2.1	Histórico	23
2.2.2	Modelos de qualidade da água em rios	26
2.3	Modelo QUAL2E	30
2.3.1	Histórico	30
2.3.2	Características	30
2.3.3	Transporte de massa	32
2.3.4	Cinética dos constituintes de qualidade da água	35
2.3.4.1	Oxigênio Dissolvido	35
2.3.4.2	Demanda Bioquímica de Oxigênio	36
2.3.4.3	Coliformes	37
2.3.4.4	Nitrito	38
2.3.4.5	Nitrato	38
2.3.4.6	Fósforo Dissolvido	39
2.3.5	Aplicações	39
2.3.6	Limitações	43
2.3.6.1	Problemas na aplicação do modelo	44
2.3.6.2	Problemas na formulação do modelo	44
2.3.6.3	Problemas na calibração do modelo	45
2.4	Enquadramento	45
2.4.1	Política Nacional dos Recursos Hídricos	45
2.4.2	Vazão de referência	49
3	BACIA EM ESTUDO	51
3.1	Comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí Mirim	54
4	METODOLOGIA	56
4.1	Obtenção e utilização dos dados	56
4.2	Segmentação do sistema fluvial utilizado na calibração	58
4.3	Autodepuração e parâmetros para simulação	59
4.3.1	Parâmetro de desoxigenação da matéria orgânica (K_1)	60
4.3.2	Parâmetro de reaeração (K_2)	60
4.3.3	Parâmetro de sedimentação (K_3) e de demanda bentônica de oxigênio (K_4)	61
4.3.4	Parâmetro de decaimento de coliformes (K_5)	62
4.4	Análise de sensibilidade	63
4.5	Calibração	63
4.6	Validação	65
4.7	Simulação de cenários	65
5	RESULTADOS	67
5.1	Análise de sensibilidade	67

5.2	Resultados da Calibração.....	68
5.2.1	Parâmetros	68
5.2.1.1	Parâmetro de desoxigenação da matéria orgânica (K_1)	68
5.2.1.2	Parâmetro de reaeração (K_2)	69
5.2.1.3	Parâmetro de sedimentação (K_3) e de demanda bentônica de oxigênio (K_4).....	69
5.2.1.4	Parâmetro de decaimento de coliformes (K_5)	70
5.2.2	Oxigênio Dissolvido (OD)	70
5.2.3	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	72
5.2.4	Coliformes Termotolerantes	74
5.2.5	Nitrito.....	75
5.2.6	Nitrato	76
5.2.7	Fósforo.....	78
5.3	Validação.....	79
5.4	Simulação de Cenários	80
5.4.1	Oxigênio dissolvido (OD).....	82
5.4.2	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	83
5.4.3	Coliformes termotolerantes.....	85
5.4.4	Nitrito.....	86
5.4.5	Nitrato	88
5.4.6	Fósforo dissolvido	89
5.5	Sugestões para enquadramento.....	90
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	96
6.1	Conclusões	96
6.2	Sugestões	98
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
	ANEXOS.....	108

1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso essencial da terra. Ingrediente vital para seres humanos e outras espécies de seres vivos. A água pode ser considerada também mediadora do crescimento econômico de uma região.

Em busca de desenvolvimento econômico, o ser humano utiliza a água para várias atividades. Atividades econômicas e sociais requerem uma demanda de água, entretanto, o problema localiza-se no uso abusivo desse recurso. Um dos grandes desafios da sociedade (concentrada em grandes centros urbanos e industriais) é a solução de problemas referentes à demanda e poluição das águas pela ação antrópica.

O uso intensivo dos recursos hídricos para irrigação ocupa mais da metade da água consumida. A agricultura é a grande consumidora de água no mundo (próximo a 70%). Um hectare de irrigação de arroz por inundação pode consumir o equivalente ao consumo de água de 800 pessoas. (UNESCO, 1999 apud TUCCI, 2004). Essas ações ocasionam a escassez dos recursos hídricos além de proporcionarem o decaimento da qualidade da água. Além disso, a deterioração da qualidade da água é constituída pela falta de planejamento das cidades e, conseqüentemente, da indisponibilidade de serviços básicos (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e limpeza urbana e/ou coleta de lixo), que atendam a toda a população de maneira adequada.

Dessa forma, torna-se indispensável a utilização de métodos e técnicas que possibilitem o uso racional da água, diminuindo os prejuízos ao meio ambiente (PELLISSARI e SARMENTO, 2003). A solução para os problemas quali-quantitativos dos recursos hídricos vem a ser o gerenciamento dos corpos d'água. Esse gerenciamento é possível com a existência de um conjunto de normas legais, que representem uma síntese do esforço coletivo de representantes de governo, dos usuários e das organizações sociais.

Um dos importantes instrumentos de gestão é o enquadramento. O enquadramento dos corpos de água é o aspecto legal das aspirações da sociedade relativas à qualidade das águas. Visa assegurar qualidade compatível com os usos mais exigentes da bacia e, também, reduzir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes e ações corretivas.

Para auxiliar na gestão, controle e proteção dos recursos hídricos é importante a utilização de ferramentas que possibilitem a análise e o prognóstico dos corpos d'água. Os modelos matemáticos de qualidade da água são utilizados para esses fins, permitindo a simulação dos processos de autodepuração do rio e, conseqüentemente, auxiliando na tomada de decisões referentes ao gerenciamento desses recursos.

Os modelos matemáticos possuem a capacidade de englobar os processos hidrológico, físico, químico e biológico de forma simplificada e prática, ainda que esses processos sejam complexos. A utilização desses modelos proporciona além da simulação de eventos, a simulação das condições futuras e alternativas propostas para o corpo d'água (GASTALDINI E GIORGETTI, 1983).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é utilizar o modelo matemático de qualidade da água QUAL2E como ferramenta de apoio na simulação de propostas de enquadramento para a bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Obter dados sobre a qualidade da água, através de pontos de monitoramento;
- Calibrar o modelo, possibilitando a simulação de oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrito, nitrato, fósforo dissolvido e coliformes termotolerantes;
 - Analisar a qualidade da água para cenários de vazão;
 - Sugerir propostas de enquadramento do Rio Vacacaí Mirim, apoiando-se nas análises das condições do rio, simulações e usos da água.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Generalidades

2.1.1 Poluição das águas

A água é um bem de domínio público e dotado de valor econômico, porém é importante destacar que antes de ser acolhida por lei e adquirir tais direitos, esse recurso é vital para a sobrevivência dos ecossistemas na terra. Por esse motivo, a água deve ser preservada.

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, entre outras considerações, conceitua:

Poluição: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que diretas ou indiretamente:

- (a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- (b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- (c) afetem desfavoravelmente a biota;
- (d) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Poluição das águas é:

Adição de substâncias ou de formas de energias que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. (VON SPERILING, 2005)

A partir desses conceitos, pode-se salientar que a degradação progressiva do ambiente causa as deteriorações ambientais, sociais e econômicas das bacias hidrográficas.

No Brasil, a poluição ocorre pelo não cumprimento da legislação, pela ineficiência de políticas públicas e, principalmente, pela falta de conscientização da população no sentido de prevenir a degradação (SOARES, 2003). Essa falta de conscientização é gerada pela sensação de abundância, já que o Brasil possui cerca de 12% (Universidade da água, 2006) da água superficial do mundo.

Uma das fontes de poluição em lagos, rios, estuário e nas regiões costeiras, é o lançamento de esgotos domésticos e industriais, *in natura* ou com tratamento inadequado. A proteção dos corpos d'água começa com o tratamento dos dejetos lançados para atender a preservação satisfatória da qualidade da água. Um problema agravante do lançamento de poluentes é a quantidade. A natureza fica incapacitada de reverter o quadro de poluição devido a grande quantidade

despejada nas águas, aumentando a degradação tanto na superfície quanto no fundo dos corpos d'água. Resultam assim, em problemas de degradação envolvendo compostos orgânicos e inorgânicos, materiais tóxicos e agentes biológicos (ROMEIRO, 2003).

Von Sperling (2005) define as cargas poluidoras em:

i) *Carga pontual* – os poluentes atingem o corpo d'água de maneira concentrada em um único ponto.

ii) *Carga não pontual ou difusa* – os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão.

As fontes difusas de poluentes são mais frequentemente associadas às atividades de uso do solo. Entre as que mais contribuem para esse tipo de poluição é a drenagem pluvial das atividades agrícolas e pecuárias, e das áreas residenciais e industriais (SILVA, 2003).

No cultivo de arroz irrigado, por ex., é desencadeada a poluição com as técnicas de aplicação do pesticida. A dispersão desse produto se dá por meio aquático devido ao escoamento superficial e a drenagem, tendo como aliada o tipo de planta e a topografia do terreno. Desse modo, a contaminação da água por pesticidas está relacionada à precipitação pluvial e ao manejo da irrigação. A gestão da poluição não pontual de rios e a sua prevenção são fatores que devem ser prioridade em programas de restauração e monitoramento da água. Os programas existentes devem reforçar a busca pela eficiência tecnológica no controle da poluição das áreas rurais, por meio de pesquisa dos impactos na água pelo plantio, em função das características físicas, culturais e pelo uso de defensivo agrícola (MUNAFÒ et al., 2005) (PRIMEL et al., 2005) (TUCCI et al., 2001).

A proteção do meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios. Constituem também competência a essas partes a melhoria das condições ambientais, legislar sobre a defesa do solo e dos recursos naturais e responsabilizar os envolvidos por dano ao meio ambiente. (SOARES, 2003).

2.1.2 Importância da qualidade da água

A água precisa ter condições quali-quantitativas favoráveis para prover boa condição de vida aos seres humanos e aos ecossistemas. Entretanto, a qualidade

das águas está sujeita às condições geológicas e geomorfológicas e da presença da cobertura vegetal na bacia de drenagem. As ações do ser humano também influenciam na qualidade da água. Tais ações são: (i) lançamento de cargas de esgoto doméstico e industrial nos sistemas hídricos; (ii) alteração do uso do solo rural e urbano; (iii) modificações no sistema fluvial (TUCCI et al., 2001).

Os problemas qualitativos dos recursos hídricos pela contaminação agravaram-se durante as décadas passadas. A qualidade da água pode ser utilizada como diagnóstico do estado de preservação do ambiente, sendo possível, a partir de sua análise, determinar o grau de erosão do solo, os lançamentos orgânicos, a poluição por esgotos e, também, a poluição atmosférica. A importância da qualidade das águas faz das bacias hidrográficas unidades de planejamento de gestão ambiental (MOISEENKO, 2005) (GRAF, 2000).

Muitos dos fatores que influenciam a quantidade da água na bacia, também afetam a qualidade da água. A gestão dos recursos hídricos visa à redistribuição, no espaço e no tempo, da água para atender as necessidades quali-quantitativas da sociedade numa certa região. Esse antigo conceito torna-se melhor elaborado à medida que preocupações com qualidade da água e preservação do ambiente tendem a adquirir uma relevância crescente (CUNHA, 2002).

As leis, referentes a recursos hídricos, instituídas a partir da década de 90, no Brasil, incorporaram a opção por um modelo de gestão das águas que contempla simultaneamente aspectos quantitativos e qualitativos (LIBÂNIO et al, 2005). Muñoz citado por Libânio et al (2005) afirma que a gestão dos recursos hídricos no Brasil, antes da década de 90, era focada nas avaliações quantitativas das reservas hídricas, visando à produção de energia hidrelétrica. Os objetivos de gestão evoluem com o tempo.

Libânio et al (2005) profere que essa nova visão de gerenciamento enfatiza a importância dos assuntos situados entre as áreas de recursos hídricos e de saneamento ambiental. Entre esses assuntos destacam-se as intervenções ao controle da poluição hídrica difusa (drenagem e disposição de resíduos sólidos entre outras). Esse processo de poluição ocorre, principalmente, devido a macrodrenagem das cidades e do meio rural (TUCCI et al, 2001). A qualidade da água está fortemente ligada a saúde pública e aos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. A falta desses serviços causa graves conseqüências aos seres humanos, sendo a água uma das principais vinculadoras de doenças.

A proliferação de doenças ocorre pela ausência de serviços de esgotamento sanitário, obrigando a população a escolher outras formas de eliminar seu esgoto doméstico. Desta forma, a população descarta o esgoto (muitas vezes sem tratamento prévio) na rede pluvial ou nos rios e arroios, ou ainda, diretamente no solo. Esse tipo de procedimento acarreta muitos problemas à própria população, diminuindo sua qualidade de vida.

O consumo de água contaminada, nos países em desenvolvimento, é responsável por um número estimado de 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos, e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa é perdido devido a doenças relacionadas à água (MORAES e JORDÃO, 2002).

2.2 Modelos matemáticos de qualidade da água

Os modelos matemáticos são instrumentos originalmente desenvolvidos para auxiliar na solução de problemas. Não obstante, além de serem utilizados para ajudar na minimização de problemas de poluição, eles possibilitam compreender o meio ambiente e visualizá-lo integrado, pois os modelos matemáticos associam as informações físicas, químicas e biológicas (CHAPRA, 1997).

Os modelos são cada vez mais reconhecidos como instrumentos úteis para simular processos de gestão das águas e constantemente refinados e atualizados, para encontrar soluções de problemas novos e emergentes da poluição de água superficial (BOCKELMANN et al, 2004) (RAUCH et al, 1998).

2.2.1 Histórico

As técnicas de modelagem de qualidade de água vêm sendo aprimoradas desde a sua origem com o modelo desenvolvido por Streeter e Phelps (1925) no trabalho denominado "O estudo da poluição e purificação natural do Rio Ohio". Esse modelo considera o escoamento permanente uniforme e simula os parâmetros DBO (Demanda Biotônica de Oxigênio) e OD (Oxigênio Dissolvido). O modelo Streeter-Phelps representa o marco dos modelos que posterior e atualmente vem sendo aperfeiçoado. (TUCCI, 1998) (CHAPRA, 1997) (STREETER e PHELPS, 1925).

Chapra (1997) apresenta a evolução dos modelos de qualidade da água em quatro fases principais. Essas fases relacionam-se tanto aos assuntos sociais

quanto às capacidades computacionais que eram disponíveis durante cada um dos períodos.

A primeira fase considera todos os trabalhos publicados entre 1925 e 1960, sendo a fase marcada pelo modelo Streeter-Phelps. Esse modelo estima a concentração de OD em função dos coeficientes de reaeração e desoxigenação, e pela DBO. Nos anos 60, a disponibilidade de computadores possibilitou o estudo e aplicações dos modelos para sistemas mais complexos. O foco nesse período ainda era o OD e a DBO. Nessa época, mais do que focar problemas pontuais começa-se a avaliar o todo, sendo a bacia de drenagem visualizada como um sistema (CHAPRA, 1997) (SILVA, 2003) (STREETER & PHELPS, 1925).

Na década seguinte, anos 70, uma nova percepção da sociedade com relação ao meio ambiente começava a crescer juntamente com um movimento ecológico. O principal problema de qualidade da água focado nesse período era a eutrofização, pois os pesquisadores expandiram sua percepção ambiental e passaram a ver além do oxigênio dissolvido. Conseqüentemente, foram ampliados os estudos para os mecanismos de representação dos processos biológicos (CHAPRA, 1997) (SILVA, 2003).

A mais recente fase da modelagem de qualidade da água em rios teve como maior avanço o reconhecimento da importância do transporte e destinação de substâncias tóxicas. Dessa forma, começaram os estudos sobre o acúmulo dessas substâncias e sua atuação na cadeia alimentar (SILVA, 2003).

A evolução da modelagem de qualidade de água resultou em uma estrutura teórica unificada, abrangendo poluentes convencionais e tóxicos. E junto a essa evolução está a disponibilidade dos mais variados programas de computador para a implementação da teoria (CHAPRA, 1997) (STREETER & PHELPS, 1925). A Tabela 2.1 apresenta as quatro fases de desenvolvimento dos modelos de qualidade da água.

Tabela 2.1 - Fases do desenvolvimento dos modelos de qualidade da água.

FASE	Problemas/foco	Parâmetros analisados	Sistema	Cinética
1925 – 1960 (Streeter-Phelps)	Esgoto Sem tratamento e Efluente primário	DBO/OD	Unidimensional	Linear
1960 – 1970 (Computadores)	Efluente primário e secundário	DBO/OD	Unidimensional e Bidimensional	Linear
1970 – 1977 (Biologia)	Eutrofização	Nutrientes	Unidimensional, Bidimensional e Tridimensional	Não linear
1977 – Presente (Tóxicos)	Elementos tóxicos	Elementos Orgânicos e Metais	Interações água-sedimento	linear

Fonte: Chapra (1997)

Outra avaliação da evolução dos modelos é feita por Romeiro (2003), apresentada na Tabela 2.2. A linha do tempo estabelecida pelo autor reforça aquela proposta por Chapra (1997), ressaltando a forma abrangente com que os modelos passaram a descrever os ciclos do nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C).

A revisão dos modelos desenvolvidos desde o modelo de Streeter & Phelps (1925) até os modelos utilizados atualmente é complexa, devido ao grande número de publicações. Entretanto, são mencionados alguns modelos atuais importantes no próximo item.

Tabela 2.2 - Evolução dos modelos de qualidade da água.

2000 – 2007	↑ Aplicações de modelos usando estratégias numéricas
Década de 90	Novas ferramentas matemáticas
Década de 80	Conhecimentos mais específicos do Ecossistema
Década de 70	Modelos para simular eutrofização e Modelos para rios mais complexos
Década de 60	Fundamentação e direção de trabalhos para o desenvolvimento de uma ampla classe de modelos
Década de 50	Modelos para rios
Década de 40	Modelos empíricos de nutrientes
1925	Streeter-Phelps

Fonte: Modificado de Romeiro (2003).

2.2.2 Modelos de qualidade da água em rios

Os modelos de qualidade da água são cada vez mais utilizados por gestores como auxílio à tomada de decisão. Desta forma, a escolha de um modelo matemático depende: a) das características do sistema a ser simulado; b) do nível de precisão desejado em função dos objetivos do projeto; c) dos dados disponíveis e d) da disponibilidade de metodologia para representar os processos identificados (TUCCI, 1998).

Desde o surgimento do modelo de Streeter & Phelps (1925), vários modelos foram criados para solucionar os mais diversos problemas de qualidade da água. Todos esses modelos possuem um mesmo objetivo: auxiliar os gerenciadores dos recursos hídricos na tomada de decisões (SEFFRIN, 2001).

Em 1983, a Associação Internacional da Qualidade da Água (IAWQ) criou um grupo de trabalho (IAWQ Task Group on River Water Quality). Esse grupo é formado por profissionais dedicados ao avanço da ciência, ao controle da poluição da água e gestão de qualidade da água no mundo inteiro. Com a criação desse grupo, foi desenvolvida uma base científica e técnica para formular a consistente padronização

dos modelos de qualidade da água e manuais para sua implementação. Esse grupo forneceu importantes contribuições, revisando o estado da arte dos modelos existentes (RAUCH et al., 1998), os problemas e limitações dos modelos (SHANAHAN et al., 1998) e o futuro dos modelos (SOMLYÓDY et al., 1998) (LIMA, 2001) (JEPPSSON, 1996).

Bittencourt et al. (1997) selecionaram modelos de qualidade da água, comparando as capacidades e limitações de cada modelo. Muitos modelos de quantidade e qualidade da água são desenvolvidos em função de um problema em particular ou de uma série deles. Com isso, foi demonstrado que a seleção de modelos apropriados depende das necessidades de gestão e das características de cada bacia hidrográfica.

A escolha de um determinado modelo deve atender ao planejamento da bacia inteira e não apenas a trechos isolados de um curso d'água. A seguir são citados alguns modelos importantes de simulação da qualidade da água em rios.

AQUASIM (EAWAG, Switzerland)

Foi desenvolvido nos anos de 1991 a 1994 no Instituto Suíço de Ciência Ambiental e Tecnologia. O modelo é capaz de executar simulações, análises de sensibilidade e estimativas de parâmetro que usam dados medidos. As simulações feitas pelo usuário revelam se certas suposições modelares são compatíveis com dados medidos. O AQUASIM permite que o usuário modifique estrutura modelar e valores dos parâmetro facilmente (REICHERT, 1998).

AQUATOX (US Environmental Protection Agency (USEPA))

É um modelo de simulação de sistemas aquáticos. O AQUATOX prediz o destino de vários poluentes, como nutrientes e produtos químicos orgânicos, bem como os seus efeitos nos peixe, invertebrados e plantas aquáticas (ecossistemas). Esse modelo é um instrumento valioso de ecologistas, biólogos, modeladores de qualidade de água interessados em avaliar os riscos ecológicos de ecossistemas aquáticos.

BASINS (US Environmental Protection Agency (USEPA))

Desenvolvido, originalmente, em 1996 com lançamentos subseqüentes em 1998 e 2001, esse modelo é um sistema de análise ambiental de uso múltiplo. Projetado para o uso das agências regionais, estatais, e locais para o estudos de qualidade de água. BASINS permite avaliar rapidamente grandes montantes de

dados de fontes não pontuais e pontuais em um formato de fácil uso e entendimento. Instalado em um computador pessoal, BASINS permite que o usuário avalie a qualidade de água na bacia.

CE-QUAL-R1V1 (US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station Environmental Laboratory, 1990)

É um modelo hidrodinâmico e unidimensional para simular a qualidade de água em rios onde a variação longitudinal é importante, mas as variações na profundidade e na lateral podem ser desprezadas. Conveniente para vazões não permanentes. Os constituintes modelados são: temperatura, coliformes, nitrogênio, DBO, algas, fósforo, OD e metais.

CE-QUAL-W2 (US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station Environmental Laboratory, 1995)

O modelo CE-QUAL-W2 é bidimensional (longitudinal/vertical) e hidrodinâmico. Pode ser aplicado a rios, lagos, reservatórios e estuários. Novos aperfeiçoamentos foram dando origem a outras versões. A mais recente é a versão 3.2. As versões 3 têm a capacidade de modelar bacias de rios inteiras, interligando rios a lagos, reservatórios e/ou estuários. Esse modelo pode simular 21 constituintes além da temperatura que está incluída nos cálculos hidrodinâmicos devido a sua influência na densidade da água.

DAFLOW (US Geological Survey (USGS))

É um modelo unidimensional para simular o regime não permanente de rios bem misturados. Simula o destino e o movimento dos constituintes dissolvidos em rios. Esse modelo foi projetado para simular o fluxo em sistemas com maior declividade. Nessas condições o modelo pode ser aplicado, originando exatidão aceitável para a resposta até com dados de campanha mínimos (JOBSON, 1989).

MIKE 11(Danish Hydraulic Institute)

Esse modelo fornece uma aproximação versátil e abrangente em hidrodinâmica e modelagem de rio, contendo uma abundância de capacidades. MIKE11 foi desenvolvido de forma modular. É utilizado amplamente para simulação de poluição urbana para a avaliação de descargas intermitentes. Os usos desse modelo são: a) análise de riscos de inundação; b) previsão de inundação de tempo real; c) avaliação de qualidade de água em rios, reservatórios e áreas alagadas; d) previsão de qualidade de água e rastreamento de poluente; e) transporte de

sedimentos e morfologia de rio; f) integração da água superficial e subterrânea para análise de água, sendo indicado para rios, canais e sistema de irrigação, pois simula escoamento superficial. Os constituintes simulados são OD, DBO, coliformes, nitrogênio, fósforo, metais e indicadores aquáticos (fitoplâncton, zooplâncton e demanda bentônica) (ARAÚJO, 2005) (DHI, 2006).

WASP7 (US Environmental Protection Agency (USEPA), 2006)

Esse modelo de simulação da qualidade da água é uma versão atualizada do WASP original desenvolvido em 1970. WASP7 auxilia os usuários na interpretação e previsão das respostas de qualidade da água. É um modelo hidrodinâmico de sistemas aquáticos (coluna d'água e camada bentônica). Permite que o usuário estude 1, 2, e 3 dimensões e vários tipos de poluente. Os processos de advecção, dispersão e carga difusa e pontual são representados no modelo. Os constituintes modelados são: nitrogênio, fósforo, OD, DBO, algas, produtos químicos orgânicos, metais, mercúrio, agentes patogênicos e temperatura. Amplamente utilizado nos Estados Unidos e na América Latina. (USEPA, 2006) (DI TORO et al., [1970]) (ARAÚJO, 2005).

QUAL2E (US EPA; Brown & Barnwell, (1987)).

É um modelo de qualidade de água abrangente e versátil. Ele pode simular até 15 constituintes de qualidade de água: OD, DBO, temperatura, algas, amônia, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico, fósforo orgânico, fósforo dissolvido, coliformes, três substâncias conservativas e uma arbitrária não conservativa. O modelo pode operar tanto em regime permanente dinâmico. Considera múltiplas descargas de esgoto, retiradas de água, afluências e efluências incrementais.

Inúmeros são os modelos de qualidade da água em rios. A utilização adequada dos modelos decorre da escolha mais apropriada para cada situação. O objetivo da melhor alternativa é sempre o mesmo, auxiliar a pesquisa e a gestão dos recursos hídricos.

2.3 Modelo QUAL2E

2.3.1 Histórico

O modelo QUAL2E tem sua origem no QUAL-I; o qual foi desenvolvido pela TWDB (Texas Water Development Board). Caracteriza-se por ser um modelo com diversas variáveis. Aplica equações de dispersão e advecção no eixo longitudinal do rio (unidimensional). Porém, necessita grande quantidade de dados para calibragem de processos químicos e biológicos (ARAÚJO, 2005) (CHAPRA, 1997).

Em 1972, o QUAL-I foi modificado pela USEPA (US Environmental Protection Agency), sendo criada a primeira versão do QUAL-II. Esse modelo pode ser aplicado a rios profundos e dentríticos. Simula variações temporais e espaciais de até 13 parâmetros de qualidade da água (ARAÚJO, 2005) (BARNWELL & BROWN, 1986).

Durante os próximos três anos, várias versões do modelo foram desenvolvidas em resposta a necessidades específicas do usuário. Em 1976, foram feitas novas modificações para melhorias nas características das versões existentes de QUAL-II em um modelo único. Em 1983, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) prosseguiu o processo de modificação do QUAL-II para refletir o estado da arte da modelagem de qualidade da água (BARNWELL & BROWN, 1986) (CHAPRA, 1997).

A partir do uso extensivo do QUAL-II, foram descobertas dificuldades que necessitaram correções nas interações de algas, nutrientes e luminosidade. Esse modelo passou por aperfeiçoamentos e foi renomeado QUAL2E. O QUAL2E é conhecido como o “modelo QUAL-II realçado” (BARNWELL & BROWN, 1986) (CHAPRA, 1997).

2.3.2 Características

QUAL2E é um dos modelos de qualidade da água em sistemas fluviais mais conhecidos, devido sua versatilidade e fácil compreensão e aplicação. Foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) na década de 80, porém sua larga aplicação ainda é constatada.

A simulação pode ser feita com mais de 15 constituintes de qualidade da água e com qualquer combinação desejada pelo usuário. Os constituintes que podem ser simulados são:

- Oxigênio Dissolvido
- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- Temperatura
- Algas
- N – Amônia
- N – Nitrito
- N - Nitrato
- N – Nitrogênio orgânico
- P – Fósforo orgânico
- P – Fósforo dissolvido
- Coliformes Termotolerantes
- Constituinte arbitrário não-conservativo
- Três constituintes conservativos

Esse modelo é aplicável para rios ramificados e bem misturados. O sistema é considerado unidimensional, estabelecendo a relação com os principais mecanismos de transporte (advecção e dispersão) os quais são importantes apenas ao longo da direção principal do fluxo (eixo longitudinal do rio ou canal). Admite múltiplas descargas de esgoto, retirada de água, afluentes tributários, e afluências e efluências incrementais no sistema simulado.

O rio ou trecho de rio, focado para a simulação, é dividido em trechos com características hidráulicas semelhantes. Cada trecho é subdividido em elementos computacionais de tamanhos iguais e características uniformes. Hidraulicamente, as variações de vazões e concentrações ao longo do tempo não são consideradas.

O modelo QUAL2E é uma ferramenta de planejamento da qualidade da água muito útil por operar os dois tipos de regime, permanente e dinâmico. Quando for adotado regime permanente, o modelo pode simular o impacto dos despejos de esgoto na qualidade da água do rio, podendo também identificar a magnitude e as características de qualidade da fonte não pontual de despejos.

Em contra partida, quando for adotado o regime dinâmico, o usuário pode analisar variações de oxigênio dissolvido ocorridas durante o dia devidas à respiração das algas. Entretanto, nesse regime, as vazões de cabeceira ou descargas pontuais, não podem ser alteradas no QUAL2E.

2.3.3 Transporte de massa

A representação do sistema fluvial é feita dividindo-o em trechos iguais com características semelhantes. Seguinte passo é subdividir cada trecho em unidades de mesmo comprimento Δ_x e composto de número inteiro, chamados elementos computacionais. Esses elementos possuem volume V_i e seu fluxo é considerado misturado completamente.

O balanço de vazão de um trecho é feito quantificando as vazões de entrada (Q_{i-1}) e saída (Q_i), sendo a diferença entre as duas os valores das vazões de acréscimo ou retirada (Q_{xi}).

O QUAL2E admite para o transporte de massa a advecção e a dispersão na direção longitudinal do rio. Essa equação inclui os efeitos da diluição, interações e reações dos constituintes. A quantificação da carga de certo constituinte no rio é feita multiplicando as concentrações com suas respectivas vazões. A Figura 2.1 mostra o balanço de vazão e o balanço de massa com a discretização do sistema fluvial.

A equação do balanço de vazão admitida pelo modelo QUAL2E, de acordo com as características do regime hidráulico permanente, para cada elemento computacional é descrita na equação (2.1).

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial X} \right)_i = (Q_x)_i \quad (2.1)$$

Onde:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial X} \right)_i = \text{derivada da vazão em relação a "x" para o elemento "i"};$$

$$(Q_x)_i = \text{soma das entradas ou retiradas de vazão para o elemento "i"}.$$

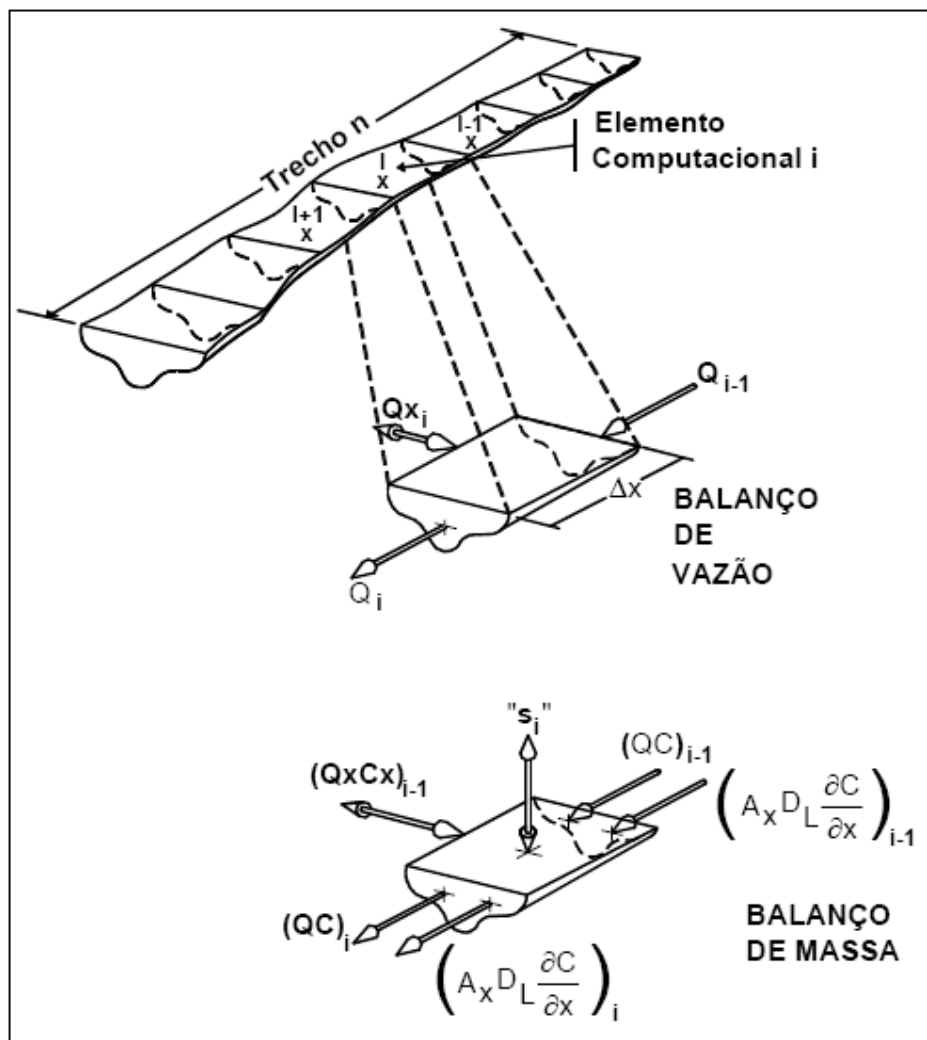


Figura 2.1 - Discretização do sistema fluvial. Fonte: BROWN & BARNWELL (1987)

Os coeficientes de descarga são obtidos através da vazão, pelas equações (2.2), (2.3) e (2.4).

$$\bar{u} = a.Q^b \quad (2.2)$$

$$h = \alpha.Q^\beta \quad (2.3)$$

$$A_x = \frac{Q}{u} \quad (2.4)$$

Onde:

\bar{u} = velocidade média (m/s);

a, b, α , β = constantes empíricas;

Q = vazão (m³/s)

h = profundidade do curso d'água (m);

A_x = área da seção transversal do rio (m²).

O QUAL2E resolve equação básica de transporte de massa unidimensional, sendo o método de resolução numericamente integrado no espaço e no tempo para cada um dos componentes de qualidade de água. Esta equação inclui os efeitos de advecção, dispersão, diluição, reações e interações entre os componentes, além das fontes e sumidouros. Para cada componente, a equação pode ser descrita da seguinte forma:

$$\underbrace{V \frac{\partial C}{\partial t}}_{\text{Acumulação}} = \underbrace{\frac{\partial(AcD_L \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x} dx}_{\text{Dispersão}} - \underbrace{\frac{\partial(A_x \bar{u} C)}{\partial x} dx}_{\text{Advecção}} + \underbrace{V \frac{dc}{dt}}_{\text{Cinética dos constituintes}} + \underbrace{s}_{\text{Ganhos ou perdas externas e diluição}} \quad (2.5)$$

Onde:

M = massa (M);

X = distância (L);

t = tempo (T);

C = concentração (ML⁻³);

A_x = área da seção transversal (L²);

D_L = coeficiente de dispersão longitudinal (L²T⁻¹);

\bar{u} = velocidade média (LT⁻¹);

s = fonte ou sumidouro externo (MT⁻¹).

Sendo M = V.C, pode-se escrever:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial(VC)}{\partial t} = V \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial V}{\partial t} \quad (2.6)$$

Onde $V = A_x dx =$ incremento de volume (L^3).

Se for suposto que a vazão Q no trecho é estacionária, isto é, $\frac{\partial Q}{\partial t} = 0$, conseqüentemente a equação (2.6) fica:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = V \frac{\partial C}{\partial t} \quad (2.7)$$

O coeficiente de dispersão (D_L) considera somente relevante no fluxo do rio o gradiente de velocidade vertical. A equação (2.8) se mostra adequada para sistemas unidimensionais.

$$D_L = K u^* \quad (2.8)$$

Onde:

u^* = velocidade média de cisalhamento;

K = constantes de proporcionalidade.

2.3.4 Cinética dos constituintes de qualidade da água

2.3.4.1 Oxigênio Dissolvido

O cálculo da concentração de oxigênio dissolvido (OD) em rios feito pelo modelo QUAL2E inclui as mais importantes interações como: reaeração atmosférica, fotossíntese, respiração de plantas e animais, demanda sedimentar, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrificação, salinidade e temperatura. Quanto maior for o número de interações consideradas no balanço de oxigênio, mais acurado será o modelo.

$$\frac{dOD}{dt} = K_2(C_s - OD) + (\alpha_3\mu - \alpha_4\rho)A - K_1L - \frac{K_4}{h} - \alpha_5\beta_1N_1 - \alpha_6\beta_2N_2 \quad (2.9)$$

Onde:

OD = concentração de oxigênio dissolvido (mg/L);

t = tempo (dia);

K_2 = coeficiente de reaeração de acordo com a lei da difusão de Fick, em função da temperatura (dia^{-1});

C_s = concentração de saturação do oxigênio dissolvido na temperatura e pressão locais (mg/L);

α_3 = taxa de produção de oxigênio por unidade de algas, devido a fotossíntese, (mg-O/mg-A);

α_4 = taxa de produção de oxigênio por unidade de algas, em função do balanço entre fotossíntese e respiração (mg-O/mg-A);

μ = taxa de crescimento de algas (dia^{-1});

ρ = taxa de respiração de algas (dia^{-1});

A = concentração da biomassa de algas (mg-A/L);

K_1 = coeficiente de desoxigenação da matéria orgânica, função da temperatura (dia^{-1});

L = concentração da DBO carbonácea última (mg/L);

K_4 = demanda bentônica, em função da temperatura ($\text{g/m}^2 \text{--dia}$);

h = profundidade do rio (m);

α_5 = taxa de consumo de oxigênio por unidade de amônia na oxidação biológica, (mg-O/mg-N);

β_1 = coeficiente de oxigenação biológica de amônia para nitritos, função da temperatura (dia^{-1});

N_1 = concentração de amônia (mg-N/L);

α_6 = taxa de consumo de oxigênio por unidade de nitrito, na oxidação biológica, (mg-O/mg-N);

β_2 = coeficiente de oxidação biológica de nitritos para nitratos, função da temperatura (dia^{-1});

N_2 = concentração de nitrito (mg-N/L).

2.3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

O modelo QUAL2E adota reação de primeira ordem para descrever a desoxigenação do sistema. O cálculo do constituinte DBO, no modelo, considera somente a remoção de matéria orgânica devido ao consumo de oxigênio por microorganismos e, também, a remoção da DBO por sedimentação, sendo dada pela equação (2.10):

$$\frac{dL}{dt} = -K_1L - K_3L \quad (2.10)$$

Onde:

L = concentração da DBO carbonácea última (mg/L);

t = tempo (dia);

K_1 = coeficiente de desoxigenação, função da temperatura (dia^{-1});

K_3 = taxa de decaimento da DBO carbonácea, devida à sedimentação, função da temperatura (dia^{-1}).

O QUAL2E simula a DBO última, todavia, o usuário pode optar por utilizar a DBO de cinco dias (DBO_5) para valores de entrada ou saída. Nesse caso o modelo converte a DBO última para a DBO_5 , com a seguinte conversão mostrada na equação (2.11)

$$\text{DBO}_5 = L (1 - e^{(5-K\text{DBO})}) \quad (2.11)$$

Onde:

DBO_5 = DBO de 5 dias (mg/L);

L = DBO última (mg/L);

e = 2,7183 (base dos algoritmos neperianos);

$K\text{DBO}$ = coeficiente de conversão da DBO (dia^{-1}).

2.3.4.3 Coliformes

A simulação dos coliformes é feita a partir de seu decaimento, usualmente calculado por função de primeira ordem. A equação (2.12) é usada no modelo QUAL2E para estimar a concentração de coliformes.

$$\frac{dE}{dt} = -K_5E \quad (2.12)$$

Onde:

E = concentração de coliformes (colônias/100mL);

t = tempo (dia);

K_5 = coeficiente de decaimento de coliformes, função da temperatura (dia^{-1}).

2.3.4.4 Nitrito

O nitrito é simulado pelo modelo QUAL2E de acordo com a equação (2.13).

$$\frac{dN_2}{dt} = \beta_1 N_1 - \beta_2 N_2 \quad (2.13)$$

Onde:

N_2 = concentração de nitrito (mg/L);

t = tempo (dia);

β_1 = constante da oxidação biológica de amônia para nitrito, função da temperatura (dia^{-1});

N_1 = concentração de amônia (mg/L);

β_2 = constante de oxidação biológica de nitrito para nitrato, função da temperatura (dia^{-1}).

2.3.4.5 Nitrato

A equação (2.14) é empregada pelo modelo para a simulação de nitrato.

$$\frac{dN_3}{dt} = \beta_2 N_2 - (1 - F_1) \alpha_1 \mu A \quad (2.14)$$

Onde:

N_3 = concentração de nitrato (mg-N/L);

t = tempo (dia);

β_2 = constante de oxidação biológica de nitrito para nitrato, função da temperatura (dia^{-1});

N_2 = concentração de nitrito (mg/L);

F_1 = consumo de nitrogênio pelas algas proveniente da parcela de amônia (mg/L);

a_1 = fração da biomassa de algas como nitrogênio (mg-N/mg-A);

μ = taxa específica local de crescimento de algas (dia^{-1});

A = concentração da biomassa de algas (mg-A/L).

2.3.4.6 Fósforo Dissolvido

O modelo utiliza a equação (2.15), para o cálculo do fósforo dissolvido.

$$\frac{dP_2}{dt} = \beta_4 P_1 + \sigma_2 / h - \alpha_2 \mu A \quad (2.15)$$

Onde:

P_2 = concentração de fósforo dissolvido (ou inorgânico) (mg-P/L);

t = tempo (dia);

β_4 = taxa de decaimento de fósforo orgânico, função da temperatura (dia^{-1});

P_1 = concentração de fósforo orgânico (mg-P/L);

s_2 = taxa de fonte bentônica para fósforo dissolvido, função da temperatura (mg-P/m²dia);

h = profundidade média do rio (m);

a_2 = fração da biomassa de algas como fósforo (mg-P/mg-A);

μ = taxa de crescimento de algas (dia^{-1});

A = concentração da biomassa de algas (mg-A/L).

Outros constituintes podem ser simulados pelo QUAL2E, porém não serão aplicados neste estudo. O equacionamento dos mesmos apresenta-se descrito em Brown & Barnwell (1987).

2.3.5 Aplicações

Desde o seu desenvolvimento, em 1986, diversos autores utilizam o QUAL2E como ferramenta de auxílio e otimização do gerenciamento de recursos hídricos, permitindo diagnosticar e prognosticar a qualidade das águas das bacias hidrográficas.

Drolc e Koncan (1996) averiguaram a qualidade da água do Rio Sava próximo a Ljubljana, Eslovênia. O Rio Sava recebe dois tributários, o Rio Ljubljana e o rio Kamniska Bistrica. A descarga do esgoto no rio Ljubljana e no Rio Sava resulta em uma redução da concentração de oxigênio dissolvido (OD). O modelo QUAL2E, foi aplicado para estimar o impacto desse esgoto na qualidade do Rio Sava. A análise de sensibilidade foi realizada para determinar os fatores mais importantes que

afetam a concentração de OD na água. O QUAL2E foi calibrado e validado segundo as medições da campanha de qualidade. Concluíram, com as previsões feitas pelo modelo, que no verão, período de vazão baixa, o esgoto deve ser tratado para manter o valor da DBO abaixo de 30mg/L, para que os padrões de qualidade de água Eslovenos não sejam ultrapassados.

Ghosh e McBean (1998) calibraram o QUAL2E para o Rio Kali, na Índia, no período de seca. O descarte de esgoto, com pouco ou nenhum tratamento, em rios é prática comum em países em desenvolvimento. No Rio Kali, é muito evidente as contribuições primárias de esgoto. Foram monitorados treze pontos ao longo do rio. Os constituintes de qualidade da água analisados e monitorados foram: DBO, OD, DQO (demanda química de oxigênio), sólidos (suspensos e dissolvidos), pH e temperatura. As limitações dos dados são as principais dificuldades associadas ao uso do modelo em rios como o Rio Kali. Os dados gerados pelo modelo mostraram grande proximidade com os dados observados na estiagem.

Em Taiwan, o Rio Kao-Ping foi modelado em 2001 por Ning et al. Foram simulados os parâmetros OD, DBO, amônia e fósforo total. Para a calibração e validação do modelo foram utilizados os dados do período de estiagem e os dados do período de cheia, respectivamente. Com a ajuda do modelo de simulação QUAL2E, foi constatado que a qualidade da água na área a jusante não pode ser garantida mesmo com a eliminação das atividades da fazenda de criação de suínos e a construção de sistemas de canalização de esgoto na área a montante do Rio Kao-Ping.

A automatização do modelo QUAL2E foi feita por Milanezi et al. (2001) com o objetivo de visualizar os impactos ocasionados por diferentes vazões de lançamento no Rio Doce e fazer a comparação desses resultados com os padrões estabelecidos pela legislação. Um programa em Delphi5 foi desenvolvido para a utilização dos modelos QUAL2E e GWLF de forma automatizada. O programa GWLF (Generalized Watershed Loading Functions) simula poluição difusa e foi empregado para estimar cargas de nutrientes para o controle do processo de eutrofização. Com essa automatização, pode-se estabelecer ou calcular cargas de fósforo limites no corpo d'água. Os valores obtidos pelo modelo são comparados a esses limites. No caso de haver desacordo, são feitas interações sucessivas com o modelo GWLF a fim de reduzir a carga aplicada. Para exemplificar a utilização da ferramenta desenvolvida, foram feitas simulações com o uso da automatização do QUAL2E. Concluíram,

nesse trabalho, que a ferramenta metodológica desenvolvida auxilia a solução de problemas complexos, para a determinação da qualidade e vazões outorgáveis de lançamento e captação de água de forma fácil e rápida, tendo como objetivo a garantia da qualidade do rio e a adequação à legislação vigente.

Em 2002, Gastaldini et al., utilizaram o modelo QUAL2E com o objetivo de gerar uma ferramenta de apoio ao gerenciamento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, Brasil. Para o diagnóstico da bacia e estudo da qualidade da água para um horizonte de 10 anos, foram simulados os parâmetros OD, DBO, nitrato, nitrito, fósforo, ferro, alumínio e coliformes termotolerantes. O modelo foi calibrado para condições de vazão próximas à média. O diagnóstico do rio apresentou elevados valores de OD, baixos valores de DBO e valores inferiores a 1000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes. A previsão da qualidade da água foi baseada no cenário de vazão crítica $Q_{7,10}$ e incremento das cargas poluidoras na bacia para um período de 10 anos. Como resultado da previsão as concentrações dos parâmetros indicaram com medida preventiva o tratamento de efluentes nas localidades das sub-bacias do Rio Ibicuí.

A utilização do QUAL2E para simular temperatura, OD, DBO, nitrato, amônia, fosfato e coliformes termotolerantes foi feita por Ribeiro & Araújo (2002). Essa simulação teve como objetivo a previsão da qualidade da água para cenários do crescimento demográfico para 20 anos. O QUAL2E foi usado juntamente ao modelo MUDLARK que também é um modelo unidimensional e simula temperatura, salinidade, OD, DBO, nitrito, amônia, fosfato e coliformes termotolerantes. Os dois modelos foram usados em trechos diferentes do estuário. O QUAL2E foi empregado na seção fluvial do sistema enquanto que o MUDLARK usado na jusante do rio, mais precisamente no estuário, onde o movimento da maré atua. Os resultados de modelagem mostraram que o tratamento de esgoto proposto para a bacia Beberibe não será capaz de trazer a qualidade de água até níveis aceitáveis, principalmente durante os meses de verão. Esta situação pode ser mais crítica em anos de El Niño, quando as chuvas de inverno são drasticamente reduzidas.

Luca et al. (2003) utilizou o modelo computacional QUAL2E, objetivando diagnosticar os impactos dos aproveitamentos hidrelétricos sobre os múltiplos usos da água na bacia do Rio Ijuí, situada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Para a entrada de dados para simulação do modelo, foram calculadas as cargas potenciais poluidoras de acordo com a população urbana e rural, a drenagem pluvial

urbana, as fontes difusas rurais, a contribuição dos animais de pequeno e grande porte, à poluição da água subterrânea, irrigação e efluentes industriais. Os constituintes simulados foram: DBO, OD, fósforo dissolvido e orgânico, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato e coliformes termotolerantes. A análise da simulação de OD e DBO constata que a presença das pequenas centrais hidrelétricas (sete) aumenta a oxigenação das águas, sendo benéfico para o ecossistema. Verificaram que à montante da bacia, onde existe a maior densidade demográfica, os valores apresentados de fósforo orgânico e dissolvido estão acima do recomendado, demonstrando a necessidade de tratamento do esgoto sanitário.

Azzelino et al. (2003) estudaram duas bacias diferentes: a) bacia do Rio Adda, caracterizada pela pouca atividade agrícola; e b) bacia do Rio Cherio, a área a jusante desse rio está incluída em uma das áreas agrícolas mais produtivas na Itália. O objetivo do estudo foi combinar o modelo QUAL2E e o fator de análise VARIMAX para aumentar o entendimento na divisão das fontes de poluição da água. Foram comparadas as medições dos cursos d'água com as simulações no QUAL2E nas condições de estação seca e chuvosa. Concluíram que as simulações no QUAL2E combinadas com a análise de fator podem mostrar as trocas das águas subterrâneas com o sistema de água superficial, dando discernimentos sobre o efeito de fontes não pontuais na qualidade da água na bacia também durante as condições de tempo secas.

McAvoy et al. (2003) avaliaram o risco para o consumidor das águas superficiais que recebem esgoto não tratado. Foi utilizado um traçador para estimar o tempo de viagem e a dispersão do rio. Os resultados desta avaliação de qualidade da água e estudo do traçador foram usados como entradas no modelo QUAL2E. Os dados de saída do QUAL2E foram comparados com dados medidos na campanha para a validação do modelo. Essa modelação foi validada usando dados do Rio Balatuin, Filipinas, no período de seca. Os bons resultados da validação do QUAL2E forneceu confiança que o modelo é um instrumento apropriado para avaliar o risco ao consumidor de água superficial que recebe esgoto não tratado. Indicou, dessa forma, que o modelo pode ser usado em uma estrutura de avaliação dos riscos.

Em 2005, com o objetivo de apresentar uma metodologia de elaboração de matriz de fonte de poluição para avaliar a qualidade da água, Cavichiolo et al. (2005) aplicaram o modelo de qualidade de água QUAL2E, visando com esse processo o enquadramento com metas progressivas para o Rio Iguaçu, Curitiba-PR. A matriz é

composta por 99 colunas para diferentes cenários ou de metas progressivas para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2020. Os constituintes de qualidade simulados foram DBO e OD. Os cenários de vazões foram o Q_{50} , Q_{95} (percentuais da curva de permanência) e $Q_{7,10}$ (7 dias de duração e 10 anos de recorrência). Devido ao pouco tempo de execução desse trabalho o QUAL2E não foi calibrado, porém, concluíram que as áreas mais críticas são as cabeceiras da bacia. Essas áreas possuem significativa e preocupante poluição orgânica, devido a grande influência antropogênica.

Em 2006, o QUAL2E foi aplicado para determinar as cargas de poluição no Rio Yamuna durante o seu curso pela capital Deli, Índia. Nesse estudo realizado por Paliwal et al., foram simulados quatro cenários de poluição, revelando a necessidade de tratamento das cargas do esgoto que deságuam no Rio Yamuna. Demonstraram, nesse estudo, que estabelecendo uma vazão maior que $10\text{m}^3/\text{s}$ auxilia na conservação da qualidade da água do rio. Para visualizar os resultados do modelo e demarcar trechos poluídos no rio, foi feita uma interface entre os resultados do modelo e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para produzir resultados cartográficos.

Palmieri e Carvalho (2006) aplicaram o modelo QUAL2E no Rio Corumbataí-SP-Brasil, objetivando a previsão da qualidade da água desse rio. As vazões, as profundidades, as temperaturas, as cargas, a posição de fontes de poluição, concentrações de OD e DBO foram medidas em campo e constituíram um banco de dados georeferenciados da qualidade da água do Rio Corumbataí. O modelo foi calibrado com dados de 1999 e validado com dados de 2002. Conclui-se que a validação dos parâmetros calibrados com outros dados constitui a boa correlação entre as variáveis calculadas e observadas, sustentando a confiança dos parâmetros. Esse estudo também conclui que na região do município de Rio Claro é necessária a instalação de uma nova estação de tratamento de esgoto ou que sejam aumentadas as capacidades das estações existentes.

2.3.6 Limitações

Shanahan et al. (1998) publicaram um trabalho abordando os problemas dos modelos de qualidade da água. Esse estudo refere-se à segunda parte de um trabalho realizado pelo grupo de estudo da Associação Internacional da Qualidade

da água (IAWQ Task Group on River Water Quality). A primeira parte do trabalho, desenvolvida por Rauch et al. (1998), revisa o estado da arte dos modelos existentes. E a terceira parte do trabalho aborda o futuro dos modelos de qualidade da água e foi realizada por Somlyódy et al. (1998) (LIMA, 2001) (JEPPSSON, 1996).

A seguir são citados detalhes do trabalho de Shanahan et al. (1998), a fim de esclarecer os problemas e as limitações do modelo QUAL2E.

2.3.6.1 Problemas na aplicação do modelo

As limitações do QUAL2E tornam-se evidentes ao tentar simular condições não condizentes a vazão permanente e a emissão constante, para os quais foi projetado. Apesar de estar adequado a cargas pontuais de poluição, o modelo é impróprio para rios com qualquer intermitência das cargas ou mesmo do fluxo.

O modelo não prevê as cargas não pontuais, e que quase sempre estão presentes na bacia a ser modelada, sendo este aspecto o mais relevante das limitações. A drenagem das lavouras de arroz, por exemplo, são fontes de cargas não pontuais, introduzindo no rio concentrações de cargas orgânicas, de nutrientes e até mesmo carga tóxica (provindo do agrotóxico usado na lavoura), principalmente em períodos chuvosos. O usuário considera as cargas não pontuais, calculando separadamente do modelo o balanço hidráulico e introduzindo esses resultados nas vazões incrementais.

2.3.6.2 Problemas na formulação do modelo

Como todos os modelos, o QUAL2E incorpora certas simplificações e aproximações, reduzindo a representatividade do modelo nos processos de qualidade da água básicos. Além disso, o QUAL2E e a maioria dos modelos de qualidade de rios tratam esse sistema como unidimensional, mascarando o fato de que a mistura transversal é muitas vezes um processo lento.

A conservação de massa é um princípio fundamental dos modelos de qualidade da água em rios. Assim, é fundamental relatar que o uso da DBO como variável de estado significa que os balanços de massa não pode ser fechado, pois a DBO não contabiliza toda a matéria orgânica biodegradável. Antes de ser um único material, a DBO é o resultado da medição da biomassa, sendo modificado seu valor

com o tipo de substrato consumido. Significa com isso que a DBO de um esgoto doméstico pode não ter o mesmo decaimento que o esgoto de uma indústria, que possuem substâncias refratárias.

2.3.6.3 Problemas na calibração do modelo

Na calibração, um parâmetro significativo é o coeficiente de reaeração K_2 . As previsões apresentam alta sensibilidade a esse parâmetro. Na maioria das vezes, K_2 é tido como função da temperatura, profundidade do canal e velocidade. Todavia, as fontes não pontuais interferem no fluxo do rio e no valor de K_2 , não sendo este tipo de ocorrência admitida pelo modelo.

As interações entre os parâmetros na calibração podem levar aos mesmos resultados de modelagem, ocasionando contestações na sua confiabilidade. A combinação e o ajuste dos K_1 e K_2 é um exemplo que as combinações podem chegar a um resultado satisfatório e mesmo assim não estar totalmente correta a sua aplicação. A modelagem da qualidade da água possui, além dos problemas citados, problemas nas coletas de dados, diminuindo a capacidade de previsão dos modelos.

Apesar dos problemas, o modelo de qualidade da água QUAL2E é uma excelente ferramenta de estudo para uma bacia. As respostas calculadas pelo modelo podem auxiliar as tomadas de decisão. Esse processo fornece o embasamento necessário para o principal instrumento da política para integração de quantidade e qualidade, o enquadramento.

2.4 Enquadramento

2.4.1 Política Nacional dos Recursos Hídricos

Até a década de 70, o objetivo principal da legislação para os recursos hídricos era garantir quantidade de água suficiente para atender a demanda energética do País. Em 1976, aparece a base legal federal para o enquadramento dos corpos hídricos, através da Portaria Nº13 do Ministério do Interior, com a única finalidade de atender padrões de balneabilidade e recreação (DINIZ et al., 2006).

Durante os anos 80, foram desenvolvidos estudos dos principais corpos d'água brasileiros, com a finalidade de fornecer dados aos futuros trabalhos de planejamento do uso integrado dos recursos hídricos da bacia. Nessa mesma época, em 1981, é instituída a Política Nacional do Meio Ambiente que através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) são estabelecidos vários parâmetros de qualidade e classes, proferidos na Resolução CONAMA 20/86, sendo alterada em 2005 formando a Resolução CONAMA 357/05 (DINIZ et al. 2006).

Conforme Sousa Júnior (2004), a hegemonia do setor elétrico sobre a gestão das águas viria a ser definitivamente afetada a partir da promulgação da Constituição de 1988, trazendo mudanças significativas para a administração dos recursos naturais.

Em 8 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.433 que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Essa política baseia-se nos princípios estabelecidos na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin, em 1992. Nesse evento, o Brasil encontrou o respaldo necessário para o fortalecimento do movimento organizado pela sociedade, técnicos, cientistas e gestores do setor, a fim de atualizar a gestão das águas no país. Tucci (2004) cita os fundamentos da política baseado nos princípios de Dublin:

- (a) a água é um bem de domínio público;
- (b) a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico;
- (c) estabelece a prioridade para o consumo humano;
- (d) prioriza o uso múltiplo dos recursos hídricos;
- (e) a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento;
- (f) gestão descentralizada.

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi discutida e formulada a partir de encontros no setor da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), com objetivo maior de atender aos interesses da sociedade como um todo. Os interesses sociais estão bem representados pela Política Nacional dos Recursos Hídricos, pois essa procura implementar programas nacionais e regionais, bem como harmonizar e adequar políticas públicas, visando o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água. Assim, essa política busca garantir disponibilidade quali-quantitativa da água para seu uso racional e sustentável. Ademais, estabelece um novo paradigma, da gestão

integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos (SOUSA JÚNIOR, 2004) (ANA, 2002).

Um dos principais desafios da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Para que esse desafio seja superado, é importante tornar operacional o conceito de bacia hidrográfica, como unidade de planejamento de domínio da União e dos Estados. A implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos está de acordo com os instrumentos de gestão. A Agência Nacional das Águas divide os instrumentos de gestão estabelecidos na PNRH nas seguintes categorias: institucionais, técnicos e econômicos.

Os principais instrumentos institucionais são:

Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) – é o órgão mais expressivo do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, tem caráter normativo e deliberativo. Tem atribuições de promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos usuários. Pode deliberar sobre os projetos dos recursos hídricos, acompanhar a execução do plano nacional de recursos hídricos e estabelecer critérios gerais para outorga e cobrança.

Comitês de Bacias Hidrográficas – ou “parlamento das águas”. Compostos por representantes da União, Estados, Municípios e da sociedade civil. É talvez o maior desafio na gestão.

Agências de águas – exercem a função de secretaria executiva dos respectivos Comitês de bacia hidrográfica.

Os principais instrumentos técnicos de gestão das águas são:

Planos de Recursos Hídricos – trata-se dos planos diretores que objetivam o gerenciamento dos recursos hídricos, sendo planos de longo prazo.

Enquadramento dos corpos d'água – trata-se da associação de classes de uso (estabelecidas pela legislação), objetivando assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes da bacia, diminuir os custos com poluição das águas, a partir de ações preventivas permanentes.

Outorga – é a concessão dos recursos hídricos, objetivando assegurar o controle quali-quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso a água. Implica a formação de um cadastro de usuários e a decisão com bases em informações técnicas.

O principal instrumento econômico de gestão das águas é:

Cobrança pela água e pela diluição de efluentes – Compete ao Comitê de bacia instituir as formas de cobrança e sugerir os valores a serem cobrados de acordo com os diferentes usuários e os usos a eles outorgados.

Mais do que uma simples classificação, o enquadramento de corpos d'água é um importante instrumento de gestão de recursos hídricos, definido pela Lei nº 9433, de 08 de Janeiro de 1997. Através deste instrumento se promove a integração quali-quantitativa, tendo entre outros objetivos controlar a poluição e assegurar a disponibilidade hídrica necessária. Por este motivo, o plano de enquadramento é fundamental para se adequar à qualidade das águas e aos usos pretendidos para o corpo hídrico.

O Art. 4º da Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) 12/2000 estabelece os procedimentos para o enquadramento dos corpos de água. Esses deverão seguir 4 etapas:

- diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- elaboração da proposta de enquadramento; e
- aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

A escolha da alternativa de enquadramento deve ser efetuado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, que a submeterá ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou ao respectivo Conselho Estadual ou Distrital de Recursos Hídricos, o qual aprovará o enquadramento dos corpos de água, em consonância com as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Para todas as alternativas analisadas são considerados os usos atuais e futuros dos recursos hídricos.

A Resolução nº357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), extinta Resolução CONAMA nº 020/86, é quem define o nível de qualidade a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. Esta Resolução considera que o enquadramento deve estar baseado não necessariamente em seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que se deseja para atender às necessidades da comunidade, sendo, portanto um objetivo a ser

alcançado ou mantido. Regulamenta ainda que as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência.

Essa norma classifica as águas doces, salobras e salinas em treze classes, onde cada classe possui padrões de qualidade, definidos em função dos usos permitidos, transformando-se num instrumento de planejamento e controle muito importante.

2.4.2 Vazão de referência

O emprego de uma vazão de referência para o rio é importante para auxiliar na gestão dos recursos hídricos, pois possibilita a continuidade dos usos e que suportem o ecossistema aquático. A vazão de referência pode ser também denominada de: vazão ecológica, vazão remanescente e vazão natural.

Vazão de referência é definida na Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como: “*vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas*”. Representa a quantidade de água que permanece no leito do rio após as demandas de abastecimento público, industrial e irrigação. Podem ser fixados valores de vazões mínimas a fim de atender as atividades de recreação (BENETTI et al, 2003).

Os métodos para o estabelecimento de vazão ecológica foram subdivididos em seis categorias por Benetti et al (2003):

(1) *Métodos hidrológicos* - utilizam dados históricos de vazão para estabelecer vazões mínimas em rios;

(2) *Métodos de classificação hidráulica* - usam um ou mais parâmetros hidráulicos (profundidade, perímetro molhado, velocidade, raio hidráulico e área molhada da seção) para prever modificações nos habitats aquáticos;

(3) *Métodos utilizando regressões múltiplas* - correlacionam variáveis ambientais com o tamanho das populações de peixes e invertebrados através de regressões múltiplas;

(4) *Métodos de classificação de habitats* - combinam as características hidráulicas (profundidade, velocidade e substrato) com preferências de habitat para uma determinada espécie;

(5) *Métodos holísticos* - consideram as necessidades de todos os componentes de um ecossistema e suas interações, para determinar a vazão ecológica;

(6) *Métodos informais* – não se enquadram a nenhuma das categorias descritas anteriormente. Exemplo: negociação direta entre representantes de grupos com interesses em conflito devido ao uso da água de um determinado rio.

A seguir serão citados alguns métodos hidrológicos possíveis para aplicação na bacia em estudo.

Entre os métodos hidrológicos tem-se o Método da vazão média mínima de 7 dias com período de recorrências de 10 anos ($Q_{7,10}$). Segundo Barbosa et al (2005) esse método é um dos mais utilizados no Brasil. Porém, Stalnaker et al (1995) profere que a vazão $Q_{7,10}$ é muito baixa e não condiz com as exigências de habitat da vida aquática.

Outro método muito utilizado no Brasil é o da curva de permanência. Esse método utiliza uma percentagem dos valores da curva de permanência calculada a partir de série histórica de dados de vazão. Esse método tem iguais vantagens e desvantagem de aplicação do método $Q_{7,10}$ (BARBOSA et al., 2005).

O método da vazões anuais mínimas de 7 dias utiliza as mínimas das médias móveis¹ das vazões diárias com intervalos de 7 dias ao longo do ano hidrológico. A média dos valores retidos é o valor aceito como vazão mínima (BENETTI et al., 2003).

No método da mediana das vazões mensais os valores das vazões mínimas são consideradas iguais aos valores das medianas das vazões mensais para cada mês do ano (BARBOSA et al., 2005).

Para finalizar, cita-se o método da vazão aquática de base. Esse método usa a mediana das vazões mensais para o mês mais seco do ano como sendo a vazão mínima necessária para a conservação da biota aquática (BARBOSA et al., 2005).

¹ Uma média mostra o valor médio de uma amostra de determinado dado. Uma média móvel aritmética (MMA) é uma extensão desse conceito, representando o valor médio em um período de tempo. Denomina-se média móvel pelo fato de que quando ocorre entrada de dados mais recentes há a saída de dados mais antigos. Assim, a média “movimenta-se” através do gráfico (Equipe Neológica, 2006).

3 BACIA EM ESTUDO

A unidade em estudo é a bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim (Figura 3.1), localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Possui área total de 1120 Km², abrangendo cinco municípios: Santa Maria, Restinga Seca, Itaara, São João do Polesine e Silveira Martins.

Essa bacia está situada entre as coordenadas geográficas 53° 46' 30" a 53° 49' 29" de longitude Oeste e 29° 36' 55" a 29° 39' 50" de latitude Sul. Faz parte da bacia G60 – Vacacaí – Vacacaí Mirim, Região Hidrográfica do Guaíba, do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, instituído nos termos da lei 10350/1994 e do decreto número 37034/1996, que regulamentam o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.

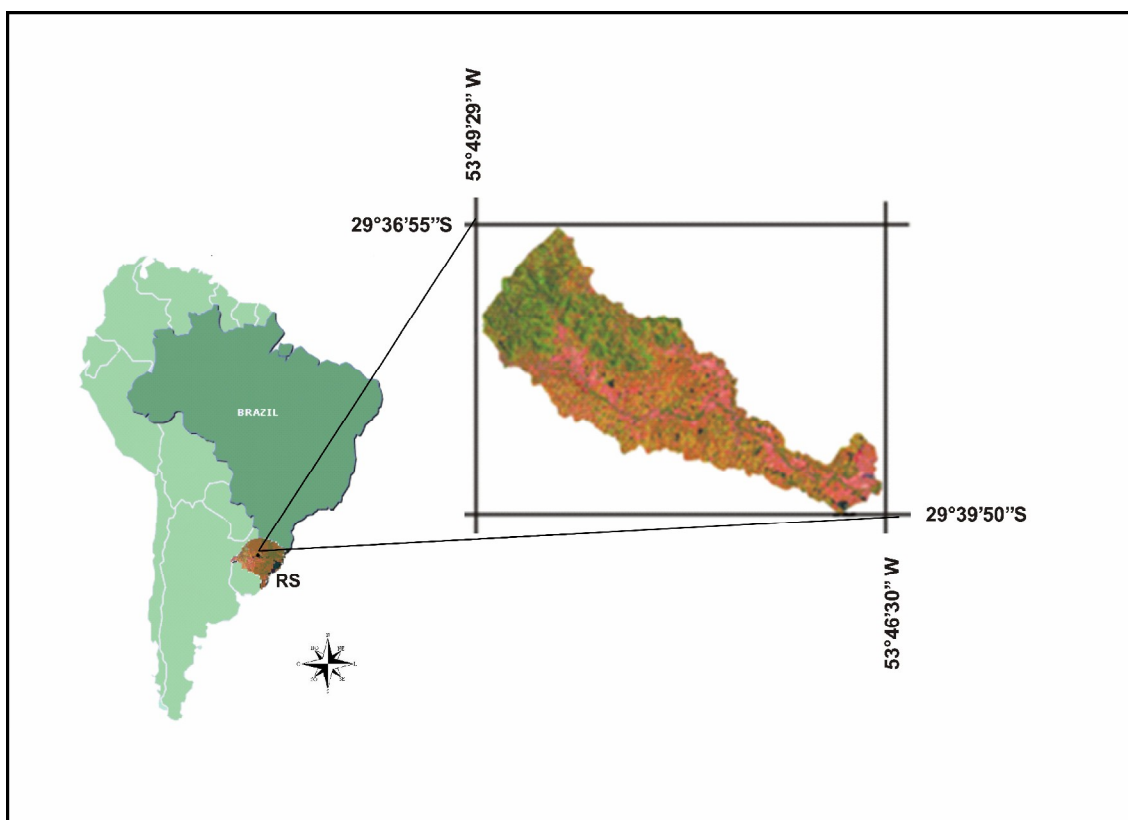


Figura 3.1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim

À montante da bacia, está localizado o reservatório da bacia do rio Vacacaí Mirim, com área inundada de 0,74 km², volume de $3,8 \times 10^6$ m³, com bacia contribuinte de aproximadamente 29 km². Esse reservatório é responsável por 40% do abastecimento público da cidade de Santa Maria. A área do reservatório é caracterizada pela mata nativa, agricultura de cultivos anuais e permanentes,

pecuária (em menor escala) e balneários. Há uma pequena, porém crescente, área em fase de urbanização. Abaixo do reservatório, a bacia é característica de área urbana em sua margem direita e de área rural, com campo nativo e agricultura irrigada em sua margem esquerda. Na parte baixa da bacia, há predominância do cultivo de arroz irrigado por inundação, com elevadas taxas de consumo de água (GASTALDINI et al., 2001). A Figura 3.2 mostra o mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim.

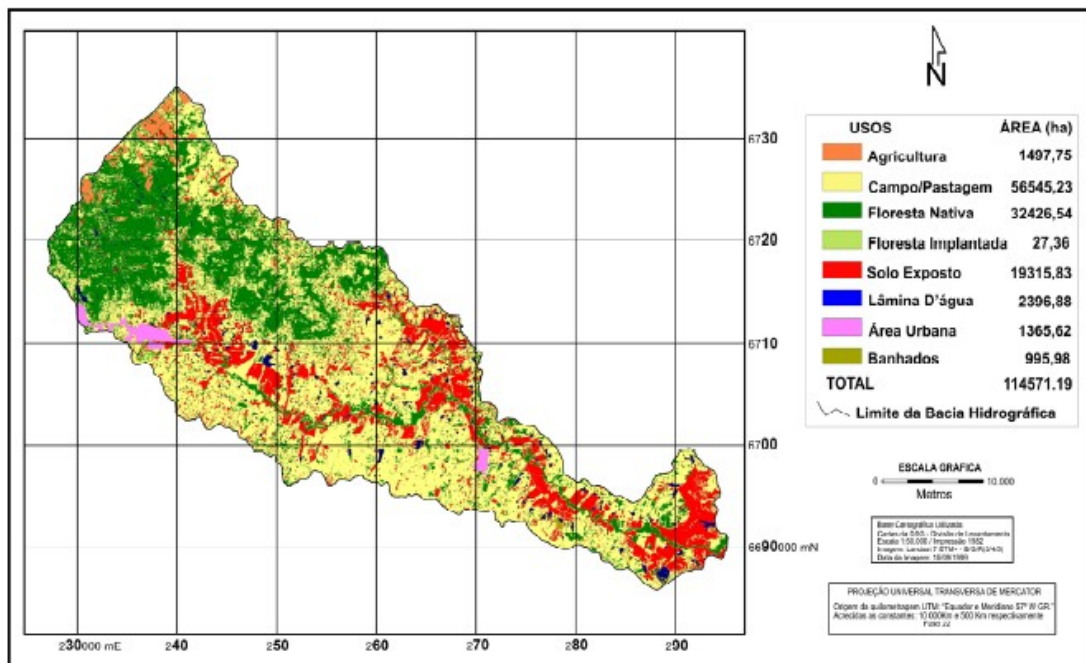


Figura 3.2 - Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Vacacaí Mirim

Fonte: PAIVA J. et al. (2006)

A bacia do Rio Vacacaí Mirim sofre os efeitos da expansão urbana e da atividade agrícola, ocasionando sérios problemas de qualidade e quantidade da água. A maior parte da população presente na bacia ocupa a área urbana. A parcial disponibilidade de rede coletora e tratamento de esgoto na região aumentam a poluição das águas. A falta de conscientização da população e de fiscalização por parte das prefeituras faz com que a população descarte o esgoto, sem tratamento prévio, em córregos e no rio, resultando em problemas qualitativos. Outro fator, que afeta qualitativamente as águas e que deve ser citado, é a poluição difusa oriunda do meio rural. Substâncias presentes em agrotóxicos e fertilizantes e que estão em excesso nas plantações de arroz vão parar no rio devido ao escoamento superficial.

As lavouras de arroz na bacia do Rio Vacacaí Mirim ocupam grande parte das várzeas ao longo do rio principal e seus afluentes. A forma de cultivo de arroz na

região exige uma demanda elevada de água. Nos períodos de plantio do arroz, que coincide com o período de estiagem, o rio, na sua parte baixa, praticamente seca. Isso ocorre devido aos inúmeros bombeamentos para a lavoura de arroz, distribuídos ao longo de seu curso. Essa situação tende a agravar-se com o passar do tempo, propiciando a geração de conflitos de uso da água.

Paiva J. et al. (2006) publicaram um estudo sobre a demanda de água da bacia do rio Vacacaí Mirim, baseando-se em cadastro de usuários feito entre março e outubro de 2005. Nesse trabalho, foram indicados os principais usos da água na bacia:

- a) Abastecimento público – é efetivado através de concessão da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Nas áreas rurais, o abastecimento é feito através de poços subterrâneos ou vertentes localizados nas propriedades. Algumas vilas de trabalhadores rurais, possuem uma pequena rede de abastecimento, contendo um reservatório com capacidade de 3 a 5 mil litros.
- b) Abastecimento industrial – o número de indústrias é pequeno. Destacam-se alguns frigoríficos, fábricas de faca, olarias e cerealistas (beneficiadores de arroz).
- c) Usos não consuntivos – destacam-se os balneários, localizados na cabeceira da bacia, na região de Itaara e Arroio Grande.
- d) Agricultura – a cultura de arroz é predominante na região. Pode-se encontrar, em menor escala, o cultivo de hortaliças, milho, fumo e soja.

Paiva J. et al. (2006) estimaram que o consumo total de água na bacia do rio Vacacaí Mirim, no ano de 2005, foi de cerca de 142 milhões de metros cúbicos de água, considerando apenas abastecimento público e irrigação. Do total consumido, 92,47% foram destinados para irrigação das lavouras de arroz e somente 7,53% para abastecimento público.

As captações para irrigação cadastradas foram de 581, sendo 492 realizadas através de bombeamento e 89 por gravidade. As fontes de água dessas captações possuem diferentes origens. Do total, 287 captações são feitas em açudes, 39 em poços e 255 diretamente do rio, sangas e vertentes. Isso significa que os açudes contribuem com 52,2%, o rio, sangas e vertentes com 44,56%, e os poços com 3,26%.

3.1 Comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí Mirim

O gerenciamento dos problemas relacionados a recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul tem como base a Lei Nº 10.350/94, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos.

Essa lei define em seu Art. 12:

“Em cada bacia hidrográfica será instituído um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, ao qual caberá a coordenação programática das atividades dos agentes públicos e privados, relacionados aos recursos hídricos, compatibilizando, no âmbito espacial da sua respectiva bacia, as metas do Plano Estadual de Recursos Hídricos com a crescente melhoria da qualidade dos corpos de água”.

A bacia em estudo possui um Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí Mirim. O Comitê foi criado através do Decreto Estadual 39.639, de 28/07/99, integrando o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e sendo administrado por regimento interno. Esse Comitê foi instalado em Santa Maria - RS, no dia 16 de setembro de 1999 e funciona regularmente. O grupo de gerenciamento que tem poder decisório é composto por representantes da União, dos estados, dos municípios, dos usuários da água e de entidades civis (SOARES, 2003).

De acordo com Soares (2003) a área da bacia dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim é de aproximadamente 11.150km², abrangendo 16 municípios do Estado do Rio Grande do Sul que, total ou parcialmente, compõem essa bacia hidrográfica. Os municípios são: Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Dilermando de Aguiar, Formigueiro, Itaara, Ivorá, Júlio de Castilhos, Lavras do Sul, Restinga Seca, Santa Margarida do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São João do Polêsine, São Sepé, Silveira Martins e Vila Nova do Sul.

Para entender a importância dos instrumentos de gestão e o papel do Comitê na bacia hidrográfica é necessário que todos interessados tenham conhecimento integrado sobre meio ambiente, recursos hídricos e desenvolvimento sustentável. É importante destacar que as discussões e decisões no Comitê terão consequências para todos os envolvidos.

Apesar de ser descentralizado, o Comitê é participativo de discussão e deliberação e destinado a agir como fórum de decisão no âmbito da bacia. Os

comitês estão tendo grande valorização. Apesar de mais lentos na tomada de decisão, os Comitês aumentam a probabilidade de acertos, pois são formados por grupos e não por indivíduos isolados. Além disso, as pessoas tendem a estar mais dispostas a aceitarem uma decisão que elas auxiliaram a tomar (MAGALHÃES, 2001).

Conforme Magalhães (2001) alguns fatores determinam o sucesso do processo decisório. A quantidade e qualidade das informações são fatores que conferem confiança na formulação de cenários, pois a maioria das decisões são tomadas em um contexto de muitas incertezas sobre o futuro, devido a escassez de dados.

Nesse sentido, este trabalho pode auxiliar ao Comitê, fornecendo subsídios técnicos para o processo decisório no gerenciamento da bacia hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí Mirim, permitindo as ações necessárias para o enquadramento das águas dessa bacia.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção e utilização dos dados

Para a calibração do modelo foram utilizados dados quali-quantitativos de três campanhas completas. A primeira campanha realizou-se no mês de julho/2005, a segunda no mês de outubro/2005 e a terceira campanha em janeiro/2006.

Os pontos de monitoramento quali-quantitativos foram escolhidos visando buscar a melhor representatividade das características da região. Deste modo, foram escolhidos 12 Pontos de Qualidade (PQ), sendo oito pontos localizados no Rio Vacacaí Mirim e quatro nos principais afluentes (Córrego da UFSM, Arroio do Meio, Arroio Grande e Arroio Divisa), conforme Figura 4.1. O monitoramento e análise dos dados foram realizados pelo grupo de estudos GHIDROS na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim.

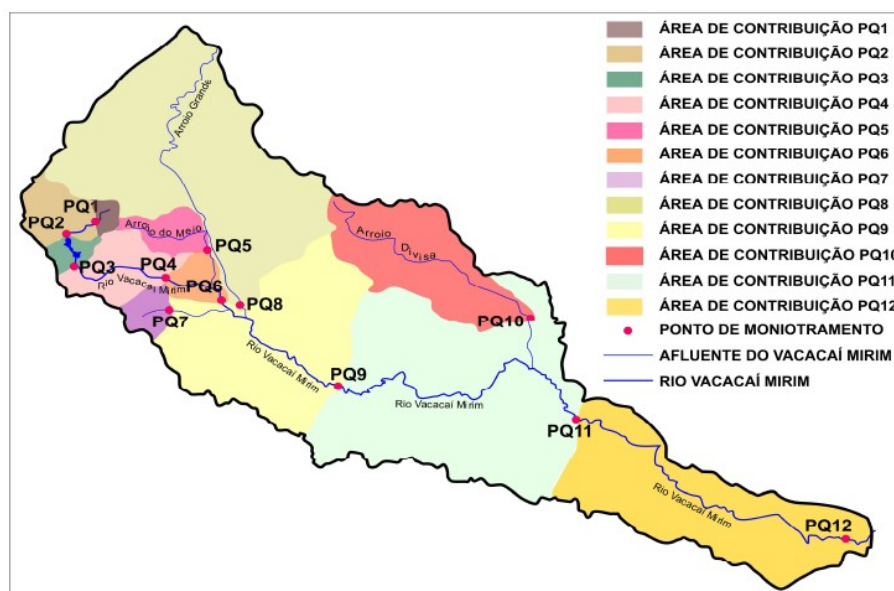


Figura 4.1 - Bacia Hidrográfica do rio Vacacaí Mirim - pontos de monitoramento da qualidade da água. Fonte: Gastaldini et al, 2006

As fotos dos pontos de monitoramento são apresentadas na Figura 4.2.

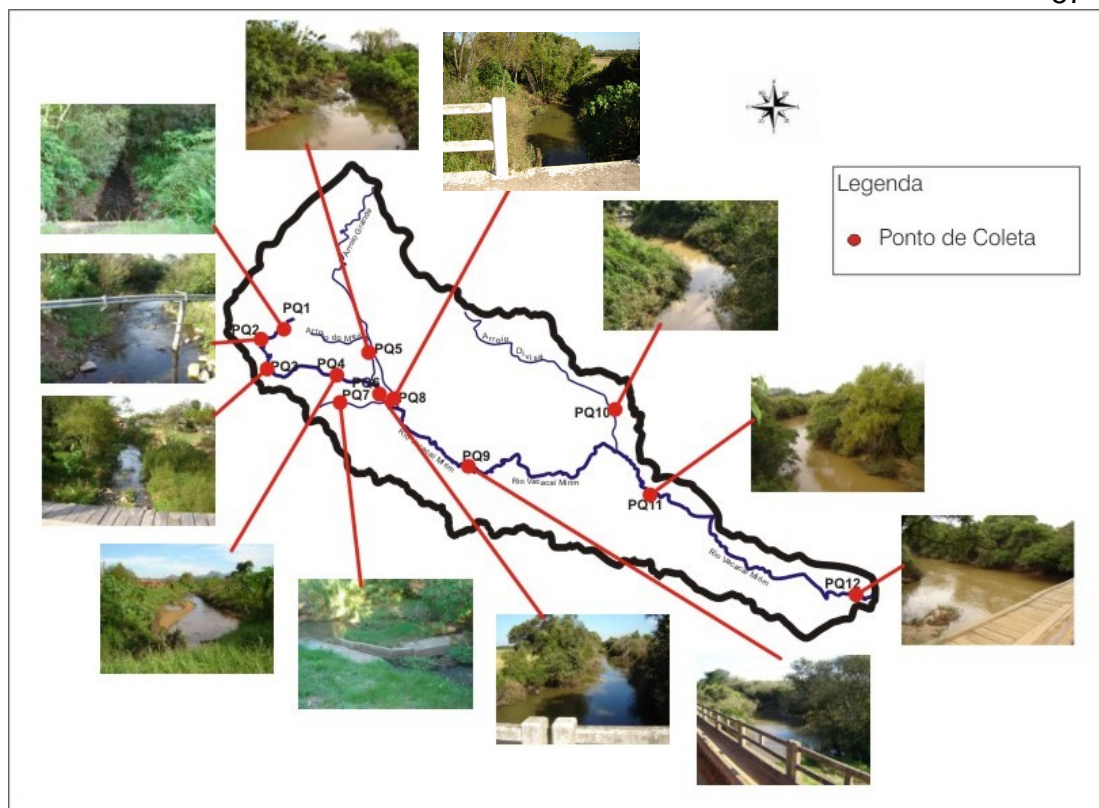


Figura 4.2 - Pontos de monitoramento

Para análises dos constituintes foram utilizados os seguintes métodos:

Oxigênio Dissolvido - Para determinação do oxigênio dissolvido, utilizou-se o oxímetro YSI.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - A metodologia utilizada para a determinação das concentrações de DBO_5 segue o recomendado pelo APHA, AWWA, WEF (1998).

Coliformes Termotolerantes - Para a obtenção do número de coliformes termotolerantes, utilizou-se o Colilert 24h, possibilitando a detecção, confirmação e enumeração, simultaneamente, dos organismos em 24 horas. Os testes utilizam tecnologia do substrato definido, usando indicadores/nutrientes específicos para coliformes e *Escherichia Coli*. Este procedimento é recomendado pela USEPA e aceito pelo APHA, AWWA, WEF (1998).

Nitrato - A metodologia utilizada para a determinação do nitrato foi APHA, AWWA, WEF (1998).

Nitrato - A metodologia utilizada para a determinação do nitrato foi APHA, AWWA, WEF (1998).

Fósforo Dissolvido - A metodologia utilizada para a determinação do fosfato foi APHA, AWWA, WEF (1998), através do Método Colorimétrico Ácido Vanadomolibdofosfórico (4500- P C.).

4.2 Segmentação do sistema fluvial utilizado na calibração

Para a simulação da qualidade da água foi utilizado extensão de 118 Km do rio principal entre os pontos de monitoramento PQ3 e PQ12. Recebendo contribuições do Arroio do Meio, do Córrego da UFSM, do Arroio Grande e do Arroio Divisa, sendo condizentes com a qualidade dos pontos PQ5, PQ7, PQ8 e PQ10, respectivamente. O monitoramento da qualidade da água do reservatório do Vacacaí Mirim foi realizado por Gastaldini et al (2001) e a simulação da qualidade da água desse reservatório foi realizada por Gastaldini et al. (2004).

O sistema fluvial foi dividido em 14 trechos, obedecendo aos limites do modelo e considerando os dados hidrológicos e de qualidade da água. Cada trecho possui número inteiro de elementos computacionais, suficiente para não exceder os limites impostos pelo programa. Cada um dos 236 elementos computacionais deste estudo tem comprimento de 0,5 Km.

Os trechos foram caracterizados pela contribuição de suas fontes pontuais e não pontuais. Os afluentes do rio foram considerados como fontes pontuais, sendo utilizados seus respectivos dados de vazão e de qualidade. A vazão das fontes não pontuais foi obtida pelo saldo do balanço hídrico. Para a qualidade dessas fontes, foi considerado o tipo de poluição dos trechos. A Figura 4.3 mostra a segmentação do sistema fluvial da bacia do Rio Vacacaí Mirim.

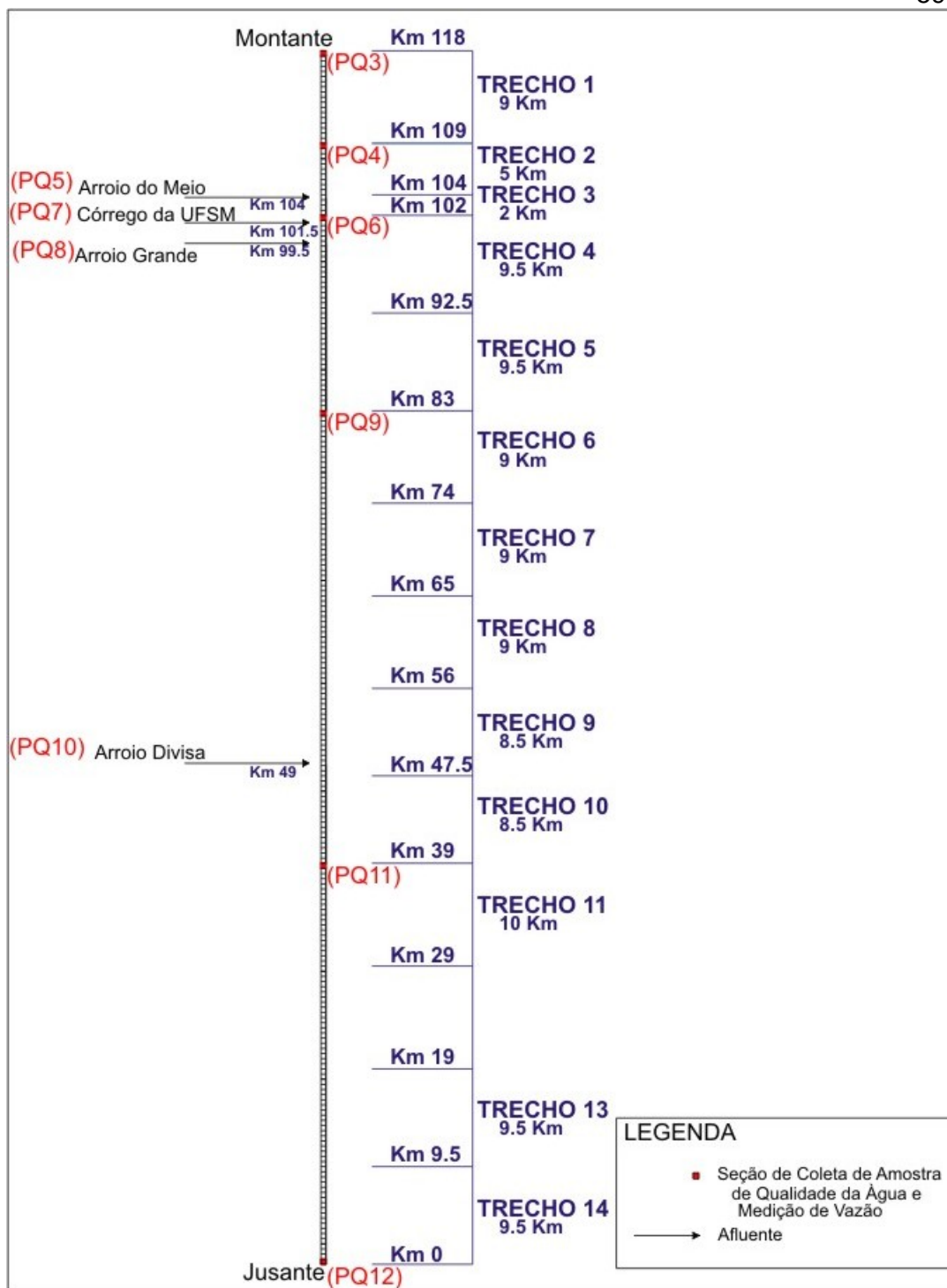


Figura 4.3 - Segmentação do sistema fluvial utilizado para a calibração

4.3 Autodepuração e parâmetros para simulação

A autodepuração é um processo natural que um composto orgânico sofre quando lançado num rio. O ecossistema de um corpo d'água encontra-se geralmente em equilíbrio antes do lançamento de despejos. Porém, esse

ecossistema é afetado com a poluição o que resulta em desequilíbrio inicial e, posteriormente, tende a uma organização (VON SPERLING, 2005).

Todo esse processo envolve um conjunto de fatores, tal como a degradação, sedimentação, dispersão, diluição, reaeração, fotossíntese entre outros. Essas ações resultam no restabelecimento das melhores condições das águas. A capacidade de autodepuração de um corpo d'água pode ser simulado de maneira simplificada através de parâmetros (RODRIGUES, 2005).

4.3.1 Parâmetro de desoxigenação da matéria orgânica (K_1)

O parâmetro K_1 representa a taxa de degradação em meio líquido. Esse coeficiente depende das características da matéria orgânica, temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Efluentes tratados são exemplo de substâncias inibidoras, pois possuem uma taxa de degradação lenta. Isso ocorre devido à estabilização vagarosa do que resta do tratamento, já que a matéria orgânica facilmente assimilada foi removida (VON SPERLING, 2005).

Na Tabela 4.1, são apresentados os valores para K_1 usualmente utilizados.

Tabela 4.1 - Valores típicos para taxa de degradação para níveis de tratamento.

Tratamento	K_1 (dia^{-1} a 20° C)
Sem tratamento	0,35 (0,20 – 0,50)
Primário	0,20 (0,10 – 0,30)
Secundário	0,075 (0,05 – 0,10)

Fonte: Chapra, 1997

4.3.2 Parâmetro de reaeração (K_2)

A reaeração é o principal fator responsável pela introdução de oxigênio nos corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

O coeficiente de reaeração atmosférica é representado pelo K_2 . Esse parâmetro é frequentemente empregado em função da profundidade e da velocidade do curso d'água. O modelo QUAL2E disponibiliza oito opções para K_2 . A Tabela 4.2 apresenta as opções para K_2 .

Tabela 4.2 - Equações de K_2 para o Qual2E.

Opção	Autor(es)	K_2 (d^{-1} a $20^\circ C$)	Unidades
1	Valor especificado pelo usuário		
2	CHURCHILL et al. (1962)	$5,03 \frac{U^{0,969}}{H^{1,673}}$	$\bar{U} (m.s^{-1})$ $H (m)$
3	O'CONNOR E DOBBINS (1958)	$3,95 \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}}$	$\bar{U} (m.s^{-1})$ $H (m)$
4	OWENS et al. (1964)	$5,34 \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}}$	$\bar{U} (m.s^{-1})$ $H (m)$
5	THACKSTON E KRENKEL (1966)	$24,9 \frac{(1 + \sqrt{F})u^*}{H}$ onde F é o número de Froude $F = \frac{u^*}{\sqrt{gH}}$ e u^* é a velocidade de atrito $u^* = \sqrt{HS_e g} = \frac{Un\sqrt{g}}{H^{1,67}}$	F (a dim ensional) $u^* (ms^{-1})$ $H (m)$ $\bar{U} (ms^{-1})$
6	LANGBIEN E DURUM (1967)	$5,13 \frac{U}{H^{1,33}}$	$\bar{U} (m.s^{-1})$ $H (m)$
7	Função potencial especificada pelo usuário	aQ^b	Q (cms)
8	TSIVOGLU & WALLACE (1972); TSIVOGLU & NEAL (1976)	$c \frac{\Delta H}{tf}$	c (m^{-1}) $\Delta H (m)$ tf (m)

Fonte: Chapra (1997)

4.3.3 Parâmetro de sedimentação (K_3) e de demanda bentônica de oxigênio (K_4)

A sedimentação da matéria orgânica em suspensão forma o chamado lodo de fundo. Parte significativa do lodo é estabilizada anaerobiamente, porém na parte superior do lodo ocorre estabilização aeróbia, resultando na remoção da DBO e no consumo de oxigênio. A demanda de oxigênio originada pelo lodo de fundo é denominada demanda bentônica ou demanda de oxigênio pelo sedimento.

O parâmetro K_3 é o coeficiente de decaimento da DBO devido à sedimentação (dia^{-1}) e o parâmetro K_4 avalia o consumo de oxigênio conforme a demanda bentônica. Esses dois coeficientes estão interligados. No primeiro momento, com a sedimentação, ocorre o decaimento de DBO devido a formação de lodo de fundo. Uma vez ocorrida a sedimentação, uma parcela desses sedimentos

passa a não consumir oxigênio, sendo apenas a parte superior do lodo responsável pela demanda de oxigênio (VON SPERLING, 2005).

O consumo de oxigênio devido à demanda bentônica é avaliado pelo coeficiente K_4 . A Tabela 4.3 apresenta os valores da demanda de oxigênio pela demanda bentônica para cada tipo de leito e situação do local.

Tabela 4.3 - Valores da demanda de oxigênio pela camada bentônica.

Tipo de leito e situação local	Demanda bentônica (g O ₂ /m ² . dia)	
	Variação	Média
Lodo de esgoto – nas proximidades do ponto de lançamento	2 - 10	4
Lodo de esgoto – a jusante do ponto de lançamento	1 – 2	1,5
Leito estuariano	1 – 2	1,5
Leito arenoso	0,2 – 1,0	0,5
Leito de solo mineral	0,05 – 0,1	0,07

Fonte: Thomann & Muller (1987) apud Rodrigues (2005)

4.3.4 Parâmetro de decaimento de coliformes (K_5)

Os coliformes fecais são bactérias que vivem nos intestinos de homens e de animais vertebrados. A presença dessas bactérias na água é a comprovação da contaminação por fezes. A importância da quantificação desses coliformes em um corpo d'água possibilita determinar, indiretamente, o potencial de uma água transmitir doenças.

A análise de quantificação dos coliformes fecais é feita com temperatura elevada para eliminar as bactérias de origem não fecal (de vida livre). Porém, é possível que mesmo nessas condições haja a presença pouco numerosa de bactérias não fecais. Sendo assim, a análise de coliformes pode não informar com precisão a contaminação fecal. Assim, a denominação mais adequada, devido ao teste de análise utilizado, é coliformes termotolerantes ao invés de coliformes fecais (VON SPERLING, 2005).

Os coliformes apresentam uma mortalidade natural quando não estão dentro do sistema humano, condição ideal para seu desenvolvimento e reprodução. Os fatores que auxiliam no decaimento de coliformes termotolerantes são: luz solar, temperatura, sedimentação, falta de nutrientes entre outros. (VON SPERLING, 2005)

4.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade consiste em determinar o efeito da variação de um determinado parâmetro em uma variável. Essa análise é feita com o auxílio de gráficos, possibilitando a avaliação visual da sensibilidade de cada parâmetro.

Neste trabalho, verificou-se, na análise de sensibilidade, os parâmetros relacionados a concentração de oxigênio dissolvido, principal parâmetro para avaliação do processo de autodepuração e que caracteriza a qualidade da água, variando-os em 10%. Esse procedimento tem como objetivo verificar para quais parâmetros o OD é mais sensível.

4.5 Calibração

A calibração pode ser considerada procedimento primordial na utilização de um modelo. Esse processo permite ao usuário ajustar os parâmetros das equações matemáticas à realidade física, química e biológica dos recursos hídricos, de maneira a resultar uma simulação com precisão satisfatória as características reais do rio.

O processo de calibração consiste em variar parâmetros do modelo para obter um resultado satisfatório entre os dados calculados pelo modelo e os dados observados (dados de campo). Um modelo matemático de qualidade da água devidamente calibrado é considerado instrumento importante ao apoio à tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos. (BÄUMLE, 2005)

Para a calibração da bacia em estudo foram consideradas, entre as três campanhas, duas condições diferentes de vazão. Período de vazões baixas caracterizadas pela primeira e terceira campanhas e período de vazões altas condizente com a temporada de cheia da segunda campanha. A Figura 4.4 apresenta o gráfico das vazões das respectivas campanhas.

Para cada trecho foram calculadas as cargas pontuais de acordo com os dados dos pontos de monitoramento, considerando as características hidráulicas e de ocupação do solo dos trechos. A carga difusa foi calculada a partir do balanço de massa.

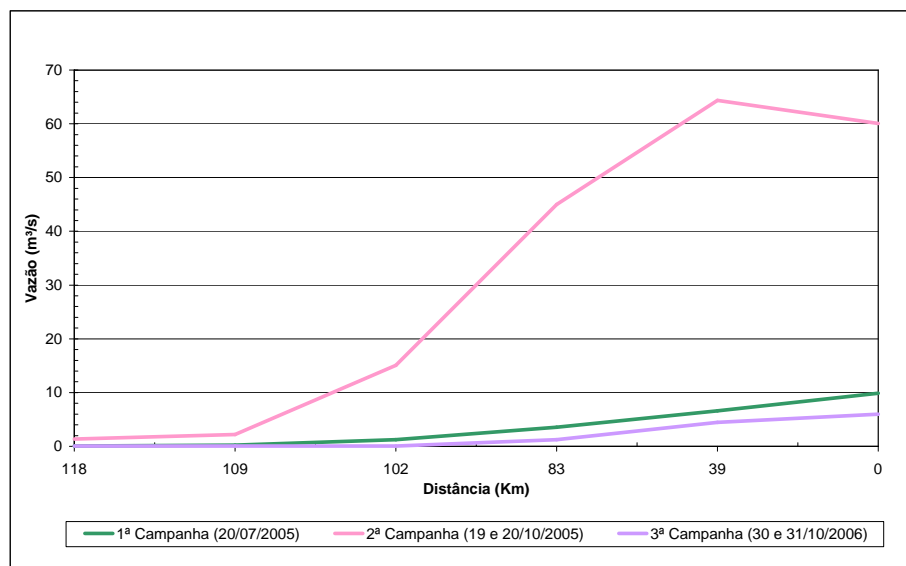


Figura 4.4 - Vazões ao longo do Rio Vacacaí Mirim.

Os dados da primeira e terceira campanha foram agrupados, obtendo-se assim médias. Esse agrupamento foi possível devido às vazões serem semelhantes nessas duas campanhas.

Duas condições de vazão para a calibração permitem a melhor caracterização do rio e melhor aplicação do modelo. O modelo QUAL2E foi calibrado para as seguintes variáveis: OD, DBO, Coliformes Termotolerantes, Nitrito, Nitrato e Fósforo dissolvido.

As variáveis foram calibradas e obtidas a partir do ajuste dos gráficos de resposta do modelo aos dados levantados em campo. Esse ajuste foi realizado com os parâmetros de autodepuração do rio, sendo adotados valores de acordo com a literatura existente.

Dos 12 pontos monitorados, foram utilizados para calibração e simulação somente os dados dos pontos localizados depois do reservatório do Vacacaí Mirim. A cabeceira do rio foi considerada o ponto logo abaixo do reservatório (PQ3). O reservatório não será estudado neste trabalho, pois ele já o foi avaliado em Gastaldini et al (2001 e 2004).

4.6 Validação

Validação é a comprovação que o modelo de qualidade das águas possui satisfatória precisão. Essa ação indica que o modelo é aceitável para o uso, mas não sugere com isso, que esse modelo é o mais indicado (RYKIEL, 1996).

Esse procedimento é considerado importante, pois demonstra que os modelos são capazes de reproduzir os processos que ocorrem no interior de uma bacia hidrográfica e que alteram a qualidade da água (ARAÚJO, 2005). Para a realização do teste, foi utilizado o modelo já calibrado para os dados quali-quantitativos com os dados de qualidade da campanha preliminar realizada antes das três campanhas. A campanha preliminar foi realizada juntamente com a escolha dos pontos de amostragem, a fim de analisar as condições da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim.

4.7 Simulação de cenários

A simulação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim foi baseada na utilização de cenários de vazão de referência (também denominada vazão remanescente, vazão ecológica ou vazão natural), usando como ferramenta de apoio o modelo QUAL2E.

No capítulo 2 deste trabalho, foram citados alguns métodos para a determinação da vazão de referência. De acordo com os dados disponíveis da bacia do Rio Vacacaí Mirim e os interesses deste trabalho, adotaram-se os métodos hidrológicos. As vazões de permanência foram a escolha feita para os cenários, já que na legislação vigente não há exigência de uma metodologia específica para calcular a vazão de referência.

Paiva R. et al. (2006) apresentaram metodologia de determinação de vazão com carência de dados hidrológicos observados aplicada a bacia do Rio Vacacaí Mirim. O modelo aplicado foi implementado em ambiente MATLAB², utilizando o

² O MATLAB é um “software” voltado para o cálculo numérico. Integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar (Tutorial de MATLAB, 2006).

SMAP³ para simular a vazão. Também é utilizado o algoritmo SCE-UA⁴ para ajuste dos parâmetros e que propaga os volumes de forma simplificada, considerando as retiradas de água. Nesse trabalho, a bacia é simulada como um sistema hidrológico composto 14 sub-bacias e 14 pontos característicos (PC).

A utilização dos dados de vazão de permanência do trabalho de Paiva R. et al. (2006) foi admissível, pois os pontos característicos (PC) são análogos aos pontos de qualidade (PQ) ao longo da bacia do Rio Vacacaí Mirim.

Alguns cenários da bacia do Rio Vacacaí Mirim foram simulados a partir do modelo matemático QUAL2E para prognosticar o impacto da elevada demanda de água para a irrigação e dos despejos de esgoto doméstico no rio, considerando que nenhuma solução seja adotada.

De acordo com Maria Salete Cobalchini (2007), engenheira do departamento de qualidade ambiental da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental-RS), esta instituição ainda não possui regulamentação para a determinação da vazão de referência. Entretanto, tem adotado as vazões de permanência Q_{90} e Q_{95} (utilizadas no Plano de Bacia do Pardo-Pardinho).

A vazão de permanência Q_{80} foi adotada como cenário, pois com os problemas de falta de água na bacia em estudo ocorre que as vazões propostas Q_{90} e Q_{95} , em alguns trechos, são inexistentes no período de irrigação.

Nas simulações de cenários foram utilizadas as cargas difusas provenientes da vazão baixa, considerando o limite das concentrações de esgoto doméstico nos trechos iniciais, onde existe lançamento *in natura*. A partir do trecho 6, onde a vazão é muito baixa e a carga difusa é predominantemente rural, foram adotadas as concentrações obtidas na calibração das vazões baixas. Uma vez que nos cenários de simulação praticamente inexitem contribuições incrementais, ou retorno de água de irrigação, devido à falta de água.

3 SMAP é um modelo chuva-vazão, determinístico, com uma estrutura relativamente simples. O modelo utiliza séries diárias ou mensais de precipitação e evapotranspiração potencial para gerar séries de vazão (PAIVA et al., 2006).

4 SCE-UA é um algoritmo de otimização global que auxilia na calibração dos parâmetros do modelo SMAP (Ibid).

5 RESULTADOS

5.1 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade fornece informações importantes para as atuais e futuras utilizações do modelo, apontando quais os parâmetros e variáveis de entrada que influenciam nos resultados, quando esses forem alterados (LARENTIS, 2004).

Os parâmetros relacionados ao OD, K_1 , K_2 , K_3 e K_4 , foram utilizados nesta análise. Os resultados da análise de sensibilidade são mostrados nas Figuras 5.1 e 5.2.

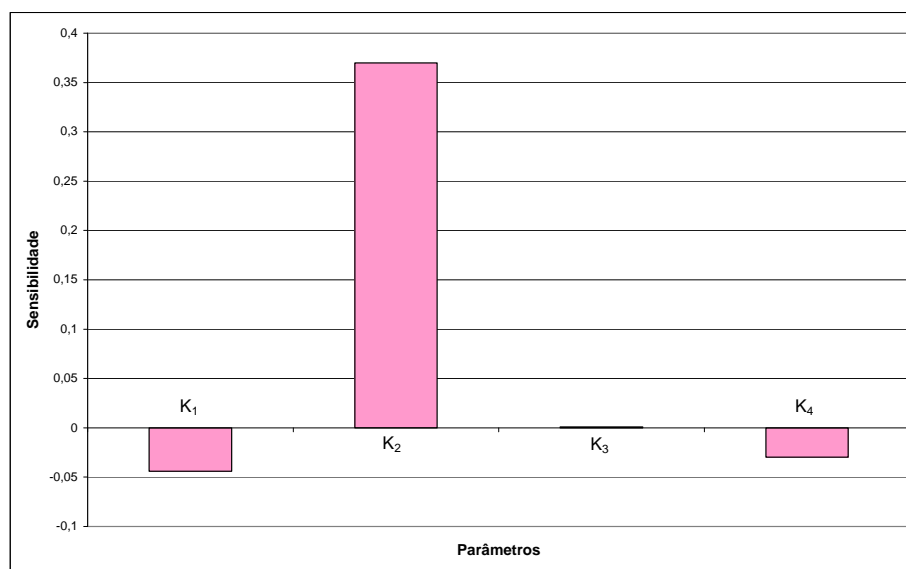


Figura 5.1 - Análise de sensibilidade para condição de vazão baixa

Observa-se nos gráficos acima que K_3 é o menos sensível dos coeficientes para as duas condições de vazão. Entretanto, a resposta do modelo à variação de K_2 foi a mais significativa, mostrando que a reaeração exerce grande influência neste sistema. O foco deste estudo foi a verificação da sensibilidade do oxigênio dissolvido (OD) com relação aos parâmetros.

A análise de sensibilidade é importante para realizar a calibração, já que permite avaliar os parâmetros que influenciam em menor ou maior grau sobre algum constituinte de qualidade.

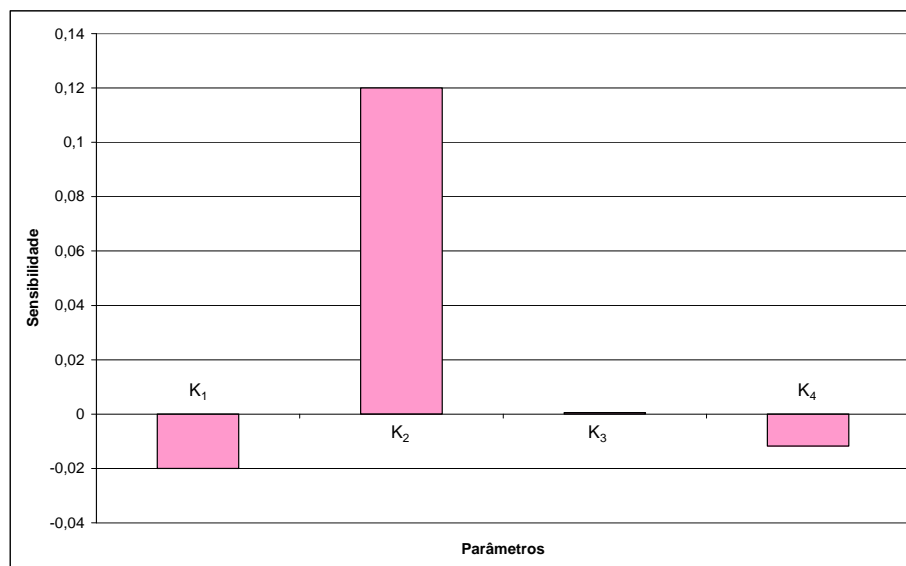


Figura 5.2 - Análise de sensibilidade para condição de vazão alta

5.2 Resultados da Calibração

Para a calibração de todos os parâmetros de qualidade foram utilizadas duas condições de vazão:

Vazão baixa – Caracterizada pela média dos dados da 1ª e 3ª campanhas;

Vazão alta – Caracterizada pela 2ª campanha.

Nas duas condições de vazão foi utilizado o coeficiente de determinação para avaliar a relação das concentrações observadas e calculadas. Assim, obtém-se uma demonstração da precisão favorável dos valores utilizados para os parâmetros e vazões incrementais.

5.2.1 Parâmetros

5.2.1.1 Parâmetro de desoxigenação da matéria orgânica (K_1)

Foram adotados valores de K_1 que ajustaram melhor os gráficos resposta do modelo. A tabela 5.1 apresenta os valores utilizados na simulação da Bacia do Rio Vacacaí Mirim para as duas condições de vazão.

Tabela 5.1 - Valores de K_1 usados na calibração.

TRECHO	K_1 (dia ⁻¹)	
	Vazão Baixa	Vazão Alta
1	0,5	0,4
2	0,5	0,4
3	0,5	0,4
4	0,1	0,1
5	0,1	0,1
6	0,1	0,1
7	0,1	0,1
8	0,1	0,1
9	0,1	0,1
10	0,1	0,1
11	0,1	0,1
12	0,1	0,1
13	0,1	0,1
14	0,1	0,1

5.2.1.2 Parâmetro de reaeração (K_2)

As opções de K_2 , mostradas na Tabela 5.2, utilizadas foram diferentes para os dois tipos de vazão.

Tabela 5.2 - Opções de K_2 .

TRECHO	K_2	
	Vazão Baixa	Vazão Alta
1	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
2	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
3	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
4	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
5	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
6	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
7	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
8	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
9	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
10	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
11	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
12	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
13	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS
14	LANGBIEN & DURUM	O'CONNOR & DOBBINS

5.2.1.3 Parâmetro de sedimentação (K_3) e de demanda bentônica de oxigênio (K_4)

Foi adotado para as duas condições de vazão K_3 igual a 0,3 dia⁻¹, sendo apenas utilizados nos três primeiros trechos de simulação, onde há o despejo de

esgoto doméstico bruto. Esse valor foi o que mais se ajustou na calibração. Na Tabela 5.3 estão os valores de K_4 utilizados neste trabalho.

Tabela 5.3 - Valores de K_4 .

TRECHO	K_4 (g $O_2/m^2 \cdot$ dia)	
	Vazão Baixa	Vazão Alta
1	6	6
2	6	6
3	6	6
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0

5.2.1.4 Parâmetro de decaimento de coliformes (K_5)

A calibração dos dados para coliformes termotolerantes teve melhor resposta com os valores utilizados para K_5 apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Valores adotados para o coeficiente de decaimento de coliformes.

Trecho	Coeficiente de decaimento de coliformes (1/dia)	
	Vazão Baixa	Vazão Alta
1	0,1	0,2
2	4	0,2
3	4	0,2
4	0,5	5
5	0,5	3
6	0,5	2
7	0,2	0,2
8	0,2	0,2
9	0,2	0,2
10	0,2	0,2
11	0,2	0,2
12	0,05	0,2
13	0,05	0,2
14	0,05	0,2

5.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

As Figuras 5.3 e 5.4 apresentam a calibração do oxigênio dissolvido da bacia em estudo. Esta calibração foi feita para os dados de vazão baixa, resultado da

média dos dados observados em julho/2005 e janeiro/2006, e para vazão alta, caracterizada pelos dados observados em outubro/2005.

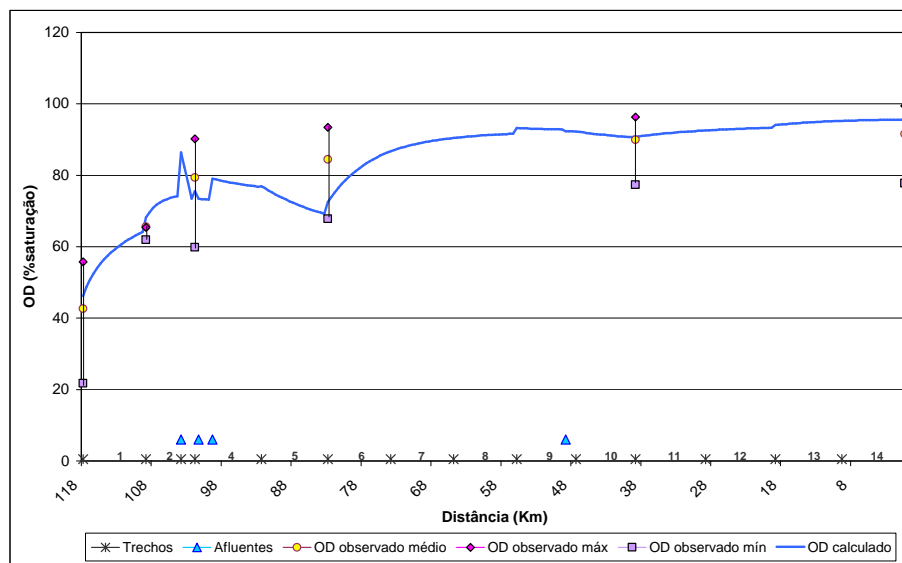


Figura 5.3 - Calibração de OD para vazão baixa.

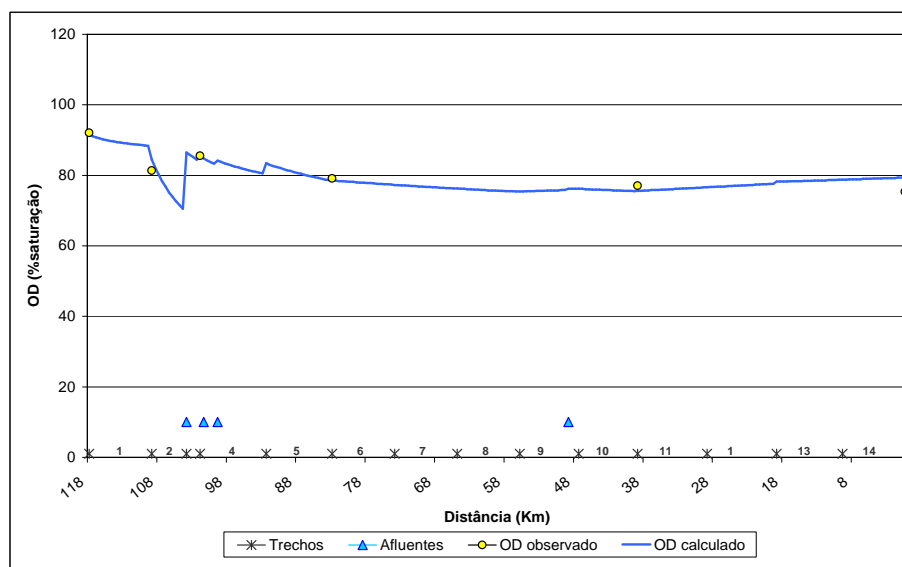


Figura 5.4 - Calibração de OD para vazão alta

Foram utilizadas, para a calibração, as percentagens do OD de saturação e não as concentrações de OD, devido as grandes diferenças de temperatura da água nas campanhas de monitoramento. As temperaturas médias nas campanhas 1, 2 e 3 foram, respectivamente, de 10,5, 18,6 e 25,8°C.

O coeficiente de determinação, entre as concentrações observadas e calculadas para vazão baixa e vazão alta, apresentou valores de 0,89 e 0,85,

respectivamente. Esse coeficiente é uma medida de proporção da variabilidade entre duas variáveis, indicando uma boa resposta do modelo.

Nos trechos 1 e 2, nas vazões baixas, as concentrações de OD são baixas, uma vez que estão situados em regiões urbanas e recebem contribuições de esgoto “*in natura*”. Nos demais trechos e nas vazões altas as concentrações de OD ficaram próximas aos valores de saturação.

5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O modelo QUAL2E tem como princípio básico a conservação de massa. A partir disso, há uma preocupação na definição da DBO como variável de estado, já que essa não considera toda matéria orgânica biodegradável presente no meio, prejudicando o fechamento de massa. Muitos modelos de qualidade de água tentam observar princípios de balanço de massa dentro da coluna de água, porém não conseguem fechar esse ajuste, pois implicam interação com sedimento (SHANAHAN et al., 1998).

Desta forma, a calibração pode ficar deficiente, pois ocorre a imprecisão no ajuste do balanço de massa da DBO. As figuras 5.5 e 5.6 apresentam as concentrações de DBO observada e calculada pelo modelo.

A calibração para vazão baixa apresentou valor do coeficiente de determinação menor do que para vazão alta, 0,90 e 0,99, respectivamente. Esses valores indicam que a calibração tem precisão apropriada. Os valores de DBO são elevados nos pontos onde há concentração urbana, resultado do despejo do esgoto doméstico nesses locais devido a falta de coleta e tratamento de esgoto nesse local, sendo caracterizados pelos trechos 1 e 2.

Na condição de vazão alta, ocorre um decréscimo dos valores de DBO com relação a vazão baixa, devido ao grande volume de chuvas nessa época do ano, possibilitando a diluição das cargas de poluição.

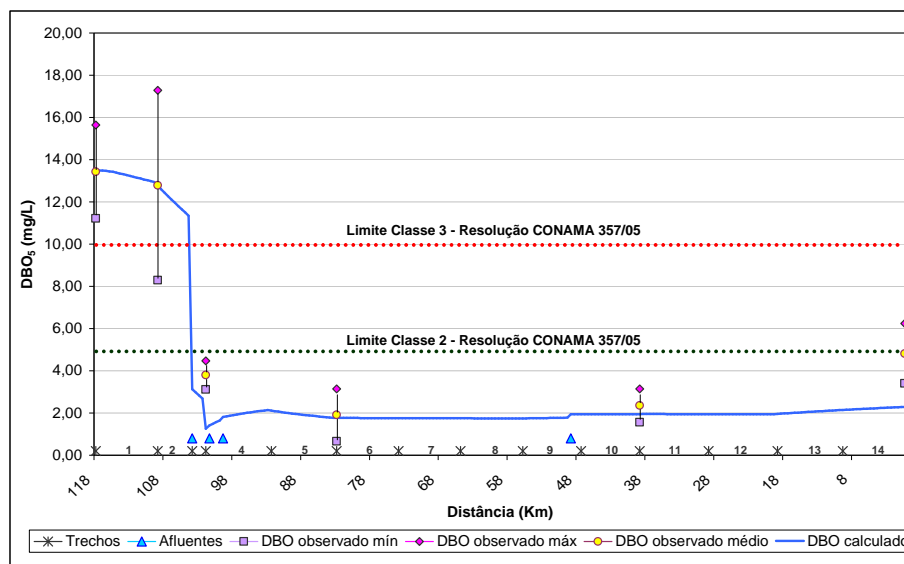


Figura 5.5 - Calibração da DBO para vazão baixa

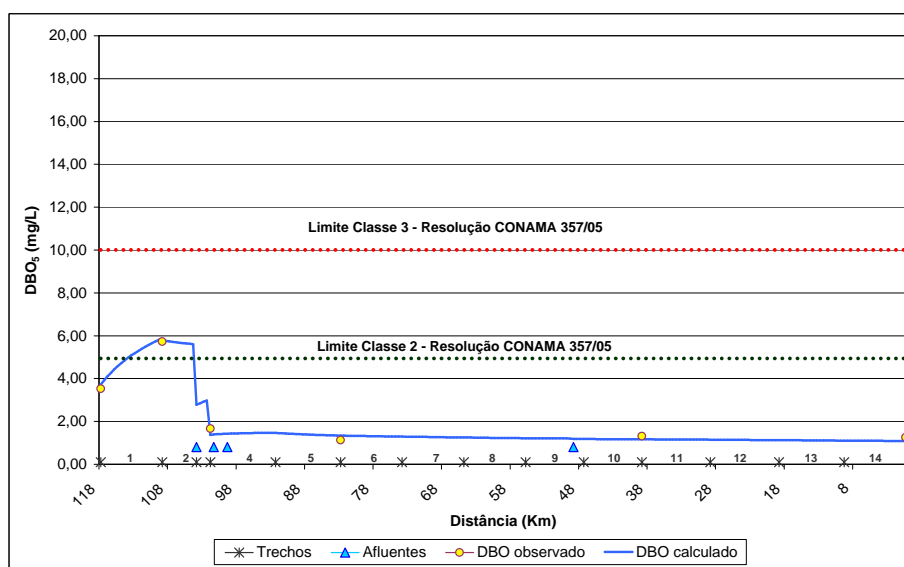


Figura 5.6 - Calibração da DBO para vazão alta

Os valores de DBO, para a condição de vazão baixa, ultrapassa os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para as Classes 2 e 3 apenas nos trechos 1 e 2. Para a condição de vazão alta, os valores de DBO somente ultrapassam o limite da Classe 2, nos trechos 1 e 2, indicando uma boa qualidade das águas ao longo do rio.

5.2.4 Coliformes Termotolerantes

Nas figuras 5.7 e 5.8 são mostrados os gráficos das concentrações de coliformes termotolerantes observadas em campo e calculadas pelo modelo para as duas situações distintas de vazão.

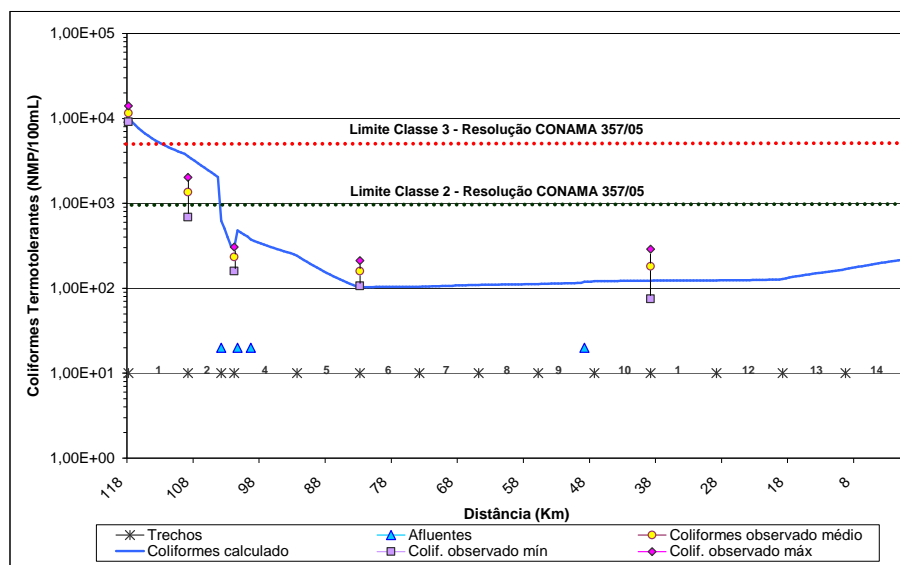


Figura 5.7 - Calibração de coliformes termotolerantes para vazão baixa.

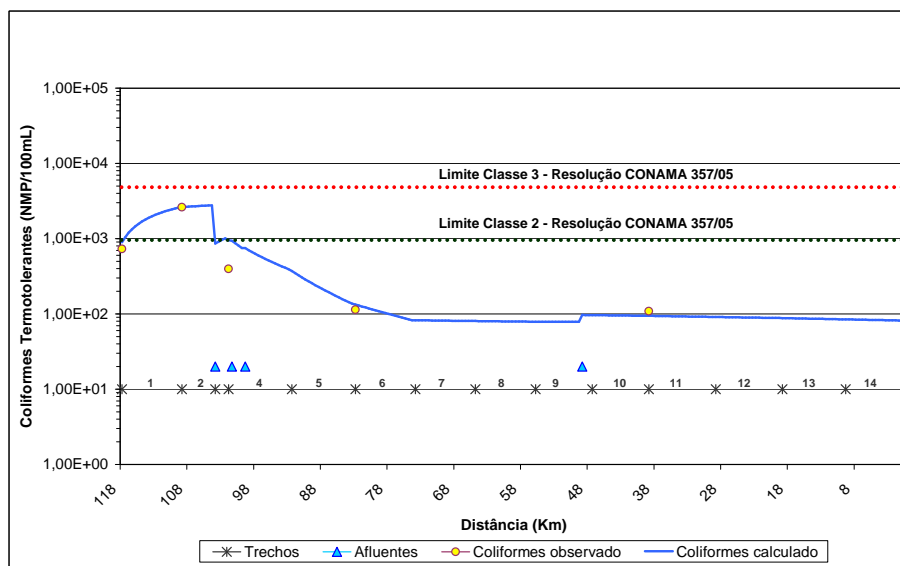


Figura 5.8 - Calibração de coliformes termotolerantes para vazão alta.

A calibração dos coliformes termotolerantes foi satisfatória, pois os valores calculados estão próximos dos observados. Essa afirmação é confirmada pelo valor

do coeficiente de determinação para as duas condições de vazão ser 0,94. Esse valor indica um bom ajuste da curva resposta do modelo.

A redução na concentração de coliformes termotolerantes na condição de vazão alta justifica-se pela intensa precipitação nesse período. O aumento na precipitação proporciona altas vazões e conseqüentemente auxilia na diluição do constituinte ao longo do rio, mesmo após as entradas de fontes pontuais e não pontuais.

Os valores de coliformes termotolerantes nos dois primeiros trechos ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para as classes 2 e 3, na condição de vazão baixa. Na condição de vazão alta, os valores de coliformes excedem apenas a classe 2, também nos trechos 1 e 2. O motivo para grande concentração desse constituinte é a presença urbana nesse trecho e o lançamento de esgoto doméstico "*in natura*" no Rio Vacacaí Mirim. Em contrapartida, o restante dos trechos está de acordo com as classes 2 e 3.

A variabilidade desse constituinte é de 66,2 a 10200 NMP/100mL para a condição de vazão baixa e de 78,30 a 2770 NMP/100mL para a condição de vazão alta.

5.2.5 Nitrito

As concentrações de nitrito, nas duas situações de vazão, foram inferiores ao limite máximo de 1mg/L estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/05 para as Classes 2 e 3. As Figuras 5.9 e 5.10 mostram a resposta do modelo para nitrito.

A concentração de nitrito nos dois primeiros trechos, para as duas condições de vazão, é maior devido ao despejo de esgoto doméstico. O nitrito indica que a poluição naquele local é recente, caracterizando a presença do esgoto doméstico *in natura*.

O coeficiente de determinação para vazão baixa foi de 0,91 e para a vazão alta de 0,99, indicando analogia entre os valores observados e calculados de nitrito para as duas condições de vazão.

Para nitrito e nitrato somente uma medição foi feita para a calibração da vazão baixa. A campanha referente a essa medição é a terceira, em janeiro de 2006.

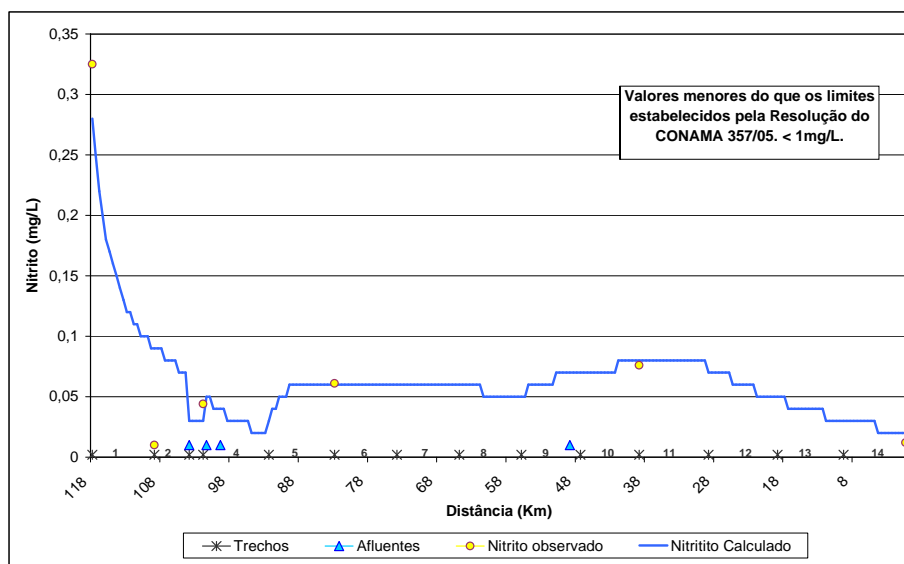


Figura 5.9 - Concentrações de nitrito para vazão baixa

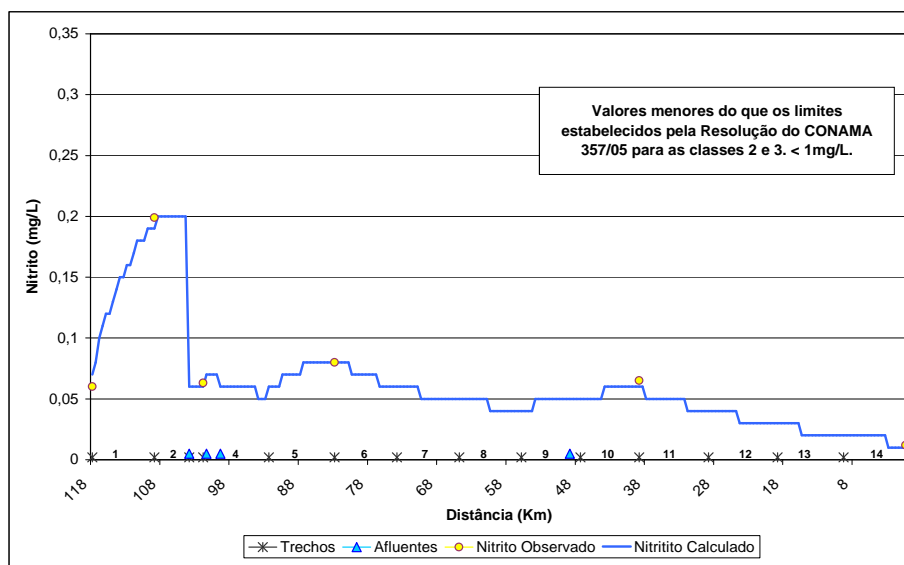


Figura 5.10 - Concentrações de nitrito para vazão alta

5.2.6 Nitrito

As Figuras 5.11 e 5.12 mostram a resposta do modelo para a calibração das concentrações de nitrito.

As concentrações de nitrito, nas duas condições de vazão, foram inferiores ao limite máximo de 10 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, para as águas das Classes 1, 2 e 3. A maior concentração de nitrito encontra-se

nos dois primeiros trechos, caracterizando uma poluição mais antiga do esgoto ali lançado.

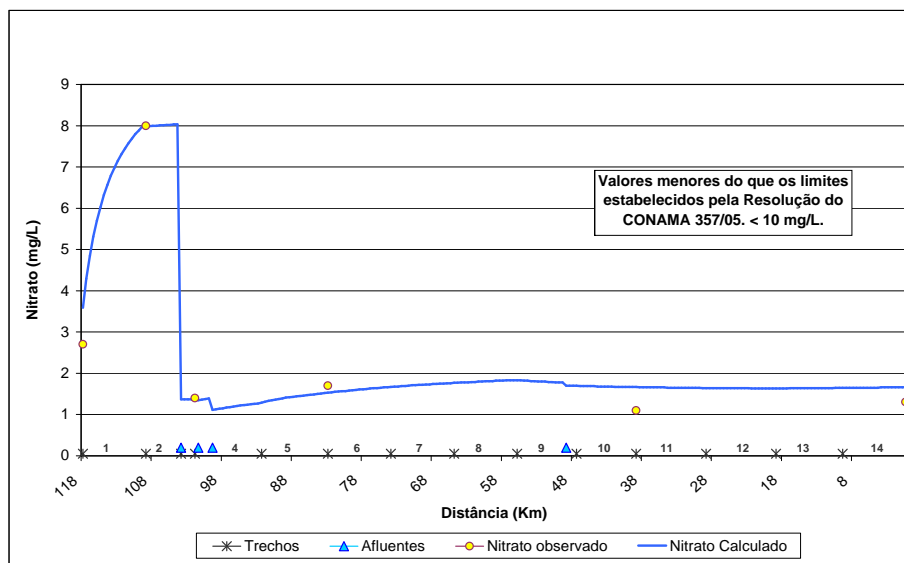


Figura 5.11 - Calibração de nitrato para vazão baixa

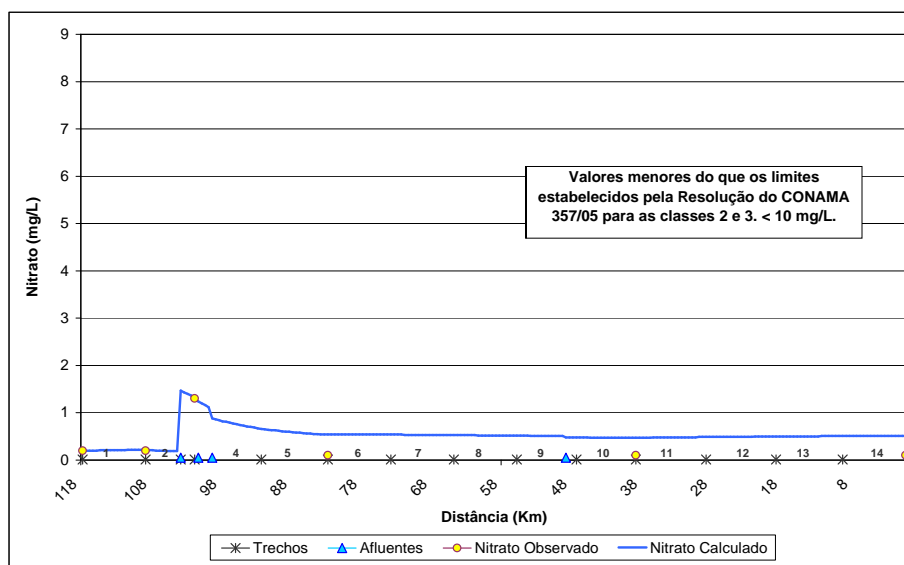


Figura 5.12 - Calibração de nitrato para vazão alta

O coeficiente de determinação para a condição de vazão baixa foi de 0,97, indicando uma boa concordância entre os valores observados e calculados. Para a vazão alta o coeficiente de determinação foi de 0,70. Esse baixo índice de compatibilidade pode ser justificado pelos valores muito baixos de nitrato, permitindo que as pequenas diferenças pareçam significativas.

5.2.7 Fósforo

Para o levantamento das cargas poluidoras de fósforo foi considerada a ocupação do solo. As principais fontes poluidoras de acordo com a ocupação do solo da bacia são: drenagem pluvial urbana e rural e esgotos domésticos. As Figuras 5.13 e 5.14 apresentam os gráficos das concentrações de fósforo dissolvido.

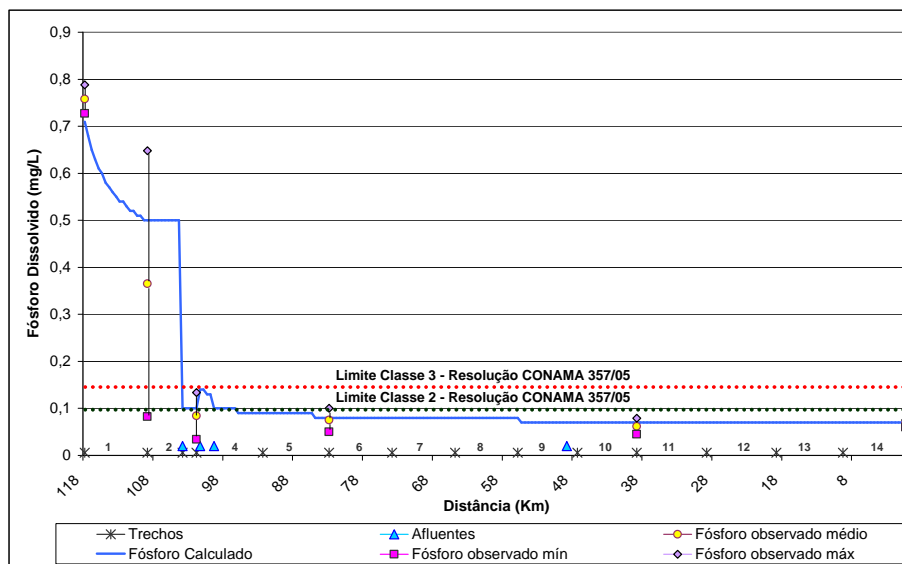


Figura 5.13 - Concentrações de fósforo dissolvido para vazão baixa

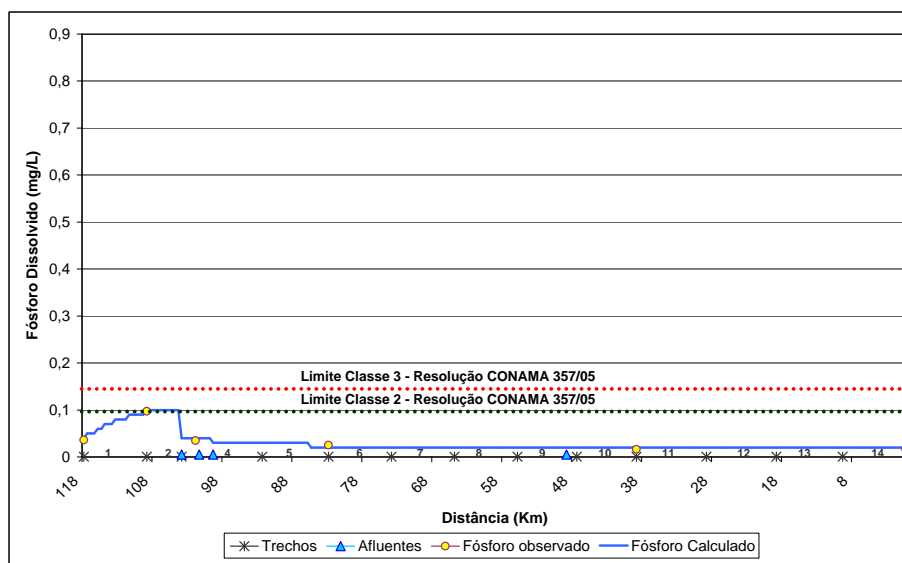


Figura 5.14 - Concentrações de fósforo dissolvido para vazão alta

O coeficiente de determinação para condição de vazão baixa foi de 0,95 e para vazão alta foi de 0,98, respectivamente. Esses valores determinam uma analogia entre os valores observados e calculados pelo modelo.

De acordo com os resultados, pode-se salientar a significativa concentração de material orgânico nos primeiros trechos do rio. O pico da concentração de fósforo dissolvido para a condição de vazão baixa foi de 0,71 mg/L, enquanto que para a vazão alta foi de 0,1 mg/L. Isso indica que no período de vazão baixa é pequena a diluição da matéria orgânica, relativa ao esgoto doméstico, é um dos agravantes do aumento de concentração de nutrientes nos trechos onde há concentração urbana.

5.3 Validação

Validação é a verificação do modelo já calibrado, utilizando uma série de dados de campo diferente daquela utilizada na calibração. A calibração do modelo é adequada quando os valores observados forem semelhantes no decorrer da série.

A validação da calibração foi realizada utilizando os dados da campanha preliminar realizada em junho de 2005. Essa campanha foi feita juntamente com a escolha dos pontos, objetivando a análise inicial das condições do rio.

Os constituintes analisados para essa campanha foram: OD, DBO e coliformes termotolerantes. A validação foi feita para os 3 constituintes. A Figura 5.15 mostra a validação para OD.

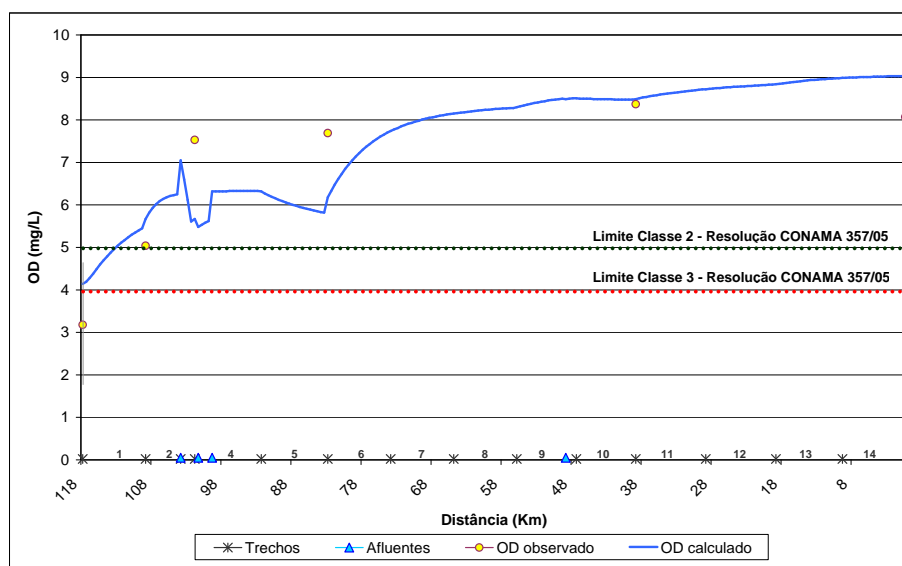


Figura 5.15 - Validação de OD

A validação do modelo para OD foi satisfatória. Para a DBO, a validação apresentou resultados satisfatórios, mostrada na Figura 5.16.

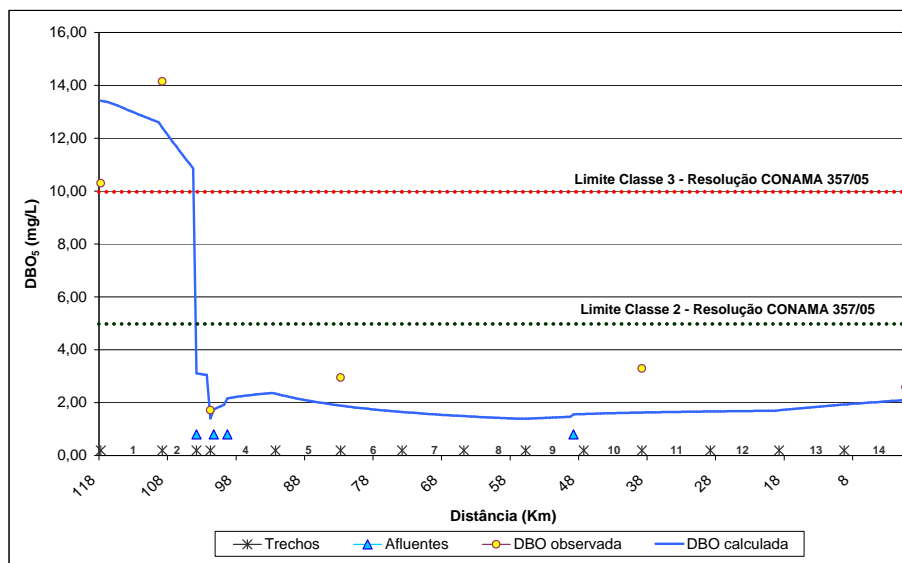


Figura 5.16 - Validação da DBO

E finalmente, a validação dos coliformes termotolerantes apresenta a coerência entre os valores observados e calculados, sendo mostrada na Figura 5.17.

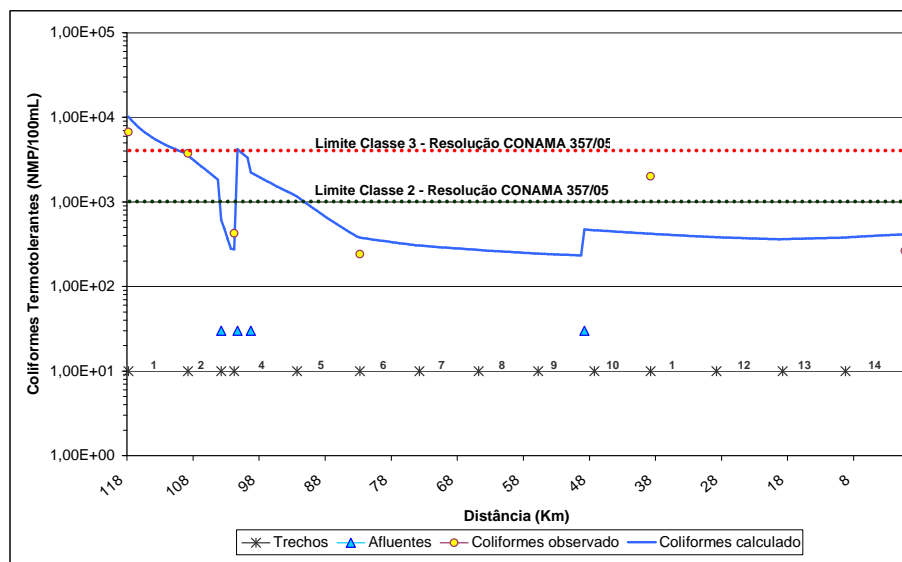


Figura 5.17 - Validação de coliformes termotolerantes

5.4 Simulação de Cenários

Os cenários para simulação são as vazões de permanência Q_{80} , Q_{90} e Q_{95} , obtidas do trabalho de Paiva R. et al. (2006), que considerou as vazões naturais do

rio (sem demanda de irrigação) e as vazões do corpo d'água considerando a demanda de água para a irrigação. Paiva R. et al. (2006) determinou as vazões naturais somando as vazões obtidas no monitoramento com as demandas de irrigação, obtidas por Paiva J. et al. (2006) do cadastro de usuários.

As Figuras 5.18 e 5.19 mostram as vazões de permanência nas condições naturais (sem irrigação) e nas condições com demanda de água para irrigação, respectivamente.

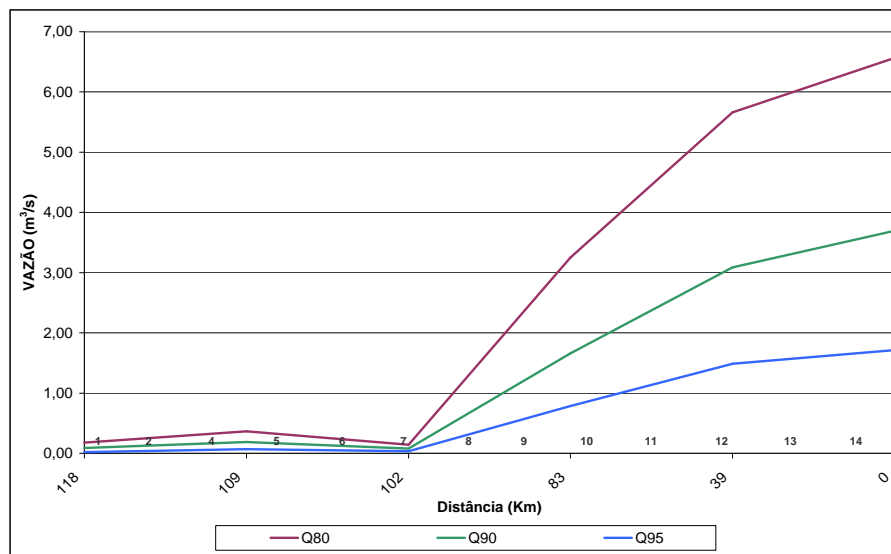


Figura 5.18 - Vazões de permanência naturais. Fonte: Paiva R. et al. (2006)

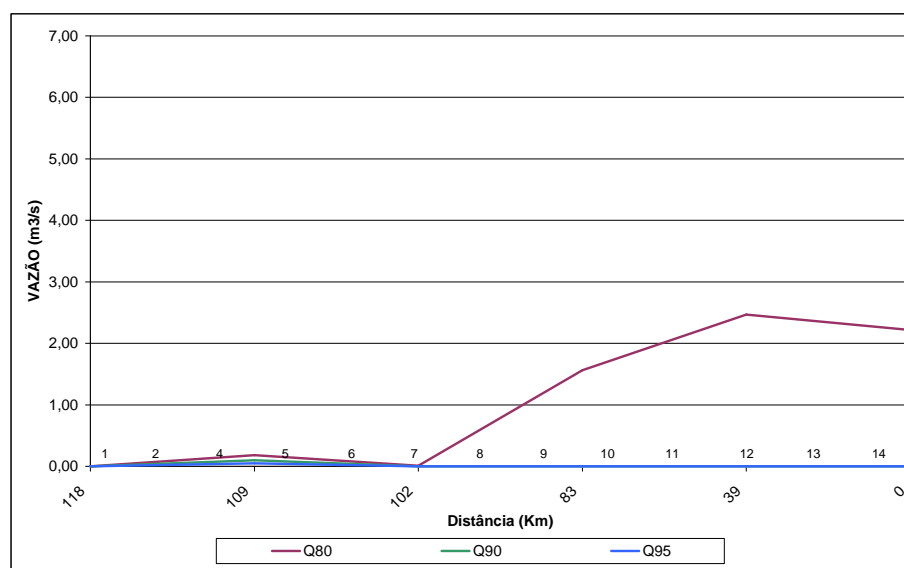


Figura 5.19 - Vazões de permanência com demanda de água para irrigação. Fonte: Paiva R. et al. (2006)

No período de vazões baixas, que correspondem ao período de irrigação, as vazões mostradas na figura 5.19 foram constatadas nas campanhas de amostragem de qualidade da água. A campanha que seria realizada no início de janeiro de 2006 teve de ser adiada para fim desse mesmo mês, pois a vazão no rio era nula. A espera por uma chuva significativa, que pudesse aumentar a vazão do rio, permitindo sua avaliação, foi a opção encontrada para essa campanha. Para ser possível as simulações do modelo foi necessária a utilização de uma vazão mínima. A seguir são apresentadas as respostas das simulações para os parâmetros: OD, DBO, coliformes termotolerantes, nitrito, nitrato e fósforo dissolvido.

5.4.1 Oxigênio dissolvido (OD)

Nas simulações de OD, verificaram-se uma relação regular entre as vazões Q_{90} , Q_{95} e Q_{80} . As Figuras 5.20 e 5.21 apresentam, respectivamente, as simulações de OD para os cenários de vazões naturais e de vazões considerando demanda para irrigação.

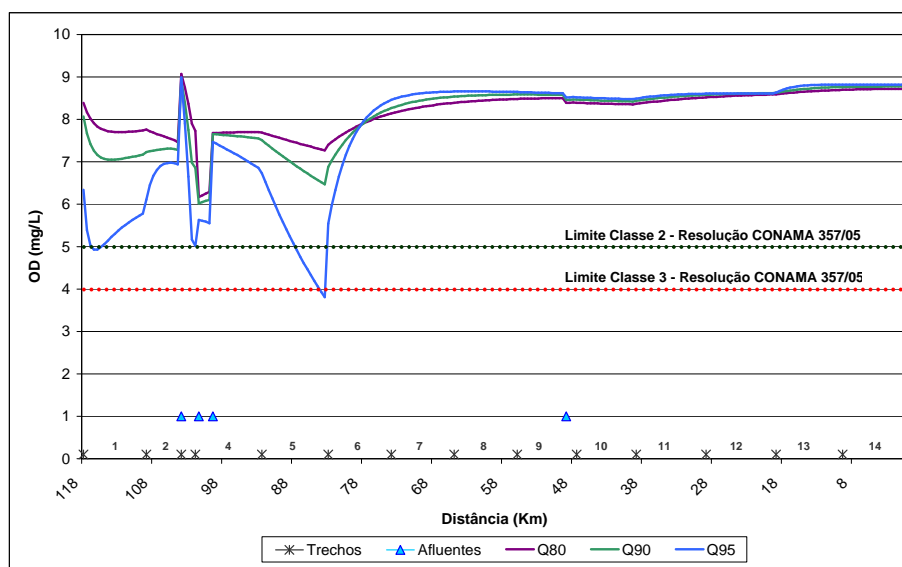


Figura 5.20 - Simulação do OD para vazões naturais

Observa-se que na simulação para os cenários de vazões naturais, Figura 5.20, o OD possui valores superiores aos valores mínimos estabelecidos pela Resolução n° 357/05 do CONAMA para as classes 2 e 3, na maior parte dos trechos. Somente na vazão Q_{95} , os valores no trecho 6 ultrapassam os limites das classes.

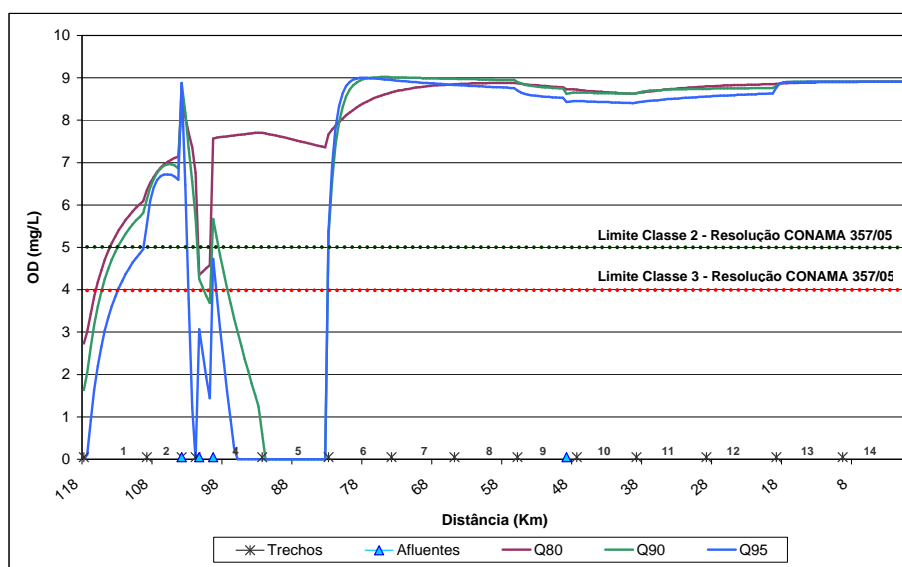


Figura 5.21 - Simulação de OD para vazões com demanda para irrigação

Nas simulações dos cenários de vazões considerando demanda de água para irrigação, Figura 5.21, ocorreu ausência de OD entre os trechos 4 e 5 nas vazões Q_{90} , Q_{95} . O decaimento das concentrações de OD nos trechos 4 e 5 é devido a carga orgânica lançada no Vacacaí Mirim e contribuição do Córrego da UFSM, aliada a baixa condição de aeração no trecho, devida a reduzida velocidade e elevada profundidade. No trecho 6, as condições hidráulicas favorecem a reaeração, resultando em aumento do coeficiente de reaeração, e portanto, da concentração de OD. Esta elevação chega a ser mais acentuada na vazão Q_{95} devido a baixa profundidade da lâmina d'água, neste caso. Porém, a vazão Q_{80} , para todos os trechos, possui as melhores condições de OD. Essa vazão somente ultrapassa o limite da classe 2, no trecho 4 da Figura 5.21, onde há a presença significativa de matéria orgânica devido ao despejo de esgoto doméstico e baixa vazão, pois considera a demanda de irrigação.

5.4.2 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

As Figuras 5.22 e 5.23 mostram as respostas, fornecidas pelo modelo, para a simulação da DBO de acordo com os cenários de vazões naturais e vazões com influência da demanda de água para irrigação.

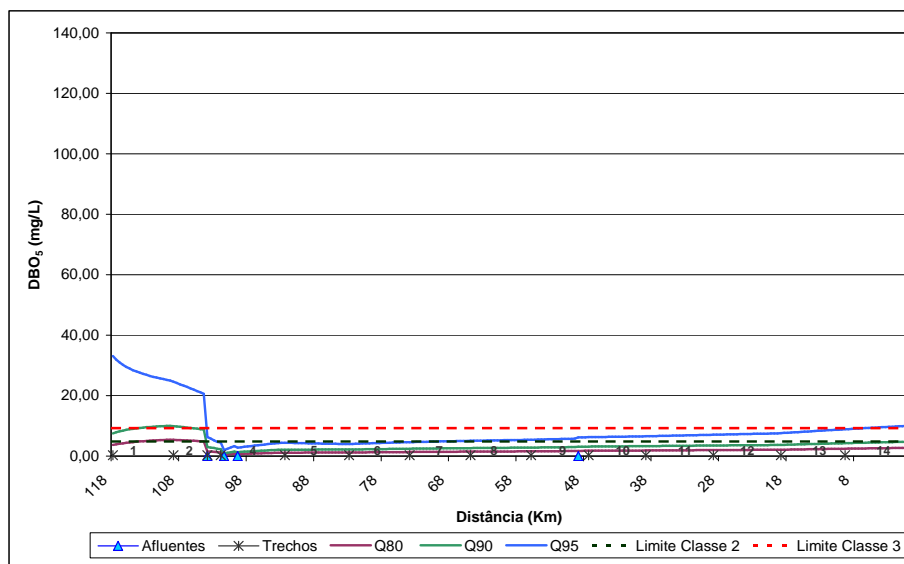


Figura 5.22 - Simulação da DBO para os cenários de vazões naturais

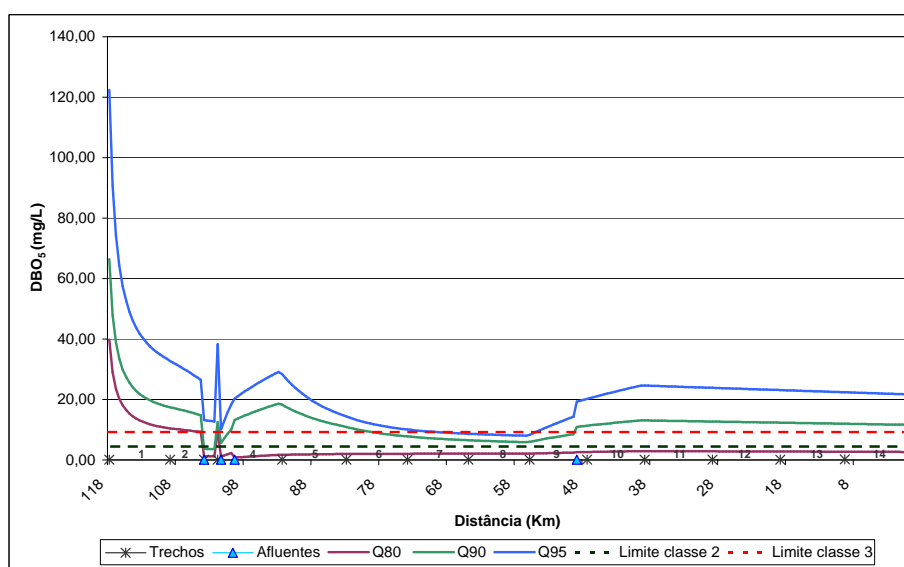


Figura 5.23 - Simulação da DBO para os cenários de vazões com demanda para irrigação

As simulações feitas para DBO identificaram uma grande concentração de material orgânico no início dos trechos, devido à concentração urbana nessa região e também por ser a saída do reservatório do Vacacaí Mirim, que muitas vezes possui vazão efluente muito baixa. Entretanto, em direção a jusante, os valores de DBO decaem, ultrapassando os limites estabelecidos para as classes 2 e 3 da Resolução nº 357/05 do CONAMA, considerando a demanda da irrigação para as vazões Q_{90} e Q_{95} .

Pode-se observar, na Figura 5.22, que os valores de DBO ultrapassam o limite da classe 2 para todas as vazões. Entretanto, o limite da classe 3 somente é ultrapassado pela vazão Q_{95} .

Os cenários de vazões com demanda para irrigação apresentam piores condições de concentração de DBO do que os cenários de vazões naturais. Destaque para vazão Q_{90} e Q_{95} que ultrapassam os limites da classe 2 e 3 na maior parte dos trechos.

Nos primeiros trechos, há uma maior demanda bioquímica de oxigênio para os dois grupos de vazões do que ao longo do rio. Os cenários de vazões com demanda de água para irrigação confirmam os problemas relativos à estiagem e excessiva demanda de irrigação, que pela diminuição da vazão dificulta a diluição da matéria orgânica, aumentando os níveis de concentração nesse período.

5.4.3 Coliformes termotolerantes

A concentração de coliformes termotolerantes, nas simulações dos cenários de vazões naturais e vazões com demanda de água para irrigação, são mais elevadas nos primeiros trechos. As Figuras 5.24 e 5.25 apresentam os gráficos para os respectivos cenários.

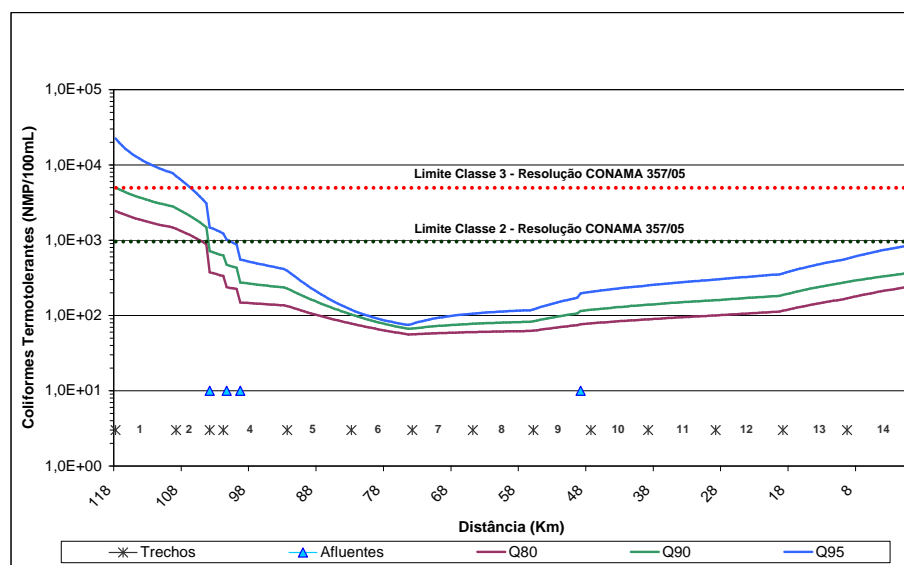


Figura 5.24 - Simulação de coliformes termotolerantes para os cenários de vazões naturais

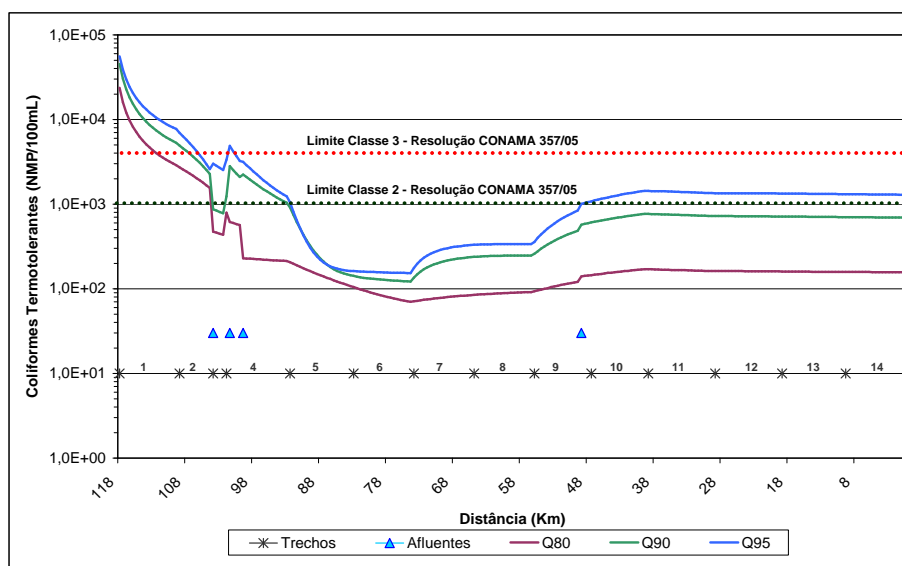


Figura 5.25 - Simulação de coliformes termotolerantes para os cenários de vazões com demanda para irrigação

O maior pico dos valores de coliformes termotolerantes é identificado no cenário de vazões com demanda para irrigação para as três vazões de permanência. A grande disparidade dos valores calculados com relação ao todo está no primeiro trecho, onde se encontra a área urbana e com isso ocorre o despejo de esgoto doméstico no rio.

A variabilidade dos valores para os cenários de vazões naturais é de 56 a 2450 NMP/100mL para Q_{80} , de 66 a 5030 NMP/100mL para Q_{90} e de 75 a 22500 NMP/100mL para Q_{95} . Dessa forma os picos ultrapassam os limites da classe 2, 1000 NMP/100mL e da classe 3, 4000 NMP/100mL, para Q_{90} e Q_{95} . Para os cenários de vazões com demanda de água para irrigação, o pico dos valores, entre as vazões simuladas, é de 55600 NMP/100mL, ultrapassando em mais de cinquenta e cinco vezes a classe 2 e quase quatorze vezes a classe 3.

5.4.4 Nitrito

As Figuras 5.24 e 5.25 demonstram os valores calculados para nitrito nas simulações dos cenários.

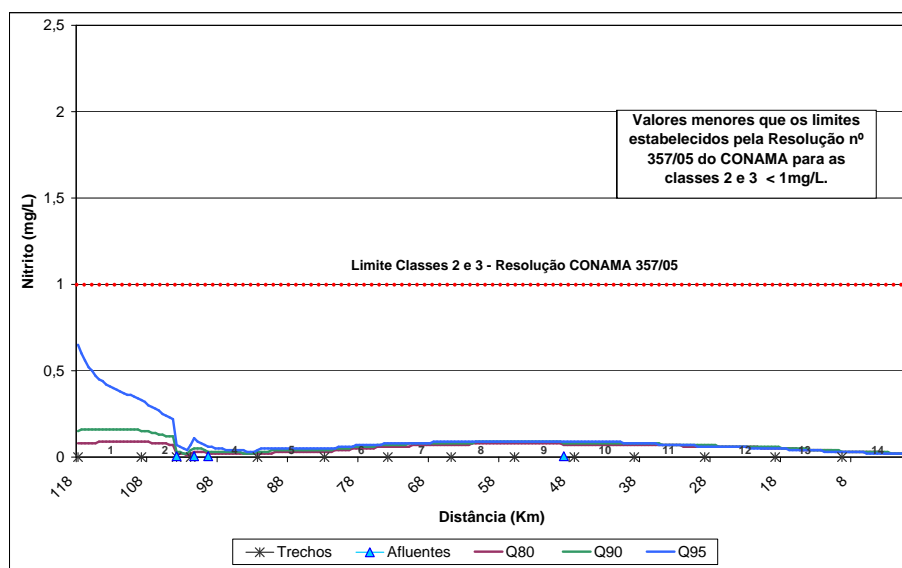


Figura 5.26 - Simulação de nitrito para os cenários de vazões naturais

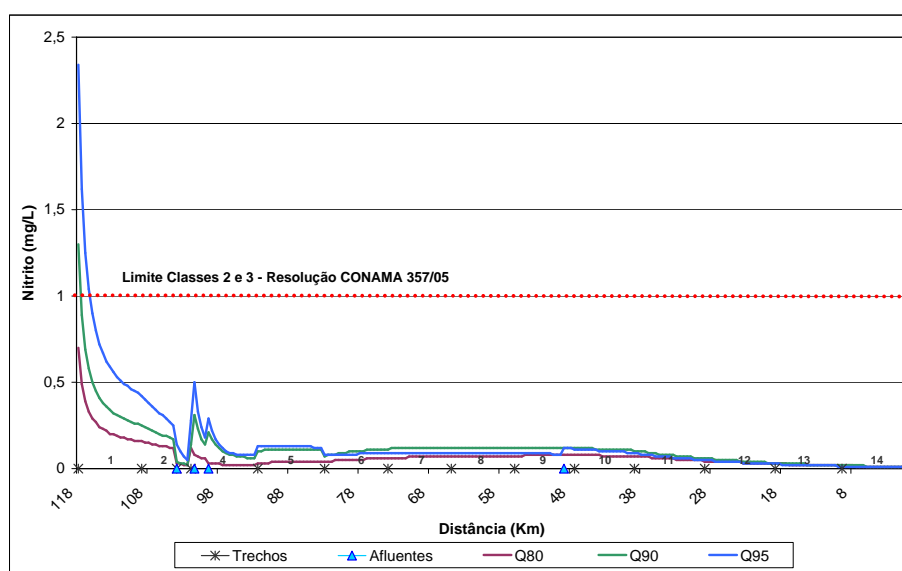


Figura 5.27 - Simulação de nitrito para os cenários de vazões com demanda para irrigação

Os valores das concentrações de nitrito, para as simulações, ficaram abaixo da concentração estabelecida pela Resolução 357/05 do CONAMA para as Classes 2 e 3 nos cenários de vazões naturais. Já para os cenários de vazões considerando demanda para irrigação os valores das concentrações, para Q_{90} e Q_{95} , ultrapassam o limite em alguns trechos.

5.4.5 Nitrato

As Figuras 5.26 e 5.27 apresentam os valores calculados pelo modelo para as concentrações de nitrato para os cenários propostos.

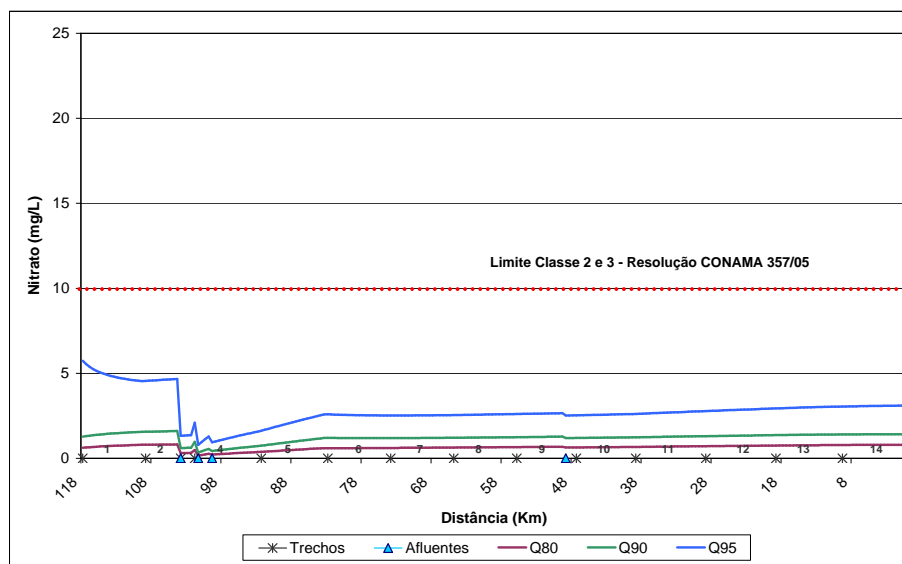


Figura 5.28 - Simulação de nitrato para os cenários de vazões naturais

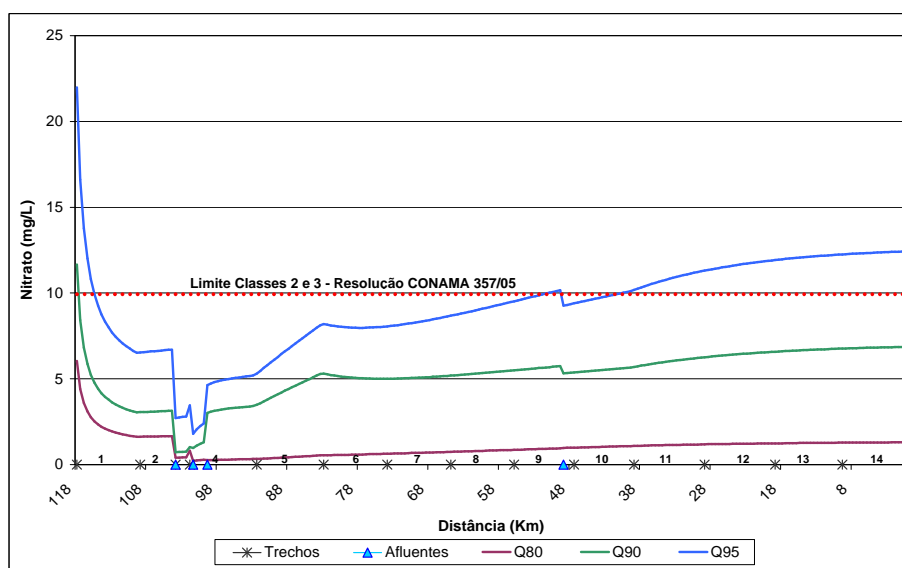


Figura 5.29 - Simulação de nitrato para os cenários de vazões com demanda para irrigação

Na simulação, a variabilidade das concentrações de nitrato foi de 0,21 mg/L a 21,98 mg/L para cenários de vazões considerando a demanda de água para irrigação e de 0,16 mg/L a 5,74 mg/L para vazões naturais. O pico das concentrações foi verificado no primeiro trecho e início do segundo, para vazões

naturais, onde as concentrações de esgoto doméstico estão presentes. Entretanto, os maiores valores das vazões com demanda para irrigação foram identificados nos últimos trechos do rio.

5.4.6 Fósforo dissolvido

As concentrações de fósforo dissolvido, calculadas pelo modelo, estão acima dos limites de 0,1 mg/L para classe 2 e 0,15 mg/L para classe 3, da Resolução nº 357/05 do CONAMA, em vários trechos. As Figuras 5.28 e 5.29 mostram as simulações para os cenários de vazões propostos.

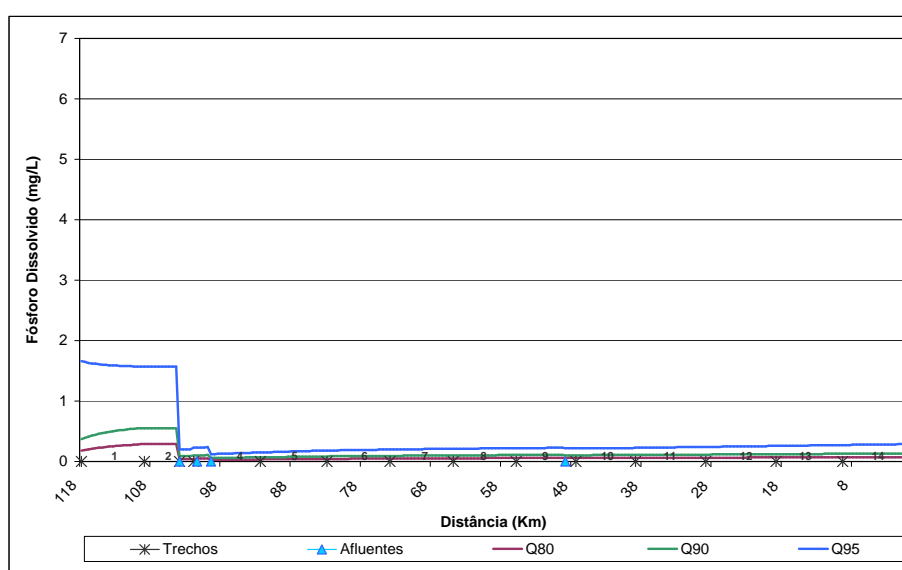


Figura 5.30 - Simulação de fósforo dissolvido para os cenários de vazões naturais

Os valores da simulação dos cenários de vazões naturais são menores do que os valores dos cenários de vazões considerando demanda para irrigação, devido a maior quantidade de água, conseqüentemente maior diluição dos nutrientes. O pico das concentrações de fósforo dissolvido para vazões naturais é de 1,66 mg/L enquanto que para vazões com irrigação é de 6,34 mg/L.

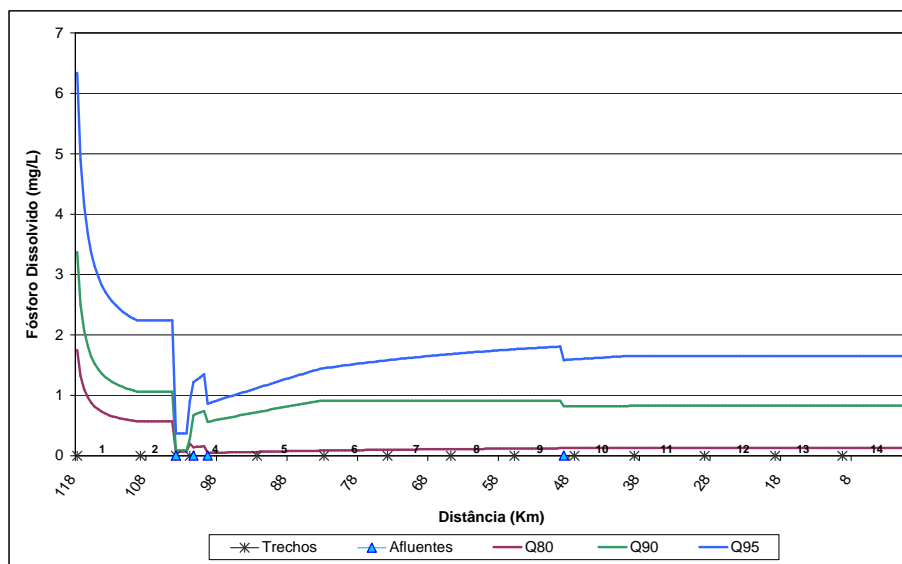


Figura 5.31 - Simulação de fósforo dissolvido para os cenários de vazões com demanda para irrigação

As vazões Q_{90} e Q_{95} apresentam maiores quantidades de nutrientes para os dois tipos de vazão. Para a vazão Q_{80} , as concentrações de fósforo dissolvido apenas excedem os limites nos primeiros trechos do rio, confirmando os despejos de esgoto doméstico nessa área.

5.5 Sugestões para enquadramento

O enquadramento é o instrumento integrador da qualidade e quantidade de água da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Esse instrumento é definido de acordo com os padrões ambientais, estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA.

A gestão é planejada com definições de metas de racionalização do uso, aumento de quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos. O estabelecimento de metas, através do enquadramento, objetiva garantir às águas qualidade conforme os usos mais exigentes e reduzir os custos de combate à poluição de acordo com ações estruturais ou não estruturais (Diniz, 2006).

A sugestão para enquadramento do Rio Vacacaí Mirim foi desenvolvida objetivando auxiliar o Comitê de gerenciamento da bacia dos Rios Vacacaí e Vacacaí Mirim no plano de ações estratégicas e na tomada de decisão para o enquadramento das águas dessa bacia.

Os usos preponderantes da bacia do Rio Vacacaí Mirim são: abastecimento público, agricultura de cultivo temporário ou permanente, pecuária e balneários. Ao longo da bacia foram identificadas fontes de poluição que degradam a qualidade da água e conseqüentemente os usos. As principais fontes de poluição encontradas na bacia são provenientes de esgoto doméstico e da poluição difusa advinda da drenagem rural.

A falta de mata ciliar nas encostas facilita a passagem da água de drenagem para o rio. Dessa forma, na área rural, os produtos utilizados nas lavouras (fertilizantes e agrotóxicos) são carregados nas precipitações, tendo caminho mais acessível ao rio.

Gastaldini et al (2006) avaliaram a presença de pesticidas na água da bacia do Rio Vacacaí Mirim. Foram quantificados os princípios-ativos dos pesticidas utilizados na lavoura de fumo e na lavoura de arroz, principal cultivo da região. As análises foram feitas para os seguintes produtos na lavoura de arroz:

Princípios-ativos para herbicidas – Imazetapir, Quinclorac, Clomazone, Atrazina e Simazina;

Princípios-ativos para inseticidas – Carbofuran.

Para a lavoura de fumo:

Princípios-ativos para herbicidas – Clomazone, Atrazina e Simazina;

Princípios-ativos para fungicidas – Imidacloprid e Iprodione;

Princípios-ativos para regulador de crescimento – Flumetralin.

Foram realizadas quatro campanhas de monitoramento em seis pontos, sendo a primeira realizada em outubro/2005 e as outras três realizadas nos dias 21 e 28 de dezembro/2005 e 31 janeiro/2006, essas três coincidindo com o período de irrigação e maior atividade de aplicação de pesticidas.

Os pontos escolhidos para análise para a lavoura de arroz foram os pontos de qualidade PQ8, PQ10, PQ11 e PQ12; e para lavoura de fumo foi o PQ5. Dos princípios-ativos analisados, a Resolução CONAMA 357/05 fixa limites apenas para Atrazina e Simazina, cujo padrão para as classes 2 e 3 é de 2 µg/L, respectivamente.

Na campanha de outubro, período de cheia, as concentrações em todos os pontos monitorados apresentaram valores inferiores ao limite de detecção para todos os princípios ativos analisados. Os princípios-ativos Imazetapir, Quinclorac e

Clomazone foram encontrados nos pontos PQ10, PQ11 e PQ12 nas campanhas dos dias 21 e 28 dezembro/2005 com concentrações máximas de 0,86, 0,53 e 0,95 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Clomazone também foi encontrado na campanha do dia 31 janeiro/2006 no ponto PQ5 em concentração de 0,45 $\mu\text{g/L}$. As concentrações dos demais princípios-ativos foram inferiores aos limites de detecção. Portanto, com relação aos herbicidas, fungicidas, inseticidas e regulador de crescimento, a bacia do Rio Vacacaí Mirim possui concentrações inferiores aos limites estabelecidos.

As análises das condições atuais da bacia do Rio Vacacaí Mirim, mostram que as concentrações de metais nessa bacia não são significativas, pois apresentam valores inferiores aos limites 2 e 3 da Resolução CONAMA 357/05. Apenas as concentrações de ferro e alumínio na água, na maioria dos pontos apresenta valores elevados, que ultrapassam os limites estabelecidos para classe 2, 0,3 e 0,1 mg/L , respectivamente para ferro e alumínio e classe 3 para o alumínio, 0,2 mg/L . Essas elevadas concentrações são devidas às características geológicas e pedológicas da região (GASTALDINI et al., 2006).

Os pontos PQ3, PQ4 e PQ7 podem ser classificados na classe 4, sendo os parâmetros OD, DBO e coliformes termotolerantes mais elevados, levando a essa classificação. Os demais pontos da bacia podem ser considerados na classe 2 nas condições atuais. A Figura 5.32 mostra o mapa das atuais condições do Rio Vacacaí Mirim.

Nas simulações feitas, o maior problema qualitativo do Rio Vacacaí Mirim é o despejo de esgoto doméstico nos três primeiros trechos após o reservatório. Esse trecho recebe esgoto doméstico da região ribeirinha, considerada fonte difusa, e uma carga considerada pontual de esgoto através do córrego que atravessa o Campus da UFSM.

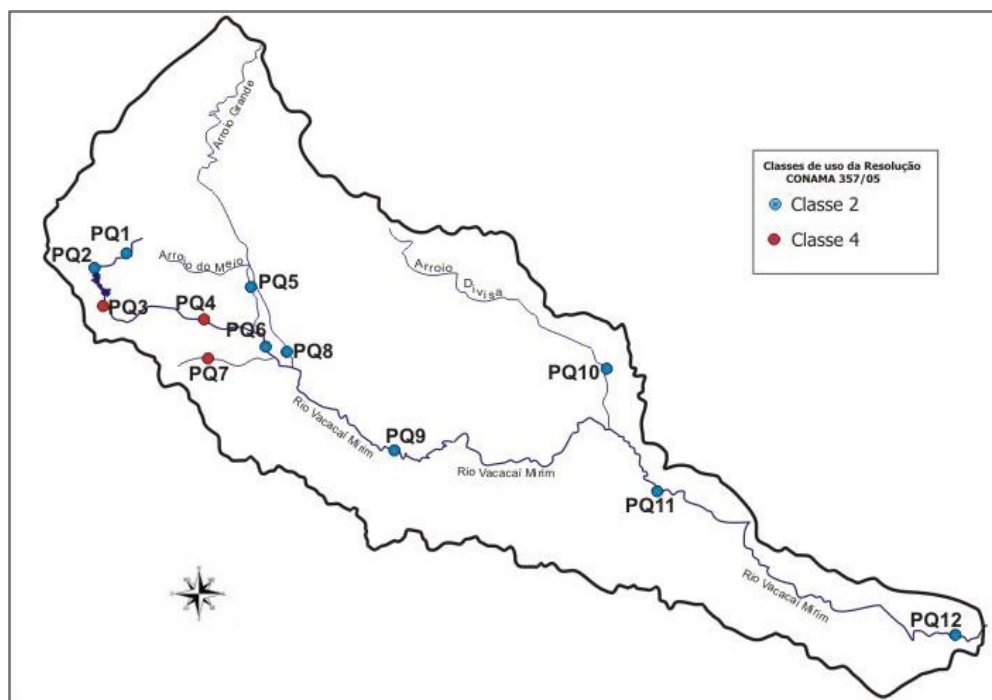


Figura 5.32 - Condições atuais do Rio Vacacaí Mirim

Silveira et al. (2003) realizaram trabalho de análise das cargas poluidoras na bacia onde está localizado o Campus da UFSM. A região do Campus da UFSM localiza-se na porção intermediária de pequena bacia hidrográfica que determina uma das nascentes do Rio Vacacaí Mirim. Essa bacia está sofrendo significativas alterações devido ao processo de urbanização e do uso do solo para agricultura. O Campus ocupa 65% da área, porém a porção da região que possui intenso processo de urbanização está concentrada à montante.

Para toda essa área urbanizada inexistente sistema de esgotos cloacais, o que impacta sobremaneira a bacia. A área do Campus também contribui com aspectos para a degradação da qualidade dos recursos hídricos, mas em menor proporção, visto que ainda alguns prédios possuem sistemas de esgotos subdimensionados, herdados de passivo ambiental mais antigo. Aparentemente a responsabilidade pela poluição é atribuída à Universidade. Porém, como evidenciado anteriormente, a falta de coleta e tratamento de esgoto da região à montante, fortemente urbanizada, é a grande causa da degradação na bacia.

Essa bacia tem como eixo principal o córrego da UFSM, monitorado e correspondente ao ponto PQ7 da presente pesquisa. Considerado, pelas análises

dos resultados, como um dos principais pontos de poluição nos primeiros trechos caracterizados na modelagem.

Para esses trechos, uma das sugestões seria enquadrá-los na classe 3, objetivando ações estruturais, como a construção de rede coletora e estação de tratamento de esgoto ou a ampliação da rede da estação existente.

As águas dos rios enquadradas na classe 3 podem ser designadas ao abastecimento público (após tratamento convencional ou avançado), à irrigação de cereais e árvores, à pesca não profissional, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

Para o restante do rio a qualidade é satisfatória, nas condições de monitoramento, podendo ser enquadrado na classe 2. Nesse trecho o grande problema é quantitativo, observados nas campanhas de monitoramento, principalmente no período da irrigação. Os rios enquadrados na classe 2, podem ter suas águas utilizadas para abastecimento público (após tratamento convencional), recreação de contato primário (natação), irrigação de hortaliças e plantas frutífera, e criação de peixes. A Figura 5.33 apresenta o mapa dessa 1ª sugestão.

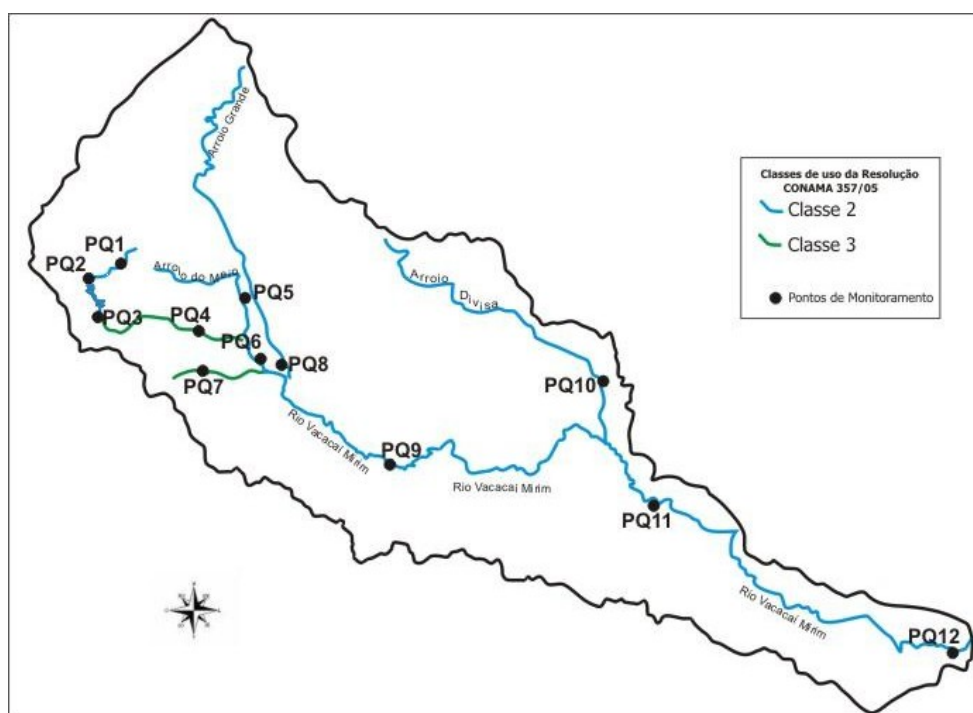


Figura 5.33 - 1ª Sugestão de enquadramento para os trechos da bacia.

Outra sugestão de enquadramento é considerar classe 2 para todo o rio, melhorando ainda mais, à médio e longo prazo, a qualidade da água nos primeiros

trechos após o reservatório do Rio Vacacaí Mirim. A Figura 5.34 apresenta o mapa da bacia do Rio Vacacaí Mirim com a sugestão de enquadramento para os trechos, baseado nas simulações de cenários feitas.

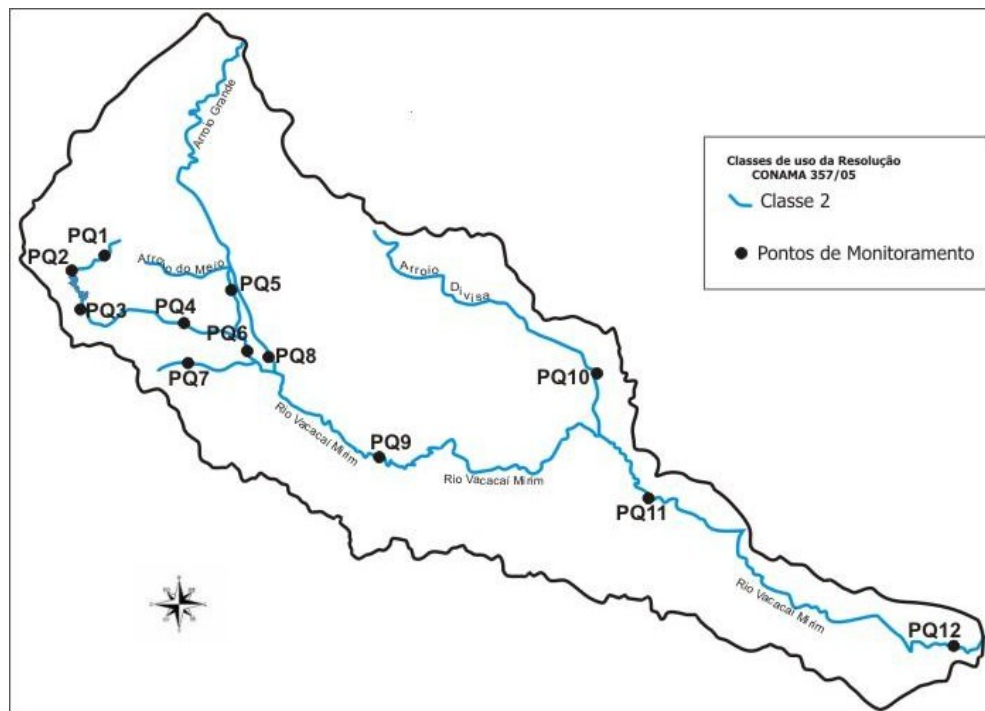


Figura 5.34 - 2ª Sugestão de enquadramento para os trechos da bacia.

Os processos para a realização do enquadramento, definido pelo Comitê de gerenciamento, são muitos, abrangendo desde estudos técnicos, realizados pelos profissionais dos órgãos públicos, até a participação social. Porém, o auxílio vindo das instituições de ensino é de grande valia para o processo de gestão, possibilitando apresentar ferramentas de apoio para as decisões do Comitê.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 Conclusões

A degradação da qualidade dos corpos d'água do Rio Vacacaí Mirim é resultado das ações antrópicas ao longo de toda a área da bacia. A presença da urbanização e da atividade agrícola nessa área tem como consequência a poluição (pontual e difusa) e a demanda elevada de água, ambas comprometendo a qualidade dos recursos hídricos.

Os dados coletados de qualidade da água desse rio foram utilizados no modelo QUAL2E, objetivando a calibração do modelo e a simulação de cenários. O modelo QUAL2E é uma ferramenta eficaz para subsidiar sugestões de enquadramento para a bacia em estudo.

O modelo foi calibrado para duas condições de vazão, alta e baixa, permitindo um melhor ajuste das curvas respostas e principalmente consentindo futuras aplicações do modelo. A calibração apresentou resultados satisfatórios, devido a coerência entre os dados calculados e os dados observados, confirmados pelos coeficientes de determinação obtidos para cada parâmetro nas duas condições de vazão.

Na calibração, foram verificadas as boas condições do rio, exceto para os dois primeiros trechos, onde ocorre despejo de esgoto doméstico. Apesar desse trecho inicial ser de qualidade inferior, os valores dos constituintes no restante do rio estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para a classe 2. As contribuições dos afluentes favorecem significativamente para a degradação da qualidade da água ao longo do rio. As concentrações dos constituintes analisados são visivelmente maiores nas vazões baixas, devido a menor diluição dos constituintes.

A validação dos parâmetros calibrados foi feita através de um outro conjunto de dados (campanha preliminar de qualidade), destacando coerência entre os valores calculados pelo modelo e os valores observados em campo.

Para os cenários, foram utilizadas as vazões Q_{80} , Q_{90} e Q_{95} , nas condições naturais e nas condições com demanda de água para irrigação, que coincide com o período de estiagem na região, possibilitando verificar as condições do rio nas duas condições mais significativas para a bacia.

O prognóstico feito para os cenários de vazão nas condições naturais indica que os valores das concentrações de DBO ultrapassam as classes 2 e 3 da Resolução nº 357/05 do CONAMA, nos primeiros trechos. Apenas a vazão Q_{95} excede o limite da classe 2 nos trechos finais. Nos primeiros trechos, as cargas de todos os constituintes são elevadas, devido à significativa quantidade de matéria orgânica advinda do lançamento de esgoto doméstico naquela área. Porém, à jusante, os valores dessas concentrações tendem a diminuir.

Nos cenários de vazão, considerando a demanda de água para irrigação, sendo menor a vazão remanescente no rio, as concentrações dos constituintes são maiores, evidenciando um agravamento da qualidade da água. Nessa condição, a vazão Q_{80} , maior vazão entre as três, excede em muitos trechos os limites estabelecidos para as classes 2 e 3. Porém, igualmente como ocorre nas condições naturais, as maiores concentrações estão nos primeiros trechos.

A partir dos resultados obtidos na calibração e nas simulações de cenários, pode-se, então, fazer as sugestões para o enquadramento. Essas sugestões são baseadas nos usos da bacia do Rio Vacacaí Mirim, que são: abastecimento público, agricultura de cultivo temporário ou permanente, pecuária e balneários. O rio necessita de ações para a melhoria da qualidade da água. A sugestão para enquadramento, proposta nesse trabalho, é classe 3 nos três primeiros trechos do rio e o restante dos trechos, classe 2. Outra alternativa é classe 2 para todo o rio, melhorando ainda mais as condições do trecho inicial.

As sugestões de enquadramento, fornecidas por esse trabalho, podem auxiliar o comitê de gerenciamento nas futuras tomadas de decisão, demonstrando que os modelos de qualidade da água podem ser ferramentas úteis na gestão dos recursos hídricos. Entretanto, para a eficiência maior desses modelos, é necessária quantidade suficiente de estações de monitoramento de qualidade da água e estações fluviométricas, visando solucionar os problemas dos conflitos quali-quantitativos da região.

Outra consideração importante, é reforçar que as pesquisas científicas realizadas visando auxiliar a proteção dos corpos d'água, e as políticas de recursos hídricos, isoladamente, não resolvem as questões da degradação da qualidade das águas. Esses mecanismos poderão ser efetivados caso combinados à educação da população, ao planejamento de ações e principalmente à aplicabilidade das leis.

6.2 Sugestões

Tendo em vista que o período crítico da bacia ocorre nos meses de dezembro e janeiro, devido a demanda de água para irrigação e a estiagem, é recomendável a realização de campanhas de monitoramento quali-quantitativo na bacia do Rio Vacacaí Mirim nesse período.

Recomenda-se pesquisas que ofereçam novas metodologias para a avaliação das cargas difusas, já que o modelo QUAL2E não calcula essas cargas.

É recomendável ao Conselho de Recursos Hídricos do Estado, bem como ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, propor ações preventivas para a melhoria das condições sanitárias da bacia. Sugere-se o tratamento adequado dos esgotos domésticos dos municípios da bacia, bem como, a adoção de novas tecnologias de irrigação na cultura do arroz, técnicas com eficiência e resultados comprovados de redução da demanda de água para as lavouras.

Como recomendação final, aconselha-se pesquisas que enfoquem a saúde pública, uma vez que neste estudo verificou-se altas concentrações de coliformes termotolerantes em regiões ribeirinhas onde as pessoas, principalmente crianças, tem acesso livre. Sabe-se que altas concentrações de coliformes termotolerantes presentes na água indicam a maior probabilidade de doenças serem transmitidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Evolução da organização e Implementação da gestão de bacias no Brasil. **Publicações ANA**, 2002. CD-ROM.

APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20a ed., **Public Health Association Inc.**, New York, 1998.

ARAÚJO, S.C.S. **Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

AZZELINO, A.; BONOMO, L.; CALDERARA, E.; DE FINA, A.; SALVETTI, R.; VISMARA, R. **Combined use of the EPA-QUAL2E simulation model and factor analysis to assess the source apportionment of point and non point loads to surface waters**. Diffuse Pollution Conference Dublin, 2003. Disponível em: < http://www.ucd.ie/dipcon/docs/theme09/theme09_01.PDF>. Acesso em 25 nov. 2006.

BARBOSA, D. L. **Vazão ecológica – Metodologias aplicadas e estudo de caso**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa: ABRH, 2005. **Anais...**João Pessoa: ABRH, 2005. CD-ROM.

BARNWELL, T. O.; BROWN, L. C. **The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and user manual**. 189f. 1986.

BÄUMLE, A. M. B. **Avaliação de benefícios econômicos da despoluição hídrica: efeitos de erros de calibração de modelos de qualidade da água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BENETTI, A. D.; LANNA A. E.; COBALCHINI M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.2, p. 149-160, 2003.

BITTENCOURT, A.G.; PEREIRA, C.A.A.O.; TAKIISHI, M. et al. Desenvolvimento de modelo matemático de qualidade de água para a implantação da agência de bacia do rio das Velhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu, Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. CD-ROM.

BOCKELMANN, B. N.; FENRICH, E. K.; LIN, B.; FALCONER, R. A. Development of an ecohydraulics model for stream and river restoration. **Ecological Engineering** 22, p. 227-235, 2004.

BROWN, L.C. & BARNWELL, JUNIOR, T.O. **The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS**: US EPA: Athens, 1987, Versão 3.0. Sistema Operacional MS-DOS e manual do usuário. 1986.

CAVICHIOLO, G.; FERNANDES, C. V. S.; KNAPIK, H. G.; FRANÇA, M. S.; BRAGA, M. C. B.; PORTO, M. F. A. A importância da matriz de fontes de fofuição na implementação do enquadramento com metas progressivas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais...**João Pessoa: ABRH, 2005. CD-ROM.

CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. WCB – McGraw-Hill. Boston, 844p, 1997.

COLE, T.M. & BUCHAK, E.M. **CE-QUAL-W2**: a two-dimensional, laterally averaged, hydrodynamic and water quality model. User Manual. US Army 89 Corps of engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1995. Versão 2.0. Sistema Operacional MS-DOS. 1995.

COBALCHINI, M. S. Comunicação Pessoal em 15 jan. 2007.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 375, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2005.

CUNHA, L. V. Perspectivas da gestão da água para o século XXI: Desafios e oportunidades. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p. 65-73, 2002.

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI). **MIKE11**. Dynamic modeling of river, channel and reservoir hydraulics Disponível em: <<http://www.dhigroup.com/Software/WaterResources/MIKE11.aspx>>. Acesso em 03 dez. 2006.

DI TORO, D. M.; FITZPATRICK, J. J.; THOMANN, R.V. **Water quality analysis simulation program (WASP) and model verification program (MVP) documentation**. National environmental research center. 396f. [1970].

DINIZ, L. T.; YAZAKI, L. F. O.; MORAES, J. M.; PORTO, M. F. A. O enquadramento de cursos d'água na legislação brasileira. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. **Anais...**Curitiba: ABRH, 2006. CD-ROM.

DROLC, A.; KONCAN, J. Z. Water quality modeling of the river Sava, Slovenia. **Water Resource**, vol. 30. Nº 11, p. 2587-2592. 1996.

EQUIPE NELOGICA. **No mundo das médias móveis**. Nelogica.[2006]. Disponível em: <<http://www.nelogica.com.br/artigos/indicadores/mm.php>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

ENVIRONMENTAL LABORATORY. US Army Corps of Engineers (USACE) Waterways Experiment Station (WES) Environmental Laboratory. **CE-QUAL-RIV1**: a dynamic onedimensional (longitudinal) water quality model for streams. Vicksburg. MS, USA, 1990. Disponível em: <http://smig.usgs.gov/cgi-bin/SMIC/browse_models> Acesso em 02 jan. 2007.

GASTALDINI, M. C. C., BRITES, A. P. Z., SILVA, C. E. da, OPPA, L. F. Diagnóstico da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim In: XXX Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. Rescatando Antiguos Principios para los Nuevos Desafios del Milenio. **Anais...**Montevideo: AIDIS, 2006. v.1. p.1 - 12

GASTALDINI, M. C. C.; GIORGETTI, M. F. Utilização de modelo de qualidade da água na análise da autodepuração do Rio Jacaré-Guaçu. In: Simpósio luso-brasileiro sobre simulação e modelação em hidráulica, 1983, Blumenau. **Anais...**Blumenau: ABRH, p. 205-226, 1983.

GASTALDINI, M. C. C.; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Inter-relações entre dados de monitoramento de qualidade de água e hidrológico - Aplicação ao reservatório do Arroio Vacacaí-Mirim. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 6, n.1, p. 24-30, 2001.

GASTALDINI, M. C. C. ; PAZ, M. F. ; KRAEMER, M. C. N. ; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Aplicação de Modelo Matemático a Dados de Ciclos de Estratificação Térmica e de Qualidade da Água do Reservatório do Vacacaí-Mirim. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 27-35, 2004.

GASTALDINI, M. C. C.; SEFFRIN, G. F. F.; PAZ, M. P. Diagnóstico atual e previsão futura da qualidade das águas do Rio Ibicuí utilizando o modelo QUAL2E. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Vol. 8, nº 3 e 4, p. 33-42, 2002.

GHOSH, N. C.; MCBEAN, E. A. Water quality modeling of the Kali river, India. **Water, Air, and Soil Pollution** 102, p. 91-103, 1998.

GRAF, A. C. B. Água bem mais precioso do milênio o papel dos Estados. **Revista Centro de Estudos Jurídicos**. Brasília, nº 12, p. 30-39. 2000.

JEPSSON, U. **Modelling aspects of wastewater treatment processes**. Ph. D. dissertation, IEA, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden. 1996.

JOBSON, H. E. **DAFLOW**. Users manual for an open-channel streamflow model based on the diffusion analogy. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 89-4133, 73 p. 1989.

LARENTIS, D. G. **Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: sistema Taquari-Antas-RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LIMA, E. B. N. R. **Modelação Integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. 2001. 206f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LUCA, S. J.; SANTOS, Z. S.; FURTADO, R. D.; PEREIRA, D. Impacto nos recursos hídricos. PCHs da bacia hidrográfica do Rio Ijuí. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

MAGALHÃES, A. Variáveis e desafios do processo decisório no contexto dos Comitês de Bacia Hidrográfica no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, nº 8, 2001.

McAVOY, D. C.; MASSCHELEYN, P.; PENG, C.; MORRALL, S. W.; CASILLA, A. B.; LIM, J. M. U.; GREGORIO, E. G. Risk assessment approach for untreated wastewater the QUAL2E water quality model. **Chemosphere** 52, p. 55-66, 2003.

MILANEZI, G. M. R.; MENDONÇA, A. S. F.; TEIXEIRA, E. C. Automatização do processo de análise de concessão para lançamento e captações em cursos d'água utilizando modelo de simulação de qualidade de água. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa. 2001. CD-ROM.

MOISEENKO, T. I. Ecotoxicological Approach to Water Quality Assessment. **Water Resources**, Vol. 32, Nº. 2, p. 163–174, 2005.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v.36, nº3, p. 370-374, 2002.

MUNAFÒ, M.; CECCHI, G.; BAIOTTO, F.; MANCINI, L. River pollution from non-point sources: a new simplified method of assessment. **Journal of Environmental Management** 77, p. 93-98, 2005.

NING, S. K.; CHANG, N.; YANG, L.; CHEN, H. W.; HSU, H. Y. Assessing pollution prevention program by QUAL2E simulation analysis for the Kao-Ping River Basin, Taiwan. **Journal of Environmental Management** 61, p. 61-76, 2001.

PAIVA, J. B. D.; GARCIA, J. B.; BRITES, A. P. Z.; SCAPIN, J.; HAGEMANN, S. E.; BELING, F.; ABELIN, S.; CARMO, J. A. R. Demandas de água na bacia do Rio Vacacaí Mirim. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2006. CD-ROM.

PAIVA, R. C. D.; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Estimativas das vazões nas sub-bacias do Vacacaí Mirim através de modelo simplificado. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2006. CD-ROM.

PALIWAL, R.; SHARMA, P.; KANSAL, A. Water quality modelling of the river Yamuna (Índia) using QUAL2E-UNCAS. **Journal of Environmental Management**. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WJ7-4JXR9M-2&_user=687358&_coverDate=05%2F11%2F2006&_alid=524547108&_rdoc=2&_fmt=summary&_orig=search&_cdi=6871&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=ac505ede71f014300c17fb5853d34a39> Acesso em 05 out. 2006.

PALMIERI, V.; CARVALHO, R. J. QUAL2E model for the Corumbataí River. **Ecological Modelling** 98, p. 269-275, 2006.

PELISSARI, V. B.; SARMENTO, R. Vazão Ecológica para o Rio Santa Maria da Vitória, ES. In: **V Simpósio Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2003, Vitória. V Simpósio Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003.

PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, v.28, nº4, p. 605-609, 2005.

RAUCH, M. H.; KONCSONS, L.; REICHERT, P.; SHANAHAN, P.; SOMLYÓDY, L.; VANROLLEGHEM, P. **River water quality modeling: I state of the art**. In: IAWQ Biennial International Conference, Vancouver, British Columbia, Canada. 1998. Disponível em: < <http://www.hydroanalysisinc.com/RWQM-P1.pdf>>. Acesso em 04 dez. 2006.

REICHERT, P. **AQUASIM 2.0** – User manual. Computer program for identification and simulation of aquatic systems. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG). Switzerland. 1998.

RIBEIRO, C. H. A.; ARAÚJO, M. Mathematical modelling as a management tool for water quality control of the tropical Beberibe estuary, NE Brazil. **Hydrobiologia** 475/476, p. 229-237, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n. 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Agência Nacional das Águas (ANA)**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Institucional/ASPAR/legislacaoEstadosDF.asp>>. Acesso em: 25 out. 2006.

RODRIGUES, R. B. SSD RB - **Sistema de Suporte a Decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. 2005. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ROMEIRO, N. M. L. **Simulação numérica de modelos de qualidade de água usando o método de elementos finitos estabilizados**. 2003. 197f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

RYKIEL, E. J. Testing ecological models: the meaning of validation. **Ecological Modelling** 90, p. 229 - 244, 1996.

SEFFRIN, G. F. F. **Simulação atual e previsão futura da qualidade das águas do rio Ibicuí utilizando o modelo QUAL2E**. 2001. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SHANAHAN, P.; HENZE, M.; KONCSOS, L.; RAUCH, W.; REICHERT, P.; SOMLYÓDY, L.; VANROLLEGHEM, P. **River water quality modeling: II Problems of the art**. In: IAWQ Biennial International Conference, Vancouver, British Columbia, Canada. 1998. Disponível em: < <http://www.hydroanalysisinc.com/RWQM-P2.pdf> >. Acesso em 04 dez. 2006.

SILVA, A. L. **Utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da bacia do Ribeirão da Estiva/SP**. 2003. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVEIRA, G. L.; SILVA, C. E.; IRION, C. A. O.; CRUZ, J. C.; RETZ, E. F. Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena baça hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, V.8, n.1, p. 5-11, 2003.

SOARES, E. M. F. **Proposta de um modelo de sistema de gestão das águas para bacias hidrográficas – SGABH: Microbacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, a montante da RS 287/Santa Maria/RS**. 220f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SOMLYÓDY, L.; HENZE, M.; KONCSOS, L.; RAUCH, W.; SHANAHAN, P.; VANROLLEGHEM, P. **River water quality modelling: III Future of the art**. In: IAWQ Biennial International Conference, Vancouver, British Columbia, Canada. 1998. Disponível em: < <http://www.hydroanalysisinc.com/RWQM-P3.pdf> >. Acesso em 04 dez. 2006.

SOUSA JÚNIOR, W. C. (2004). **Gestão das Águas no Brasil: reflexões, diagnósticos e desafios**. 1. ed. São Paulo: Editora Peirópolis, 2004. v. 1. 164 p.

STALNAKER, C., LAMB, B.L., HENRIKSEN, J., BOVEE, K. e BARTHLOW, J. (1995). **The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM**. Department of interior National Biological Service, Washington, DC. Disponível em: <<http://stinet.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA322762>>. Acesso em 22 nov. 2006.

STREETER, H. W.; PHELPS, E. B. **A study of the pollution and natural purification of the Ohio river.** Vol III, Public Health Bulletin, Nº 146, U.S. Public Health Service. 1925.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil.** UNESCO. Brasília, 2001. 156 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade. UFRGS, 1998, 669p.

TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento dos recursos hídricos no Brasil.** Global Water Partnership. South America. Asociación Mundial del Agua. SAMTAC – Comité Técnico Asesor Sud América. 2004. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InBr00404.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2006.

TUTORIAL DE MATLAB. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www.del.ufms.br/tutoriais/matlab/apresentacao.htm#matlab>>. Acesso em 20 dez. 2006.

VALENCIO, N. F. L. S.; MARTINS, R. C. Novas institucionalidades na gestão de águas e poder local: os limites territoriais da democracia decisória. **INTERAÇÕES Revista Internacional de Desenvolvimento Local.** Vol. 5 N.8. pp.55 – 70. 2004.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v.1. 452 p.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Água no planeta.** Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm>>. Acesso em 20 nov. 2006.

USEPA (US Environmental Protection Agency). **BASINS:** Better assessment science integrating point and nonpoint sources. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/basins/basinsv3.htm>>. Acesso em 02 dez. 2006.

USEPA (US Environmental Protection Agency). **WASP: Water Quality Analysis Simulation Program.** Disponível em: <<http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/wasp.html>>. Acesso em 02 dez. 2006

WATER QUALITY RESEARCH GROUP. **CE-QUAL-W2**: Hydrodynamic and water quality model. Disponível em: < <http://www.cee.pdx.edu/w2/>>. Acesso em 22 dez. 2006.

ANEXOS

Resultados

A.1 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DOS TRECHOS

Características hidráulicas para cada trecho de acordo com as equações 2.2 e 2.3, obtidas através de regressão linear dos dados de monitoramento.

TRECHO	a	b	α	β
1	0,784	0,516	0,344	0,396
2	0,666	0,371	0,614	0,671
3	0,084	0,524	1,609	0,203
4	0,084	0,524	1,609	0,203
5	0,037	0,622	1,933	0,323
6	0,445	0,103	0,353	0,570
7	0,445	0,103	0,353	0,570
8	0,445	0,103	0,353	0,570
9	0,445	0,103	0,353	0,570
10	0,445	0,103	0,353	0,570
11	0,445	0,103	0,353	0,570
12	0,445	0,103	0,353	0,570
13	0,407	0,082	0,137	0,844
14	0,407	0,082	0,137	0,844

A.2 RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO DA VAZÃO BAIXA

Tabela A 1 - Valores observados e calculados da vazão baixa

Vazão Baixa		OD obs	OD cal	DBO5 obs	DBO5 cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fósforo Dissolvido obs	Fósforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	1	42,6	46,2	13,43	13,47	11568	10200	0,325	0,28	2,7	3,6	0,758	0,71
	2		48,7		13,49		9210		0,25		4,31		0,68
	3		50,9		13,49		8380		0,22		4,88		0,65
	4		52,6		13,47		7700		0,2		5,34		0,62
	5		54,0		13,45		7190		0,18		5,74		0,61
	6		55,3		13,42		6640		0,17		6,07		0,6
	7		56,4		13,39		6290		0,16		6,36		0,58
	8		57,5		13,35		5870		0,15		6,61		0,57
	9		58,4		13,31		5550		0,14		6,82		0,56
	10		59,2		13,28		5270		0,13		7,02		0,55
	11		60,0		13,23		5020		0,12		7,19		0,54
	12		60,7		13,19		4800		0,12		7,34		0,54
	13		61,4		13,15		4600		0,11		7,48		0,53
	14		62,0		13,11		4410		0,11		7,61		0,52
	15		62,5		13,06		4250		0,1		7,73		0,52
	16		63,1		13,03		4100		0,1		7,83		0,51
	17		63,7		12,99		3960		0,1		7,93		0,51
	18		64,2		12,94		3830		0,09		8,02		0,5
2	1	65,6	69,2	12,79	12,75	1357	3580	0,01	0,09	8	8,02	0,365	0,5
	2		69,7		12,60		3370		0,09		8,03		0,5
	3		70,8		12,43		3160		0,09		8,04		0,5
	4		71,8		12,27		2970		0,08		8,04		0,5
	5		72,4		12,11		2790		0,08		8,05		0,5
	6		72,9		11,95		2620		0,08		8,05		0,5
	7		73,3		11,80		2460		0,08		8,06		0,5
	8		73,7		11,64		2320		0,07		8,06		0,5
	9		74,0		11,50		2180		0,07		8,07		0,5
	10		74,2		11,34		2040		0,07		8,07		0,5
3	1		96,4		3,13		624		0,03		1,38		0,1
	2		82,3		2,98		503		0,03		1,38		0,1
	3		78,0		2,83		401		0,03		1,38		0,1
	4		73,4		2,69		315		0,03		1,39		0,1
4	1	79,4	75,6	3,8	1,26	233	300	0,044	0,03	1,4	1,39	0,064	0,1
	2		73,4		1,41		478		0,05		1,36		0,14
	3		73,3		1,49		452		0,05		1,37		0,14
	4		73,3		1,57		428		0,04		1,38		0,13
	5		73,2		1,64		406		0,04		1,38		0,13
	6		73,0		1,81		374		0,04		1,1		0,1
	7		78,8		1,84		361		0,04		1,11		0,1
	8		78,6		1,87		349		0,03		1,12		0,1
	9		78,4		1,91		337		0,03		1,13		0,1
	10		78,2		1,93		327		0,03		1,14		0,1
	11		78,0		1,96		316		0,03		1,15		0,1
	12		77,9		1,98		307		0,03		1,16		0,1
	13		77,6		2,01		296		0,03		1,17		0,09
	14		77,5		2,04		289		0,03		1,17		0,09
	15		77,3		2,06		281		0,02		1,18		0,09
	16		77,2		2,08		273		0,02		1,19		0,09
	17		77,1		2,10		266		0,02		1,19		0,09
	18		77,0		2,12		259		0,02		1,2		0,09
	19		76,8		2,14		252		0,02		1,2		0,09
5	1		77,0		2,11		242		0,03		1,22		0,09
	2		76,4		2,09		228		0,04		1,23		0,09
	3		75,8		2,07		216		0,04		1,24		0,09
	4		75,2		2,04		205		0,05		1,26		0,09
	5		74,7		2,02		194		0,05		1,27		0,09
	6		74,1		2,00		185		0,05		1,28		0,09
	7		73,7		1,98		176		0,06		1,3		0,09
	8		73,3		1,96		167		0,06		1,31		0,09
	9		72,7		1,94		159		0,06		1,32		0,09
	10		72,4		1,92		152		0,06		1,33		0,09
	11		72,0		1,90		145		0,06		1,34		0,09
	12		71,5		1,88		139		0,06		1,36		0,09
	13		71,2		1,87		133		0,06		1,37		0,09
	14		70,8		1,85		128		0,06		1,38		0,09
	15		70,4		1,83		122		0,06		1,39		0,09
	16		70,1		1,82		118		0,06		1,4		0,08
	17		69,8		1,80		113		0,06		1,41		0,08
	18		69,6		1,79		109		0,06		1,42		0,08
	19		69,2		1,78		105		0,06		1,43		0,08
6	1	84,5	72,5	1,91	1,77	159	103	0,061	0,06	1,7	1,44	0,075	0,08
	2		73,9		1,77		103		0,06		1,44		0,08
	3		75,2		1,77		103		0,06		1,45		0,08
	4		76,5		1,77		103		0,06		1,45		0,08
	5		77,6		1,77		103		0,06		1,46		0,08
	6		78,6		1,77		104		0,06		1,46		0,08
	7		79,6		1,77		104		0,06		1,46		0,08
	8		80,4		1,76		104		0,06		1,47		0,08
	9		81,2		1,76		104		0,06		1,47		0,08
	10		82,0		1,76		104		0,06		1,48		0,08
	11		82,7		1,76		104		0,06		1,48		0,08
	12		83,4		1,76		104		0,06		1,49		0,08
	13		83,9		1,76		104		0,06		1,49		0,08
	14		84,5		1,76		104		0,06		1,49		0,08
	15		85,0		1,76		104		0,06		1,5		0,08
	16		85,5		1,76		104		0,06		1,5		0,08
	17		86,0		1,76		104		0,06		1,51		0,08
	18		86,4		1,76		104		0,06		1,51		0,08

Continuação

Vazão Baixa		OD obs	OD cal	DBO5 obs	DBO5 cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrito obs	Nitrito cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fósforo Dissolvido obs	Fósforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
7	1		86,7		1,76		104		0,06		1,52		0,08
	2		87,1		1,76		105		0,06		1,52		0,08
	3		87,4		1,76		105		0,06		1,52		0,08
	4		87,7		1,76		105		0,06		1,53		0,08
	5		87,9		1,76		106		0,06		1,53		0,08
	6		88,3		1,76		106		0,06		1,54		0,08
	7		88,5		1,76		106		0,06		1,54		0,08
	8		88,7		1,76		107		0,06		1,54		0,08
	9		88,9		1,76		107		0,06		1,55		0,08
	10		89,1		1,76		107		0,06		1,55		0,08
	11		89,3		1,76		107		0,06		1,56		0,08
	12		89,5		1,76		108		0,06		1,56		0,08
	13		89,7		1,76		108		0,06		1,56		0,08
	14		89,8		1,76		108		0,06		1,57		0,08
	15		90,0		1,76		108		0,06		1,57		0,08
	16		90,1		1,75		109		0,06		1,58		0,08
	17		90,2		1,75		109		0,06		1,58		0,08
	18		90,3		1,75		109		0,06		1,58		0,08
8	1		90,4		1,75		109		0,06		1,59		0,08
	2		90,5		1,75		110		0,06		1,59		0,08
	3		90,7		1,75		110		0,06		1,59		0,08
	4		90,8		1,75		110		0,06		1,6		0,08
	5		90,9		1,75		110		0,06		1,6		0,08
	6		90,9		1,75		110		0,06		1,61		0,08
	7		91,0		1,75		110		0,06		1,61		0,08
	8		91,1		1,75		111		0,05		1,61		0,08
	9		91,2		1,75		111		0,05		1,62		0,08
	10		91,2		1,75		111		0,05		1,62		0,08
	11		91,3		1,75		111		0,05		1,62		0,08
	12		91,3		1,74		111		0,05		1,63		0,08
	13		91,4		1,74		111		0,05		1,63		0,08
	14		91,4		1,74		111		0,05		1,63		0,08
	15		91,5		1,74		112		0,05		1,64		0,08
	16		91,5		1,74		112		0,05		1,64		0,08
	17		91,6		1,74		112		0,05		1,64		0,08
	18		91,6		1,74		112		0,05		1,65		0,08
9	1		93,3		1,74		112		0,05		1,64		0,08
	2		93,1		1,75		113		0,05		1,64		0,07
	3		93,1		1,75		113		0,06		1,64		0,07
	4		93,1		1,75		113		0,06		1,64		0,07
	5		93,0		1,76		114		0,06		1,64		0,07
	6		93,0		1,76		114		0,06		1,64		0,07
	7		93,0		1,76		114		0,06		1,64		0,07
	8		93,0		1,76		114		0,06		1,64		0,07
	9		92,9		1,77		115		0,06		1,63		0,07
	10		92,9		1,77		115		0,06		1,63		0,07
	11		92,9		1,77		115		0,07		1,63		0,07
	12		92,9		1,78		115		0,07		1,63		0,07
	13		92,9		1,78		116		0,07		1,63		0,07
	14		92,8		1,78		116		0,07		1,63		0,07
	15		92,4		1,94		120		0,07		1,56		0,07
	16		92,4		1,94		120		0,07		1,56		0,07
	17		92,4		1,94		120		0,07		1,56		0,07
10	1		92,3		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	2		92,1		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	3		92,0		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	4		91,8		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	5		91,7		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	6		91,6		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	7		91,5		1,94		121		0,07		1,56		0,07
	8		91,4		1,95		121		0,07		1,56		0,07
	9		91,4		1,95		122		0,07		1,56		0,07
	10		91,3		1,95		122		0,07		1,56		0,07
	11		91,2		1,95		122		0,07		1,56		0,07
	12		91,0		1,95		122		0,08		1,56		0,07
	13		90,9		1,95		122		0,08		1,56		0,07
	14		90,9		1,95		122		0,08		1,56		0,07
	15		90,8		1,95		122		0,08		1,56		0,07
	16		90,7		1,95		122		0,08		1,56		0,07
	17		90,7		1,95		122		0,08		1,56		0,07
11	1	89,9		90,8	2,36	182		0,076		1,1		0,062	0,07
	2			90,9		195		0,08					0,07
	3			91,0		195		0,08					0,07
	4			91,2		195		0,08					0,07
	5			91,3		195		0,08					0,07
	6			91,4		195		0,08					0,07
	7			91,5		195		0,08					0,07
	8			91,6		195		0,08					0,07
	9			91,7		195		0,08					0,07
	10			91,8		195		0,08					0,07
	11			91,8		195		0,08					0,07
	12			91,9		195		0,08					0,07
	13			92,0		195		0,08					0,07
	14			92,1		195		0,08					0,07
	15			92,1		195		0,08					0,07
	16			92,3		195		0,08					0,07
	17			92,3		195		0,08					0,07
18			92,4		195		0,08					0,07	
19			92,5		195		0,08					0,07	
20			92,5		195		0,08					0,07	

Continuação

Vazão Baixa		OD obs	OD cal	DBO5 obs	DBO5 cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrito obs	Nitrito cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fósforo Dissolvido obs	Fósforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
12	1		92,6		1,95		123		0,07		1,56		0,07
	2		92,6		1,95		124		0,07		1,56		0,07
	3		92,7		1,95		124		0,07		1,56		0,07
	4		92,7		1,95		124		0,07		1,56		0,07
	5		92,8		1,95		124		0,07		1,56		0,07
	6		92,8		1,95		124		0,07		1,56		0,07
	7		92,8		1,95		125		0,07		1,56		0,07
	8		92,9		1,95		125		0,06		1,56		0,07
	9		92,9		1,95		125		0,06		1,56		0,07
	10		93,0		1,95		125		0,06		1,56		0,07
	11		93,0		1,95		125		0,06		1,56		0,07
	12		93,0		1,95		126		0,06		1,56		0,07
	13		93,1		1,95		126		0,06		1,56		0,07
	14		93,1		1,95		126		0,06		1,56		0,07
	15		93,1		1,95		126		0,05		1,56		0,07
	16		93,1		1,94		126		0,05		1,56		0,07
	17		93,3		1,94		127		0,05		1,56		0,07
	18		93,3		1,94		127		0,05		1,56		0,07
	19		93,3		1,94		127		0,05		1,56		0,07
	20		93,4		1,94		127		0,05		1,56		0,07
13	1		94,1		1,96		129		0,05		1,56		0,07
	2		94,2		1,97		131		0,05		1,56		0,07
	3		94,3		1,98		134		0,05		1,57		0,07
	4		94,3		1,99		136		0,04		1,57		0,07
	5		94,4		2,00		138		0,04		1,57		0,07
	6		94,5		2,01		140		0,04		1,57		0,07
	7		94,5		2,02		142		0,04		1,57		0,07
	8		94,6		2,03		144		0,04		1,57		0,07
	9		94,8		2,04		146		0,04		1,57		0,07
	10		94,8		2,05		148		0,04		1,57		0,07
	11		94,9		2,06		150		0,04		1,57		0,07
	12		94,9		2,07		152		0,04		1,57		0,07
	13		95,0		2,08		153		0,04		1,57		0,07
	14		95,0		2,09		155		0,04		1,57		0,07
	15		95,1		2,10		157		0,03		1,57		0,07
	16		95,1		2,11		159		0,03		1,58		0,07
	17		95,1		2,12		161		0,03		1,58		0,07
	18		95,2		2,13		163		0,03		1,58		0,07
	19		95,2		2,14		164		0,03		1,58		0,07
14	1		95,2		2,15		168		0,03		1,58		0,07
	2		95,3		2,15		171		0,03		1,58		0,07
	3		95,3		2,16		174		0,03		1,58		0,07
	4		95,3		2,17		177		0,03		1,58		0,07
	5		95,3		2,18		180		0,03		1,58		0,07
	6		95,4		2,19		182		0,03		1,58		0,07
	7		95,4		2,20		185		0,03		1,58		0,07
	8		95,4		2,20		188		0,03		1,58		0,07
	9		95,4		2,21		191		0,03		1,58		0,07
	10		95,4		2,22		194		0,03		1,58		0,07
	11		95,4		2,23		197		0,02		1,58		0,07
	12		95,5		2,24		200		0,02		1,58		0,07
	13		95,5		2,24		202		0,02		1,58		0,07
	14		95,5		2,25		205		0,02		1,58		0,07
	15		95,5		2,26		208		0,02		1,58		0,07
	16		95,5		2,27		210		0,02		1,58		0,07
	17		95,5		2,28		213		0,02		1,58		0,07
	18		95,5		2,28		216		0,02		1,58		0,07
	19		91,5	95,5	4,82	2,29	441	218	0,012	0,02	1,3	1,58	0,068

A.3 RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO PARA VAZÃO ALTA

Tabela A 2 - Valores observados e calculados da vazão alta

Vazão Alta		OD obs	OD cal	DBO ₅ obs	DBO ₅ cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrito obs	Nitrito cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fósforo Dissolvido obs	Fósforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	1	92,1	91,4	3,52	3,73	730	896	0,06	0,07	0,2	0,2	0,036	0,04
	2		91,1		3,93		1050		0,08		0,2		0,05
	3		90,8		4,11		1200		0,1		0,2		0,05
	4		90,5		4,27		1330		0,11		0,2		0,05
	5		90,2		4,44		1460		0,12		0,2		0,06
	6		90,0		4,58		1580		0,12		0,21		0,06
	7		89,8		4,72		1690		0,13		0,21		0,07
	8		89,7		4,85		1790		0,14		0,21		0,07
	9		89,4		4,97		1890		0,15		0,21		0,07
	10		89,3		5,09		1990		0,15		0,21		0,08
	11		89,1		5,19		2080		0,16		0,21		0,08
	12		89,0		5,29		2160		0,16		0,21		0,08
	13		88,9		5,39		2240		0,17		0,21		0,08
	14		88,8		5,48		2320		0,18		0,22		0,09
	15		88,7		5,57		2390		0,18		0,22		0,09
	16		88,6		5,66		2460		0,18		0,22		0,09
	17		88,5		5,73		2530		0,19		0,22		0,09
	18		88,4		5,80		2590		0,19		0,22		0,09
2	1	81,3	84,5	5,72	5,78	2626	2620	0,199	0,19	0,2	0,22	0,097	0,1
	2		82,3		5,75		2640		0,2		0,21		0,1
	3		80,2		5,73		2670		0,2		0,21		0,1
	4		78,3		5,71		2690		0,2		0,2		0,1
	5		76,8		5,69		2700		0,2		0,2		0,1
	6		75,2		5,67		2720		0,2		0,2		0,1
	7		73,9		5,66		2730		0,2		0,19		0,1
	8		72,7		5,64		2750		0,2		0,19		0,1
	9		71,6		5,62		2760		0,2		0,19		0,1
	10		70,5		5,61		2770		0,2		0,19		0,1
3	1		86,5		2,78		859		0,06		1,47		0,04
	2		85,8		2,85		913		0,06		1,43		0,04
	3		85,2		2,92		965		0,06		1,4		0,04
	4		84,4		2,98		1010		0,06		1,37		0,04
4	1	85,5	85,9	1,67	1,37	397	954	0,063	0,06	1,3	1,31	0,035	0,04
	2		84,8		1,40		938		0,07		1,24		0,04
	3		84,3		1,41		868		0,07		1,2		0,04
	4		83,7		1,41		806		0,07		1,16		0,04
	5		83,3		1,42		750		0,07		1,12		0,04
	6		84,2		1,43		749		0,06		0,88		0,03
	7		83,8		1,43		706		0,06		0,86		0,03
	8		83,4		1,44		666		0,06		0,84		0,03
	9		83,1		1,44		630		0,06		0,82		0,03
	10		82,8		1,45		597		0,06		0,81		0,03
	11		82,5		1,45		567		0,06		0,79		0,03
	12		82,3		1,45		538		0,06		0,77		0,03
	13		81,9		1,46		513		0,06		0,76		0,03
	14		81,7		1,46		489		0,06		0,74		0,03
	15		81,4		1,47		467		0,06		0,73		0,03
	16		81,2		1,47		446		0,06		0,71		0,03
	17		81,0		1,47		427		0,05		0,7		0,03
	18		80,8		1,47		410		0,05		0,69		0,03
	19		80,6		1,47		393		0,05		0,67		0,03
5	1		83,4		1,47		372		0,06		0,66		0,03
	2		83,0		1,46		348		0,06		0,65		0,03
	3		82,7		1,45		326		0,06		0,64		0,03
	4		82,3		1,44		307		0,06		0,63		0,03
	5		82,1		1,43		288		0,07		0,63		0,03
	6		81,8		1,42		271		0,07		0,62		0,03
	7		81,5		1,41		256		0,07		0,61		0,03
	8		81,2		1,41		241		0,07		0,6		0,03
	9		80,9		1,40		228		0,07		0,6		0,03
	10		80,7		1,39		216		0,07		0,59		0,03
	11		80,5		1,39		204		0,08		0,58		0,03
	12		80,1		1,38		194		0,08		0,58		0,03
	13		79,9		1,38		184		0,08		0,57		0,03
	14		79,7		1,37		174		0,08		0,56		0,03
	15		79,5		1,36		166		0,08		0,56		0,02
	16		79,2		1,36		158		0,08		0,55		0,02
	17		79,0		1,35		150		0,08		0,55		0,02
	18		78,8		1,35		144		0,08		0,54		0,02
19		78,7		1,34		137		0,08		0,54		0,02	
6	1	79,1	78,6	1,13	1,34	114	133	0,08	0,08	0,1	0,54	0,025	0,02
	2		78,5		1,34		129		0,08		0,54		0,02
	3		78,4		1,33		125		0,08		0,54		0,02
	4		78,4		1,33		122		0,08		0,54		0,02
	5		78,3		1,33		118		0,08		0,54		0,02
	6		78,1		1,32		115		0,07		0,54		0,02
	7		78,1		1,32		112		0,07		0,54		0,02
	8		78,0		1,32		109		0,07		0,54		0,02
	9		77,9		1,32		106		0,07		0,54		0,02
	10		77,9		1,32		103		0,07		0,54		0,02
	11		77,8		1,31		99,8		0,07		0,54		0,02
	12		77,8		1,31		97,1		0,07		0,54		0,02
	13		77,7		1,31		94,4		0,07		0,54		0,02
	14		77,6		1,30		91,9		0,06		0,54		0,02
	15		77,6		1,30		89,4		0,06		0,54		0,02
	16		77,5		1,30		87,1		0,06		0,54		0,02
	17		77,5		1,30		84,7		0,06		0,54		0,02
	18		77,4		1,30		82,5		0,06		0,54		0,02

Continuação

Vazão Alta		OD obs	OD cal	DBO ₅ obs	DBO ₅ cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrito obs	Nitrito cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fósforo Dissolvido obs	Fósforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
7	1		77,3		1,29		82,4		0,06		0,54		0,02
	2		77,3		1,29		82,3		0,06		0,54		0,02
	3		77,2		1,29		82,2		0,06		0,54		0,02
	4		77,2		1,28		82,1		0,06		0,54		0,02
	5		77,0		1,28		82		0,06		0,53		0,02
	6		76,9		1,28		81,9		0,06		0,53		0,02
	7		76,9		1,28		81,7		0,06		0,53		0,02
	8		76,8		1,28		81,6		0,05		0,53		0,02
	9		76,8		1,27		81,5		0,05		0,53		0,02
	10		76,7		1,27		81,4		0,05		0,53		0,02
	11		76,7		1,27		81,3		0,05		0,53		0,02
	12		76,6		1,26		81,2		0,05		0,53		0,02
	13		76,6		1,26		81,1		0,05		0,53		0,02
	14		76,5		1,26		81		0,05		0,53		0,02
	15		76,5		1,26		80,9		0,05		0,53		0,02
	16		76,4		1,26		80,8		0,05		0,53		0,02
	17		76,4		1,26		80,7		0,05		0,53		0,02
	18		76,3		1,25		80,6		0,05		0,53		0,02
8	1		76,3		1,25		80,5		0,05		0,53		0,02
	2		76,2		1,25		80,4		0,05		0,53		0,02
	3		76,2		1,25		80,3		0,05		0,53		0,02
	4		76,0		1,25		80,2		0,05		0,53		0,02
	5		76,0		1,25		80,1		0,05		0,53		0,02
	6		75,9		1,24		80		0,05		0,53		0,02
	7		75,9		1,24		79,9		0,05		0,53		0,02
	8		75,8		1,24		79,8		0,05		0,52		0,02
	9		75,8		1,23		79,7		0,05		0,52		0,02
	10		75,7		1,23		79,6		0,04		0,52		0,02
	11		75,7		1,23		79,5		0,04		0,52		0,02
	12		75,7		1,23		79,4		0,04		0,52		0,02
	13		75,6		1,23		79,3		0,04		0,52		0,02
	14		75,6		1,23		79,2		0,04		0,52		0,02
	15		75,5		1,22		79,1		0,04		0,52		0,02
	16		75,5		1,22		79		0,04		0,52		0,02
	17		75,5		1,22		78,9		0,04		0,52		0,02
	18		75,4		1,22		78,8		0,04		0,52		0,02
9	1		75,4		1,22		78,7		0,04		0,52		0,02
	2		75,4		1,22		78,7		0,04		0,52		0,02
	3		75,5		1,21		78,7		0,04		0,52		0,02
	4		75,5		1,21		78,6		0,04		0,52		0,02
	5		75,5		1,21		78,6		0,05		0,51		0,02
	6		75,6		1,21		78,6		0,05		0,51		0,02
	7		75,6		1,21		78,5		0,05		0,51		0,02
	8		75,6		1,21		78,5		0,05		0,51		0,02
	9		75,7		1,21		78,5		0,05		0,51		0,02
	10		75,7		1,21		78,4		0,05		0,51		0,02
	11		75,7		1,21		78,4		0,05		0,51		0,02
	12		75,7		1,21		78,4		0,05		0,51		0,02
	13		75,8		1,21		78,3		0,05		0,51		0,02
	14		75,8		1,21		78,3		0,05		0,51		0,02
	15		76,2		1,18		96,9		0,05		0,48		0,02
	16		76,2		1,18		96,7		0,05		0,48		0,02
	17		76,2		1,18		96,6		0,05		0,48		0,02
10	1		76,2		1,18		96,5		0,05		0,48		0,02
	2		76,2		1,18		96,4		0,05		0,48		0,02
	3		76,0		1,18		96,2		0,05		0,48		0,02
	4		76,0		1,18		96,1		0,05		0,48		0,02
	5		75,9		1,17		96		0,05		0,47		0,02
	6		75,9		1,17		95,9		0,05		0,47		0,02
	7		75,9		1,17		95,7		0,05		0,47		0,02
	8		75,8		1,17		95,6		0,06		0,47		0,02
	9		75,8		1,17		95,5		0,06		0,47		0,02
	10		75,8		1,17		95,4		0,06		0,47		0,02
	11		75,7		1,17		95,2		0,06		0,47		0,02
	12		75,7		1,17		95,1		0,06		0,47		0,02
	13		75,7		1,17		95		0,06		0,47		0,02
	14		75,6		1,17		94,9		0,06		0,47		0,02
	15		75,6		1,17		94,8		0,06		0,47		0,02
	16		75,6		1,17		94,6		0,06		0,47		0,02
	17		75,5		1,17		94,5		0,06		0,47		0,02
11	1	77,0		1,31		109	94,4	0,065	0,06	0,1	0,47	0,016	0,02
	2		75,6		1,17		94,2		0,06		0,47		0,02
	3		75,7		1,17		94		0,05		0,47		0,02
	4		75,7		1,17		93,9		0,05		0,47		0,02
	5		75,8		1,16		93,7		0,05		0,47		0,02
	6		75,8		1,16		93,6		0,05		0,48		0,02
	7		75,8		1,16		93,4		0,05		0,48		0,02
	8		75,9		1,16		93,2		0,05		0,48		0,02
	9		75,9		1,16		93,1		0,05		0,48		0,02
	10		76,0		1,16		92,9		0,05		0,48		0,02
	11		76,0		1,16		92,8		0,05		0,48		0,02
	12		76,2		1,16		92,6		0,05		0,48		0,02
	13		76,2		1,15		92,4		0,05		0,48		0,02
	14		76,3		1,15		92,3		0,05		0,48		0,02
	15		76,3		1,15		92,1		0,04		0,48		0,02
	16		76,4		1,15		92		0,04		0,48		0,02
	17		76,4		1,15		91,8		0,04		0,48		0,02
	18		76,5		1,15		91,7		0,04		0,48		0,02
	19		76,5		1,15		91,5		0,04		0,49		0,02
	20		76,6		1,15		91,3		0,04		0,49		0,02

Continuação

Vazão Alta		OD obs	OD cal	DBO ₅ obs	DBO ₅ cal	Colif. Termo. Obs	Colif. Termo. Cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Nitrato obs	Nitrato cal	Fosforo Dissolvido obs	Fosforo Dissolvido cal
Trecho	Elemento	% sat	% sat	mg/L	mg/L	NMP/100ml	NMP/100ml	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
12	1		76,6		1,15		91,2		0,04		0,49		0,02
	2		76,7		1,15		91		0,04		0,49		0,02
	3		76,7		1,15		90,9		0,04		0,49		0,02
	4		76,8		1,15		90,7		0,04		0,49		0,02
	5		76,8		1,14		90,6		0,04		0,49		0,02
	6		76,8		1,14		90,4		0,04		0,49		0,02
	7		76,9		1,14		90,3		0,04		0,49		0,02
	8		76,9		1,14		90,1		0,04		0,49		0,02
	9		77,0		1,14		89,9		0,04		0,49		0,02
	10		77,0		1,14		89,8		0,03		0,49		0,02
	11		77,2		1,14		89,6		0,03		0,49		0,02
	12		77,2		1,14		89,5		0,03		0,49		0,02
	13		77,3		1,13		89,3		0,03		0,49		0,02
	14		77,3		1,13		89,2		0,03		0,49		0,02
	15		77,4		1,13		89		0,03		0,5		0,02
	16		77,4		1,13		88,9		0,03		0,5		0,02
	17		77,5		1,13		88,7		0,03		0,5		0,02
	18		77,5		1,13		88,6		0,03		0,5		0,02
	19		77,6		1,13		88,4		0,03		0,5		0,02
	20		77,6		1,13		88,3		0,03		0,5		0,02
13	1		78,2		1,13		88,1		0,03		0,5		0,02
	2		78,2		1,13		87,9		0,03		0,5		0,02
	3		78,2		1,13		87,7		0,03		0,5		0,02
	4		78,2		1,12		87,6		0,03		0,5		0,02
	5		78,3		1,12		87,4		0,03		0,5		0,02
	6		78,3		1,12		87,2		0,03		0,5		0,02
	7		78,3		1,12		87		0,03		0,5		0,02
	8		78,3		1,12		86,8		0,02		0,5		0,02
	9		78,4		1,12		86,6		0,02		0,5		0,02
	10		78,4		1,12		86,5		0,02		0,5		0,02
	11		78,4		1,12		86,3		0,02		0,5		0,02
	12		78,6		1,12		86,1		0,02		0,5		0,02
	13		78,6		1,12		85,9		0,02		0,5		0,02
	14		78,6		1,12		85,8		0,02		0,51		0,02
	15		78,6		1,11		85,6		0,02		0,51		0,02
	16		78,7		1,11		85,4		0,02		0,51		0,02
	17		78,7		1,11		85,2		0,02		0,51		0,02
	18		78,7		1,11		85		0,02		0,51		0,02
	19		78,8		1,11		84,9		0,02		0,51		0,02
14	1		78,8		1,11		84,7		0,02		0,51		0,02
	2		78,8		1,10		84,5		0,02		0,51		0,02
	3		78,9		1,10		84,3		0,02		0,51		0,02
	4		78,9		1,10		84,2		0,02		0,51		0,02
	5		78,9		1,10		84		0,02		0,51		0,02
	6		78,9		1,10		83,8		0,02		0,51		0,02
	7		79,0		1,10		83,6		0,02		0,51		0,02
	8		79,0		1,10		83,5		0,02		0,51		0,02
	9		79,0		1,10		83,3		0,02		0,51		0,02
	10		79,1		1,10		83,1		0,02		0,51		0,02
	11		79,1		1,10		83		0,02		0,51		0,02
	12		79,1		1,10		82,8		0,02		0,51		0,02
	13		79,2		1,09		82,6		0,02		0,51		0,02
	14		79,2		1,09		82,4		0,01		0,51		0,02
	15		79,2		1,09		82,3		0,01		0,51		0,02
	16		79,2		1,09		82,1		0,01		0,51		0,02
	17		79,3		1,09		81,9		0,01		0,51		0,02
	18		79,3		1,09		81,8		0,01		0,51		0,02
	19		75,3	79,3	1,25	1,09	63	81,6	0,0118	0,01	0,1	0,51	0,017

A.4 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA VAZÕES NATURAIS

Tabela A 3 – Simulações para OD, DBO e coliformes Termotolerantes

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
1	1	8,39	8,07	6,34	3,69	7,54	33,06	2450,00	5030,00	22500,00
	2	8,17	7,67	5,39	3,90	7,88	31,92	2350,00	4780,00	20000,00
	3	8,02	7,42	5,03	4,08	8,17	30,99	2250,00	4560,00	18000,00
	4	7,91	7,26	4,93	4,25	8,44	30,21	2170,00	4350,00	16400,00
	5	7,83	7,16	4,93	4,39	8,66	29,54	2090,00	4170,00	15100,00
	6	7,78	7,10	4,99	4,52	8,86	28,96	2020,00	4010,00	14000,00
	7	7,75	7,07	5,06	4,64	9,04	28,45	1950,00	3860,00	13100,00
	8	7,72	7,05	5,14	4,75	9,18	27,99	1890,00	3720,00	12200,00
	9	7,71	7,05	5,23	4,85	9,32	27,58	1840,00	3600,00	11500,00
	10	7,70	7,05	5,30	4,94	9,44	27,20	1790,00	3480,00	10900,00
	11	7,70	7,06	5,38	5,02	9,55	26,85	1740,00	3380,00	10400,00
	12	7,70	7,07	5,45	5,09	9,64	26,54	1690,00	3280,00	9870,00
	13	7,70	7,09	5,51	5,17	9,73	26,25	1650,00	3190,00	9430,00
	14	7,71	7,10	5,57	5,22	9,81	25,97	1610,00	3100,00	9040,00
	15	7,71	7,12	5,63	5,28	9,87	25,72	1570,00	3030,00	8680,00
	16	7,72	7,13	5,68	5,33	9,94	25,47	1540,00	2950,00	8350,00
	17	7,73	7,15	5,73	5,38	9,99	25,24	1510,00	2880,00	8050,00
	18	7,74	7,17	5,78	5,42	10,04	25,03	1480,00	2820,00	7780,00
2	1	7,76	7,23	6,11	5,38	9,93	24,57	1420,00	2660,00	7130,00
	2	7,72	7,25	6,45	5,33	9,81	24,16	1360,00	2520,00	6580,00
	3	7,69	7,26	6,67	5,28	9,70	23,73	1300,00	2380,00	6060,00
	4	7,65	7,28	6,81	5,23	9,58	23,31	1240,00	2250,00	5570,00
	5	7,63	7,29	6,90	5,17	9,45	22,89	1180,00	2120,00	5100,00
	6	7,60	7,30	6,95	5,12	9,33	22,45	1120,00	1990,00	4660,00
	7	7,57	7,31	6,97	5,06	9,20	22,00	1060,00	1860,00	4240,00
	8	7,54	7,31	6,98	5,00	9,06	21,54	1000,00	1740,00	3840,00
	9	7,51	7,30	6,97	4,94	8,93	21,07	942,00	1610,00	3460,00
	10	7,46	7,28	6,94	4,87	8,78	20,59	881,00	1490,00	3100,00
3	1	9,07	8,92	8,99	1,52	3,01	6,28	347,00	646,00	1280,00
	2	8,75	8,39	7,90	1,46	2,83	5,75	284,00	498,00	886,00
	3	8,37	7,75	6,65	1,39	2,65	5,21	227,00	371,00	588,00
	4	7,90	6,98	5,17	1,30	2,45	4,65	175,00	265,00	370,00
4	1	7,73	6,86	5,02	1,20	2,29	4,53	186,00	293,00	439,00
	2	6,17	6,02	5,63	0,44	0,89	1,96	213,00	411,00	876,00
	3	6,21	6,05	5,61	0,56	1,11	2,44	209,00	401,00	834,00
	4	6,25	6,08	5,59	0,67	1,33	2,90	206,00	391,00	796,00
	5	6,29	6,10	5,55	0,76	1,53	3,34	203,00	382,00	761,00
	6	7,68	7,65	7,47	0,70	1,32	2,81	141,00	258,00	518,00
	7	7,68	7,65	7,43	0,73	1,39	2,94	140,00	255,00	506,00
	8	7,68	7,64	7,38	0,77	1,46	3,08	139,00	252,00	494,00
	9	7,69	7,63	7,34	0,80	1,52	3,21	138,00	249,00	483,00
	10	7,69	7,63	7,29	0,84	1,59	3,34	138,00	246,00	472,00
	11	7,69	7,62	7,25	0,87	1,65	3,47	137,00	244,00	462,00
	12	7,69	7,61	7,20	0,91	1,72	3,59	136,00	241,00	453,00
	13	7,70	7,60	7,16	0,94	1,78	3,72	135,00	238,00	443,00
	14	7,70	7,60	7,11	0,97	1,84	3,84	134,00	236,00	434,00
	15	7,70	7,59	7,06	1,00	1,90	3,96	134,00	234,00	426,00
	16	7,70	7,58	7,01	1,03	1,96	4,07	133,00	231,00	418,00
	17	7,70	7,57	6,96	1,06	2,02	4,19	132,00	229,00	410,00
	18	7,70	7,56	6,91	1,09	2,07	4,30	131,00	227,00	403,00
	19	7,70	7,55	6,86	1,12	2,13	4,41	131,00	225,00	396,00
5	1	7,69	7,51	6,73	1,13	2,14	4,40	128,00	217,00	374,00
	2	7,66	7,44	6,53	1,13	2,14	4,37	124,00	207,00	346,00
	3	7,64	7,38	6,33	1,14	2,14	4,35	120,00	197,00	320,00
	4	7,61	7,31	6,14	1,14	2,15	4,32	116,00	188,00	296,00
	5	7,59	7,25	5,95	1,15	2,15	4,30	113,00	179,00	275,00
	6	7,57	7,19	5,76	1,15	2,15	4,28	109,00	171,00	256,00
	7	7,54	7,13	5,58	1,15	2,15	4,25	106,00	164,00	239,00
	8	7,52	7,07	5,41	1,16	2,15	4,23	103,00	157,00	223,00
	9	7,49	7,01	5,24	1,16	2,15	4,20	100,00	150,00	208,00
	10	7,47	6,95	5,08	1,17	2,15	4,18	97,40	144,00	196,00
	11	7,45	6,89	4,92	1,17	2,15	4,16	94,70	138,00	184,00
	12	7,42	6,84	4,76	1,17	2,15	4,14	92,20	133,00	173,00
	13	7,40	6,78	4,61	1,17	2,16	4,12	89,80	128,00	163,00
	14	7,38	6,73	4,47	1,18	2,16	4,10	87,50	123,00	155,00
	15	7,36	6,67	4,33	1,18	2,16	4,08	85,30	119,00	147,00
	16	7,33	6,62	4,19	1,18	2,16	4,06	83,10	114,00	139,00
	17	7,31	6,57	4,06	1,19	2,16	4,04	81,10	111,00	133,00
	18	7,29	6,52	3,93	1,19	2,16	4,02	79,20	107,00	127,00
	19	7,27	6,47	3,81	1,19	2,16	4,00	77,40	103,00	121,00
6	1	7,40	6,88	5,54	1,20	2,17	4,01	76,80	102,00	121,00
	2	7,47	7,03	5,97	1,20	2,19	4,05	77,40	104,00	126,00
	3	7,53	7,17	6,33	1,22	2,20	4,09	78,00	106,00	130,00
	4	7,59	7,29	6,65	1,22	2,22	4,12	78,60	107,00	134,00
	5	7,64	7,40	6,92	1,24	2,24	4,16	79,20	109,00	139,00
	6	7,69	7,51	7,16	1,24	2,25	4,20	79,70	110,00	143,00
	7	7,74	7,60	7,37	1,25	2,27	4,23	80,30	112,00	147,00
	8	7,78	7,69	7,54	1,26	2,28	4,27	80,80	113,00	151,00
	9	7,83	7,77	7,70	1,27	2,30	4,30	81,40	114,00	155,00
	10	7,87	7,84	7,83	1,28	2,31	4,33	81,90	116,00	158,00
	11	7,91	7,90	7,95	1,29	2,33	4,37	82,40	117,00	162,00
	12	7,94	7,97	8,05	1,30	2,34	4,40	82,90	118,00	166,00
	13	7,97	8,02	8,13	1,30	2,36	4,43	83,40	119,00	169,00
	14	8,01	8,07	8,21	1,31	2,37	4,46	83,90	121,00	173,00
	15	8,04	8,12	8,27	1,32	2,39	4,49	84,30	122,00	176,00
	16	8,07	8,16	8,33	1,33	2,40	4,52	84,80	123,00	179,00
	17	8,09	8,20	8,38	1,33	2,41	4,55	85,20	124,00	182,00
	18	8,12	8,23	8,42	1,34	2,43	4,58	85,70	125,00	185,00

Continuação

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
7	1	8,14	8,27	8,46	1,35	2,44	4,61	86,40	127,00	189,00
	2	8,16	8,29	8,49	1,36	2,45	4,64	87,10	128,00	193,00
	3	8,18	8,32	8,51	1,37	2,46	4,67	87,80	130,00	197,00
	4	8,20	8,34	8,54	1,37	2,48	4,69	88,50	131,00	200,00
	5	8,22	8,37	8,55	1,38	2,49	4,72	89,10	133,00	204,00
	6	8,24	8,39	8,57	1,39	2,50	4,75	89,80	134,00	207,00
	7	8,25	8,41	8,59	1,39	2,52	4,77	90,50	136,00	211,00
	8	8,27	8,42	8,60	1,40	2,53	4,80	91,10	137,00	214,00
	9	8,28	8,44	8,61	1,41	2,54	4,82	91,80	138,00	217,00
	10	8,30	8,45	8,62	1,42	2,55	4,85	92,40	140,00	221,00
	11	8,31	8,47	8,63	1,42	2,56	4,87	93,00	141,00	224,00
	12	8,32	8,48	8,63	1,43	2,57	4,90	93,60	142,00	227,00
	13	8,33	8,49	8,64	1,44	2,58	4,92	94,20	143,00	230,00
	14	8,35	8,50	8,64	1,44	2,59	4,94	94,80	145,00	233,00
	15	8,36	8,51	8,65	1,45	2,61	4,97	95,40	146,00	236,00
	16	8,37	8,52	8,65	1,46	2,61	4,99	96,00	147,00	239,00
	17	8,38	8,52	8,65	1,46	2,63	5,01	96,60	148,00	242,00
	18	8,38	8,53	8,65	1,47	2,63	5,03	97,10	149,00	245,00
8	1	8,39	8,54	8,66	1,47	2,65	5,06	97,70	151,00	247,00
	2	8,40	8,54	8,66	1,48	2,65	5,07	98,20	152,00	250,00
	3	8,41	8,55	8,66	1,48	2,67	5,09	98,80	153,00	253,00
	4	8,41	8,55	8,66	1,49	2,67	5,12	99,30	154,00	256,00
	5	8,42	8,56	8,66	1,50	2,69	5,14	99,80	155,00	258,00
	6	8,43	8,56	8,66	1,50	2,69	5,16	100,00	156,00	261,00
	7	8,43	8,56	8,66	1,51	2,70	5,18	101,00	157,00	263,00
	8	8,44	8,57	8,66	1,52	2,71	5,20	101,00	158,00	266,00
	9	8,44	8,57	8,66	1,52	2,72	5,21	102,00	159,00	268,00
	10	8,45	8,57	8,66	1,52	2,73	5,23	102,00	160,00	271,00
	11	8,45	8,58	8,66	1,53	2,74	5,25	103,00	161,00	273,00
	12	8,46	8,58	8,65	1,54	2,75	5,27	103,00	162,00	275,00
	13	8,46	8,58	8,65	1,54	2,76	5,29	104,00	163,00	278,00
	14	8,47	8,58	8,65	1,55	2,76	5,30	104,00	164,00	280,00
	15	8,47	8,58	8,65	1,55	2,77	5,32	105,00	165,00	282,00
	16	8,47	8,58	8,65	1,56	2,78	5,34	105,00	166,00	284,00
	17	8,48	8,58	8,65	1,56	2,79	5,35	106,00	167,00	286,00
	18	8,48	8,59	8,65	1,57	2,80	5,37	106,00	168,00	289,00
9	1	8,48	8,59	8,65	1,57	2,81	5,40	107,00	169,00	292,00
	2	8,49	8,59	8,64	1,58	2,82	5,43	107,00	170,00	294,00
	3	8,49	8,59	8,64	1,59	2,84	5,46	108,00	171,00	297,00
	4	8,49	8,59	8,64	1,60	2,85	5,49	109,00	173,00	300,00
	5	8,49	8,59	8,64	1,61	2,87	5,52	109,00	174,00	303,00
	6	8,49	8,59	8,63	1,62	2,88	5,55	110,00	175,00	306,00
	7	8,49	8,58	8,63	1,63	2,89	5,58	110,00	176,00	308,00
	8	8,50	8,58	8,63	1,63	2,91	5,61	111,00	177,00	311,00
	9	8,50	8,58	8,63	1,64	2,92	5,63	112,00	178,00	313,00
	10	8,50	8,58	8,63	1,65	2,93	5,66	112,00	180,00	316,00
	11	8,50	8,58	8,62	1,66	2,95	5,69	113,00	181,00	318,00
	12	8,50	8,58	8,62	1,67	2,96	5,72	113,00	182,00	321,00
	13	8,50	8,58	8,62	1,67	2,97	5,74	114,00	183,00	323,00
	14	8,50	8,58	8,62	1,68	2,98	5,77	114,00	184,00	326,00
	15	8,39	8,46	8,52	1,74	3,12	6,20	112,00	183,00	336,00
	16	8,39	8,46	8,52	1,75	3,13	6,22	112,00	184,00	338,00
	17	8,40	8,47	8,53	1,75	3,14	6,24	113,00	185,00	340,00
10	1	8,39	8,47	8,52	1,76	3,15	6,26	113,00	186,00	342,00
	2	8,39	8,46	8,52	1,76	3,16	6,27	114,00	186,00	344,00
	3	8,39	8,46	8,51	1,77	3,17	6,29	114,00	187,00	346,00
	4	8,38	8,46	8,51	1,78	3,18	6,31	115,00	188,00	347,00
	5	8,38	8,45	8,51	1,78	3,19	6,33	115,00	189,00	349,00
	6	8,38	8,45	8,50	1,79	3,19	6,35	115,00	190,00	351,00
	7	8,38	8,45	8,50	1,80	3,20	6,36	116,00	190,00	353,00
	8	8,37	8,44	8,50	1,80	3,21	6,38	116,00	191,00	355,00
	9	8,37	8,44	8,50	1,80	3,22	6,40	117,00	192,00	356,00
	10	8,37	8,44	8,49	1,81	3,23	6,42	117,00	193,00	358,00
	11	8,37	8,44	8,49	1,81	3,24	6,43	117,00	194,00	360,00
	12	8,36	8,44	8,49	1,82	3,25	6,45	118,00	194,00	361,00
	13	8,36	8,43	8,49	1,83	3,26	6,46	118,00	195,00	363,00
	14	8,36	8,43	8,48	1,83	3,26	6,48	119,00	196,00	364,00
	15	8,36	8,43	8,48	1,83	3,27	6,50	119,00	196,00	366,00
	16	8,36	8,43	8,48	1,84	3,28	6,51	119,00	197,00	368,00
	17	8,35	8,42	8,48	1,85	3,29	6,53	120,00	198,00	369,00
11	1	8,37	8,44	8,49	1,85	3,30	6,56	120,00	199,00	371,00
	2	8,38	8,45	8,50	1,86	3,31	6,58	121,00	199,00	373,00
	3	8,39	8,46	8,52	1,87	3,32	6,61	121,00	200,00	375,00
	4	8,40	8,47	8,53	1,87	3,33	6,64	122,00	201,00	377,00
	5	8,41	8,48	8,54	1,88	3,34	6,67	122,00	202,00	379,00
	6	8,42	8,49	8,54	1,89	3,35	6,69	123,00	203,00	381,00
	7	8,42	8,50	8,55	1,89	3,36	6,72	123,00	203,00	383,00
	8	8,43	8,51	8,56	1,90	3,37	6,74	123,00	204,00	385,00
	9	8,44	8,51	8,57	1,91	3,39	6,77	124,00	205,00	387,00
	10	8,45	8,52	8,57	1,91	3,39	6,80	124,00	206,00	389,00
	11	8,46	8,53	8,58	1,92	3,41	6,82	125,00	207,00	391,00
	12	8,46	8,54	8,58	1,93	3,41	6,85	125,00	207,00	393,00
	13	8,47	8,54	8,59	1,93	3,43	6,87	126,00	208,00	395,00
	14	8,48	8,55	8,59	1,94	3,44	6,90	126,00	209,00	397,00
	15	8,49	8,55	8,59	1,94	3,44	6,93	126,00	210,00	399,00
	16	8,49	8,56	8,60	1,95	3,46	6,95	127,00	210,00	401,00
	17	8,50	8,56	8,60	1,96	3,46	6,97	127,00	211,00	403,00
	18	8,50	8,57	8,60	1,96	3,48	7,00	128,00	212,00	404,00
	19	8,51	8,57	8,60	1,97	3,48	7,02	128,00	212,00	406,00
	20	8,51	8,58	8,60	1,98	3,50	7,05	129,00	213,00	408,00

Continuação

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
12	1	8,52	8,58	8,61	1,98	3,50	7,07	129	214	411
	2	8,53	8,58	8,61	1,99	3,52	7,10	130	215	413
	3	8,53	8,59	8,61	2,00	3,52	7,12	130	216	416
	4	8,53	8,59	8,61	2,00	3,53	7,15	131	217	418
	5	8,54	8,59	8,61	2,01	3,54	7,17	132	218	421
	6	8,54	8,60	8,61	2,01	3,55	7,19	132	219	423
	7	8,55	8,60	8,61	2,02	3,56	7,22	133	221	426
	8	8,55	8,60	8,61	2,02	3,57	7,24	133	222	428
	9	8,56	8,60	8,61	2,03	3,58	7,26	134	223	431
	10	8,56	8,61	8,61	2,04	3,59	7,29	135	224	433
	11	8,56	8,61	8,61	2,04	3,60	7,31	135	225	436
	12	8,57	8,61	8,61	2,05	3,61	7,33	136	226	438
	13	8,57	8,61	8,61	2,05	3,61	7,36	136	227	441
	14	8,57	8,61	8,61	2,06	3,63	7,38	137	228	443
	15	8,58	8,61	8,61	2,06	3,63	7,40	138	229	446
	16	8,58	8,62	8,61	2,07	3,64	7,43	138	230	448
	17	8,58	8,62	8,61	2,07	3,65	7,45	139	231	450
	18	8,58	8,62	8,61	2,08	3,66	7,47	139	232	453
	19	8,59	8,62	8,61	2,09	3,67	7,49	140	233	455
	20	8,59	8,62	8,61	2,09	3,68	7,52	140	234	458
13	1	8,59	8,63	8,63	2,11	3,71	7,59	143	238	468
	2	8,60	8,64	8,67	2,13	3,74	7,66	146	243	479
	3	8,61	8,66	8,7	2,15	3,77	7,73	149	248	490
	4	8,62	8,67	8,73	2,17	3,80	7,80	151	253	501
	5	8,63	8,68	8,75	2,19	3,83	7,87	154	258	511
	6	8,63	8,69	8,76	2,20	3,86	7,94	157	263	522
	7	8,64	8,70	8,78	2,22	3,89	8,01	159	267	532
	8	8,65	8,71	8,79	2,24	3,93	8,08	162	272	543
	9	8,65	8,72	8,8	2,26	3,95	8,15	165	277	553
	10	8,66	8,72	8,8	2,27	3,98	8,22	167	281	564
	11	8,66	8,73	8,81	2,29	4,02	8,28	170	286	574
	12	8,67	8,74	8,81	2,31	4,04	8,35	173	291	584
	13	8,67	8,74	8,81	2,32	4,07	8,42	175	295	595
	14	8,68	8,75	8,82	2,34	4,10	8,48	178	300	605
	15	8,68	8,75	8,82	2,36	4,13	8,55	181	304	615
	16	8,68	8,75	8,82	2,37	4,16	8,62	183	309	625
	17	8,69	8,76	8,82	2,39	4,19	8,68	186	313	635
	18	8,69	8,76	8,82	2,41	4,22	8,75	188	318	645
	19	8,69	8,76	8,82	2,43	4,24	8,81	191	322	655
14	1	8,70	8,76	8,82	2,44	4,27	8,88	195	327	671
	2	8,70	8,77	8,82	2,46	4,30	8,94	199	332	687
	3	8,70	8,77	8,82	2,48	4,33	9,01	203	337	702
	4	8,70	8,77	8,82	2,49	4,35	9,07	207	342	718
	5	8,71	8,77	8,82	2,51	4,38	9,13	211	347	733
	6	8,71	8,77	8,82	2,52	4,41	9,20	215	351	749
	7	8,71	8,77	8,82	2,54	4,44	9,26	219	356	764
	8	8,71	8,77	8,82	2,56	4,46	9,32	223	361	779
	9	8,71	8,77	8,82	2,57	4,49	9,39	227	365	794
	10	8,72	8,77	8,82	2,59	4,52	9,44	230	370	809
	11	8,72	8,77	8,82	2,60	4,54	9,51	234	375	825
	12	8,72	8,77	8,82	2,62	4,57	9,57	238	379	840
	13	8,72	8,78	8,82	2,63	4,60	9,63	242	384	854
	14	8,72	8,78	8,82	2,65	4,62	9,69	246	388	869
	15	8,72	8,78	8,82	2,67	4,65	9,75	250	393	884
	16	8,72	8,78	8,82	2,68	4,67	9,81	253	398	899
	17	8,72	8,78	8,82	2,70	4,70	9,87	257	402	914
	18	8,72	8,78	8,82	2,71	4,72	9,93	261	407	928
	19	8,72	8,78	8,82	2,72	4,75	9,99	265	411	943

Tabela A 4 - Simulações para nitrito, nitrato e fósforo dissolvido

Trechos	Elemento	Nitrito (mg/L)			Nitrato (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
1	1	0,08	0,15	0,65	0,62	1,27	5,74	0,18	0,37	1,66
	2	0,08	0,16	0,60	0,64	1,31	5,54	0,19	0,39	1,65
	3	0,08	0,16	0,56	0,65	1,33	5,38	0,20	0,41	1,63
	4	0,08	0,16	0,52	0,67	1,36	5,25	0,21	0,43	1,62
	5	0,08	0,16	0,50	0,68	1,38	5,14	0,22	0,44	1,62
	6	0,08	0,16	0,47	0,70	1,40	5,05	0,23	0,46	1,61
	7	0,09	0,16	0,45	0,71	1,42	4,98	0,23	0,47	1,60
	8	0,09	0,16	0,44	0,72	1,44	4,91	0,24	0,48	1,60
	9	0,09	0,16	0,42	0,73	1,46	4,85	0,25	0,49	1,59
	10	0,09	0,16	0,41	0,74	1,47	4,80	0,25	0,50	1,59
	11	0,09	0,16	0,40	0,75	1,48	4,75	0,26	0,51	1,59
	12	0,09	0,16	0,39	0,75	1,50	4,71	0,26	0,52	1,58
	13	0,09	0,16	0,38	0,76	1,51	4,68	0,27	0,52	1,58
	14	0,09	0,16	0,37	0,77	1,52	4,64	0,27	0,53	1,58
	15	0,09	0,16	0,36	0,78	1,53	4,61	0,27	0,54	1,58
	16	0,09	0,16	0,36	0,78	1,54	4,59	0,28	0,54	1,57
	17	0,09	0,16	0,35	0,79	1,55	4,56	0,28	0,55	1,57
	18	0,09	0,16	0,34	0,80	1,56	4,54	0,29	0,55	1,57
2	1	0,09	0,15	0,33	0,80	1,57	4,55	0,29	0,55	1,57
	2	0,09	0,15	0,32	0,80	1,57	4,57	0,29	0,55	1,57
	3	0,09	0,15	0,30	0,80	1,57	4,58	0,29	0,55	1,57
	4	0,08	0,14	0,29	0,80	1,58	4,59	0,29	0,55	1,57
	5	0,08	0,14	0,28	0,81	1,58	4,61	0,29	0,55	1,57
	6	0,08	0,13	0,27	0,81	1,59	4,62	0,29	0,55	1,57
	7	0,08	0,13	0,25	0,81	1,59	4,63	0,29	0,55	1,57
	8	0,08	0,12	0,24	0,81	1,60	4,64	0,29	0,55	1,57
	9	0,07	0,12	0,23	0,81	1,60	4,66	0,29	0,55	1,57
	10	0,07	0,12	0,22	0,82	1,61	4,67	0,29	0,55	1,57
3	1	0,02	0,03	0,07	0,31	0,61	1,33	0,04	0,09	0,20
	2	0,02	0,03	0,06	0,31	0,61	1,34	0,04	0,09	0,20
	3	0,02	0,02	0,05	0,31	0,62	1,35	0,04	0,09	0,20
	4	0,01	0,02	0,04	0,32	0,62	1,36	0,04	0,09	0,20
4	1	0,02	0,04	0,07	0,49	0,97	2,09	0,04	0,10	0,23
	2	0,03	0,05	0,11	0,16	0,34	0,79	0,05	0,10	0,23
	3	0,03	0,05	0,09	0,20	0,42	0,96	0,05	0,10	0,23
	4	0,03	0,05	0,08	0,23	0,49	1,13	0,05	0,10	0,23
	5	0,03	0,04	0,07	0,27	0,55	1,28	0,05	0,11	0,24
	6	0,02	0,03	0,06	0,22	0,43	0,94	0,03	0,06	0,12
	7	0,02	0,03	0,06	0,24	0,46	1,00	0,03	0,06	0,12
	8	0,02	0,03	0,05	0,25	0,48	1,05	0,03	0,06	0,13
	9	0,02	0,03	0,05	0,26	0,51	1,10	0,03	0,06	0,13
	10	0,02	0,03	0,05	0,27	0,53	1,15	0,03	0,06	0,13
	11	0,02	0,03	0,04	0,28	0,55	1,20	0,03	0,06	0,13
	12	0,02	0,03	0,04	0,30	0,57	1,25	0,03	0,06	0,13
	13	0,02	0,03	0,04	0,31	0,60	1,30	0,03	0,06	0,14
	14	0,02	0,03	0,04	0,32	0,62	1,35	0,03	0,06	0,14
	15	0,02	0,03	0,04	0,33	0,64	1,39	0,03	0,06	0,14
	16	0,02	0,02	0,04	0,34	0,66	1,44	0,03	0,07	0,14
	17	0,02	0,02	0,03	0,35	0,68	1,48	0,03	0,07	0,14
	18	0,02	0,02	0,03	0,36	0,70	1,53	0,03	0,07	0,15
5	1	0,02	0,03	0,04	0,37	0,72	1,57	0,03	0,07	0,15
	2	0,02	0,03	0,04	0,38	0,75	1,62	0,04	0,07	0,15
	3	0,02	0,03	0,05	0,39	0,77	1,68	0,04	0,07	0,15
	4	0,02	0,03	0,05	0,41	0,80	1,73	0,04	0,07	0,15
	5	0,02	0,04	0,05	0,42	0,82	1,79	0,04	0,07	0,15
	6	0,02	0,04	0,05	0,43	0,85	1,85	0,04	0,07	0,16
	7	0,03	0,04	0,05	0,44	0,88	1,90	0,04	0,07	0,16
	8	0,03	0,04	0,05	0,46	0,90	1,96	0,04	0,07	0,16
	9	0,03	0,04	0,05	0,47	0,93	2,01	0,04	0,07	0,16
	10	0,03	0,04	0,05	0,48	0,95	2,07	0,04	0,08	0,16
	11	0,03	0,04	0,05	0,49	0,98	2,12	0,04	0,08	0,17
	12	0,03	0,04	0,05	0,51	1,00	2,17	0,04	0,08	0,17
	13	0,03	0,04	0,05	0,52	1,03	2,23	0,04	0,08	0,17
	14	0,03	0,04	0,05	0,53	1,05	2,28	0,04	0,08	0,17
	15	0,03	0,04	0,05	0,54	1,08	2,33	0,04	0,08	0,17
	16	0,03	0,04	0,05	0,56	1,10	2,38	0,04	0,08	0,17
	17	0,03	0,04	0,05	0,57	1,13	2,43	0,04	0,08	0,18
	18	0,03	0,04	0,05	0,58	1,15	2,49	0,04	0,08	0,18
	19	0,03	0,04	0,05	0,59	1,17	2,54	0,04	0,08	0,18
6	1	0,03	0,04	0,05	0,60	1,20	2,59	0,04	0,08	0,18
	2	0,03	0,04	0,05	0,60	1,20	2,58	0,04	0,09	0,18
	3	0,03	0,04	0,05	0,60	1,20	2,57	0,04	0,09	0,18
	4	0,04	0,05	0,05	0,60	1,19	2,57	0,04	0,09	0,18
	5	0,04	0,05	0,06	0,60	1,19	2,56	0,04	0,09	0,19
	6	0,04	0,05	0,06	0,60	1,19	2,56	0,04	0,09	0,19
	7	0,04	0,05	0,06	0,60	1,19	2,55	0,04	0,09	0,19
	8	0,04	0,05	0,06	0,60	1,19	2,55	0,05	0,09	0,19
	9	0,05	0,06	0,06	0,60	1,19	2,54	0,05	0,09	0,19
	10	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,54	0,05	0,09	0,19
	11	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,54	0,05	0,09	0,19
	12	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,53	0,05	0,09	0,19
	13	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,53	0,05	0,09	0,19
	14	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,53	0,05	0,09	0,19
	15	0,05	0,06	0,07	0,61	1,19	2,53	0,05	0,09	0,19
	16	0,06	0,07	0,07	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	17	0,06	0,07	0,07	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	18	0,06	0,07	0,08	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20

Continuação

Trechos	Elemento	Nitrito (mg/L)			Nitrito (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
7	1	0,06	0,07	0,08	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	2	0,06	0,07	0,08	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	3	0,06	0,07	0,08	0,61	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	4	0,06	0,07	0,08	0,62	1,19	2,52	0,05	0,09	0,20
	5	0,06	0,07	0,08	0,62	1,19	2,52	0,05	0,10	0,20
	6	0,06	0,07	0,08	0,62	1,19	2,52	0,05	0,10	0,20
	7	0,06	0,08	0,08	0,62	1,19	2,52	0,05	0,10	0,20
	8	0,07	0,08	0,08	0,62	1,19	2,53	0,05	0,10	0,20
	9	0,07	0,08	0,08	0,62	1,19	2,53	0,05	0,10	0,20
	10	0,07	0,08	0,08	0,62	1,20	2,53	0,05	0,10	0,20
	11	0,07	0,08	0,08	0,62	1,20	2,53	0,05	0,10	0,21
	12	0,07	0,08	0,08	0,62	1,20	2,53	0,05	0,10	0,21
	13	0,07	0,08	0,08	0,63	1,20	2,53	0,05	0,10	0,21
	14	0,07	0,08	0,09	0,63	1,20	2,54	0,05	0,10	0,21
	15	0,07	0,08	0,09	0,63	1,20	2,54	0,05	0,10	0,21
	16	0,07	0,08	0,09	0,63	1,20	2,54	0,05	0,10	0,21
	17	0,07	0,08	0,09	0,63	1,21	2,54	0,05	0,10	0,21
	18	0,07	0,08	0,09	0,63	1,21	2,54	0,05	0,10	0,21
8	1	0,07	0,08	0,09	0,63	1,21	2,55	0,05	0,10	0,21
	2	0,07	0,08	0,09	0,64	1,21	2,55	0,05	0,10	0,21
	3	0,07	0,08	0,09	0,64	1,21	2,55	0,05	0,10	0,21
	4	0,07	0,08	0,09	0,64	1,21	2,56	0,05	0,10	0,21
	5	0,07	0,08	0,09	0,64	1,22	2,56	0,05	0,10	0,21
	6	0,07	0,08	0,09	0,64	1,22	2,56	0,05	0,10	0,21
	7	0,08	0,08	0,09	0,64	1,22	2,57	0,05	0,10	0,21
	8	0,08	0,09	0,09	0,65	1,22	2,57	0,05	0,10	0,21
	9	0,08	0,09	0,09	0,65	1,23	2,57	0,05	0,10	0,21
	10	0,08	0,09	0,09	0,65	1,23	2,58	0,05	0,10	0,22
	11	0,08	0,09	0,09	0,65	1,23	2,58	0,06	0,10	0,22
	12	0,08	0,09	0,09	0,65	1,23	2,58	0,06	0,10	0,22
	13	0,08	0,09	0,09	0,65	1,23	2,59	0,06	0,10	0,22
	14	0,08	0,09	0,09	0,66	1,24	2,59	0,06	0,10	0,22
	15	0,08	0,09	0,09	0,66	1,24	2,59	0,06	0,11	0,22
	16	0,08	0,09	0,09	0,66	1,24	2,60	0,06	0,11	0,22
	17	0,08	0,09	0,09	0,66	1,24	2,60	0,06	0,11	0,22
	18	0,08	0,09	0,09	0,66	1,24	2,60	0,06	0,11	0,22
9	1	0,08	0,09	0,09	0,66	1,25	2,61	0,06	0,11	0,22
	2	0,08	0,09	0,09	0,66	1,25	2,61	0,06	0,11	0,22
	3	0,08	0,09	0,09	0,67	1,25	2,62	0,06	0,11	0,22
	4	0,08	0,09	0,09	0,67	1,25	2,62	0,06	0,11	0,22
	5	0,08	0,09	0,09	0,67	1,26	2,62	0,06	0,11	0,22
	6	0,08	0,09	0,09	0,67	1,26	2,63	0,06	0,11	0,22
	7	0,08	0,09	0,09	0,67	1,26	2,63	0,06	0,11	0,22
	8	0,08	0,09	0,09	0,67	1,26	2,63	0,06	0,11	0,22
	9	0,08	0,09	0,09	0,68	1,26	2,64	0,06	0,11	0,22
	10	0,08	0,09	0,09	0,68	1,27	2,64	0,06	0,11	0,22
	11	0,08	0,09	0,09	0,68	1,27	2,65	0,06	0,11	0,23
	12	0,08	0,09	0,09	0,68	1,27	2,65	0,06	0,11	0,23
	13	0,08	0,09	0,09	0,68	1,27	2,65	0,06	0,11	0,23
	14	0,08	0,09	0,09	0,68	1,28	2,66	0,06	0,11	0,23
	15	0,07	0,08	0,09	0,64	1,19	2,52	0,06	0,11	0,23
	16	0,07	0,08	0,09	0,64	1,19	2,52	0,06	0,10	0,22
	17	0,07	0,08	0,09	0,64	1,19	2,53	0,06	0,10	0,22
	18	0,07	0,08	0,09	0,64	1,20	2,53	0,06	0,10	0,22
10	1	0,07	0,08	0,09	0,64	1,20	2,54	0,06	0,10	0,22
	2	0,07	0,08	0,09	0,64	1,20	2,54	0,06	0,10	0,22
	3	0,07	0,08	0,09	0,64	1,20	2,54	0,06	0,10	0,22
	4	0,07	0,08	0,09	0,65	1,20	2,55	0,06	0,10	0,22
	5	0,07	0,08	0,09	0,65	1,21	2,55	0,06	0,10	0,22
	6	0,07	0,08	0,09	0,65	1,21	2,56	0,06	0,10	0,22
	7	0,07	0,08	0,09	0,65	1,21	2,56	0,06	0,11	0,22
	8	0,07	0,08	0,09	0,65	1,21	2,56	0,06	0,11	0,22
	9	0,07	0,08	0,09	0,66	1,22	2,57	0,06	0,11	0,22
	10	0,07	0,08	0,09	0,66	1,22	2,57	0,06	0,11	0,22
	11	0,07	0,08	0,09	0,66	1,22	2,58	0,06	0,11	0,22
	12	0,07	0,08	0,09	0,66	1,22	2,58	0,06	0,11	0,22
	13	0,07	0,08	0,09	0,66	1,23	2,59	0,06	0,11	0,22
	14	0,07	0,08	0,09	0,67	1,23	2,59	0,06	0,11	0,22
	15	0,07	0,08	0,08	0,67	1,23	2,60	0,06	0,11	0,22
	16	0,07	0,08	0,08	0,67	1,23	2,60	0,06	0,11	0,22
	17	0,07	0,08	0,08	0,67	1,24	2,60	0,06	0,11	0,22
	11	1	0,07	0,08	0,08	0,67	1,24	2,61	0,06	0,11
2		0,07	0,08	0,08	0,67	1,24	2,62	0,06	0,11	0,23
3		0,07	0,08	0,08	0,68	1,25	2,63	0,06	0,11	0,23
4		0,07	0,08	0,08	0,68	1,25	2,64	0,06	0,11	0,23
5		0,07	0,08	0,08	0,68	1,25	2,65	0,06	0,11	0,23
6		0,07	0,08	0,08	0,68	1,26	2,66	0,06	0,11	0,23
7		0,07	0,08	0,08	0,69	1,26	2,66	0,06	0,11	0,23
8		0,07	0,08	0,07	0,69	1,26	2,67	0,06	0,11	0,23
9		0,07	0,07	0,07	0,69	1,27	2,68	0,06	0,11	0,23
10		0,07	0,07	0,07	0,69	1,27	2,69	0,06	0,11	0,23
11		0,07	0,07	0,07	0,69	1,27	2,70	0,06	0,11	0,23
12		0,07	0,07	0,07	0,70	1,28	2,71	0,06	0,11	0,23
13		0,07	0,07	0,07	0,70	1,28	2,71	0,06	0,11	0,23
14		0,07	0,07	0,07	0,70	1,28	2,72	0,06	0,11	0,24
15		0,06	0,07	0,07	0,70	1,29	2,73	0,06	0,11	0,24
16		0,06	0,07	0,07	0,70	1,29	2,74	0,06	0,11	0,24
17		0,06	0,07	0,07	0,71	1,29	2,75	0,06	0,11	0,24
18		0,06	0,07	0,07	0,71	1,30	2,76	0,06	0,11	0,24
19	0,06	0,07	0,06	0,71	1,30	2,76	0,06	0,11	0,24	
20	0,06	0,07	0,06	0,71	1,30	2,77	0,06	0,11	0,24	

Continuação

Trechos	Elemento	Nitrito (mg/L)			Nitrato (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
12	1	0,06	0,07	0,06	0,71	1,30	2,78	0,06	0,11	0,24
	2	0,06	0,07	0,06	0,72	1,31	2,79	0,06	0,11	0,24
	3	0,06	0,07	0,06	0,72	1,31	2,80	0,06	0,11	0,24
	4	0,06	0,07	0,06	0,72	1,31	2,80	0,06	0,12	0,24
	5	0,06	0,06	0,06	0,72	1,32	2,81	0,06	0,12	0,24
	6	0,06	0,06	0,06	0,72	1,32	2,82	0,06	0,12	0,24
	7	0,06	0,06	0,06	0,73	1,32	2,83	0,06	0,12	0,25
	8	0,06	0,06	0,06	0,73	1,33	2,84	0,06	0,12	0,25
	9	0,06	0,06	0,06	0,73	1,33	2,84	0,06	0,12	0,25
	10	0,06	0,06	0,06	0,73	1,33	2,85	0,06	0,12	0,25
	11	0,06	0,06	0,06	0,73	1,34	2,86	0,06	0,12	0,25
	12	0,06	0,06	0,06	0,74	1,34	2,87	0,06	0,12	0,25
	13	0,06	0,06	0,06	0,74	1,34	2,87	0,06	0,12	0,25
	14	0,06	0,06	0,05	0,74	1,34	2,88	0,07	0,12	0,25
	15	0,06	0,06	0,05	0,74	1,35	2,89	0,07	0,12	0,25
	16	0,06	0,06	0,05	0,74	1,35	2,90	0,07	0,12	0,25
	17	0,05	0,06	0,05	0,75	1,35	2,91	0,07	0,12	0,25
	18	0,05	0,06	0,05	0,75	1,36	2,91	0,07	0,12	0,25
	19	0,05	0,06	0,05	0,75	1,36	2,92	0,07	0,12	0,25
	20	0,05	0,06	0,05	0,75	1,36	2,93	0,07	0,12	0,26
13	1	0,05	0,06	0,05	0,75	1,37	2,94	0,07	0,12	0,26
	2	0,05	0,06	0,05	0,76	1,37	2,94	0,07	0,12	0,26
	3	0,05	0,05	0,05	0,76	1,37	2,95	0,07	0,12	0,26
	4	0,05	0,05	0,05	0,76	1,37	2,96	0,07	0,12	0,26
	5	0,05	0,05	0,04	0,76	1,38	2,97	0,07	0,12	0,26
	6	0,05	0,05	0,04	0,76	1,38	2,97	0,07	0,12	0,26
	7	0,05	0,05	0,04	0,77	1,38	2,98	0,07	0,12	0,26
	8	0,04	0,05	0,04	0,77	1,39	2,99	0,07	0,12	0,26
	9	0,04	0,05	0,04	0,77	1,39	2,99	0,07	0,12	0,26
	10	0,04	0,05	0,04	0,77	1,39	3,00	0,07	0,12	0,26
	11	0,04	0,04	0,04	0,77	1,39	3,00	0,07	0,12	0,26
	12	0,04	0,04	0,04	0,77	1,39	3,01	0,07	0,12	0,27
	13	0,04	0,04	0,04	0,77	1,40	3,02	0,07	0,12	0,27
	14	0,04	0,04	0,04	0,78	1,40	3,02	0,07	0,12	0,27
	15	0,04	0,04	0,03	0,78	1,40	3,03	0,07	0,12	0,27
	16	0,04	0,04	0,03	0,78	1,40	3,03	0,07	0,13	0,27
	17	0,04	0,04	0,03	0,78	1,40	3,04	0,07	0,13	0,27
	18	0,03	0,04	0,03	0,78	1,40	3,04	0,07	0,13	0,27
	19	0,03	0,04	0,03	0,78	1,41	3,04	0,07	0,13	0,27
14	1	0,03	0,03	0,03	0,78	1,41	3,05	0,07	0,13	0,27
	2	0,03	0,03	0,03	0,78	1,41	3,05	0,07	0,13	0,27
	3	0,03	0,03	0,03	0,78	1,41	3,06	0,07	0,13	0,27
	4	0,03	0,03	0,03	0,79	1,41	3,06	0,07	0,13	0,27
	5	0,03	0,03	0,03	0,79	1,41	3,06	0,07	0,13	0,28
	6	0,03	0,03	0,03	0,79	1,41	3,07	0,07	0,13	0,28
	7	0,03	0,03	0,03	0,79	1,42	3,07	0,07	0,13	0,28
	8	0,03	0,03	0,02	0,79	1,42	3,07	0,07	0,13	0,28
	9	0,03	0,03	0,02	0,79	1,42	3,08	0,07	0,13	0,28
	10	0,03	0,03	0,02	0,79	1,42	3,08	0,07	0,13	0,28
	11	0,03	0,03	0,02	0,79	1,42	3,08	0,07	0,13	0,28
	12	0,03	0,03	0,02	0,79	1,42	3,08	0,07	0,13	0,28
	13	0,02	0,03	0,02	0,79	1,42	3,09	0,07	0,13	0,28
	14	0,02	0,03	0,02	0,79	1,42	3,09	0,07	0,13	0,28
	15	0,02	0,02	0,02	0,79	1,42	3,09	0,07	0,13	0,28
	16	0,02	0,02	0,02	0,79	1,42	3,09	0,07	0,13	0,28
	17	0,02	0,02	0,02	0,79	1,42	3,10	0,07	0,13	0,28
	18	0,02	0,02	0,02	0,79	1,42	3,10	0,07	0,13	0,29
	19	0,02	0,02	0,02	0,79	1,42	3,10	0,07	0,13	0,29

A.5 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARA VAZÕES COM IRRIGAÇÃO

Tabela A 5 - Simulações para OD, DBO e coliformes termotolerantes

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
1	1	2,7	1,6	0	39,83	66,40	122,38	23700	45500	55600
	2	3,0	2,0	0,11	28,97	47,94	90,80	16000	30300	38700
	3	3,4	2,7	0,92	23,52	38,85	74,34	12100	22800	29900
	4	3,8	3,2	1,63	20,25	33,47	64,27	9790	18300	24400
	5	4,2	3,6	2,2	18,06	29,90	57,47	8230	15300	20700
	6	4,5	4,0	2,66	16,50	27,36	52,58	7110	13200	18000
	7	4,7	4,3	3,04	15,34	25,47	48,89	6280	11600	16000
	8	4,9	4,5	3,35	14,43	23,99	46,00	5630	10400	14400
	9	5,1	4,7	3,61	13,70	22,81	43,68	5110	9440	13200
	10	5,3	4,9	3,84	13,10	21,84	41,76	4680	8650	12100
	11	5,4	5,1	4,04	12,61	21,04	40,16	4330	7980	11300
	12	5,5	5,2	4,21	12,18	20,35	38,79	4030	7420	10500
	13	5,7	5,3	4,37	11,82	19,75	37,61	3770	6940	9890
	14	5,8	5,4	4,51	11,50	19,24	36,58	3550	6530	9340
	15	5,9	5,5	4,64	11,22	18,79	35,66	3350	6160	8860
	16	5,9	5,6	4,75	10,97	18,39	34,85	3180	5840	8440
	17	6,0	5,7	4,86	10,75	18,02	34,12	3030	5560	8060
	18	6,1	5,8	4,96	10,55	17,70	33,46	2890	5300	7730
2	1	6,4	6,1	5,53	10,42	17,42	32,73	2730	4920	6970
	2	6,5	6,4	6,1	10,30	17,17	32,10	2580	4590	6350
	3	6,7	6,6	6,42	10,18	16,90	31,46	2440	4260	5780
	4	6,8	6,8	6,59	10,06	16,63	30,81	2300	3950	5230
	5	6,9	6,9	6,68	9,93	16,36	30,14	2160	3650	4720
	6	7,0	6,9	6,72	9,80	16,07	29,46	2030	3360	4250
	7	7,0	7,0	6,72	9,67	15,78	28,76	1910	3080	3800
	8	7,1	7,0	6,71	9,54	15,47	28,05	1790	2800	3370
	9	7,1	6,9	6,67	9,40	15,15	27,30	1670	2540	2970
	10	7,1	6,9	6,6	9,27	14,80	26,51	1560	2280	2600
3	1	8,4	8,9	8,88	1,21	3,66	13,18	475	873	3020
	2	8,1	8,2	6,48	1,20	3,63	13,03	462	841	2850
	3	7,7	7,4	3,79	1,19	3,61	12,85	448	808	2680
	4	7,4	6,6	1,21	1,19	3,58	12,70	437	780	2530
4	1	5,8	4,2	0	9,22	12,54	38,29	793	1240	3360
	2	4,3	3,9	0	1,14	5,61	10,14	616	2810	4880
	3	4,4	3,4	0	1,52	7,20	13,03	599	2540	4230
	4	4,4	2,9	0	1,90	8,69	15,76	583	2300	3690
	5	4,4	2,3	0	2,26	10,10	18,35	568	2100	3250
	6	7,5	4,9	0	0,78	13,17	20,30	230	2240	3170
	7	7,6	4,3	0	0,85	13,69	21,11	228	2090	2900
	8	7,6	3,6	0	0,93	14,18	21,90	227	1950	2660
	9	7,6	3,0	0	1,00	14,66	22,67	225	1820	2440
	10	7,6	2,4	0	1,07	15,13	23,41	224	1700	2250
	11	7,6	1,8	0	1,14	15,57	24,12	223	1600	2080
	12	7,6	1,2	0	1,21	16,00	24,82	221	1500	1920
	13	7,6	0,6	0	1,28	16,42	25,50	220	1420	1790
	14	7,6	0,0	0	1,35	16,81	26,15	219	1340	1670
	15	7,6	0,0	0	1,42	17,20	26,78	217	1270	1560
	16	7,6	0,0	0	1,49	17,57	27,40	216	1200	1460
	17	7,6	0,0	0	1,56	17,94	28,00	215	1140	1380
	18	7,6	0,0	0	1,63	18,28	28,57	214	1090	1300
	19	7,6	0,0	0	1,69	18,61	29,13	213	1040	1240
5	1	7,5	0,0	0	1,72	18,26	28,40	207	910	1050
	2	7,5	0,0	0	1,73	17,65	27,11	198	747	817
	3	7,5	0,0	0	1,75	17,07	25,92	190	618	648
	4	7,4	0,0	0	1,76	16,52	24,81	182	517	523
	5	7,4	0,0	0	1,78	16,01	23,77	175	437	429
	6	7,3	0,0	0	1,80	15,53	22,80	168	374	360
	7	7,3	0,0	0	1,81	15,07	21,90	162	324	309
	8	7,2	0,0	0	1,83	14,64	21,06	156	284	271
	9	7,2	0,0	0	1,84	14,23	20,28	150	253	242,00
	10	7,1	0,0	0	1,85	13,84	19,55	145	228	221,00
	11	7,1	0,0	0	1,87	13,48	18,86	140	209	205,00
	12	7,0	0,0	0	1,88	13,13	18,22	135	193	193,00
	13	7,0	0,0	0	1,90	12,80	17,63	131	181	184,00
	14	7,0	0,0	0	1,91	12,49	17,07	126	171	178,00
	15	6,9	0,0	0	1,93	12,20	16,56	122	163	173,00
	16	6,9	0,0	0	1,94	11,92	16,07	118	157	169,00
	17	6,8	0,0	0	1,95	11,66	15,62	115	152	166,00
	18	6,8	0,0	0	1,96	11,41	15,20	111	148	164,00
	19	6,7	0,0	0	1,98	11,17	14,80	108	145	162,00
6	1	7,1	2,2	0	1,98	10,89	14,37	105	142,00	162,00
	2	7,3	4,5	0	1,99	10,62	13,96	102	139,00	161,00
	3	7,4	6,0	2,38	1,99	10,36	13,59	98,7	137,00	160,00
	4	7,5	7,0	4,84	2,00	10,13	13,24	95,9	135,00	160,00
	5	7,6	7,7	6,37	2,00	9,90	12,91	93,3	133,00	159,00
	6	7,7	8,1	7,31	2,00	9,69	12,61	90,8	132,00	158,00
	7	7,8	8,4	7,89	2,01	9,49	12,33	88,4	131,00	158,00
	8	7,9	8,6	8,25	2,01	9,30	12,06	86,2	130,00	157,00
	9	8,0	8,7	8,47	2,02	9,12	11,82	84,2	129,00	157,00
	10	8,1	8,8	8,61	2,02	8,96	11,59	82,2	128,00	156,00
	11	8,1	8,8	8,69	2,02	8,80	11,37	80,4	127,00	156,00
	12	8,2	8,9	8,74	2,02	8,65	11,17	78,7	126,00	155,00
	13	8,3	8,9	8,77	2,03	8,50	10,98	77	125,00	155,00
	14	8,3	8,9	8,78	2,03	8,37	10,81	75,5	125,00	154,00
	15	8,3	8,9	8,79	2,04	8,24	10,64	74	124,00	154,00
	16	8,4	8,9	8,79	2,04	8,11	10,49	72,7	123,00	154,00
	17	8,4	8,9	8,79	2,04	8,00	10,34	71,4	123,00	153,00
	18	8,5	8,9	8,79	2,04	7,89	10,20	70,2	122,00	153,00

Continuação

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
7	1	8,5	8,9	8,78	2,04	7,78	10,07	71,2	136,00	177,00
	2	8,5	8,9	8,78	2,05	7,68	9,96	72,2	149,00	198,00
	3	8,5	8,9	8,77	2,05	7,59	9,84	73,2	160,00	217,00
	4	8,6	8,9	8,76	2,05	7,50	9,73	74,1	170,00	233,00
	5	8,6	8,9	8,76	2,06	7,41	9,63	75	179,00	247,00
	6	8,6	8,9	8,75	2,06	7,32	9,54	75,9	187,00	260,00
	7	8,6	8,9	8,75	2,06	7,24	9,44	76,7	194,00	271,00
	8	8,6	8,9	8,74	2,06	7,17	9,36	77,5	200,00	280,00
	9	8,7	8,9	8,74	2,06	7,09	9,28	78,3	206,00	288,00
	10	8,7	8,8	8,73	2,06	7,03	9,20	79,1	211,00	296,00
	11	8,7	8,8	8,73	2,07	6,96	9,13	79,8	216,00	302,00
	12	8,7	8,8	8,72	2,07	6,89	9,06	80,5	220,00	308,00
	13	8,7	8,8	8,72	2,07	6,83	8,99	81,2	224,00	313,00
	14	8,7	8,8	8,71	2,07	6,78	8,93	81,8	227,00	317,00
	15	8,7	8,8	8,71	2,07	6,72	8,86	82,5	230,00	320,00
	16	8,7	8,8	8,7	2,07	6,66	8,81	83,1	232,00	324,00
	17	8,7	8,8	8,7	2,07	6,61	8,75	83,7	235,00	326,00
	18	8,7	8,8	8,69	2,07	6,56	8,70	84,3	237,00	329,00
8	1	8,7	8,81	8,69	2,07	6,51	8,65	84,80	239,00	331,00
	2	8,75	8,80	8,68	2,08	6,46	8,60	85,40	240,00	332,00
	3	8,75	8,80	8,68	2,08	6,42	8,56	85,90	242,00	334,00
	4	8,76	8,80	8,68	2,08	6,37	8,51	86,40	243,00	335,00
	5	8,76	8,79	8,67	2,08	6,33	8,47	86,80	244,00	336,00
	6	8,76	8,79	8,67	2,08	6,29	8,43	87,30	245,00	336,00
	7	8,77	8,79	8,66	2,08	6,25	8,39	87,80	245,00	337,00
	8	8,77	8,78	8,66	2,08	6,21	8,35	88,20	246,00	337,00
	9	8,77	8,78	8,66	2,08	6,18	8,31	88,60	246,00	338,00
	10	8,77	8,78	8,65	2,08	6,14	8,28	89,00	247,00	338,00
	11	8,78	8,77	8,65	2,09	6,11	8,24	89,40	247,00	338,00
	12	8,78	8,77	8,65	2,09	6,07	8,21	89,80	247,00	338,00
	13	8,78	8,77	8,64	2,09	6,04	8,18	90,10	248,00	338,00
	14	8,78	8,77	8,64	2,09	6,01	8,15	90,50	248,00	338,00
	15	8,78	8,76	8,63	2,09	5,98	8,12	90,80	248,00	338,00
	16	8,78	8,76	8,63	2,09	5,95	8,09	91,10	248,00	338,00
	17	8,78	8,76	8,63	2,09	5,92	8,06	91,40	248,00	337,00
	18	8,78	8,76	8,63	2,09	5,89	8,03	91,70	248,00	337,00
9	1	8,8	8,7	8,56	2,11	6,01	8,32	93,3	259,00	359,00
	2	8,8	8,7	8,52	2,13	6,23	8,83	95,6	278,00	400,00
	3	8,8	8,7	8,49	2,16	6,44	9,32	97,9	298,00	440,00
	4	8,7	8,6	8,47	2,19	6,65	9,81	100	316,00	479,00
	5	8,7	8,6	8,46	2,21	6,85	10,29	102	335,00	517,00
	6	8,7	8,6	8,45	2,23	7,06	10,76	105	353,00	555,00
	7	8,7	8,6	8,44	2,26	7,25	11,23	107	371,00	593,00
	8	8,7	8,6	8,43	2,28	7,45	11,69	109	388,00	630,00
	9	8,7	8,6	8,42	2,31	7,64	12,15	111	405,00	666,00
	10	8,7	8,6	8,42	2,33	7,83	12,60	113	422,00	701,00
	11	8,7	8,6	8,41	2,35	8,01	13,04	115	438,00	737,00
	12	8,7	8,6	8,41	2,38	8,19	13,48	117	454,00	771,00
	13	8,7	8,6	8,4	2,40	8,37	13,91	119	470,00	805,00
	14	8,7	8,6	8,4	2,43	8,55	14,33	121	486,00	839,00
	15	8,6	8,5	8,32	2,56	10,95	19,28	140	574,00	1010,00
	16	8,6	8,5	8,33	2,58	11,08	19,59	142	586,00	1030,00
	17	8,6	8,5	8,34	2,60	11,20	19,89	144	598,00	1060,00
	10	1	8,6	8,5	8,33	2,62	11,33	20,20	145	609,00
2		8,6	8,5	8,33	2,64	11,45	20,50	147	621,00	1110,00
3		8,6	8,5	8,33	2,66	11,57	20,80	149	632,00	1130,00
4		8,6	8,5	8,33	2,69	11,69	21,10	150	643,00	1160,00
5		8,6	8,5	8,32	2,70	11,81	21,39	152	653,00	1180,00
6		8,6	8,5	8,32	2,72	11,93	21,68	154	664,00	1200,00
7		8,6	8,5	8,32	2,74	12,04	21,96	155	674,00	1230,00
8		8,6	8,4	8,31	2,76	12,15	22,24	157	685,00	1250,00
9		8,6	8,4	8,31	2,78	12,26	22,52	159	695,00	1270,00
10		8,6	8,4	8,31	2,80	12,37	22,80	160	704,00	1300,00
11		8,6	8,4	8,31	2,82	12,48	23,07	162	714,00	1320,00
12		8,5	8,4	8,3	2,83	12,59	23,34	163	724,00	1340,00
13		8,5	8,4	8,3	2,85	12,69	23,61	165	733,00	1360,00
14		8,5	8,4	8,3	2,87	12,79	23,87	166	742,00	1380,00
15		8,5	8,4	8,3	2,89	12,89	24,13	168	751,00	1400,00
16		8,5	8,4	8,29	2,91	13,00	24,39	169	760,00	1420,00
17		8,5	8,4	8,29	2,93	13,09	24,64	170	769,00	1440,00
11		1	8,5	8,5	8,3	2,92	13,07	24,60	170	767,00
	2	8,5	8,5	8,31	2,92	13,06	24,57	170	765,00	1430,00
	3	8,6	8,5	8,32	2,91	13,04	24,53	169	762,00	1430,00
	4	8,6	8,5	8,33	2,91	13,02	24,49	169	760,00	1420,00
	5	8,6	8,5	8,34	2,91	13,00	24,45	168	758,00	1420,00
	6	8,6	8,5	8,35	2,91	12,98	24,41	168	756,00	1420,00
	7	8,6	8,5	8,36	2,90	12,96	24,37	168	754,00	1410,00
	8	8,6	8,5	8,37	2,90	12,94	24,34	167	752,00	1410,00
	9	8,6	8,5	8,37	2,89	12,93	24,30	167	749,00	1400,00
	10	8,6	8,6	8,38	2,89	12,91	24,26	166	747,00	1400,00
	11	8,6	8,6	8,39	2,89	12,89	24,22	166	745,00	1390,00
	12	8,6	8,6	8,39	2,89	12,87	24,19	166	743,00	1390,00
	13	8,7	8,6	8,4	2,88	12,85	24,15	165	741,00	1390,00
	14	8,7	8,6	8,4	2,88	12,83	24,11	165	739,00	1380,00
	15	8,7	8,6	8,41	2,87	12,81	24,07	164	736,00	1380,00
	16	8,7	8,6	8,42	2,87	12,80	24,04	164	734,00	1370,00
	17	8,7	8,6	8,42	2,87	12,78	24,00	164	732,00	1370,00
	18	8,7	8,6	8,43	2,86	12,76	23,96	163	730,00	1360,00
	19	8,7	8,6	8,43	2,86	12,74	23,93	163	728,00	1360,00
	20	8,7	8,6	8,44	2,86	12,72	23,89	162	726,00	1360,00

Continuação

Trechos	Elemento	OD calculado (mg/L)			DBO ₅ calculado (mg/L)			Coliformes Termotolerantes NMP/100ml		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
12	1	8,7	8,6	8,44	2,85	12,70	23,85	162	725,00	1350,00
	2	8,7	8,6	8,45	2,85	12,69	23,81	162	725,00	1350,00
	3	8,7	8,6	8,45	2,85	12,67	23,78	162	724,00	1350,00
	4	8,7	8,6	8,46	2,84	12,65	23,74	162	724,00	1350,00
	5	8,7	8,6	8,46	2,84	12,63	23,70	162	723,00	1350,00
	6	8,7	8,6	8,47	2,83	12,61	23,67	162	723,00	1350,00
	7	8,7	8,6	8,47	2,83	12,59	23,63	162	722,00	1350,00
	8	8,7	8,6	8,47	2,83	12,57	23,59	162	722,00	1350,00
	9	8,7	8,6	8,48	2,83	12,56	23,56	162	721,00	1350,00
	10	8,7	8,6	8,48	2,82	12,54	23,52	161	721,00	1350,00
	11	8,8	8,6	8,49	2,82	12,52	23,48	161	720,00	1340,00
	12	8,8	8,7	8,49	2,81	12,50	23,44	161	720,00	1340,00
	13	8,8	8,7	8,49	2,81	12,48	23,41	161	719,00	1340,00
	14	8,8	8,7	8,5	2,81	12,47	23,37	161	718,00	1340,00
	15	8,8	8,7	8,5	2,81	12,45	23,33	161	718,00	1340,00
	16	8,8	8,7	8,5	2,80	12,43	23,30	161	717,00	1340,00
	17	8,8	8,7	8,51	2,80	12,41	23,26	161	717,00	1340,00
	18	8,8	8,7	8,51	2,80	12,39	23,22	161	716,00	1340,00
	19	8,8	8,7	8,51	2,79	12,38	23,19	161	716,00	1340,00
	20	8,8	8,7	8,52	2,79	12,36	23,15	161	715,00	1330,00
13	1	8,8	8,7	8,69	2,78	12,34	23,11	160	715,00	1330,00
	2	8,8	8,8	8,82	2,78	12,32	23,07	160	714,00	1330,00
	3	8,8	8,9	8,86	2,78	12,30	23,04	160	714,00	1330,00
	4	8,8	8,9	8,88	2,77	12,28	23,00	160	713,00	1330,00
	5	8,8	8,9	8,88	2,77	12,26	22,96	160	713,00	1330,00
	6	8,8	8,9	8,88	2,77	12,24	22,92	160	712,00	1330,00
	7	8,8	8,9	8,88	2,76	12,22	22,88	160	711,00	1330,00
	8	8,9	8,9	8,88	2,76	12,20	22,85	160	711,00	1330,00
	9	8,9	8,9	8,88	2,76	12,19	22,81	160	710,00	1320,00
	10	8,9	8,9	8,88	2,75	12,17	22,77	159	710,00	1320,00
	11	8,9	8,9	8,88	2,75	12,15	22,73	159	709,00	1320,00
	12	8,9	8,9	8,88	2,74	12,13	22,69	159	709,00	1320,00
	13	8,9	8,9	8,89	2,74	12,11	22,65	159	708,00	1320,00
	14	8,9	8,9	8,89	2,74	12,09	22,61	159	707,00	1320,00
	15	8,9	8,9	8,89	2,73	12,07	22,58	159	707,00	1320,00
	16	8,9	8,9	8,89	2,73	12,05	22,54	159	706,00	1320,00
	17	8,9	8,9	8,89	2,72	12,03	22,50	159	706,00	1320,00
	18	8,9	8,9	8,89	2,72	12,01	22,46	159	705,00	1310,00
	19	8,9	8,9	8,89	2,72	11,99	22,43	158	705,00	1310,00
14	1	8,9	8,9	8,89	2,71	11,98	22,39	158	704,00	1310,00
	2	8,9	8,9	8,89	2,71	11,96	22,35	158	704,00	1310,00
	3	8,9	8,9	8,89	2,70	11,94	22,31	158	703,00	1310,00
	4	8,9	8,9	8,89	2,70	11,92	22,28	158	702,00	1310,00
	5	8,9	8,9	8,89	2,70	11,90	22,24	158	702,00	1310,00
	6	8,9	8,9	8,89	2,69	11,88	22,20	158	701,00	1310,00
	7	8,9	8,9	8,89	2,69	11,86	22,17	158	701,00	1310,00
	8	8,9	8,9	8,89	2,69	11,84	22,13	158	700,00	1300,00
	9	8,9	8,9	8,89	2,69	11,82	22,09	157	700,00	1300,00
	10	8,9	8,9	8,89	2,68	11,81	22,05	157	699,00	1300,00
	11	8,9	8,9	8,89	2,68	11,79	22,02	157	698,00	1300,00
	12	8,9	8,9	8,89	2,67	11,77	21,98	157	698,00	1300,00
	13	8,9	8,9	8,89	2,67	11,75	21,94	157	697,00	1300,00
	14	8,9	8,9	8,89	2,67	11,73	21,91	157	697,00	1300,00
	15	8,9	8,9	8,89	2,66	11,71	21,87	157	696,00	1300,00
	16	8,9	8,9	8,89	2,66	11,69	21,83	157	696,00	1300,00
	17	8,9	8,9	8,89	2,65	11,67	21,80	157	695,00	1290,00
	18	8,9	8,9	8,89	2,65	11,66	21,76	157	695,00	1290,00
	19	8,9	8,9	8,89	2,65	11,64	21,72	156	694,00	1290,00

Tabela A 6 - Simulações para nitrito, nitrato e fósforo dissolvido

Trechos	Elemento	Nitrito (mg/L)			Nitrato (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
1	1	0,70	1,30	2,34	6,04	11,66	21,98	1,75	3,37	6,34
	2	0,49	0,89	1,62	4,41	8,43	16,62	1,32	2,5	4,9
	3	0,39	0,69	1,25	3,59	6,82	13,78	1,1	2,07	4,15
	4	0,33	0,58	1,04	3,10	5,86	12,01	0,97	1,82	3,68
	5	0,29	0,50	0,9	2,76	5,23	10,81	0,88	1,64	3,36
	6	0,27	0,45	0,8	2,52	4,77	9,94	0,81	1,52	3,13
	7	0,24	0,41	0,72	2,35	4,43	9,27	0,77	1,43	2,96
	8	0,23	0,38	0,67	2,21	4,16	8,75	0,73	1,36	2,82
	9	0,22	0,36	0,62	2,10	3,95	8,33	0,7	1,3	2,71
	10	0,20	0,34	0,59	2,00	3,78	7,99	0,67	1,26	2,62
	11	0,20	0,32	0,56	1,93	3,63	7,70	0,65	1,22	2,55
	12	0,19	0,31	0,53	1,86	3,51	7,45	0,64	1,19	2,49
	13	0,18	0,30	0,51	1,81	3,40	7,24	0,62	1,16	2,43
	14	0,18	0,29	0,49	1,76	3,31	7,06	0,61	1,14	2,38
	15	0,17	0,28	0,48	1,72	3,23	6,90	0,6	1,11	2,34
	16	0,17	0,27	0,46	1,68	3,16	6,76	0,59	1,1	2,3
	17	0,16	0,26	0,45	1,65	3,10	6,63	0,58	1,08	2,27
	18	0,16	0,26	0,44	1,62	3,05	6,52	0,57	1,06	2,24
2	1	0,16	0,25	0,42	1,62	3,06	6,54	0,57	1,06	2,24
	2	0,15	0,24	0,4	1,63	3,06	6,56	0,57	1,06	2,24
	3	0,15	0,23	0,38	1,63	3,07	6,58	0,57	1,06	2,24
	4	0,14	0,22	0,36	1,64	3,08	6,60	0,57	1,06	2,24
	5	0,14	0,21	0,34	1,64	3,09	6,61	0,57	1,06	2,24
	6	0,13	0,20	0,32	1,64	3,10	6,63	0,57	1,06	2,24
	7	0,13	0,19	0,31	1,65	3,11	6,65	0,57	1,06	2,24
	8	0,13	0,19	0,29	1,65	3,12	6,67	0,57	1,06	2,24
	9	0,12	0,18	0,27	1,66	3,13	6,69	0,57	1,06	2,24
	10	0,12	0,17	0,25	1,66	3,14	6,70	0,57	1,06	2,24
3	1	0,03	0,04	0,14	0,41	0,73	2,71	0,07	0,09	0,37
	2	0,03	0,03	0,1	0,41	0,74	2,75	0,07	0,09	0,37
	3	0,02	0,03	0,07	0,42	0,74	2,78	0,07	0,09	0,37
	4	0,02	0,02	0,05	0,42	0,75	2,80	0,07	0,09	0,37
4	1	0,12	0,14	0,28	0,81	1,02	3,45	0,2	0,28	0,9
	2	0,08	0,31	0,5	0,21	0,97	1,80	0,14	0,67	1,22
	3	0,07	0,23	0,33	0,24	1,11	2,06	0,15	0,7	1,26
	4	0,06	0,17	0,24	0,26	1,22	2,25	0,15	0,72	1,3
	5	0,06	0,14	0,18	0,29	1,31	2,39	0,16	0,74	1,35
	6	0,03	0,21	0,29	0,26	3,02	4,64	0,05	0,56	0,86
	7	0,03	0,17	0,22	0,27	3,09	4,73	0,05	0,57	0,88
	8	0,03	0,14	0,17	0,27	3,14	4,81	0,05	0,59	0,9
	9	0,03	0,12	0,14	0,28	3,18	4,86	0,05	0,6	0,92
	10	0,02	0,10	0,12	0,28	3,21	4,91	0,05	0,61	0,94
	11	0,02	0,09	0,1	0,29	3,24	4,95	0,05	0,62	0,96
	12	0,02	0,08	0,09	0,29	3,27	4,99	0,06	0,63	0,98
	13	0,02	0,08	0,09	0,30	3,29	5,02	0,06	0,64	0,99
	14	0,02	0,07	0,08	0,30	3,31	5,05	0,06	0,65	1,01
	15	0,02	0,07	0,08	0,31	3,33	5,08	0,06	0,67	1,03
	16	0,02	0,07	0,08	0,31	3,35	5,11	0,06	0,68	1,05
	17	0,02	0,06	0,08	0,32	3,37	5,14	0,06	0,69	1,06
	18	0,02	0,06	0,08	0,32	3,39	5,17	0,06	0,7	1,08
5	1	0,02	0,06	0,08	0,33	3,41	5,19	0,06	0,71	1,1
	2	0,03	0,10	0,13	0,33	3,48	5,30	0,06	0,72	1,12
	3	0,03	0,11	0,13	0,35	3,69	5,63	0,07	0,74	1,16
	4	0,03	0,11	0,13	0,36	3,79	5,80	0,07	0,75	1,17
	5	0,04	0,11	0,13	0,37	3,89	5,96	0,07	0,77	1,19
	6	0,04	0,11	0,13	0,38	4,00	6,12	0,07	0,78	1,21
	7	0,04	0,11	0,13	0,39	4,10	6,28	0,07	0,79	1,23
	8	0,04	0,11	0,13	0,41	4,20	6,44	0,07	0,8	1,25
	9	0,04	0,11	0,13	0,42	4,31	6,60	0,07	0,81	1,27
	10	0,04	0,11	0,13	0,43	4,41	6,75	0,08	0,82	1,28
	11	0,04	0,11	0,13	0,44	4,51	6,91	0,08	0,83	1,30
	12	0,04	0,11	0,13	0,45	4,60	7,07	0,08	0,84	1,32
	13	0,04	0,11	0,13	0,46	4,70	7,22	0,08	0,85	1,34
	14	0,04	0,11	0,13	0,48	4,80	7,37	0,08	0,86	1,35
	15	0,04	0,11	0,13	0,49	4,90	7,53	0,08	0,87	1,37
	16	0,04	0,11	0,13	0,50	4,99	7,68	0,08	0,88	1,39
	17	0,04	0,11	0,12	0,51	5,09	7,83	0,08	0,89	1,41
	18	0,04	0,11	0,12	0,52	5,19	7,98	0,08	0,9	1,42
6	1	0,04	0,11	0,12	0,54	5,28	8,13	0,09	0,91	1,44
	2	0,04	0,07	0,08	0,54	5,30	8,19	0,09	0,91	1,45
	3	0,04	0,08	0,08	0,55	5,26	8,15	0,09	0,91	1,46
	4	0,04	0,08	0,08	0,55	5,22	8,11	0,09	0,91	1,46
	5	0,05	0,08	0,08	0,56	5,19	8,08	0,09	0,91	1,47
	6	0,05	0,09	0,08	0,56	5,16	8,05	0,09	0,91	1,48
	7	0,05	0,09	0,08	0,57	5,13	8,03	0,09	0,91	1,49
	8	0,05	0,09	0,08	0,57	5,11	8,01	0,09	0,91	1,50
	9	0,05	0,10	0,08	0,57	5,09	7,99	0,09	0,91	1,50
	10	0,05	0,10	0,08	0,58	5,07	7,98	0,09	0,91	1,51
	11	0,05	0,10	0,08	0,58	5,05	7,98	0,09	0,91	1,52
	12	0,05	0,10	0,09	0,59	5,04	7,97	0,09	0,91	1,53
	13	0,05	0,10	0,09	0,59	5,03	7,97	0,09	0,91	1,53
	14	0,06	0,11	0,09	0,60	5,02	7,98	0,1	0,91	1,54
	15	0,06	0,11	0,09	0,61	5,02	7,99	0,1	0,91	1,55
	16	0,06	0,11	0,09	0,61	5,01	8,00	0,1	0,91	1,55
	17	0,06	0,11	0,09	0,62	5,01	8,01	0,1	0,91	1,56
	18	0,06	0,11	0,09	0,62	5,01	8,02	0,1	0,91	1,57

Continuação

Trechos	Elemento	Nitrato (mg/L)			Nitrito (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
7	1	0,06	0,11	0,09	0,63	5,01	8,06	0,1	0,91	1,58
	2	0,06	0,12	0,09	0,64	5,01	8,08	0,1	0,91	1,59
	3	0,06	0,12	0,09	0,65	5,01	8,10	0,1	0,91	1,59
	4	0,06	0,12	0,09	0,65	5,02	8,13	0,1	0,91	1,60
	5	0,06	0,12	0,09	0,66	5,02	8,16	0,1	0,91	1,61
	6	0,06	0,12	0,09	0,66	5,03	8,19	0,1	0,91	1,61
	7	0,07	0,12	0,09	0,67	5,04	8,22	0,1	0,91	1,62
	8	0,07	0,12	0,09	0,68	5,05	8,25	0,1	0,91	1,62
	9	0,07	0,12	0,09	0,68	5,06	8,28	0,1	0,91	1,63
	10	0,07	0,12	0,09	0,69	5,07	8,32	0,11	0,91	1,63
	11	0,07	0,12	0,09	0,69	5,08	8,35	0,11	0,91	1,64
	12	0,07	0,12	0,09	0,70	5,09	8,39	0,11	0,91	1,65
	13	0,07	0,12	0,09	0,71	5,10	8,43	0,11	0,91	1,65
	14	0,07	0,12	0,09	0,71	5,12	8,47	0,11	0,91	1,66
	15	0,07	0,12	0,09	0,72	5,13	8,51	0,11	0,91	1,66
	16	0,07	0,12	0,09	0,73	5,14	8,55	0,11	0,91	1,67
	17	0,07	0,12	0,09	0,73	5,16	8,59	0,11	0,91	1,67
	18	0,07	0,12	0,09	0,74	5,17	8,63	0,11	0,91	1,68
8	1	0,07	0,12	0,09	0,74	5,19	8,68	0,11	0,91	1,68
	2	0,07	0,12	0,09	0,75	5,20	8,72	0,11	0,91	1,69
	3	0,07	0,12	0,09	0,76	5,22	8,76	0,11	0,91	1,69
	4	0,07	0,12	0,09	0,76	5,24	8,81	0,11	0,91	1,70
	5	0,07	0,12	0,09	0,77	5,25	8,85	0,11	0,91	1,70
	6	0,07	0,12	0,09	0,78	5,27	8,90	0,11	0,91	1,71
	7	0,07	0,12	0,09	0,78	5,28	8,94	0,11	0,91	1,71
	8	0,07	0,12	0,09	0,79	5,30	8,99	0,11	0,91	1,72
	9	0,07	0,12	0,09	0,80	5,32	9,04	0,11	0,91	1,72
	10	0,07	0,12	0,09	0,80	5,34	9,09	0,11	0,91	1,72
	11	0,07	0,12	0,09	0,81	5,35	9,13	0,12	0,91	1,73
	12	0,07	0,12	0,09	0,82	5,37	9,18	0,12	0,91	1,73
	13	0,07	0,12	0,09	0,82	5,39	9,23	0,12	0,91	1,74
	14	0,07	0,12	0,09	0,83	5,41	9,28	0,12	0,91	1,74
	15	0,07	0,12	0,09	0,84	5,42	9,32	0,12	0,91	1,75
	16	0,07	0,12	0,09	0,84	5,44	9,37	0,12	0,91	1,75
	17	0,07	0,12	0,09	0,85	5,46	9,42	0,12	0,91	1,75
	18	0,07	0,12	0,09	0,85	5,48	9,47	0,12	0,91	1,76
9	1	0,07	0,12	0,09	0,86	5,50	9,52	0,12	0,91	1,76
	2	0,07	0,12	0,09	0,87	5,51	9,57	0,12	0,91	1,77
	3	0,07	0,12	0,09	0,87	5,53	9,62	0,12	0,91	1,77
	4	0,08	0,12	0,09	0,88	5,55	9,67	0,12	0,91	1,77
	5	0,08	0,12	0,09	0,89	5,57	9,72	0,12	0,91	1,78
	6	0,08	0,12	0,09	0,89	5,59	9,77	0,12	0,91	1,78
	7	0,08	0,12	0,09	0,90	5,61	9,82	0,12	0,91	1,78
	8	0,08	0,12	0,09	0,91	5,63	9,87	0,12	0,91	1,79
	9	0,08	0,12	0,09	0,91	5,64	9,92	0,12	0,91	1,79
	10	0,08	0,12	0,09	0,92	5,66	9,97	0,12	0,91	1,79
	11	0,08	0,12	0,09	0,93	5,68	10,02	0,12	0,91	1,8
	12	0,08	0,12	0,08	0,93	5,70	10,06	0,12	0,91	1,8
	13	0,08	0,12	0,08	0,94	5,72	10,11	0,12	0,91	1,8
	14	0,08	0,12	0,08	0,95	5,74	10,16	0,13	0,91	1,81
	15	0,08	0,12	0,12	0,97	5,32	9,26	0,13	0,82	1,58
	16	0,08	0,12	0,12	0,98	5,34	9,31	0,13	0,82	1,59
	17	0,08	0,12	0,12	0,98	5,35	9,35	0,13	0,82	1,59
10	1	0,08	0,12	0,11	0,99	5,37	9,40	0,13	0,82	1,6
	2	0,08	0,12	0,11	0,99	5,39	9,44	0,13	0,82	1,6
	3	0,08	0,12	0,11	1,00	5,41	9,49	0,13	0,82	1,6
	4	0,08	0,12	0,11	1,01	5,43	9,53	0,13	0,82	1,61
	5	0,08	0,12	0,11	1,01	5,45	9,58	0,13	0,82	1,61
	6	0,08	0,12	0,11	1,02	5,46	9,62	0,13	0,82	1,61
	7	0,08	0,11	0,11	1,02	5,48	9,67	0,13	0,82	1,62
	8	0,08	0,11	0,1	1,03	5,50	9,71	0,13	0,82	1,62
	9	0,07	0,11	0,1	1,04	5,52	9,76	0,13	0,82	1,62
	10	0,07	0,11	0,1	1,04	5,54	9,80	0,13	0,82	1,63
	11	0,07	0,11	0,1	1,05	5,55	9,85	0,13	0,82	1,63
	12	0,07	0,11	0,1	1,05	5,57	9,89	0,13	0,82	1,64
	13	0,07	0,11	0,1	1,06	5,59	9,93	0,13	0,82	1,64
	14	0,07	0,11	0,1	1,07	5,61	9,98	0,13	0,82	1,64
	15	0,07	0,11	0,1	1,07	5,62	10,02	0,13	0,82	1,65
	16	0,07	0,11	0,09	1,08	5,64	10,06	0,13	0,82	1,65
	17	0,07	0,11	0,09	1,08	5,66	10,11	0,13	0,83	1,65
11	1	0,07	0,10	0,09	1,09	5,69	10,18	0,13	0,83	1,65
	2	0,07	0,10	0,09	1,09	5,73	10,26	0,13	0,83	1,65
	3	0,07	0,10	0,08	1,10	5,77	10,33	0,13	0,83	1,65
	4	0,07	0,10	0,08	1,11	5,80	10,40	0,13	0,83	1,65
	5	0,07	0,09	0,08	1,11	5,83	10,46	0,13	0,83	1,65
	6	0,06	0,09	0,08	1,12	5,87	10,53	0,13	0,83	1,65
	7	0,06	0,09	0,07	1,12	5,90	10,59	0,13	0,83	1,65
	8	0,06	0,08	0,07	1,13	5,93	10,66	0,13	0,83	1,65
	9	0,06	0,08	0,07	1,13	5,96	10,72	0,13	0,83	1,65
	10	0,06	0,08	0,07	1,14	5,99	10,77	0,13	0,83	1,65
	11	0,06	0,08	0,07	1,14	6,02	10,83	0,13	0,83	1,65
	12	0,06	0,08	0,06	1,15	6,04	10,88	0,13	0,83	1,65
	13	0,05	0,07	0,06	1,15	6,07	10,94	0,13	0,83	1,65
14	0,05	0,07	0,06	1,15	6,10	10,99	0,13	0,83	1,65	
15	0,05	0,07	0,06	1,16	6,12	11,04	0,13	0,83	1,65	
16	0,05	0,07	0,06	1,16	6,15	11,09	0,13	0,83	1,65	
17	0,05	0,07	0,06	1,17	6,17	11,13	0,13	0,83	1,65	
18	0,05	0,06	0,05	1,17	6,19	11,18	0,13	0,83	1,65	
19	0,05	0,06	0,05	1,17	6,22	11,22	0,13	0,83	1,65	
20	0,05	0,06	0,05	1,18	6,24	11,27	0,13	0,83	1,65	

Continuação

Trechos	Elemento	Nitrato (mg/L)			Nitrato (mg/L)			Fósforo Dissolvido (mg/L)		
		Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅
12	1	0,04	0,06	0,05	1,18	6,26	11,31	0,13	0,83	1,65
	2	0,04	0,06	0,05	1,19	6,28	11,35	0,13	0,83	1,65
	3	0,04	0,06	0,05	1,19	6,30	11,39	0,13	0,83	1,65
	4	0,04	0,05	0,04	1,19	6,32	11,42	0,13	0,83	1,65
	5	0,04	0,05	0,04	1,20	6,34	11,46	0,13	0,83	1,65
	6	0,04	0,05	0,04	1,20	6,36	11,50	0,13	0,83	1,65
	7	0,04	0,05	0,04	1,20	6,37	11,53	0,13	0,83	1,65
	8	0,04	0,05	0,04	1,20	6,39	11,56	0,13	0,83	1,65
	9	0,04	0,05	0,04	1,21	6,41	11,60	0,13	0,83	1,65
	10	0,04	0,05	0,04	1,21	6,43	11,63	0,13	0,83	1,65
	11	0,04	0,04	0,04	1,21	6,44	11,66	0,13	0,83	1,65
	12	0,03	0,04	0,03	1,22	6,46	11,69	0,13	0,83	1,65
	13	0,03	0,04	0,03	1,22	6,47	11,72	0,13	0,83	1,65
	14	0,03	0,04	0,03	1,22	6,49	11,75	0,13	0,83	1,65
	15	0,03	0,04	0,03	1,22	6,50	11,77	0,13	0,83	1,65
	16	0,03	0,04	0,03	1,23	6,51	11,80	0,13	0,83	1,65
	17	0,03	0,04	0,03	1,23	6,53	11,82	0,13	0,83	1,65
	18	0,03	0,04	0,03	1,23	6,54	11,85	0,13	0,83	1,65
	19	0,03	0,03	0,03	1,23	6,55	11,87	0,13	0,83	1,65
	20	0,03	0,03	0,03	1,24	6,57	11,90	0,13	0,83	1,65
13	1	0,03	0,03	0,03	1,24	6,58	11,92	0,13	0,83	1,65
	2	0,03	0,03	0,03	1,24	6,59	11,94	0,13	0,83	1,65
	3	0,03	0,03	0,02	1,24	6,60	11,96	0,13	0,83	1,65
	4	0,03	0,03	0,02	1,25	6,62	11,99	0,13	0,83	1,65
	5	0,02	0,03	0,02	1,25	6,63	12,01	0,13	0,83	1,65
	6	0,02	0,03	0,02	1,25	6,64	12,03	0,13	0,83	1,65
	7	0,02	0,03	0,02	1,25	6,65	12,05	0,13	0,83	1,65
	8	0,02	0,03	0,02	1,26	6,66	12,07	0,13	0,83	1,65
	9	0,02	0,03	0,02	1,26	6,67	12,09	0,13	0,83	1,65
	10	0,02	0,02	0,02	1,26	6,68	12,10	0,13	0,83	1,65
	11	0,02	0,02	0,02	1,26	6,69	12,12	0,13	0,83	1,65
	12	0,02	0,02	0,02	1,26	6,70	12,14	0,13	0,83	1,65
	13	0,02	0,02	0,02	1,27	6,71	12,15	0,13	0,83	1,65
	14	0,02	0,02	0,02	1,27	6,72	12,17	0,13	0,83	1,65
	15	0,02	0,02	0,02	1,27	6,72	12,18	0,13	0,83	1,65
	16	0,02	0,02	0,02	1,27	6,73	12,20	0,13	0,83	1,65
	17	0,02	0,02	0,02	1,27	6,74	12,21	0,13	0,83	1,65
	18	0,02	0,02	0,02	1,27	6,75	12,23	0,13	0,83	1,65
	19	0,02	0,02	0,01	1,28	6,76	12,24	0,13	0,83	1,65
14	1	0,02	0,02	0,01	1,28	6,76	12,25	0,13	0,83	1,65
	2	0,02	0,02	0,01	1,28	6,77	12,27	0,13	0,83	1,65
	3	0,02	0,02	0,01	1,28	6,78	12,28	0,13	0,83	1,65
	4	0,02	0,02	0,01	1,28	6,78	12,29	0,13	0,83	1,65
	5	0,01	0,02	0,01	1,28	6,79	12,30	0,13	0,83	1,65
	6	0,01	0,02	0,01	1,28	6,80	12,31	0,13	0,83	1,65
	7	0,01	0,02	0,01	1,29	6,80	12,32	0,13	0,83	1,65
	8	0,01	0,01	0,01	1,29	6,81	12,33	0,13	0,83	1,65
	9	0,01	0,01	0,01	1,29	6,81	12,34	0,13	0,83	1,65
	10	0,01	0,01	0,01	1,29	6,82	12,35	0,13	0,83	1,65
	11	0,01	0,01	0,01	1,29	6,82	12,36	0,13	0,83	1,65
	12	0,01	0,01	0,01	1,29	6,83	12,37	0,13	0,83	1,65
	13	0,01	0,01	0,01	1,29	6,83	12,38	0,13	0,83	1,65
	14	0,01	0,01	0,01	1,29	6,84	12,39	0,13	0,83	1,65
	15	0,01	0,01	0,01	1,30	6,84	12,40	0,13	0,83	1,65
	16	0,01	0,01	0,01	1,30	6,85	12,40	0,13	0,83	1,65
	17	0,01	0,01	0,01	1,30	6,85	12,41	0,13	0,83	1,65
	18	0,01	0,01	0,01	1,30	6,86	12,42	0,13	0,83	1,65
	19	0,01	0,01	0,01	1,30	6,86	12,42	0,13	0,83	1,65

A.6 VAZÕES E CARGAS INCREMENTAIS

Tabela A 7 – Vazão baixa.

TRECHO	Vazão (m ³ /s)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coli. Termo. (NMP/100mL)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo diss. (mg/L)
1	0,099	0,00	18,00	900	0,32	10,00	0,76
2	0,000	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
3	-0,448	6,50	13,94	1327	0,01	8,00	0,22
4	0,588	6,50	9,64	233	0,10	1,40	0,06
5	0,588	6,20	4,84	159	0,50	1,70	0,06
6	0,575	6,20	4,84	159	0,50	1,70	0,06
7	0,575	6,00	4,84	159	0,50	1,70	0,06
8	0,575	6,00	4,84	159	0,50	1,70	0,06
9	0,575	6,00	5,98	182	0,50	1,10	0,06
10	0,575	4,10	5,98	182	0,50	1,10	0,06
11	0,605	6,98	5,98	182	0,50	1,10	0,06
12	0,605	6,98	5,98	182	0,50	1,10	0,06
13	0,605	6,78	12,24	600	0,05	1,30	0,07
14	0,605	6,78	12,24	900	0,05	1,30	0,07

Afluentes	Vazão (m ³ /s)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coli. Termo. (NMP/100mL)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo diss. (mg/L)
PQ5	0,960	8,40	2,20	500	0,02	0,40	0,05
PQ7	0,050	4,20	5,40	3335	0,43	0,80	0,72
PQ8	0,500	8,30	5,10	353	0,05	0,60	0,05
PQ10	0,270	7,70	11,90	189	0,03	0,50	0,05

Tabela A 8 – Vazão alta.

TRECHO	Vazão (m ³ /s)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coli. Termo. (NMP/100mL)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo diss. (mg/L)
1	0,870	8,70	11,50	5500	0,45	0,20	0,19
2	1,465	5,00	6,62	3100	0,25	0,10	0,10
3	1,465	6,50	6,62	3000	0,11	0,01	0,05
4	12,710	6,50	4,24	397	0,09	0,05	0,01
5	12,710	6,20	2,87	114	0,29	0,05	0,01
6	3,212	6,20	2,87	114	0,29	0,05	0,01
7	3,212	6,00	2,87	114	0,29	0,05	0,01
8	3,212	6,00	2,87	114	0,29	0,05	0,01
9	3,212	6,00	3,33	109	0,45	0,05	0,00
10	3,212	4,10	3,33	109	0,46	0,05	0,01
11	-1,073	7,00	3,33	109	0,06	0,10	0,02
12	-1,073	7,00	3,33	109	0,06	0,10	0,02
13	-1,073	6,80	3,18	63	0,01	0,10	0,02
14	-1,073	6,80	3,18	63	0,01	0,10	0,90

Afluentes	Vazão (m ³ /s)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Coli. Termo. (NMP/100mL)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fósforo diss. (mg/L)
PQ5	9,930	9,00	1,90	74	0,01	2,90	0,02
PQ7	0,250	5,80	7,40	25000	0,41	0,10	0,16
PQ8	4,370	8,50	3,60	984	0,04	2,30	0,02
PQ10	3,220	7,40	1,80	430	0,09	0,10	0,01

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.