



Secretaria de Estado do Meio Ambiente
Coordenadoria de Planejamento Ambiental Ambiental
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL ESTRATÉGICO



USO DO SOLO E QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIBEIRÃO PIRAÍ Modelo MQUAL 2.6P



Relatório Síntese

Maio/2008



APRESENTAÇÃO

OBJETIVOS

O MODELO MQUAL

Segmentação da bacia e dos cursos de água

Balanco Hídrico da Bacia

Qualidade da Água

Uso e Ocupação do Solo

Distribuição Populacional

Infra-estrutura Sanitária

Seqüência de Telas do MQUAL 2.6P

Calibração e Verificação do Modelo

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

RECOMENDAÇÕES

APRESENTAÇÃO

Este documento constitui o **Relatório Síntese** dos serviços técnicos especializados relativos ao uso do solo e qualidade de água na Bacia do Ribeirão Pirai, por meio da utilização do Modelo MQUAL de Correlação Uso do Solo / Qualidade de Água.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste Estudo é complementar os estudos anteriores realizados pela CPLEA na Bacia do Ribeirão Pirai, tendo como foco específico a utilização do Modelo de Correlação Uso do Solo / Qualidade de Água - MQUAL para simulação da qualidade da água ao longo do Ribeirão Pirai e seus principais afluentes, considerando o efeito do uso e ocupação do solo, disponibilidade de infra-estrutura sanitária e demais cargas poluidoras.

Como resultado, a CPLEA e o Comitê da Bacia disporão de uma ferramenta técnica para análises relativas à qualidade da água no Ribeirão Pirai em cenários futuros, que poderão ser utilizadas como subsídio à elaboração do Plano de Gestão da Bacia e outras iniciativas destinadas à proteção e recuperação ambiental desse manancial de abastecimento público de interesse aos municípios de Cabreúva, Salto, Indaiatuba e, futuramente, Itu.

O MODELO MQUAL

O Modelo MQUAL é um modelo matemático que associa o uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas com a qualidade da água nos rios e reservatórios dessa bacia, destinada a prover subsídios relativos à qualidade dos recursos hídricos nos processos de planejamento de bacias hidrográficas e de ordenamento da ocupação do território com vistas à proteção dos recursos hídricos.

O Modelo foi inicialmente desenvolvido nos estudos técnicos que integraram o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA) da Bacia do Guarapiranga (1996), tendo sua primeira versão (MQUAL 1.0) adotada como um dos instrumentos técnicos da Lei Específica da Bacia do Guarapiranga (Lei Estadual 12.233/2006), no contexto da nova política de proteção aos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo.

A versão original foi ampliada em 1999 como resultado de um estudo que incluiu o monitoramento intensivo da qualidade da água em sete sub-bacias com características de ocupação e extensões diversas. Nesta segunda versão (MQUAL 2.0) foi possível incluir, de forma explícita, a contribuição de cargas poluidoras de tempo seco e de eventos de chuva, definindo-se *coeficientes de exportação de cargas* para tempo seco e *concentrações típicas* em eventos de chuva com base no monitoramento realizado.

O Modelo MQUAL foi originalmente concebido como uma ferramenta: (i) *flexível* para permitir sua adaptação a diferentes configurações do sistema hídrico das bacias hidrográficas, e (ii) *simples* para permitir ampla utilização pelos agentes envolvidos no sistema de gestão.

É constituído por três *Módulos*, cada um deles representando os fenômenos de geração e autodepuração das cargas poluidoras nos três ambientes considerados: a *superfície do terreno*, onde estão as

fontes de cargas poluidoras; os *rios principais* e seus afluentes; e por fim o reservatório, receptor final das cargas poluidoras da bacia.

• **MÓDULO 1 - Geração de Cargas:** estimativa de cargas de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), cargas orgânicas (DBOc e DBO_n), cargas de bactérias (Coliformes totais) e cargas de sólidos suspensos, provenientes de fontes pontuais e difusas; as estimativas estão baseadas em coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias de uso e ocupação do solo nas diferentes porções da Bacia, bem como na população urbana residente e na disponibilidade de infra-estrutura sanitária e respectivas condições de funcionamento;

• **MÓDULO 2 - Simulação dos Principais Tributários:** a qualidade da água ao longo dos rios principais de um sistema hídrico é estimada a partir de simulação, com o emprego do Modelo SIMOX-III;

• **MÓDULO 3 - Simulação do Reservatório:** a qualidade da água em reservatório é estimada através de simulação com o emprego do Modelo HAR03.

O **Módulo 1** consiste em uma planilha MS-Excel, na qual são inseridos dados de uso do solo, população e disponibilidade e condições de funcionamento do sistema de esgotos sanitários. Os Módulos 2 e 3 são modelos complexos, escritos em linguagem FORTRAN, porém seus módulos executáveis são acionados por meio de uma Macro MS Excel, que gerencia a execução integrada do MQUAL, sem dificuldades adicionais para o usuário ou necessidade de *softwares* específicos.

Módulo 1 - Geração de Cargas

A equação básica é constituída por dois termos: (i) o primeiro é relativo às cargas geradas em Tempo Seco (W_{TS}), e (ii) outro relativo às cargas

Geradas durante os eventos de chuva (W_{EC}). Assim, a carga média anual de cada poluente (W) produzida em uma determinada sub-bacia é dada por:

$$W = W_{TS} + W_{EC}, \text{ onde:}$$

Carga de Tempo Seco

$$W_{TS} = f_t \times [\sum_i (A_i \times c_i) + \sum_j (P_j \times e_j) + \sum_k B_k]$$

W_{TS}carga de tempo seco estimada de cada parâmetro de qualidade em cada sub-bacia, em kg/dia;

F_tcoeficiente de transporte da sub-bacia; representa de forma agregada os processos de retenção e autodepuração entre os múltiplos pontos de geração de cargas e a foz do curso de água que drena a sub-bacia;

A_i área ocupada pelas diferentes categorias de uso do solo na sub-bacia, em km²;

c_i coeficientes de exportação de cargas difusas das diferentes categorias de uso do solo, em kg/km².dia;

P_j população urbana residente na sub-bacia, em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária;

e_j coeficientes de exportação de esgotos gerados por população em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária, em kg/hab.dia;

B_k cargas pontuais na sub-bacia, em kg/dia.

Categorias de Uso do Solo Utilizadas para Estimativa de Cargas Difusas:

• Uso rural

- *atividades agrícolas*, englobando áreas de culturas permanentes,

fontes de cargas poluidoras; os *rios principais* e seus afluentes; e por fim o reservatório, receptor final das cargas poluidoras da bacia.

• **MÓDULO 1 - Geração de Cargas:** estimativa de cargas de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), cargas orgânicas (DBOc e DBO_n), cargas de bactérias (Coliformes totais) e cargas de sólidos suspensos, provenientes de fontes pontuais e difusas; as estimativas estão baseadas em coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias de uso e ocupação do solo nas diferentes porções da Bacia, bem como na população urbana residente e na disponibilidade de infra-estrutura sanitária e respectivas condições de funcionamento;

• **MÓDULO 2 - Simulação dos Principais Tributários:** a qualidade da água ao longo dos rios principais de um sistema hídrico é estimada a partir de simulação, com o emprego do Modelo SIMOX-III;

• **MÓDULO 3 - Simulação do Reservatório:** a qualidade da água em reservatório é estimada através de simulação com o emprego do Modelo HAR03.

O **Módulo 1** consiste em uma planilha MS-Excel, na qual são inseridos dados de uso do solo, população e disponibilidade e condições de funcionamento do sistema de esgotos sanitários. Os Módulos 2 e 3 são modelos complexos, escritos em linguagem FORTRAN, porém seus módulos executáveis são acionados por meio de uma Macro MS Excel, que gerencia a execução integrada do MQUAL, sem dificuldades adicionais para o usuário ou necessidade de *softwares* específicos.

Módulo 1 - Geração de Cargas

A equação básica é constituída por dois termos: (i) o primeiro é relativo às cargas geradas em Tempo Seco (W_{TS}), e (ii) outro relativo às cargas

Geradas durante os eventos de chuva (W_{EC}). Assim, a carga média anual de cada poluente (W) produzida em uma determinada sub-bacia é dada por:

$$W = W_{TS} + W_{EC}, \text{ onde:}$$

Carga de Tempo Seco

$$W_{TS} = f_t \times [\sum_i (A_i \times c_i) + \sum_j (P_j \times e_j) + \sum_k B_k]$$

W_{TS}carga de tempo seco estimada de cada parâmetro de qualidade em cada sub-bacia, em kg/dia;

F_tcoeficiente de transporte da sub-bacia; representa de forma agregada os processos de retenção e autodepuração entre os múltiplos pontos de geração de cargas e a foz do curso de água que drena a sub-bacia;

A_i área ocupada pelas diferentes categorias de uso do solo na sub-bacia, em km²;

c_i coeficientes de exportação de cargas difusas das diferentes categorias de uso do solo, em kg/km².dia;

P_j população urbana residente na sub-bacia, em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária;

e_j coeficientes de exportação de esgotos gerados por população em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária, em kg/hab.dia;

B_k cargas pontuais na sub-bacia, em kg/dia.

Categorias de Uso do Solo Utilizadas para Estimativa de Cargas Difusas:

• Uso rural

- *atividades agrícolas*, englobando áreas de culturas permanentes,

A versão utilizada no MQUAL contempla:

- simulação de OD-DBO, por meio da fórmula de Streeter-Phelps, incluindo a degradação das componentes carbonácea e nitrogenada da DBO, o efeito da Demanda Biotônica, da Produção líquida de OD por ação fotossintética, além de condições anaeróbicas;
- simulação de bactérias (Coliformes), por meio da Lei de Chick;
- simulação de Nitrogênio Total e Fósforo Total, com decaimento exponencial de primeira ordem, permitindo representar os fenômenos de sedimentação e/ou absorção por interação com o meio.

Em termos de capacidade, a versão atual comporta um máximo de 100 trechos, 50 confluências, e 4 trechos a montante de uma confluência (o rio principal e três tributários).

Na formulação do MQUAL, as interfaces entre o Módulo 1 e Módulo 2 são internamente gerenciadas em ambiente MExcel e não requer do usuário conhecimentos específicos de programação FORTRAN. Esses atributos são necessários apenas na fase de adaptação do Modelo à bacia em estudo.

Módulo 3 - Simulação do Reservatório

Este Módulo foi preparado para simular a qualidade da água em reservatório existente como parte do sistema hídrico da bacia com o uso do Modelo HAR03, desenvolvido para simular, em regime permanente, um sistema onde ocorrem fluxos multi-direcionais, como o caso de lagos, estuários, baías, etc.

O Modelo assume o sistema físico dividido em segmentos de tamanho e formas arbitrárias (preferentemente ortogonais), com até 6 interfaces cada um deles, e o equacionamento básico contempla: transporte advectivo e dispersivo através das interfaces, mistura completa em cada segmento, regime permanente e cinética de reação

De 1ª ordem, com as equações de Streeter-Phelps-Thomann para OD - DBOc - DBO_n e a lei de Chick para Bactérias.

Facilidades Operacionais

O MQUAL é apresentado com sua estrutura já configurada para o sistema hídrico para o qual foi preparado, com os coeficientes de reação devidamente calibrados. Os arquivos em linguagem FORTRAN estão compilados de modo que a operação do modelo requer apenas o *software* MExcel. O operador tem a opção de alterar os arquivos de entrada de dados diretamente em uma planilha eletrônica, para simular cenários diferenciados de uso do solo, crescimento populacional, existência de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários e lançamento de outras cargas poluidoras pontuais.

Os dados de entrada e os resultados são apresentados em 4 arquivos, sendo um em formato de planilha eletrônica (*xls*) e outros em formato texto (*dat*). A macro que gerencia a aplicação do MQUAL contém facilidades para a visualização em tela e impressão dos resultados em gráficos e arquivos texto, além de permitir a inclusão de valores monitorados para comparação com resultados de simulações.

fontes de cargas poluidoras; os *rios principais* e seus afluentes; e por fim o reservatório, receptor final das cargas poluidoras da bacia.

• **MÓDULO 1 - Geração de Cargas:** estimativa de cargas de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), cargas orgânicas (DBOc e DBO_n), cargas de bactérias (Coliformes totais) e cargas de sólidos suspensos, provenientes de fontes pontuais e difusas; as estimativas estão baseadas em coeficientes de exportação de cargas associados a diferentes categorias de uso e ocupação do solo nas diferentes porções da Bacia, bem como na população urbana residente e na disponibilidade de infra-estrutura sanitária e respectivas condições de funcionamento;

• **MÓDULO 2 - Simulação dos Principais Tributários:** a qualidade da água ao longo dos rios principais de um sistema hídrico é estimada a partir de simulação, com o emprego do Modelo SIMOX-III;

• **MÓDULO 3 - Simulação do Reservatório:** a qualidade da água em reservatório é estimada através de simulação com o emprego do Modelo HAR03.

O **Módulo 1** consiste em uma planilha MS-Excel, na qual são inseridos dados de uso do solo, população e disponibilidade e condições de funcionamento do sistema de esgotos sanitários. Os Módulos 2 e 3 são modelos complexos, escritos em linguagem FORTRAN, porém seus módulos executáveis são acionados por meio de uma Macro MS Excel, que gerencia a execução integrada do MQUAL, sem dificuldades adicionais para o usuário ou necessidade de *softwares* específicos.

Módulo 1 - Geração de Cargas

A equação básica é constituída por dois termos: (i) o primeiro é relativo às cargas geradas em Tempo Seco (W_{TS}), e (ii) outro relativo às cargas

Geradas durante os eventos de chuva (W_{EC}). Assim, a carga média anual de cada poluente (W) produzida em uma determinada sub-bacia é dada por:

$$W = W_{TS} + W_{EC}, \text{ onde:}$$

Carga de Tempo Seco

$$W_{TS} = f_t \times [\sum_i (A_i \times c_i) + \sum_j (P_j \times e_j) + \sum_k B_k]$$

W_{TS}carga de tempo seco estimada de cada parâmetro de qualidade em cada sub-bacia, em kg/dia;

F_tcoeficiente de transporte da sub-bacia; representa de forma agregada os processos de retenção e autodepuração entre os múltiplos pontos de geração de cargas e a foz do curso de água que drena a sub-bacia;

A_i área ocupada pelas diferentes categorias de uso do solo na sub-bacia, em km²;

c_i coeficientes de exportação de cargas difusas das diferentes categorias de uso do solo, em kg/km².dia;

P_j população urbana residente na sub-bacia, em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária;

e_j coeficientes de exportação de esgotos gerados por população em diferentes condições de disponibilidade de infra-estrutura sanitária, em kg/hab.dia;

B_k cargas pontuais na sub-bacia, em kg/dia.

Categorias de Uso do Solo Utilizadas para Estimativa de Cargas Difusas:

• Uso rural

- *atividades agrícolas*, englobando áreas de culturas permanentes,

(base territorial utilizada no Módulo 1 – Geração de Cargas) e os cursos de água divididos em **segmentos** (trecho dos cursos d'água com características uniformes utilizados no Módulo 2). A segmentação da bacia e dos cursos de água é feita de forma simultânea para compatibilizar a representação no modelo: um segmento de rio tem a possibilidade de receber contribuições (vazões) concentradas no ponto de início ou distribuídas ao longo do segmento. Assim, as sub-bacias devem ter seus exutórios coincidentes com os pontos de início ou de fim de segmentos de rio, ou se desenvolverem lateralmente ao longo de um segmento.

A segmentação dos cursos de água deve considerar a homogeneidade das características físicas e hidráulicas (declividade do fundo, largura e profundidade da lâmina d'água, velocidade da água), os pontos notáveis ao longo do curso, como captações e lançamentos de efluentes (devem coincidir com limites de segmentos), assim como as características do uso do solo na bacia.

As **Figuras 1 e 3** mostram as características do sistema hídrico e do uso do solo da Bacia do Pirai, incluindo a divisão político-administrativa, as rodovias e o sistema viário municipal principal, enquanto a **Figura 2** mostra o perfil longitudinal do curso principal.

A bacia possui cerca de 221 km² de extensão e o talvegue principal tem comprimento superior a 46 km, desde as cabeceiras na Serra do Japi até a foz no Rio Jundiá. Abrange parcialmente o território dos municípios Cabreúva, Itú, Salto e Indaiatuba, sendo ocupada, predominantemente, por campos e pastagens (43%), áreas de mata e reflorestamento (32%) e áreas agrícolas (21%). As áreas com ocupação urbana abrangem apenas cerca de 4% do território.

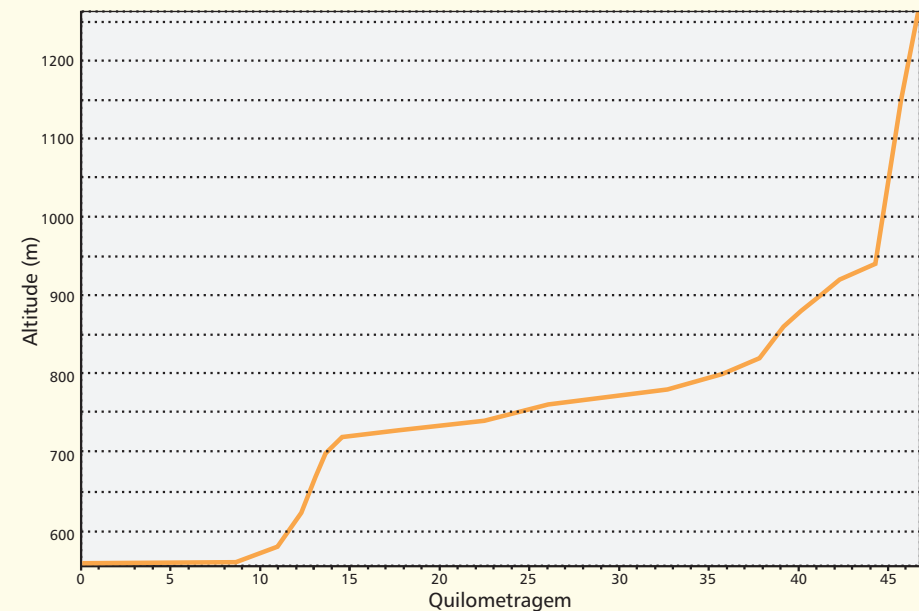
A Bacia do Pirai foi dividida em 5 regiões hidrográficas, de acordo com as características de ocupação do solo e conformação do sistema Hídrico e em 63 sub-bacias, algumas das quais foram ainda subdivididas em duas partes (*a* e *b*) para permitir avaliar contribuições de municípios diferentes.

Quadro 1 - Bacia do Pirai Área por Município

Municípios	Áreas	
	(ha)	(%)
Cabreúva	9.933	45
Itú	7.308	33
Salto	1.810	8
Indaiatuba	3.065	14
Total	22.115	100

O **Quadro 2** identifica as regiões hidrográficas e as sub-bacias definidas, apresentando a área de cada uma delas. A **Figura 4** mostra a localização das regiões e sub-bacias e a **Figura 5** o diagrama unifilar do sistema hídrico.

Figura 2 - Perfil Longitudinal do Ribeirão Pirai



Quadro 2 - Bacia do Ribeirão Pirai - Regiões Hidrográficas e Sub-bacias

Região Hidrográfica	Sub - bacia	Área (ha)	Nome do Rio	Região Hidrográfica	Sub - bacia	Área (ha)	Nome do Rio
Pirai - Cabeceiras	01	1 146,15	Pirai	Pirai - Urbano	13	119,66	Pirai
	02	225,90	Pirai		14	230,15	Pirai
	03	192,82	Pirai		15	27,36	Pirai
	04	296,96			16	388,23	
	05	399,45	Pirai		17	210,22	Pirai
	06	164,34			18	112,55	
	07	19,30	Pirai		19	114,94	Pirai
	08	309,37			20	638,66	Cór. do Bonfim
	09	119,18	Pirai		21	369,25	Cór. do Bonfim
	10	659,46	Cor. Pé do Morro		22	475,54	Cór. do Bonfim
	11	178,11			23	93,34	Cór. do Bonfim
	12	400,53	Pirai		24	13,88	Pirai
Pirai - Intermediário	37	225,60			25	510,67	
	38a	486,87	Pirai		26	69,16	Pirai
	38b	376,95	Pirai		27	310,39	
	39	638,34	Pirai		28	198,62	Pirai
	40	638,96	Pirai		29	186,13	
	41	255,05	Pirai		30	70,79	Pirai
	42	420,64			31	620,11	Cór. do Caí
	43	289,54	Pirai		32	286,76	Cór. do Caí
Afluentes Norte	44	795,03	Rib. da Ponte Alta		33	609,52	Cór. do Caí
	45	601,54	Rib. da Grama		34	373,07	Pirai
	46	417,57	Rib. da Grama		35a	70,04	Cór. Municipal
	47	625,07	Cór. do Valério		57	275,95	Rib. do Ingá
	48a	116,45	Rib. da Grama		58	121,46	Rib. do Ingá
	48b	132,43	Rib. da Grama		59	38,82	Rib. da Grama
	49	820,63			35b	77,15	Cór. Municipal
	50	463,83			36	88,30	Pirai
	51	292,47		Pirai - Jusante	60	360,94	Pirai
	52	562,84	Rib. da Cana Verde		61a	146,88	Cor. Barreirinho
	53	521,78	Rib. da Cana Verde		61b	586,64	Cor. Barreirinho
	54	308,52	Rib. da Cana Verde		62a	21,49	Pirai
	55a	86,06	Rib. da Grama		62b	45,41	Pirai
	55b	76,41	Rib. da Grama		63a	38,60	Pirai
	56	939,85	Rib. do Ingá		63b	10,27	Pirai
	56	939,85	Rib. do Ingá				
	57	275,95	Rib. do Ingá				
	58	121,46	Rib. do Ingá				
	59	38,82	Rib. da Grama				



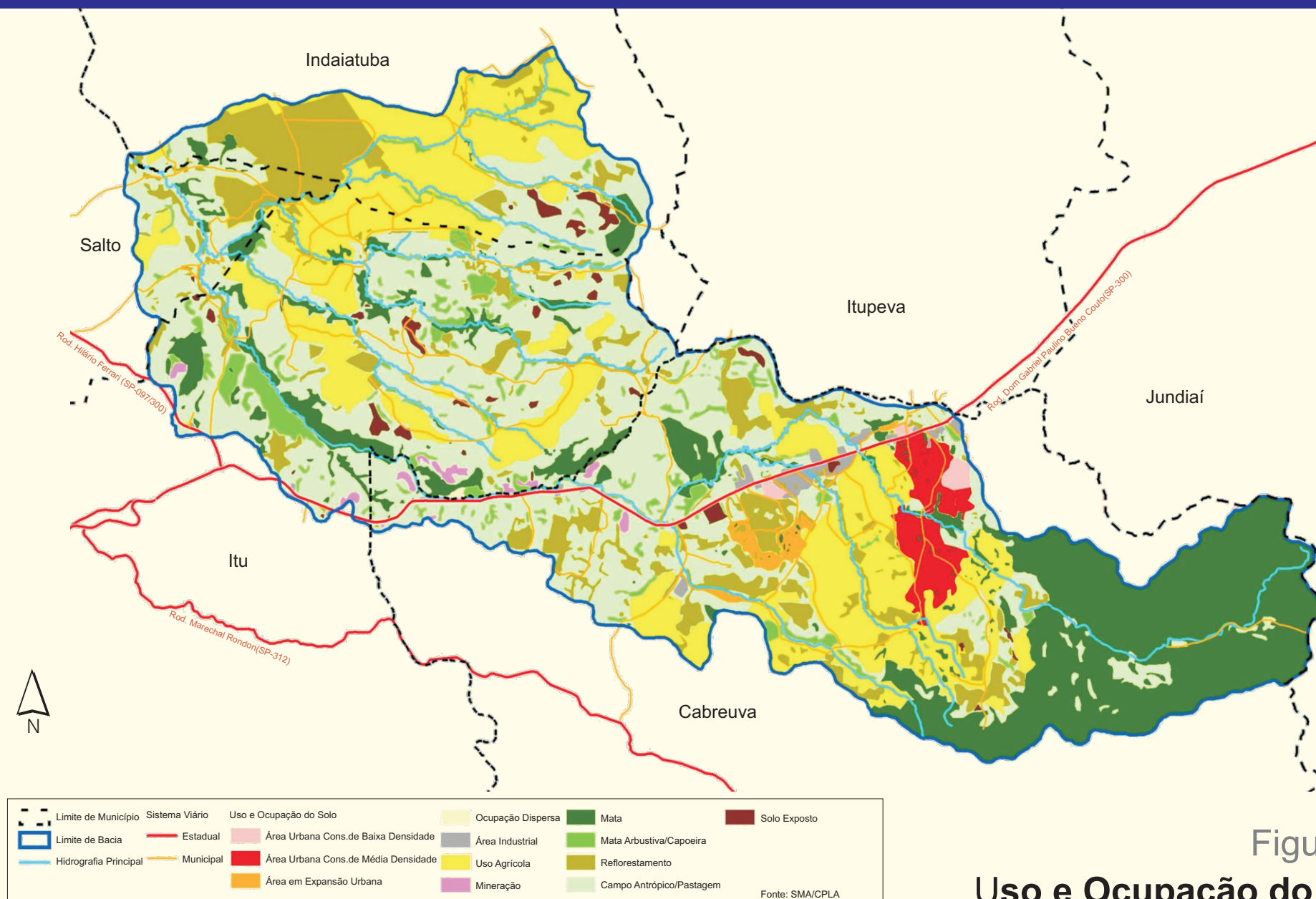


Figura 3
Uso e Ocupação do Solo

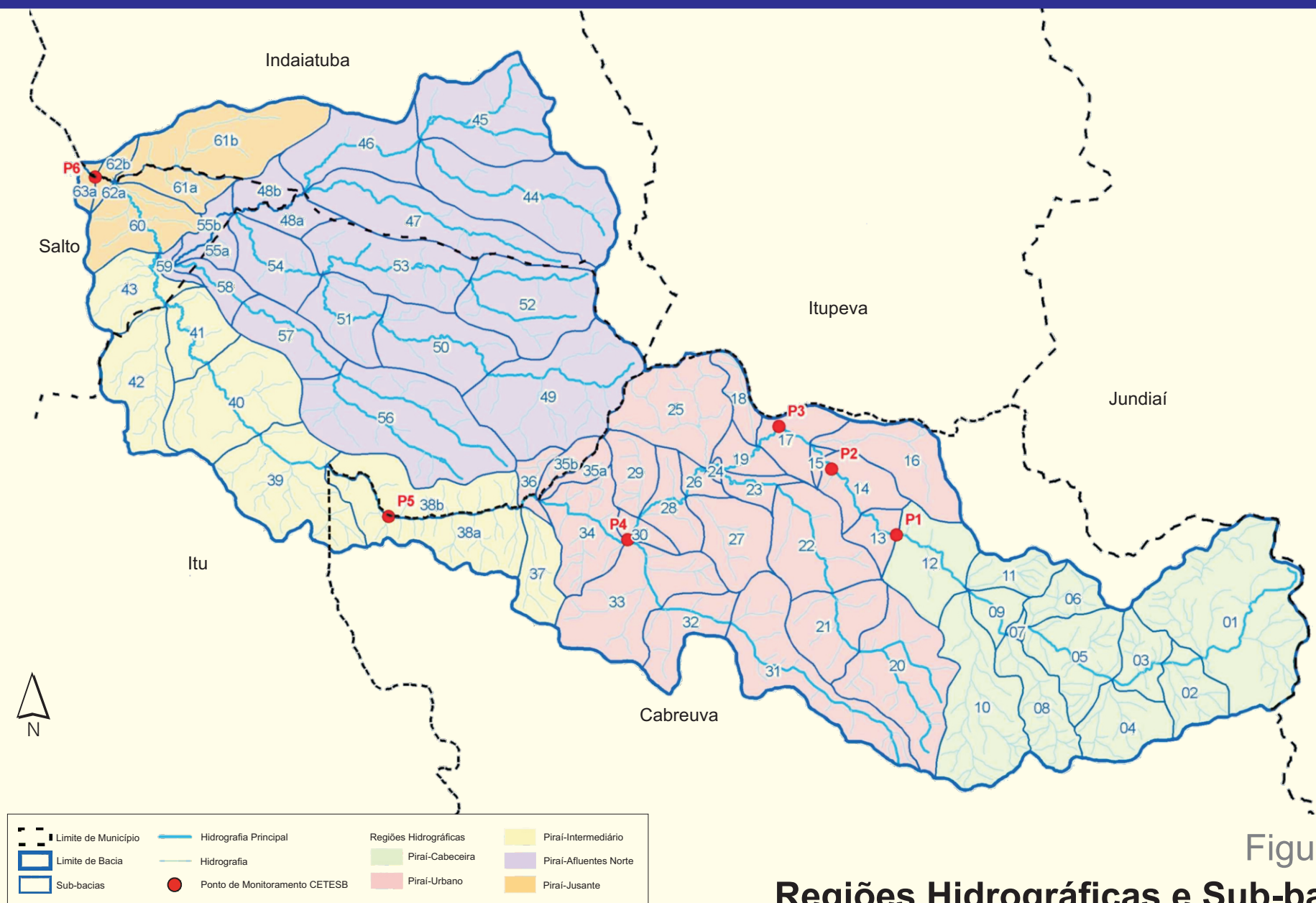


Figura 4
Regiões Hidrográficas e Sub-bacias

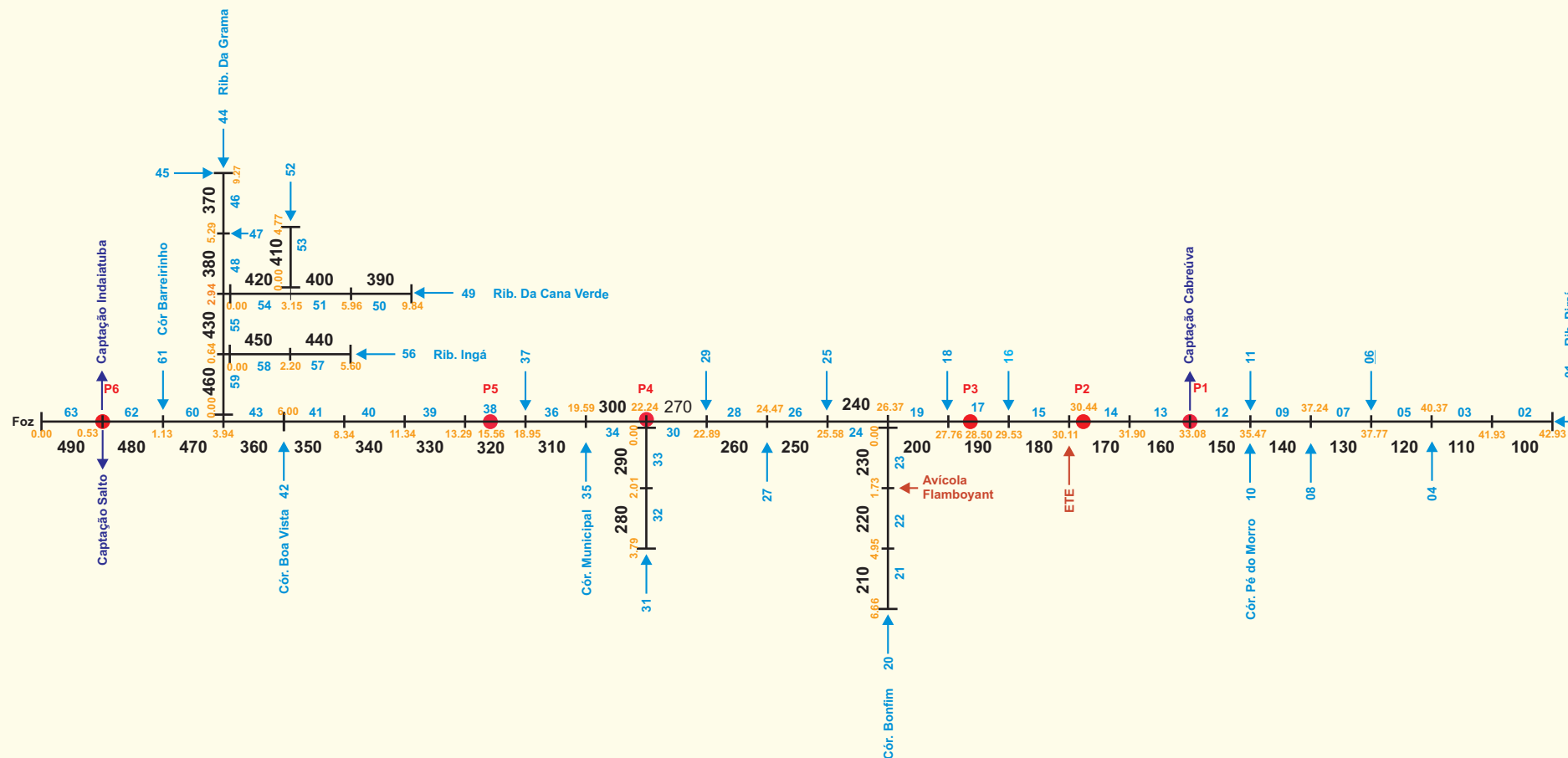


Figura 5
Segmentação dos Rios
Unifilar

00 SUB-BACIAS CONTRIBUINTES	000 N° DO SEGMENTO
00.00 QUILOMETRAGEM	PONTO DE MONITORAMENTO CETESB

Quadro 3 - Bacia do Ribeirão Pirai - Segmentação dos Cursos de Água - MQUAL

Segmento	Nome do Rio	Extensão (m)	Altitude Média	Segmento	Nome do Rio	Extensão (m)	Altitude Média
100	Ribeirão Pirai	1.004	927	300	Ribeirão Pirai	2.656,93	740
110	Ribeirão Pirai	1.555	903	310	Ribeirão Pirai	635,68	740
120	Ribeirão Pirai	2.600	853	320	Ribeirão Pirai	5.660,41	729
130	Ribeirão Pirai	534	820	330	Ribeirão Pirai	1.945,70	634
140	Ribeirão Pirai	1.763	812	340	Ribeirão Pirai	2.369,05	575
150	Ribeirão Pirai	2.395	799	350	Ribeirão Pirai	2.976,86	560
160	Ribeirão Pirai	1.179	780	360	Ribeirão Pirai	2.055,58	560
170	Ribeirão Pirai	1.789	780	370	Rib. da Grama	3.983,95	655
180	Ribeirão Pirai	585	780	380	Rib. da Grama	2.345,22	634
190	Ribeirão Pirai	1.763	780	390	Cór. Concórdia	3.876,19	701
200	Ribeirão Pirai	1.389	775	400	Cór. Concórdia	2.811,42	657
210	Córrego Bonfim	1.716	800	410	Rib. Cana Verde	4.766,53	665
220	Córrego Bonfim	3.216	780	420	Rib. Cana Verde	3.151,79	634
230	Córrego Bonfim	1.731	773	430	Rib. da Grama	2.301,82	592
240	Ribeirão Pirai	794	761	440	Rib. do Ingá	3.397,70	676
250	Ribeirão Pirai	1.108	760	450	Rib. do Ingá	2.202,64	606
260	Ribeirão Pirai	1.583	759	460	Rib. da Grama	639,16	560
270	Ribeirão Pirai	647	740	470	Ribeirão Pirai	2.808,40	560
280	Córrego do Cai	1.774	768	480	Ribeirão Pirai	599,37	560
290	Córrego do Cai	2.014	748	490	Ribeirão Pirai	534,30	560

As fotografias apresentadas a seguir mostram as características do Ribeirão Pirai em pontos representativos ao longo de seu curso.



Foto 1 - Ribeirão Pirai na Fazenda Guaxinduva. (segmento 110)



Foto 2 - Trecho de corredeiras Ribeirão Pirai próximo à Fazenda Guaxinduva. (segmento 120)



Foto 3 - Ribeirão Pirai próximo à Fazenda Guaxinduva. (segmento 120)



Foto 4 - Ribeirão Pirai próximo ao bairro do Bonfim, Cabreúva. (segmento 140)



Foto 5 - Captação de água da Sabesp para abastecimento do Distrito Jacaré. (segmento 150)



Foto 7 - Ribeirão Pirai a jusante do ponto de captação de água do Distrito Jacaré, Cabreúva. (segmento 160)



Foto 6 - Ribeirão Pirai próximo ao ponto de captação de água do Distrito Jacaré, Cabreúva. Ponto de monitoramento P1 da Cetesb. (segmento 150)



Foto 8 - Ribeirão Pirai junto à Rod. SP-300, ponto de monitoramento P2 da Cetesb. (segmento 170)



Foto 9 - Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Cabreúva. (segmento 180)



Foto 10 - Obras de ampliação da ETE de Cabreúva. (segmento 180)



Foto 11 - Ponto P3 de monitoramento da Cetesb no Ribeirão Pirai. (segmento 190)



Foto 12 - Córrego do Bonfim junto à Rod. SP-300. (segmento 220)



Foto 13 - Ponto P4 de monitoramento da Cetesb no Ribeirão Pirai. (segmento 270)



Foto 14 - Ponto P5 de monitoramento da Cetesb no Ribeirão Pirai. (segmento 320)



Foto 15 - Ribeirão Pirai na Fazenda Pirai. (segmento 350)



Foto 16 - Ribeirão Pirai a montante da captação de água de Salto e Indaiatuba. (segmento 470)



Foto 17 - Captação de água de Indaiatuba (segmento 490)



Foto 18 - Ribeirão Pirai a jusante da captação de água de Salto e Indaiatuba. (segmento 490)

Balanço Hídrico da Bacia

O objetivo da aplicação da modelagem matemática na Bacia do Pirai é permitir simular situações críticas de poluição e verificar o atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental. Assim, foram preparadas duas configurações de dados hidrológicos que refletem situações de estiagem (tempo seco), com base nos dados disponibilizados no website do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), resultantes de estudos de regionalização de vazões no Estado de São Paulo:

- Q_{95} vazão garantida em 95% do tempo; e
- $Q_{7,10}$ vazão de estiagem extrema.

Além das vazões representativas de vazões mínimas, obteve-se também a vazão média de longo termo (Q_{MLT}).

O **Quadro 4** mostra o resultado obtido para as vazões específicas em cada uma das condições hidrológicas. Os valores da última região (Pirai-Jusante) aparecem inferiores pois adotou-se o procedimento de concentrar apenas nessa região o ajuste das diferenças de valores encontradas quando se aplica o método de regionalização de vazões para estimativas parciais ao longo de um mesmo curso de água.

Quadro 4 - Bacia do Ribeirão Pirai Vazões Naturais

Região	Área Acumulada (km ²)	Vazão Crítica ($Q_{7,10}$)		Vazão Mínima (Q_{95})		Vazão Média (Q_{MLT})	
		(m ³ /s)	(L/s.km ²)	(m ³ /s)	(L/s.km ²)	(m ³ /s)	(L/s.km ²)
Pirai Cabeceira	40.97	0.085	2.07	0.147	3.59	0.405	9.89
Pirai Trecho Urbano	103.84	0.217	2.10	0.376	2.25	1.036	6.29
Pirai Intremediário	137.16	0.269	1.56	0.467	0.67	1.285	1.85
Afluentes Norte	72.67	0.143	1.97	0.247	3.40	0.681	9.37
Pirai Jusante (*)	221.94	0.413	0.083	0.715	0.005	1.969	0.014

Segundo a formulação do Modelo SIMOX, cada segmento pode ser alimentado com vazões naturais por três categorias de contribuintes :

- da cabeceira (Q_{CAB}), quando se tratar de segmento inicial de um rio;
- de um afluente (Q_{AFL}) e
- distribuída ao longo do segmento (Q_{INC}).

O **Quadro 5** apresenta os dados de entrada de vazão, em cada categoria, que contribuem para diretamente para cada um dos segmentos em que os cursos de água foram divididos. As vazões acumuladas ao longo do percurso são calculadas internamente pelo processamento.

Quadro 5 - Dados de Entrada de Vazões - MQUAL - Módulo 2

Vazões Incrementais (m³/s)					Vazões Incrementais (m³/s) (continuação)					Vazões de Cabeceiras (m³/s)				
Segmento	Sub-Bacias	Vazão Qcab	Vazão Qcab	Vazão Qcab	Segmento	Sub-Bacias	Vazão Qcab	Vazão Qcab	Vazão Qcab	Segmento	Sub-Bacias	Vazão Qcab	Vazão Qcab	Vazão Qcab
100	2	0,005	0,008	0,022	350	41	0,004	0,007	0,019	100	1	0,024	0,041	0,113
110	3	0,004	0,007	0,019	360	43	0,005	0,008	0,022	210	20	0,013	0,023	0,064
120	5	0,008	0,014	0,039	370	46	0,008	0,014	0,039	280	31	0,013	0,023	0,062
130	7	0,0004	0,001	0,002	380	48a+48b	0,005	0,008	0,023	370	44+45	0,027	0,047	0,131
140	9	0,002	0,004	0,012	390	50	0,009	0,016	0,043	390	49	0,009	0,016	0,043
150	12	0,008	0,014	0,04	400	51	0,006	0,01	0,027	410	52	0,01	0,018	0,049
160	13	0,003	0,004	0,012	410	53	0,01	0,018	0,049	440	56	0,018	0,032	0,088
170	14	0,005	0,008	0,023	420	54	0,006	0,01	0,029	Vazões Afluentes (m³/s)				
180	15	0,001	0,001	0,003	430	55a+55b	0,003	0,006	0,015	Segmento	Sub-Bacias	Vazão Qafl	Vazão Qafl	Vazão Qafl
190	17	0,004	0,008	0,021	440	57	0,005	0,009	0,026					
200	19	0,002	0,004	0,012	450	58	0,002	0,004	0,011					
210	21	0,008	0,013	0,037	460	59	0,001	0,001	0,004					
220	22	0,01	0,017	0,048	470	60	0,001	0,001	0,003	120	4	0,024	0,011	0,029
230	23	0,002	0,003	0,009	480	62a+62b	0,001	0,001	0,001	130	6	0,003	0,006	0,016
240	24	0,0003	0,001	0,001	490	63a+63b	0,001	0,001	0,001	140	8	0,006	0,011	0,031
250	26	0,0015	0,003	0,007						150	10+11	0,014	0,024	0,065
260	28	0,004	0,007	0,02						190	16	0,008	0,014	0,039
270	30	0,001	0,003	0,007						200	18	0,002	0,004	0,011
280	32	0,006	0,01	0,029						250	25	0,011	0,019	0,051
290	33	0,013	0,022	0,061						260	27	0,007	0,011	0,031
300	34	0,008	0,014	0,037						270	29	0,004	0,007	0,019
310	36	0,002	0,003	0,009						310	35a+35b	0,003	0,005	0,015
320	38a+38b	0,013	0,024	0,065						320	37	0,004	0,006	0,017
330	39	0,01	0,017	0,048						360	42	0,007	0,011	0,031
340	40	0,01	0,017	0,048						380	47	0,012	0,021	0,059
										480	61a+61b	0,00013	0	0,001

O balanço hídrico do sistema se completa com as informações sobre:

- captações (Q_{CPT}): neste caso foram consideradas a captação da SABESP no início do Segmento 160 (63 L/s), e as captações de Salto e Indaiatuba no Segmento 490 (530 L/s);
- lançamento de efluentes (Q_{DES}): o efluente da ETA Jacaré localiza-se no Segmento 180 e da Avícola Flamboiã no Segmento 230.

Qualidade da Água

Para avaliação da qualidade da água ao longo curso do Ribeirão Pirai foram utilizados os resultados do monitoramento realizado pela CETESB Agência Ambiental de Jundiaí, desde 1998, em cerca de seis pontos representativos, num programa denominado Perfil Sanitário do Ribeirão Pirai. São realizadas seis amostragens anuais, e analisados um conjunto de indicadores de qualidade de água. A localização dos pontos monitorados é apresentada no **Quadro 6** e na **Figura 4**. Os resultados estão resumidos no **Quadro 7**.

Quadro 6 - Ribeirão Pirai - Localização dos Pontos de Monitoramento

Ponto	Código	Localização
P1	IRIS02100	Rib. Pirai, captação de Cabreúva
P2	IRIS02200	Rib. Pirai, ponte Rodovia SP-300 (prox. indústria Crown Cork)
P3	IRIS02250	Rib. Pirai, estrada de terra antes da indústria BIC
P4	IRIS02400	Rib. Pirai, estrada sentido Fazenda Santana
P5	IRIS02600	Rib. Pirai, Rodovia SP-300, km 92
P6	IRIS02900	Rib. Pirai, captação de Salto e Indaiatuba

Quadro 7 - Ribeirão Pirai - Perfil Sanitário de 1998 a 2007

Temperatura	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	17,4	18,0	18,3	18,0	18,0	19,0
Máx	24,0	24,0	24,0	24,0	27,5	35,0
Min	13,0	14,0	13,6	14,5	14,3	14,0
3º. Quartil (75%)	21,5	22,0	22,9	22,4	23,0	24,0
Média	19,5	20,1	20,4	20,3	20,6	21,5
Média na Estiagem	16,2	16,6	17,0	17,2	16,9	20,1
DBO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	1,0	2,0	4,3	4,0	2,0	1,0
Máx	2,0	7,0	67,0	26,0	16,0	15,0
Min	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0
3º. Quartil (75%)	2,0	2,8	11,8	8,0	3,8	2,0
Média	1,5	2,3	11,9	7,4	3,1	1,9
Média na Estiagem	1,5	1,9	15,5	7,8	2,4	2,6
OD	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	6,6	5,7	1,2	3,9	6,0	5,9
Máx	9,3	8,6	7,1	7,0	8,6	8,4
Min	5,3	1,9	0,0	1,7	4,0	3,9
3º. Quartil (75%)	8,1	7,2	3,6	5,4	7,7	7,3
Média	7,3	6,4	2,5	4,6	6,7	6,6
Média na Estiagem	8,2	7,4	2,4	5,1	7,6	7,4
Coli Termotolerantes	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	93	790	22.000	868	790	57
Máx	92.000	490.000	5.000.000	160.000	160.000	16.000
Min	10	9	280	10	33	10
3º. Quartil (75%)	1.400	24.000	235.000	7.975	5.000	500
Média	370	3.348	68.241	2.536	1.979	180
Média na Estiagem	66	1.358	52.044	2.126	832	84
N Total	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	0,52			1,63		0,87
Máx	1,41			5,15		3,69
Min	0,16			0,58		0,32
3º. Quartil (75%)	1,08			3,51		2,04
Média	0,78			2,63		1,45
Média na Estiagem	0,86			3,36		1,58
P Total	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1º. Quartil (25%)	0,050			0,247		0,077
Máx	0,605			1,070		3,000
Min	0,020			0,020		0,005
3º. Quartil (75%)	0,200			0,601		0,256
Média	0,164			0,471		0,258
Média na Estiagem	0,176			0,586		0,178

Fonte: CETESB – Agência Ambiental de Jundiaí

Uso e Ocupação do Solo

A análise do mapeamento de uso do solo fornecido pela CPLEA (Figura 3) e a verificação das condições de ocupação em inspeção direta de campo permitiram propor uma correspondência entre as categorias mapeadas e as categorias utilizadas pelo MQUAL (descritas no item 2), conforme o **Quadro 8**.

A **Figura 6** mostra a configuração do mapa de uso do solo conforme as categorias do MQUAL. O **Quadro 9** apresenta a área ocupada pelas diversas categorias de uso do solo em cada uma das sub-bacias na situação atual.

Quadro 8 - Bacia do Pirai Uso do Solo: Correspondência entre Categorias Mapeadas e Utilizadas pelo MQUAL

Uso Solo CPLA		Uso Solo MQUAL	
Descrição	Código	Descrição	
Uso Agrícola	1	Atividade Agrícola	
Reflorestamento	2	Reflorestamento	
Mata	3	Mata	
Mata Arbustiva / Capoeira, Campo Antrópico / Pastagem, Solo Exposto, Mineração	4	Campo / Capoeira	
Área em Expansão Urbana	5	Chácaras	
Área Urbana Consolidada de Baixa Densidade	6	Área Urbana Padrão Superior	
Área Urbana Consolidada de Média Densidade, Ocupação Dispersa	7	Área Urbana Padrão Inferior	
Área Industrial	8	Área Industrial e Comercial	

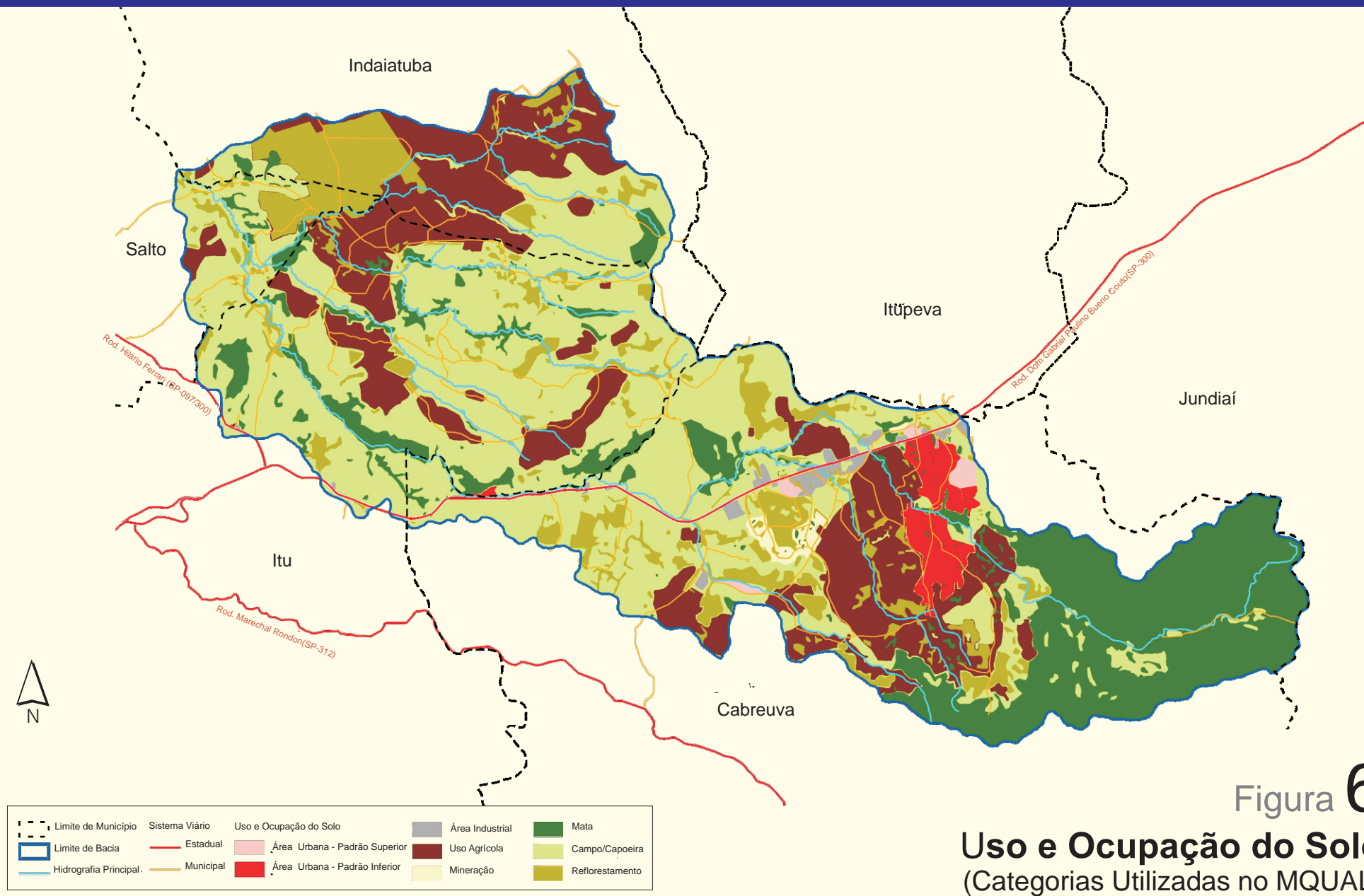


Figura 6
Uso e Ocupação do Solo
(Categorias Utilizadas no MQUAL)

Quadro 9 - Bacia do Pirai - Uso do Solo Atual nas Sub-Bacias (Categorias do MQUAL)

Sub-bacia	Área Total (ha)	Área nas Categorias de Uso do Solo (ha)							
		Atividade Agrícola	Reflores-tamento	Mata	Campo/ Capoeira	Chácaras	Área Urbana Padrão Superior	Área Urbana Padrão Inferior	Área Industrial Comercial
01	1.146	0	0	1.128	18	0	0	0	0
02	226	0	0	223	3	0	0	0	0
03	193	0	0	177	16	0	0	0	0
04	297	0	0	242	55	0	0	0	0
05	399	0	0	371	29	0	0	0	0
06	164	0	1	163	1	0	0	0	0
07	19	0	6	7	7	0	0	0	0
08	309	16	0	268	26	0	0	0	0
09	119	20	18	21	61	0	0	0	0
10	659	120	93	287	159	0	0	0	0
11	178	27	0	145	6	0	0	0	0
12	401	69	1	57	75	0	0	198	0
13	120	49	0	4	12	0	0	54	0
14	230	131	3	16	23	0	0	41	16
15	27	0	4		14	0	0	0	10
16	388	0	10	23	168	6	53	100	28
17	210	67	45		92	0	0	0	7
18	113	21	6		85	0	0	0	0
19	115	43	17	5	49	0	0	0	1
20	639	286	84	130	79	0	0	59	0
21	369	328	35		5	0	0	2	0
22	476	294	55	0	76	19	0	3	28
23	93	0	7	8	48	0	0	0	31
24	14	0	0	3	11	0	0	0	0
25	511	6	92	7	406	0	0	0	0
26	69	0	6	23	33	0	0	0	8
27	310	0	125	5	69	72	19	0	20
28	199	0	6	73	99	2	0	0	18
29	186	0	1	54	132	0	0	0	0
30	71	0	0	0	71	0	0	0	0
31	620	214	118	100	175	13	0	0	0
32	287	71	97	7	90	0	19	0	3
33	610	151	86	2	353	8	0	0	9
34	373	0	32	13	327	0	0	0	1
35a	70	0	0	6	64	0	0	0	0
35b	77	0	0	43	34	0	0	0	0
36	88	1	0	31	54	0	0	0	2
37	226	0	74	0	150	0	0	0	2
38a	487	0	57	12	413	0	0	1	3
38b	377	14	6	91	257	0	0	9	0
39	639	1	42	116	476	0	0	0	3
40	639	87	14	84	453	0	0	0	0
41	255	40	32	31	153	0	0	0	0
42	421	1	19	91	307	0	0	0	2
43	290	17	26	0	246	0	0	0	0
44	795	165	49	74	507	0	0	0	0
45	602	492	77	0	33	0	0	0	0
46	418	300	106	0	11	0	0	0	0
47	625	351	34	8	233	0	0	0	0
48a	116	102	15	0	0	0	0	0	0
48b	132	3	130	0	0	0	0	0	0
49	821	152	83	0	586	0	0	0	0
50	464	14	55	49	346	0	0	0	0
51	292	19	4	53	217	0	0	0	0
52	563	27	57	42	437	0	0	0	0
53	522	103	44	35	339	0	0	0	0
54	309	240	29	15	24	0	0	0	0
55a	86	19	5	29	33	0	0	0	0
55b	76	2	43	6	25	0	0	0	0
56	940	258	30	3	649	0	0	0	0
57	276	123	21	31	101	0	0	0	0
58	121	19	1	16	86	0	0	0	0
59	39	7	6	0	27	0	0	0	0
60	361	62	67	32	200	0	0	0	0
61a	147	2	57	8	80	0	0	0	0
61b	587	70	405	28	84	0	0	0	0
62a	21	0	5	0	17	0	0	0	0
62b	45	11	0	0	34	0	0	0	0
63a	39	0	5	0	34	0	0	0	0
63b	10	1	5	0	5	0	0	0	0
Total Global	22.115	4.616	2.552	4.495	9.583	120	91	467	192
		21,0%	11,5%	20,3%	43,3%	0,5%	0,4%	2,1%	0,9%

Distribuição Populacional

O Quadro 9 mostra os dados populacionais dos municípios da região da Bacia do Ribeirão Pirai no Censo Demográfico 2000 e na Contagem Populacional de 2007 do IBGE. Os municípios totalizam quase 462 mil habitantes, tendo crescido cerca de 53.260 habitantes nos últimos sete anos, o que representa uma taxa geométrica média de crescimento anual de 1,77%. Os municípios de Indaiatuba e Cabreúva apresentaram maiores taxas de crescimento, acima de 2,3%.

Quadro 9 - Bacia do Ribeirão Pirai População dos Municípios

MUNICÍPIO	População Total		TGCA (% a.a.)
	2000	2007	2000/2007
Cabreúva	33.100	38.914	2,34%
Indaiatuba	147.050	173.508	2,39%
Itu	135.366	147.260	1,21%
Salto	93.159	102.253	1,34%
Total Geral	408.675	461.935	1,77%

Fonte: IBGE. Censo 2000 e Contagem Populacional de 2007

O Município de Cabreúva apresentava em 2000 uma população total de 33.100 habitantes, sendo 25.760 residentes em área urbana (78%) e 7.340 (22%). Cerca de 22.216 habitantes de área urbana residem no Distrito Jacaré, situado no interior da Bacia do Pirai, o que representa cerca de 86% da população urbana e 67% da população total. Nos demais municípios não há população urbana na Bacia do Pirai.

Na Contagem de 2007, o IBGE disponibilizou apenas valores totalizados por município, não sendo possível acompanhar de forma precisa a evolução da participação da população urbana do Distrito de Jacaré. Pode-se inferir, entretanto, que tal participação manteve-se elevada, ou mesmo ampliou-se, em razão de vários empreendimentos imobiliários implantados nos anos recentes.

O **Quadro 10** mostra as projeções populacionais para 2010, 2015 e 2020 para os municípios da região, realizadas pela Fundação SEADE.

Quadro 10 - Projeções populacionais para 2010, 2015 e 2020

MUNICÍPIO	2010	2015	2020
Cabreúva	47.293	54.153	60.625
Indaiatuba	196.645	218.097	236.809
Itu	167.065	180.813	192.713
Salto	115.315	125.167	133.549
Total Geral	526.318	578.230	623.696

Fonte: Fundação SEADE

Para utilização no MQUAL, é necessário dispor-se das *populações urbanas* por sub-bacias. As cargas poluidoras potencialmente geradas pela população rural são computadas de forma implícita nos coeficientes de exportação dessas áreas. Para o caso da Bacia do Pirai apenas Cabreúva possui população urbana no interior da bacia.

Em geral, a obtenção da população urbana por sub-bacia é obtida a partir do cruzamento dos limites de sub-bacias com os limites dos setores censitários do IBGE, aplicando-se densidades homogêneas para cada setor.

O IBGE, entretanto, não disponibiliza os limites de setores censitários urbanos em formato *shapfile* para municípios de pequena população, como Cabreúva. Por isso houve a necessidade de vetorização dos setores censitários desse município, que foi feita sobre imagem de satélite e planta de ruas do município, utilizando a descrição do perímetro e o mapa em papel de cada setor censitário, disponibilizados pelo IBGE. A **Figura 7** mostra a delimitação dos setores censitários e os limites de sub-bacias.

Depois de delimitados os polígonos dos setores censitários foi feita a união com a tabela contendo os dados populacionais por setor (Censo 2000), criando um novo tema do sistema de informação geográfico, que permitiu o cruzamento com os limites de sub-bacias para encontrar a população em cada uma delas, conforme mostra o **Quadro 11**.

Vale lembrar que os valores abaixo referem-se apenas à população residente em áreas classificadas com *Área Urbana Padrão Superior* e *Área Urbana Padrão Inferior*. Parte da população urbana reside em áreas

classificadas como *Chácaras* que, por construção do MQUAL, têm suas cargas de esgotos domésticos dispostas integralmente no solo, não gerando contribuições ao corpo de água.

O **Quadro 11** apresenta também a projeção das populações para os anos 2008, 2010, 2015 e 2020, que serão utilizadas para simulação de cenários.

Quadro 11 - Bacia do Pirai - População por Sub-bacias

Sub-bacia	População Urbana				
	2000	2008	2010	2015	2020
12	5.545	7.413	7.923	9.072	10.156
13	2.427	3.244	3.467	3.970	4.445
14	3.288	4.396	4.698	5.380	6.023
16	5.545	7.413	7.922	9.071	10.155
20	3.370	4.506	4.816	5.514	6.173
21	217	291	310	356	398
22	774	1.035	1.106	1.267	1.418
23	118	157	168	192	215
Total	21.284	28.455	30.411	34.822	38.984

A pedido da CPLEA e CETESB, foi feita uma estimativa da população de saturação considerando a ocupação dos loteamentos já aprovados pela Prefeitura Municipal de Cabreúva, para a simulação de um cenário futuro.

Quadro 12 mostra a relação dos loteamentos aprovados (fornecidos pela PM de Cabreúva), bem como o número total de lotes e sua localização nas sub-bacias.

Para a estimativa da população considerou-se a taxa de 4 habitantes/domicílio e a distribuição de lotes uniforme pela sub-bacias abrangidas pelos grupos de loteamentos. O resultado é apresentado no **Quadro 13**. O acréscimo populacional estimado é próximo de 38 mil habitantes, o que levaria a população urbana residente na bacia a mais de 66 mil habitantes. Esse valor, mais realista que as projeções anteriores apresentadas no **Quadro 11** (com base em taxas históricas de crescimento), indicam o elevado potencial de crescimento populacional já estabelecido na bacia e os cuidados que se devem adotar para a oferta concomitante da infra-estrutura sanitária correspondente.

Quadro 12 - Loteamento Aprovados na Bacia do Pirai

Lotes Menores que 1000m²	Sub-bacia	Nº de Lotes	Lotes Menores que 1000m²	Sub-bacia	Nº de Lotes
Jacaré	14 e 16	5775	Vilarejo Sopé da Serra	12 e 13	2598
Parque Santo Antonio	14		Vilarejinho	13	222
Colina da Serra e Colina da Serra II	12		Pinhal	23 e 27	
Vila Preciosa I e II	14		Bonfim	20	205
Crimape	12		Novo Bonfim	20	681
Divisão Bertagni	16				
Jardim Paraíso	12 e 16				
Jardim Maria Cristina	14 e 16				
Jardim Andre	16				
Vale Verde II	14				

Fonte: Prefeitura Municipal de Cabreúva

Infra-estrutura Sanitária

Conforme informação da Agência Ambiental de Jundiaí, toda a população urbana residente na Bacia do Pirai é servida por rede de esgotos, cujos efluentes são encaminhados à ETE Jacaré constituída por uma lagoa de estabilização. A ETE está em obras para ampliação de capacidade e implantação do processo de tratamento por lodos ativados.

Alguns condomínios fechados recentemente aprovados possuem sistema próprio de tratamento de esgotos com infiltração dos efluentes no solo. Para efeito de calibração do MQUAL considerou-se uma eficiência de 95% da rede, isto é, 5% da população não estão diretamente ligadas à rede, tendo seus esgotos lançados em sistemas individuais.

Quadro 13 - População Estimada com Loteamento Aprovados na Bacia do Pirai

Sub-bacia	População Urbana		
	2008	Novos Loteamentos	Total
12	7.413	8.414	15.827
13	3.244	6.928	10.172
14	4.396	8.250	12.646
16	7.413	9.900	17.313
20	4.506	3.544	8.050
21	291		291
22	1.035		1.035
23	157	444	601
27		444	444
Total	28.455	37.924	66.379

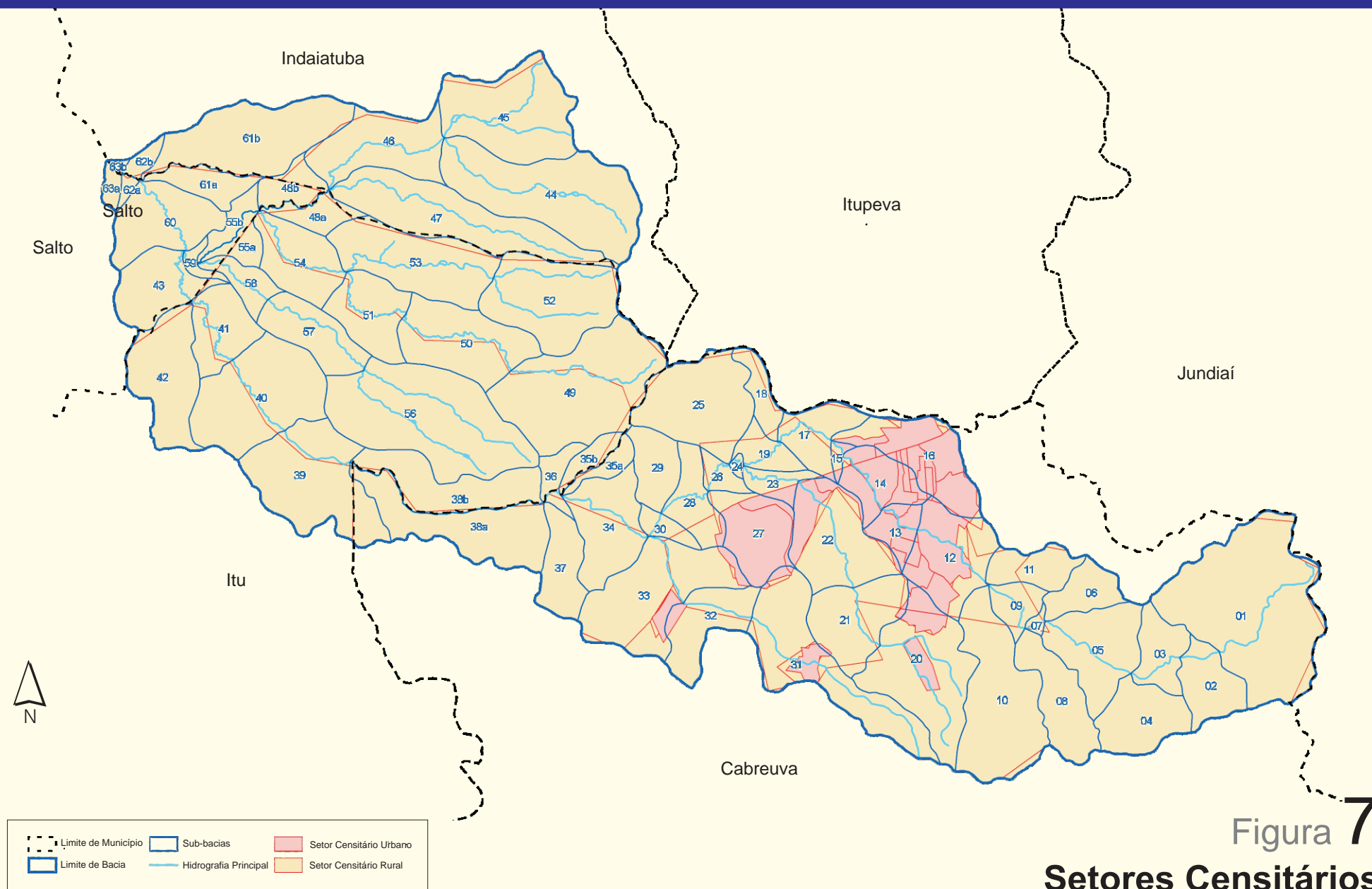


Figura 7
Setores Censitários

Seqüência de Telas do MQUAL 2.6P

As ilustrações a seguir mostram a seqüência de telas na realização de uma simulação com o MQUAL 2.6P Bacia do Pirai.

BACIA DO RIBEIRÃO PIRAI

**MODELO DE CORRELAÇÃO
USO DO SOLO - QUALIDADE DA ÁGUA
MQUAL 2.6P**

2008

SMA/CPLEA PRIME Engenharia

Arquivo de Dados Ativado: GSIM8F.DAT

Inserir Valores Medidos Simulações Existentes Salvar Gráficos Visualizar Gráficos Imprimir Arquivos Iniciar Nova Simulação Encerrar

Tela de Abertura e Menu

Informe o Nome do Arquivo e a Identificação da Simulação nas caixas abaixo:

Nome do Arquivo
(Máximo de 6 Caracteres)

Identificação da Simulação.....:

Situação Hidrológica a Simular: ☒ Q7,10 ☒ Q95 ☒ QMLT

Deseja Utilizar Cenário de Dados de simulações existentes ? ☐ SIM

Clique para visualizar Simulações Existentes => **Simulações Seleccionadas**

Para retornar ao menu principal tecle no botão Menu Principal:

Tela de Qualificação da Simulação que se pretende relizar

No início da Simulação é aberta a Planilha Principal do MQUAL, que contém pastas para entrada de dados e apresentação de resultados do Módulo 1 Geração de cargas, conforme as 5 telas a seguir.

Número de Ordem	FONTE	Unidade	Fosforo Total	Nitrogênio Total	DBOc	DBOn	Coliformes Termotol.
1	Atividade Agrícola	kg/km².dia	0.086	0.227	0.492	0.933	1.00E+04
2	Reflorestamento	kg/km².dia	0.019	0.150	0.117	0.025	5.00E+08
3	Mata / Capoeirão	kg/km².dia	0.019	0.150	0.117	0.025	5.00E+08
4	Capoeira / Campo	kg/km².dia	0.013	0.125	0.108	0.023	5.00E+08
5	Chácaras	kg/km².dia	0.005	0.090	0.950	0.202	5.00E+09
6	Áreas Urbanas - Padrão Superior	kg/km².dia	0.136	0.951	4.000	0.851	5.00E+10
7	Áreas Urbanas - Padrão Inferior	kg/km².dia	0.272	2.378	10.000	2.128	5.00E+10
8	Áreas de Uso Industrial e Comercial	kg/km².dia	0.190	1.665	8.000	1.702	5.00E+10
9	População com lançamento direto de esgotos nos corpos de água	kg/hab.dia	0.0010	0.0079	0.037	0.033	1.19E+13
10	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos - Alta Densidade	kg/hab.dia	0.0008	0.0063	0.034	0.026	5.94E+11
11	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos - Baixa Densidade	kg/hab.dia	0.0005	0.0040	0.022	0.016	1.19E+11

Tabela COEFICIENTES DE EXPORTAÇÃO - valores para cálculo de cargas difusas em Tempo Seco

SUB-BACIA	ÁREA TOTAL (ha)	Elementos para Cálculo de Cargas Difusas							
		Área Ocupada por Categoria de Uso (ha)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Atividade Agrícola	Reflorestamento	Mata	Capoeira e Campo	Chácaras	Ár. Urb Padr Sup	Ár. Urb Padr Inf	Ár. Ind. e Com.
1	1146.15			1,127.89	18.26				
2	225.90			222.98	2.92				
3	192.82			177.01	15.81				
4	296.96			241.61	55.35				
5	399.45			370.71	28.74				
6	164.34		1.07	162.60	0.67				
7	19.30		5.65	6.82	6.83				
8	309.37	15.95		267.91	25.50				
9	119.18	19.68	17.99	20.83	60.68				
10	659.46	119.90	93.34	287.23	159.00				
11	178.11	27.09		144.70	6.32				
12	400.53	68.84	1.32	57.32	75.37		197.68		
13	119.66	49.14	0.22	4.44	12.16		53.70		
14	230.15	131.11	3.16	15.86	23.12		40.97		15.92
15	27.36		3.63		13.81				9.92
16	388.23		10.32	22.90	167.85	6.08	153.06		28.01

Tabela USO DO SOLO - Entrada de dados de usos do solo

SUB-BACIA	Elementos para Cálculo de Cargas de Esgotos Sanitários									
	Colunas Auxiliares					9	10	11	Colunas Auxiliares	
	Pop. em Favelas	Pop. Urbana	Características do Sistema de Esgotos			Pop. Lanç. Direto	Pop. Sist. Indiv. AD	Pop. Sist. Indiv. BD	Pop. com Export. Esg.	Pop. com Trat. Esg.
			% Rede	% Export.	% Trat.					
1	-	-			1.00		0	0	0	0
12	-	5.545	0.95		1.00	1.00	0	0	277	0
13	-	2.427	0.95		1.00	1.00	0	0	121	0
14	-	3.288	0.95		1.00	1.00	0	0	164	0
15	-	-			1.00		0	0	0	0
16	-	5.545	0.95		1.00	1.00	0	0	277	0
17	-	-			1.00		0	0	0	0
18	-	-			1.00		0	0	0	0
19	-	-			1.00		0	0	0	0
20	-	3.370	0.95		1.00	1.00	0	0	168	0
21	-	217	0.95		1.00	1.00	0	0	11	0
22	-	774	0.95		1.00	1.00	0	0	39	0
23	-	118	0.95		1.00	1.00	0	0	6	0
24	-	-			1.00		0	0	0	0

Tabela USO DO SOLO Entrada de dados de população e do sistema de esgotos

N.	Lançamento	Segmento	Cargas						Vazão (m³/s)
			P TOTAL (kg/dia)	N TOTAL (kg/dia)	DBOc (kg/dia)	DBOn (kg/dia)	S Susp (kg/dia)	Coli Tot (NMP/dia)	
1	ETE Jacaré	100	5.80	45.63	71.78	62.52	0.00	2.28E+12	0.040
2	esgoto doméstico		19.34	152.10	717.59	625.15		4.55E+13	0.040
3	esgoto industrial								
4	Avícola Plantão	230			20.00				0.001
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Taxas de remoção na ETE	0.7	0.7	0.9	0.9	0.95
-------------------------	-----	-----	-----	-----	------

ATENÇÃO: É OBRIGATÓRIO INFORMAR O VALOR DA **VAZÃO** DO EFLUENTE CORRESPONDENTE À CARGA PONTUAL. Utilizar o quadro CONCENTRAÇÕES como auxiliar para cálculo das Cargas. As cargas remanescentes da **ETE Jacaré** são calculadas automaticamente.

Pasta **CARGAS PONTUAIS** - entrada de dados de cargas industriais e do efluente da ETE

SUBBACIA	CARGAS DIFUSAS EM DIAS SECOS						SEGMENTO	CARGAS PONTUAIS					
	P TOTAL (kg/dia)	N TOTAL (kg/dia)	DBOc (kg/dia)	DBOn (kg/dia)	S Susp (kg/dia)	Coli Tot (NMP/dia)		P TOTAL (kg/dia)	N TOTAL (kg/dia)	DBOc (kg/dia)	DBOn (kg/dia)	S Susp (kg/dia)	Coli Tot (NMP/dia)
1	0.213	1.715	1.34	0.29	0.00	5.73E+09	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
2	0.042	0.338	0.26	0.08	0.00	1.13E+09	110	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
3	0.035	0.285	0.22	0.05	0.00	9.64E+08	120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
4	0.053	0.432	0.34	0.07	0.00	1.48E+09	130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
5	0.073	0.592	0.47	0.10	0.00	2.00E+09	140	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
6	0.031	0.246	0.19	0.04	0.00	8.22E+08	150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
7	0.003	0.027	0.02	0.00	0.00	9.65E+07	160	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
8	0.064	0.470	0.42	0.22	0.00	1.47E+09	170	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
9	0.028	0.179	0.21	0.21	0.00	4.97E+08	180	6.11	48.03	75.54	65.81	0.00	1.20E+16
10	0.172	1.042	1.21	1.25	0.00	2.70E+09	190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
11	0.046	0.286	0.31	0.29	0.00	7.55E+08	200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00
12	0.335	2.219	8.40	2.36	0.00	9.95E+10	210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00

Pasta *CARGAS TEMPO SECO* - cálculos de cargas difusas geradas nas Sub-bacias e cargas pontuais nos Segmentos

N.	Captação	Segmento	Vazão (m3/s)
1	Sabesp / Cabreúva	160	0.063
2	Salto	490	0.230
3	Indaiatuba	490	0.300
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Pasta *CAPTAÇÕES* - Informar as Vazões Captadas e o Segmento correspondente

N.	Lançamento	Segmento	Cargas						Vazão (m3/s)
			P TOTAL (kg/dia)	N TOTAL (kg/dia)	DBOc (kg/dia)	DBOn (kg/dia)	S Susp (kg/dia)	Coli Tot (NMP/dia)	
1	Transp. Jundiuvira		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00E+00	

Pasta *TRANSPOSIÇÕES* - Informar o Segmento e a Vazão de Transposição

Calibração e Verificação do Modelo

Apresenta-se, a seguir, as principais etapas e conclusões do processo de calibração realizado para as condições hidrológicas de Q_{95} e a verificação realizada para a condição de $Q_{7,10}$. Ambas referem-se às cargas de tempo seco.

- a) Módulo 1 - Geração de Cargas: Ajustes dos coeficientes de exportação de cargas em tempo seco:

Os dados de monitoramento do ponto P1, que recebe contribuições predominantemente de áreas rurais e florestadas, antes da influência das áreas urbanas, foram utilizados para ajustar os coeficientes de exportação de cargas nas categorias Mata, Reflorestamento, Campo; a seguir, os coeficientes das categorias em áreas urbanas foram ajustados em função dos dados relativos ao ponto P2; os demais coeficientes foram ajustados de forma proporcional aos resultados anteriores, buscando manter a coerência entre a ocupação das áreas e a relação entre os parâmetros de qualidade de água.

Principais aspectos a destacar, que refletem características da Bacia do Pirai:

- Nas áreas rurais os coeficientes de exportação de DBO e Coliformes provenientes do Guarapiranga mostraram-se extremamente elevados para as características desta bacia; para DBO os coeficientes ajustados são cerca de um décimo dos estabelecidos originalmente no MQUAL;
- Nessas mesmas áreas rurais, os coeficientes de exportação de nutrientes apresentaram comportamento inverso: na Bacia do Pirai a contribuição desses elementos é maior: para Nitrogênio é cerca de 2,4 vezes maior enquanto para Fósforo Total é cerca de 10 vezes maior; estas concentrações mais elevadas de fósforo em áreas pouco ocupadas talvez sejam provenientes de fatores

naturais de provável a existência de uma fonte pontual; esse aspecto merece maior investigação na etapa final deste estudo;

- Para as áreas urbanizadas, os coeficientes de exportação de DBO continuam inferiores aos originais, porém numa redução menor: um quarto dos valores originais; para os nutrientes os valores originais mostraram-se adequados.

Os coeficientes de exportação relativos a esgotos domésticos em áreas urbanizadas não foi possível ajustar, pois considerou-se toda a população atendida por rede de esgotos, com tratamento. Para a simulação de eventuais efeitos da ausência de infra-estrutura sanitária foram adotados coeficientes cerca de 50% inferiores aos originais para todos os parâmetros.

O **Quadro 14** mostra os valores dos coeficientes de exportação adotados para o MQUAL-2.6P em comparação com os coeficientes originais do Guarapiranga.

Quadro 14 - Coeficientes de Exportação - MQUAL-2.6P e Guarapiranga.

Coeficientes MQUAL 2.6P - Bacia do Pirai								
Número de Ordem	FONTES	Unidade	Fosforo Total	Nitrogênio Total	DBOc	DBOn	Sólidos em Suspensão	Coliformes Termotol.
1	Atividade Agrícola	kg/km².dia	0.066	0.227	0.492	0.933		1.00E+04
2	Reflorestamento	kg/km².dia	0.019	0.150	0.117	0.025		5.00E+08
3	Mata / Capoeirão	kg/km².dia	0.019	0.150	0.117	0.025		5.00E+08
4	Capoeira / Campo	kg/km².dia	0.013	0.125	0.108	0.023		5.00E+08
5	Chácaras	kg/km².dia	0.005	0.090	0.950	0.202		5.00E+09
6	Áreas Urbanas - Padrão Superior	kg/km².dia	0.136	0.951	4.000	0.851		5.00E+10
7	Áreas Urbanas - Padrão Inferior	kg/km².dia	0.272	2.378	10.000	2.128		5.00E+10
8	Áreas de Uso Industrial e Comercial	kg/km².dia	0.190	1.665	8.000	1.702		5.00E+10
9	População com lançamento direto de esgotos nos corpos de água	kg/hab.dia	0.0010	0.0079	0.037	0.033		2.38E+09
10	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Alta Densidade	kg/hab.dia	0.0008	0.0063	0.034	0.026		1.19E+08
11	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Baixa Densidade	kg/hab.dia	0.0005	0.0040	0.022	0.016		2.38E+07
Coeficientes Originais - Guarapiranga								
Número de Ordem	FONTES	Unidade	Fosforo Total	Nitrogênio Total	DBOc	DBOn	Sólidos em Suspensão	Coliformes Totais
1	Atividade Agrícola	kg/km².dia	0.066	0.227	4.917	0.933	10.455	1.00E+04
2	Reflorestamento	kg/km².dia	0.002	0.060	1.172	0.247	2.500	1.00E+02
3	Mata / Capoeirão	kg/km².dia	0.002	0.060	1.172	0.247	2.500	1.00E+02
4	Capoeira / Campo	kg/km².dia	0.001	0.050	1.079	0.206	3.750	1.00E+02
5	Chácaras	kg/km².dia	0.005	0.090	3.800	0.370	8.000	1.00E+03
6	Áreas Urbanas - Padrão Superior	kg/km².dia	0.136	0.951	16	3.913	0.6	1.00E+04
7	Áreas Urbanas - Padrão Inferior	kg/km².dia	0.272	2.378	40	9.781	1.1	1.00E+04
8	Áreas de Uso Industrial e Comercial	kg/km².dia	0.190	1.665	32	6.847	0.8	1.00E+04
9	População com lançamento direto de esgotos nos corpos de água	kg/hab.dia	0.00151	0.01190	0.05616	0.04896	0.05500	2.38E+09
10	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Alta Densidade	kg/hab.dia	0.00121	0.00952	0.05054	0.03917	0.03300	1.19E+08
11	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Baixa Densidade	kg/hab.dia	0.00076	0.00595	0.03370	0.02448	0.01650	2.38E+07
Fatores de Conversão (Coef Pirai = Coef Guarapiranga / Fator)								
			Fosforo Total	Nitrogênio Total	DBOc	DBOn	Sólidos em Suspensão	Coliformes Totais
1	Atividade Agrícola		1.00	1.00	10.00	1.00		1.00E+00
2	Reflorestamento		0.10	0.40	10.00	0.40		2.00E-07
3	Mata / Capoeirão		0.10	0.40	10.00	0.40		2.00E-07
4	Capoeira / Campo		0.10	0.40	10.00	0.40		2.00E-07
5	Chácaras		1.00	1.00	4.00	4.00		2.00E-07
6	Áreas Urbanas - Padrão Superior		1.00	1.00	4.00	4.00		2.00E-07
7	Áreas Urbanas - Padrão Inferior		1.00	1.00	4.00	4.00		2.00E-07
8	Áreas de Uso Industrial e Comercial		1.00	1.00	4.00	4.00		2.00E-07
9	População com lançamento direto de esgotos nos corpos de água		1.50	1.50	1.50	1.50		1.00E+00
10	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Alta Densidade		1.50	1.50	1.50	1.50		1.00E+00
11	População de áreas urbanizadas com sistema individual de disposição de esgotos- Baixa Densidade		1.50	1.50	1.50	1.50		1.00E+00

b) Módulo 2 - Simulação de Rios

b.1) Coeficientes de Reação

Foram adotados valores iniciais com base nas informações de literatura (a referência básica utilizada foi a segunda edição do Rates Constants and Kinetics Formulation in Surface Water Quality Modeling - EPA, 1985) e valores resultantes da experiência anterior em simulação de rios em condições semelhantes, especialmente a calibração anterior realizada pela CETESB em 2001. Os valores finais foram decorrentes de diversas rodadas de simulações para ajuste locais de cada coeficiente.

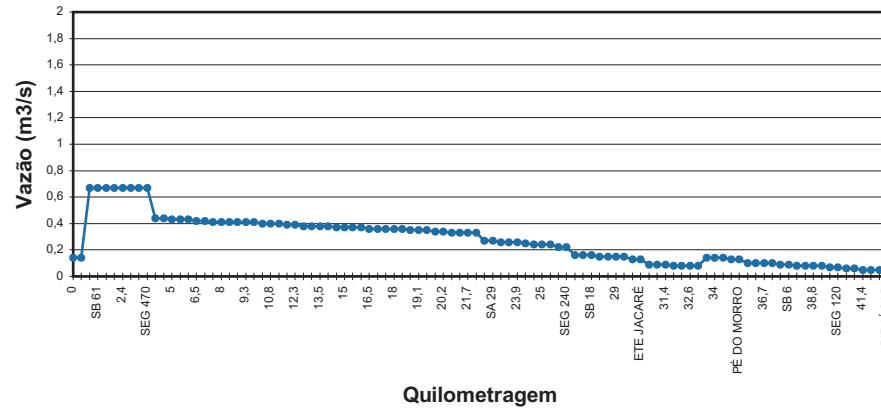
- taxas de remoção de DBOc (KR), de desoxigenação devida a DBOc (KD): foram adotados os valores de KR e KD iguais a 0,40/dia para a maior parte dos segmentos, sendo que nos segmentos ao longo da área urbana e com menor declividade e velocidade de fluxo adotou-se $KR = 0,60/\text{dia}$, representando uma potencial sedimentação de parte da DBOc; para DBO_n foi adotado o valor de $KN = 0,30/\text{dia}$;
- o modelo permite adotar taxas para sedimentação de N_{Total} (KNT) e P_{Total} (KP); foram adotados valores de 0,30/dia nos trechos de menor declividade;
- taxa de decaimento de bactérias (KB): foi adotado o valor 4,0/dia na maior parte dos segmentos e 6,0/dia nos segmentos de menor declividade;
- o coeficiente de reaeração (KA) é calculado pelo modelo com base na fórmula de O'Connor, opção indicada no arquivo de entrada por $NKA = 3$, ou utilizando-se valor fixado pelo operador, na opção $NKA = 2$; as duas opções foram adotadas para ajustar coeficientes ao longo dos segmentos, pois a fórmula de O'Connor resulta em valores de KA extremamente altos em muitos dos segmentos e não reproduzem adequadamente o perfil de OD observado. Foi considerado, também, consumo de OD por demanda bentônica, por meio

do coeficiente denominado BENTH, com valores de 2 a 5/dia extraídos do estudo de CETESB, 2002.

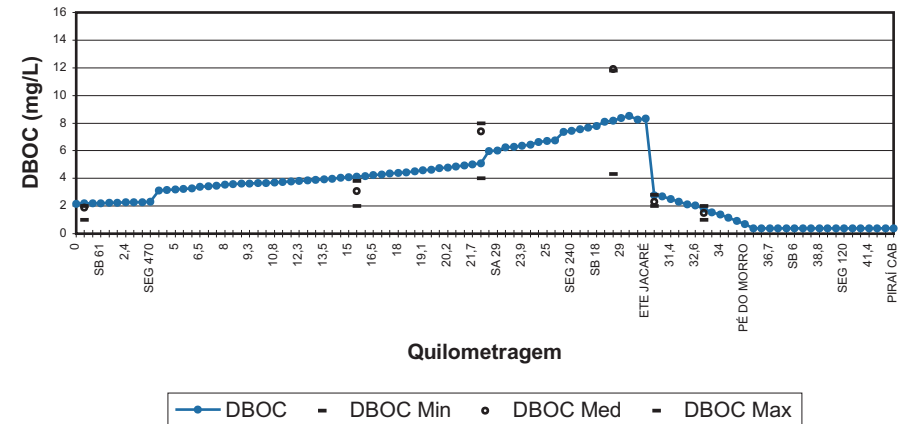
c) Perfis de Calibração e Verificação

Os gráficos a seguir mostram o comportamento dos diversos parâmetros de qualidade de água ao longo do Ribeirão Pirai nas rodadas de calibração (Q_{95}) e verificação ($Q_{7,10}$). Os gráficos são criados diretamente pelo processamento do MQUAL 2.6P e são apresentados para cada parâmetro, na sequência das rodadas com Q_{95} e $Q_{7,10}$.

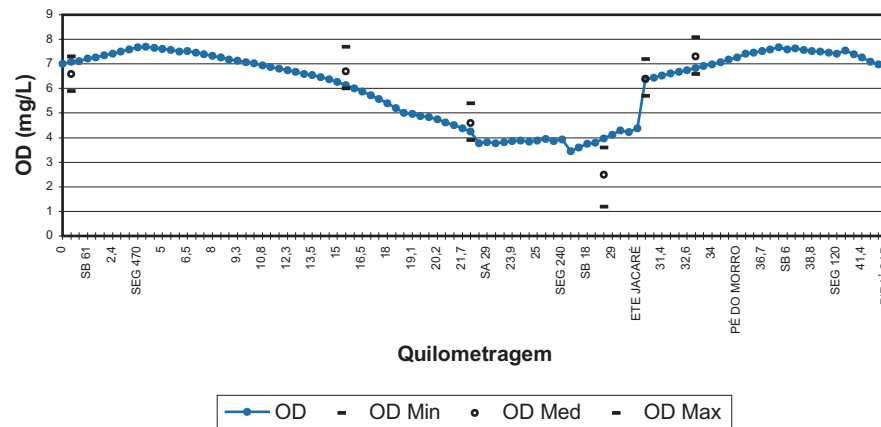
**CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - Vazão**



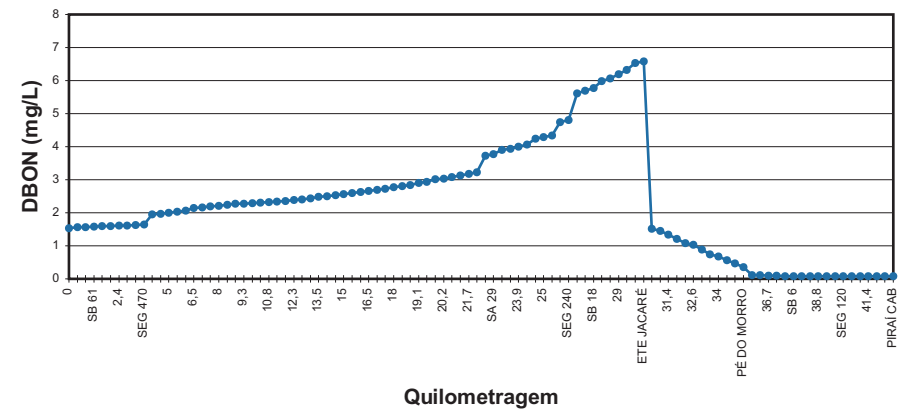
**CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - DBOC**



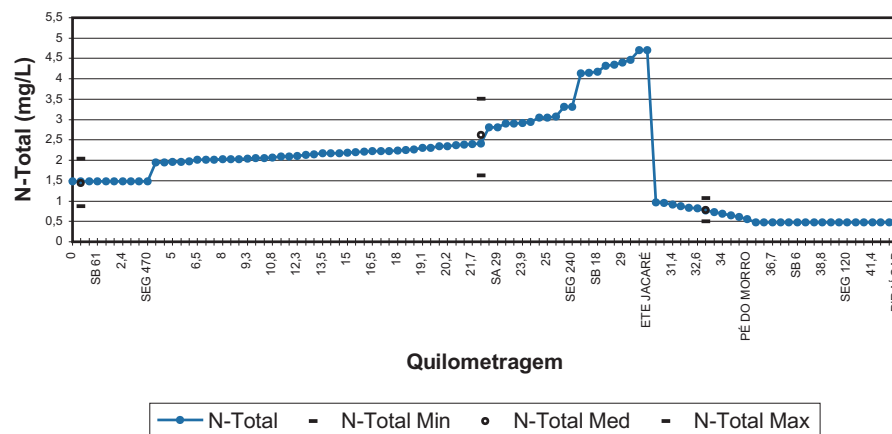
**CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - OD**



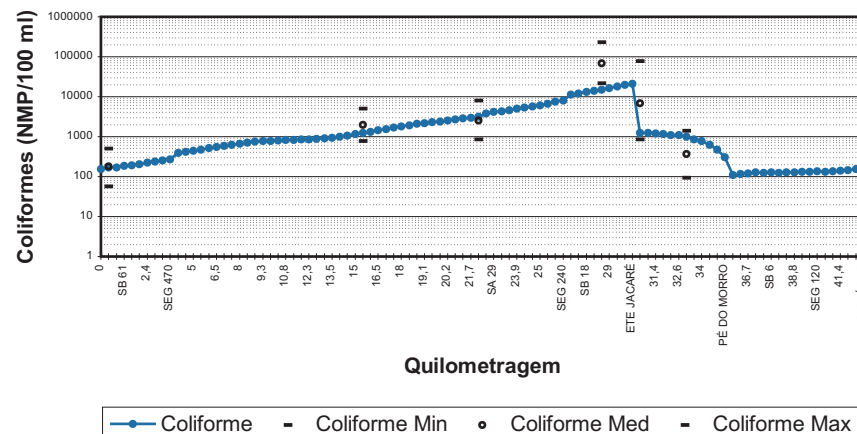
**CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - DBON**



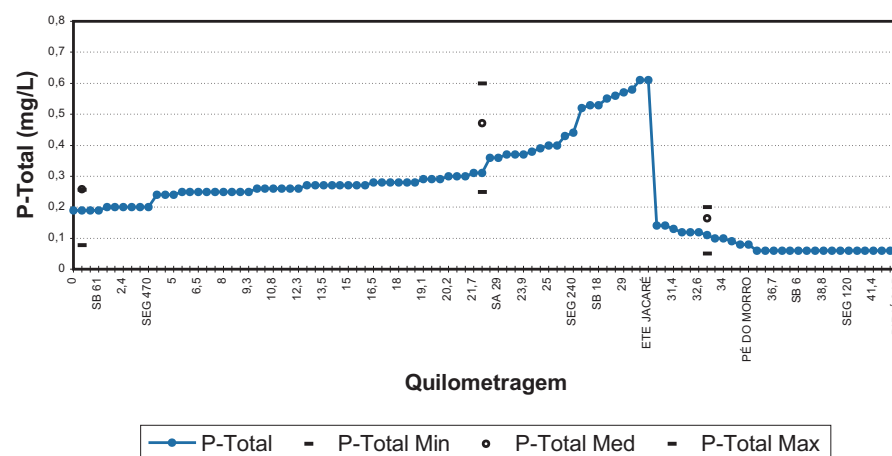
CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - N-Total



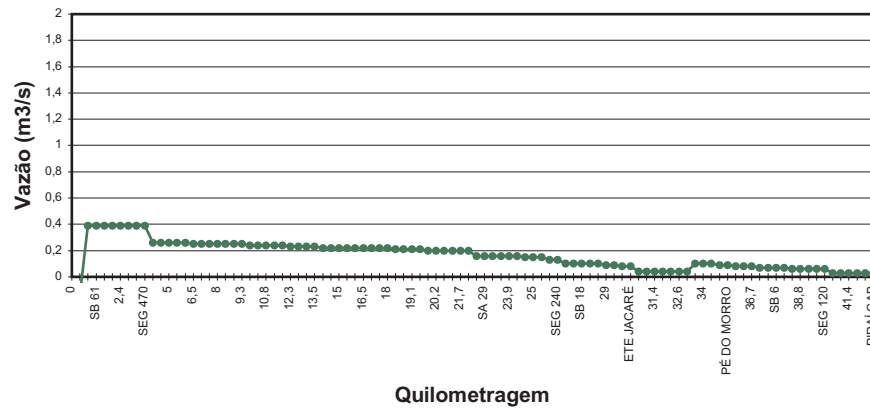
CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - Coliformes



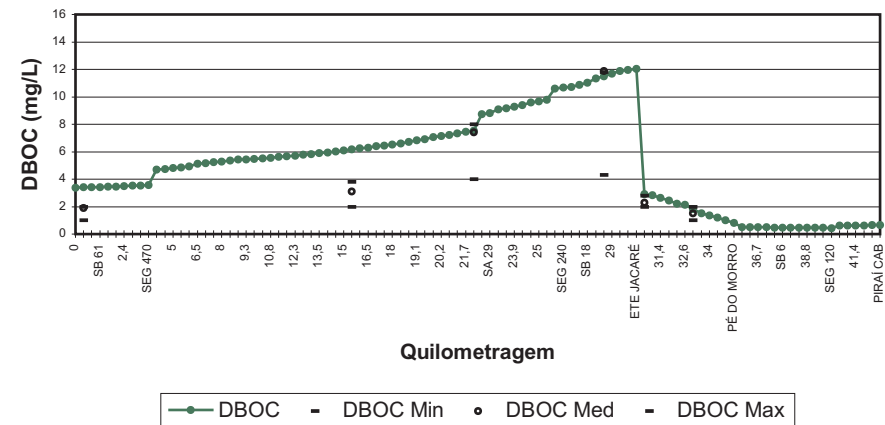
CALIBRAÇÃO FINAL - Q95
RIBEIRÃO PIRAI - P-Total



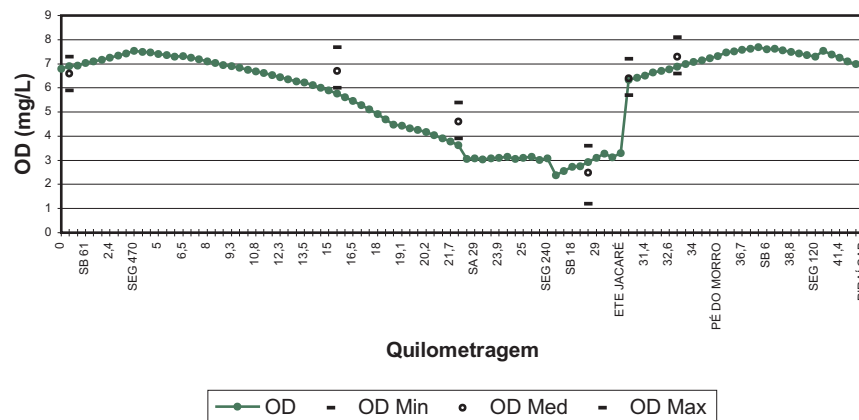
VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - Vazão



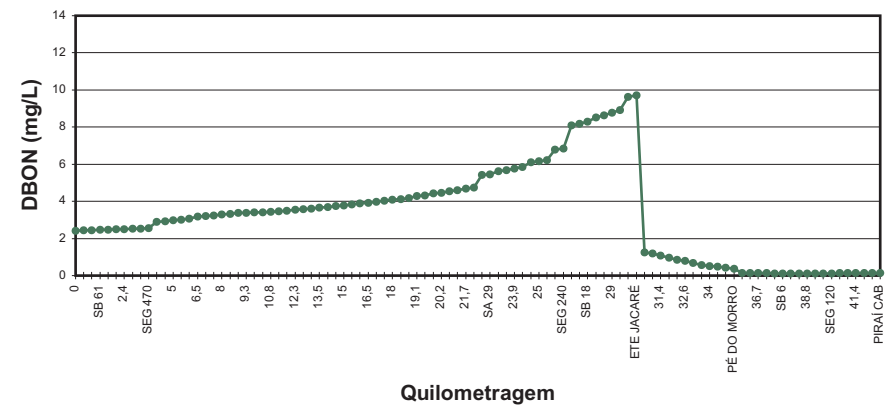
VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - DBOC



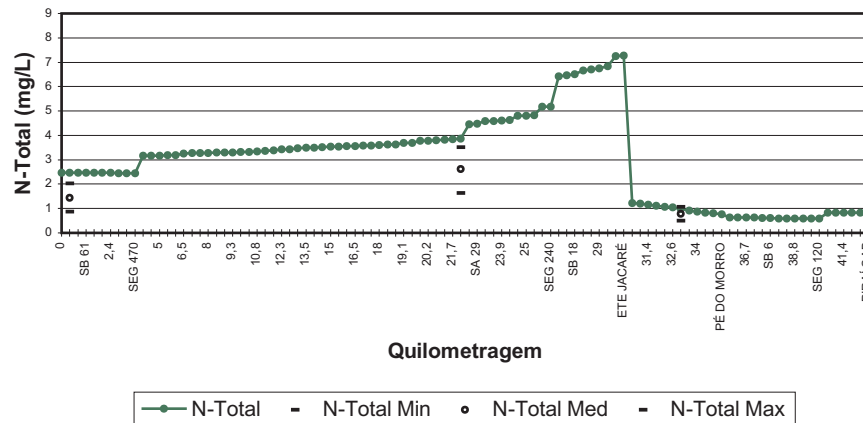
VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - OD



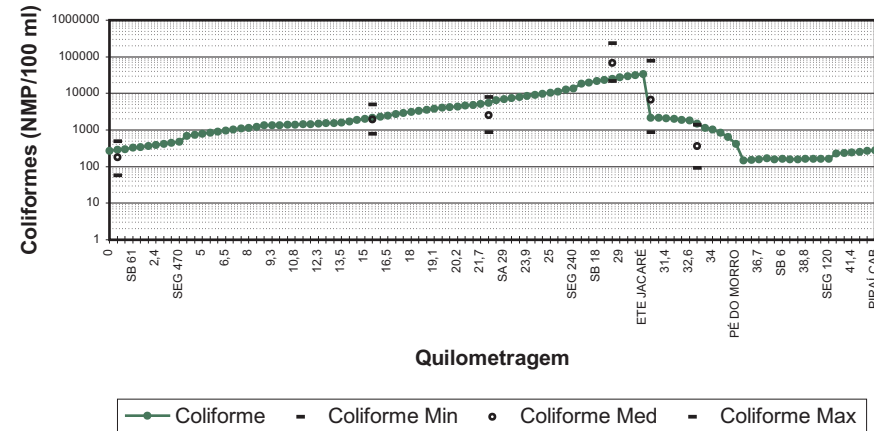
VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - DBON



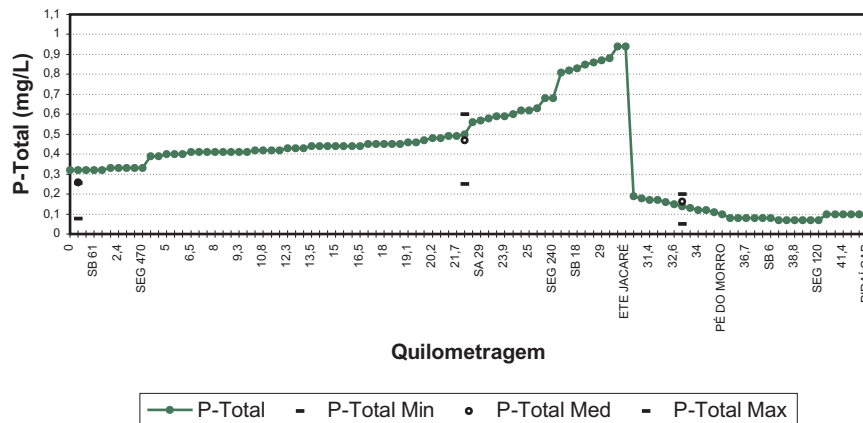
VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - N-Total



VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - Coliformes



VERIFICAÇÃO FINAL - Q7,10
RIBEIRÃO PIRAI - P-Total



SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Este item apresenta um exercício de utilização do Modelo MQUAL2.6P Bacia do Pirai, para simular algumas situações hipotéticas para verificar o efeito de alterações no uso solo, características da infra-estrutura sanitária e implantação de obras hidráulicas planejadas.

Foram simuladas as seguintes situações:

- **Simulação 1: Cenário sem Infra-estrutura Sanitária** utilizando a configuração de calibração como base, considerou-se a inexistência de redes de coleta e tratamento de esgotos. A carga orgânica produzida é lançada em sistemas individuais (fossas sépticas) que despejam periodicamente efluentes líquidos na rede de drenagem;
- **Simulação 2: Cenário sem Ocupação Urbana** - utilizando a configuração de calibração como base, considerou-se que a área urbana e industrial foi substituída por campo;
- **Simulação 3: Cenário Atual** - utilizando a configuração de calibração como base, considerou-se a população de 2007 fornecida pela Contagem Populacional do IBGE (conforme Quadro 3.9) e a mesma distribuição proporcional nas sub-bacias.
- **Simulação 4: Cenário 2020** - utilizando o crescimento populacional previsto pela SEADE, com a mesma distribuição espacial atual.
- **Simulação 5: Cenário com Ocupação dos Loteamentos Aprovados** - utilizando a situação de 2008 (Simulação 3) acrescida da população estimada para os loteamentos aprovados pela Prefeitura de Cabreúva no Distrito de Jacaré (quadros 3.12 e 3.13);
- **Simulação 6: Cenário com Obras de Transposição** - utilizando a configuração de calibração como base, considerando-se a transposição do Ribeirão Jundiuvira (aporte de 690 L/s) na

na cabeceira do Córrego Cai (Simulação 6A) e na Sub-bacia 8 que drena diretamente ao Rib. Pirai, a montante da captação da Sabesp no Distrito de Jacaré (Simulação 6B).

- **Simulação 7: Cenário com Ocupação dos Loteamentos Aprovados e Obras de Transposição** - configuração conjunta da Simulação 5 e Simulação 6B: ocupação dos loteamentos aprovados e obras de transposição do Ribeirão Jundiuvira (aporte de 690 L/s) para o Rib. Pirai (Sub-bacia 8).
- **Simulação 8: Cenário de Saturação da Capacidade da ETE Jacaré** - considerando a capacidade máxima de tratamento do projeto de ampliação da ETE em execução (45.338 habitantes e vazão total 80,3 L/s - doméstico e industrial); conforme solicitação da CETESB/Jundiá considerar eficiência da ETE de 90%, 95% e 98% na remoção de DBO, com e sem a transposição de águas do rio Jundiuvira.

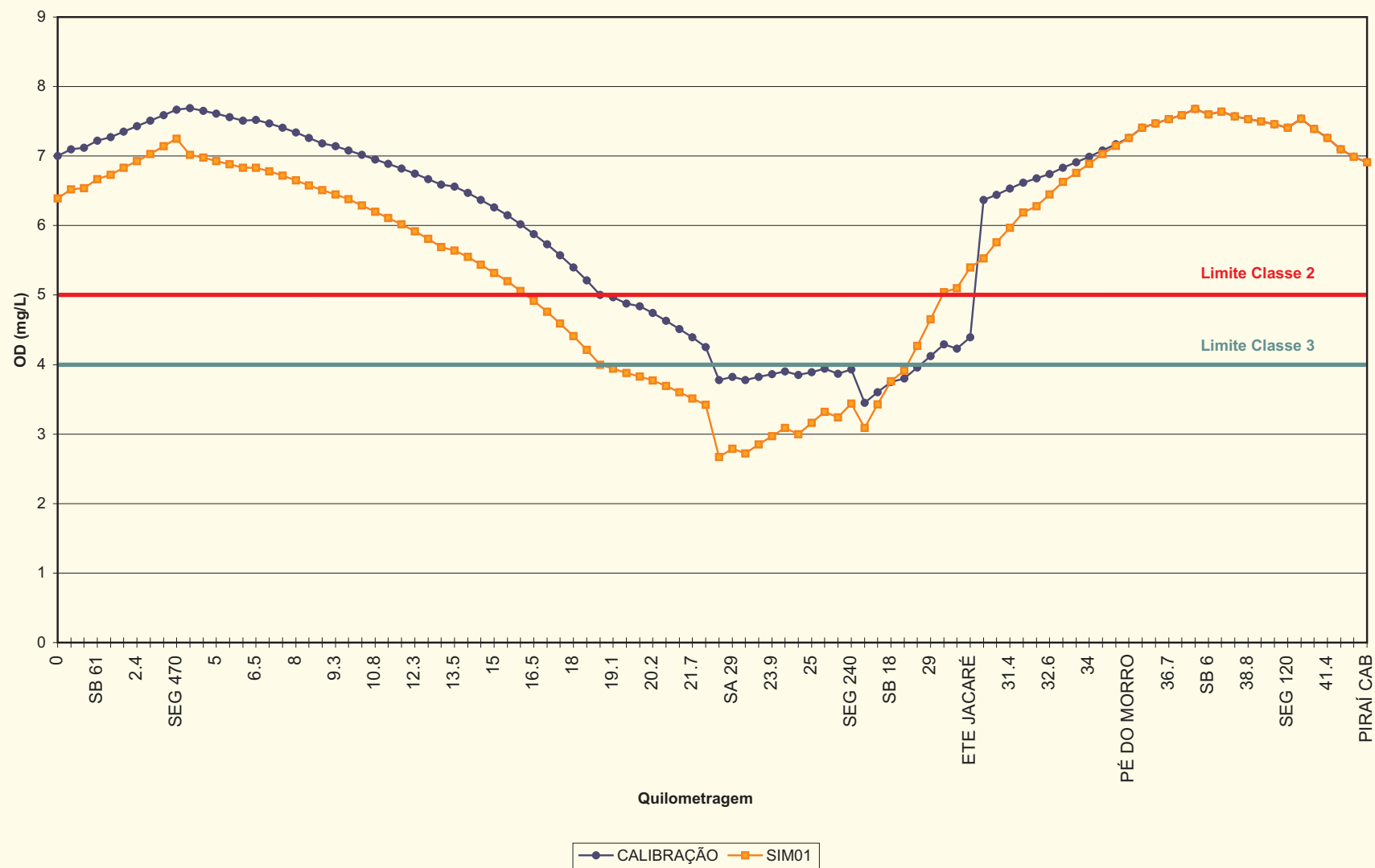
Simulação	População	Captação Sabesp	Vazão ETE	DBO bruta	Eficiência da ETE	Transposição p/Pirai
8A	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	90%	Não
8B	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	95%	Não
8C	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	98%	Não
8D	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	90%	Sim
8E	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	95%	Sim
8F	45.338	94L/s	80,3L/s	3022 kg/dia	98%	Sim

Os resultados são apresentados a seguir, na forma de gráficos do perfil sanitário, para OD e DBO, sempre comparados com o cenário de calibração ou o cenário atual (2008), incluindo a comparação com os limites das Classes 2 e 3 definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 . O Quadro 5.1 resume as principais conclusões das simulações realizadas. Ressalta-se que estas simulações são demonstrativas do potencial do instrumento disponibilizado para a Bacia do Pirai, sendo que muitas outras situações podem ser avaliadas conforme as necessidades de planejamento do uso do solo, do uso da água e do controle da poluição na bacia.

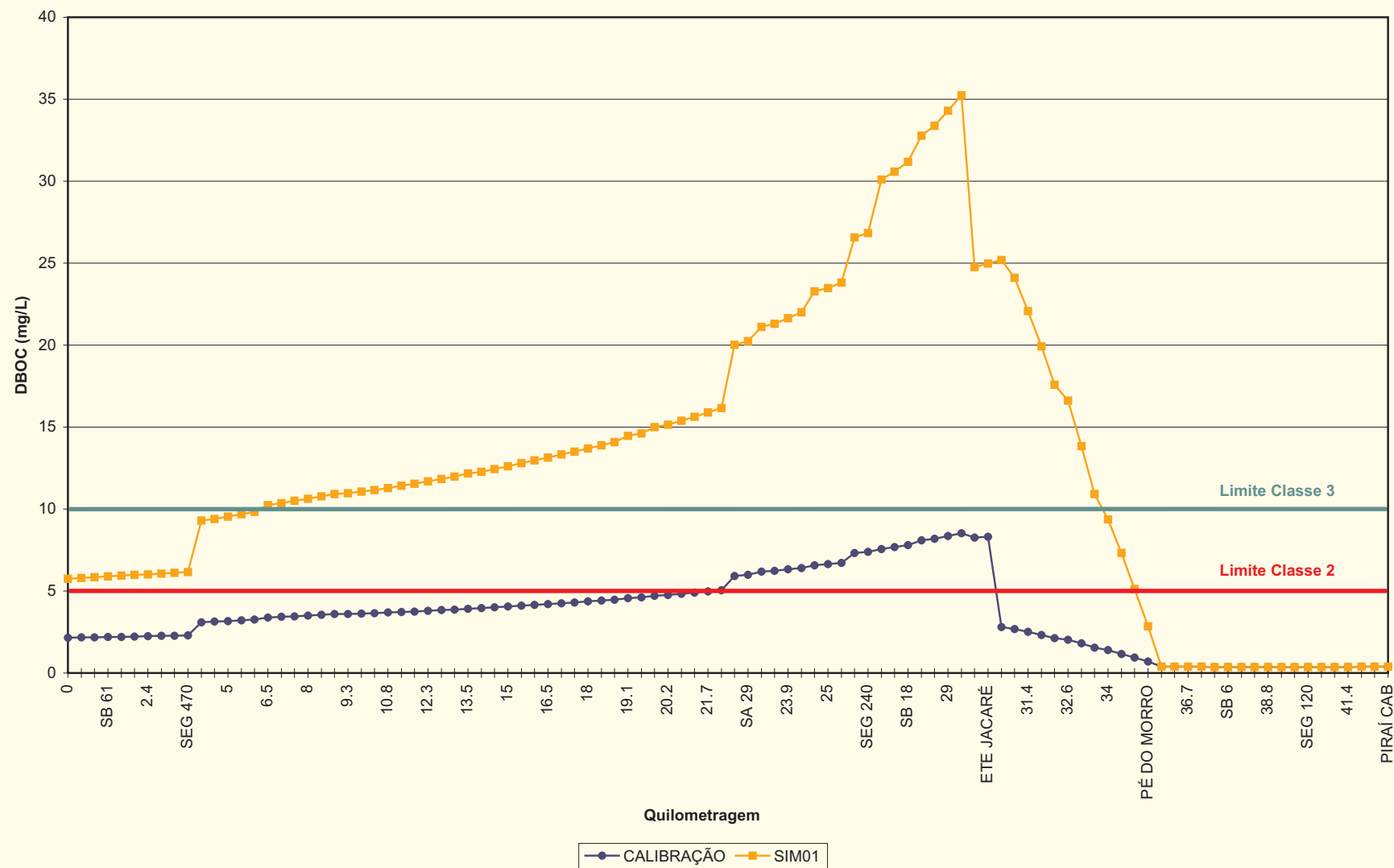
Quadro 5.1 Síntese dos Resultados das Simulações

SIMULAÇÃO	RESULTADOS
Simulação 1: Cenário sem Infra-estrutura Sanitária	Esta simulação tem o objetivo de mostrar o efeito da rede de infra-estrutura sanitária existente na bacia. As concentrações de DBOc que na situação de calibração estão sempre abaixo de 10 mg/L (limite da Classe 3), atingem valores de até 35 mg/L após a recepção de toda a carga urbana, permanecendo acima do limite de Classe 3 até as proximidades da foz do Rib. da Grama. Em consequência, as concentrações de OD caem abaixo ao longo de todo o percursos, atingindo valores abaixo de 3 mg/L por cerca de 10 km.
Simulação 2: Cenário sem Ocupação Urbana	Ao contrário da anterior, a simulação de uma situação hipotética sem a ocupação urbana da bacia (ausência de cargas domésticas e industriais), garantiria qualidade da água de padrões acima de Classe 2. Ressalta-se que numa situação desta, as concentrações de OD seriam ainda maiores que os resultados do modelo tendo em vista que a demanda bentônica tenderia a ser menor que a utilizada na situação calibrada
Simulação 3: Cenário Atual (2008)	Esta simulação não apresenta novidade, apenas atualiza a população entre o Censo de 2000 (utilizado na calibração) e projeção para 2008. Não há alteração significativa dos resultados, apenas que a concentração de DBOc chega a ultrapassar o limite de Classe 3
Simulação 4: Cenário 2020	Situação semelhante ao resultado da simulação anterior com o agravamento esperado da qualidade da água para uma população urbana de cerca de 34 mil habitantes. Mesmo assim, há condições adequadas nas captações de água para abastecimento.
Simulação 5: Cenário com Ocupação dos Loteamentos Aprovados	Esta situação compara-se com as duas situações anteriores, pois simula-se o crescimento populacional, agora atingindo cerca de 66 mil habitantes. Agrava-se ainda mais a qualidade da água ao longo de todo o curso do Rib. Pirai, sendo que nesta situação chega-se ao limite de Classe 2 da concentração de DBOc na seção das captações de Salto e Indaiatuba (valor próximo de 5 mg/L).
Simulação 6: Cenário com Obras de Transposição	Nesta simulação avalia-se o efeito benéfico, em termos de qualidade da água, da transposição das águas do Rio Jundiuvira, sendo que a descarga direta na bacia do Rib. Pirai produz melhorias em maior extensão desse curso de água ao longo do o segmento junto à área urbanizada e à captação da SABESP. Para a ocupação da bacia idêntica à da rodada de calibração, tem-se concentrações de DBOc abaixo de 2 mg/L e de OD acima de 5 mg/L.
Simulação 7: Cenário com Ocupação dos Loteamentos Aprovados e Obras de Transposição	Esta simulação mostra o efeito da transposição para o Rib. Pirai das águas do Rio Jundiuvira na situação futura na qual os loteamentos aprovados estão integralmente ocupados. Os resultados mostram que em termos de DBOc atende-se ao limite de Classe 2, sendo que no trecho crítico, entre a descarga da ETE e a foz do Córrego Bonfim, o valor atinge cerca de 4,3 mg/L. Na seção das captações de Salto e Indaiatuba a concentração de DBOc é da mesma ordem de grandeza da observada na situação atual.
Simulação 8: Cenário De Saturação da Capacidade da ETE Jacaré	Esta simulação mostra que na situação sem a transposição de águas do Rio Jundiuvira, a situação crítica para as captações de Salto e Indaiatuba, verificada na Simulação 5, seria atenuada com a melhoria da eficiência da ETE na remoção de DBO, passando de 90% (situação base adotada na calibração) para 95% ou 98%. A eficiência de 95% já seria suficiente para que se atingisse as concentrações hoje observadas nessa seção, da ordem de 3,0 mg/L. Com a entrada da transposição, há uma melhora geral ao longo de todo o curso do Rib. Pirai, como já verificado nas simulações anteriores.

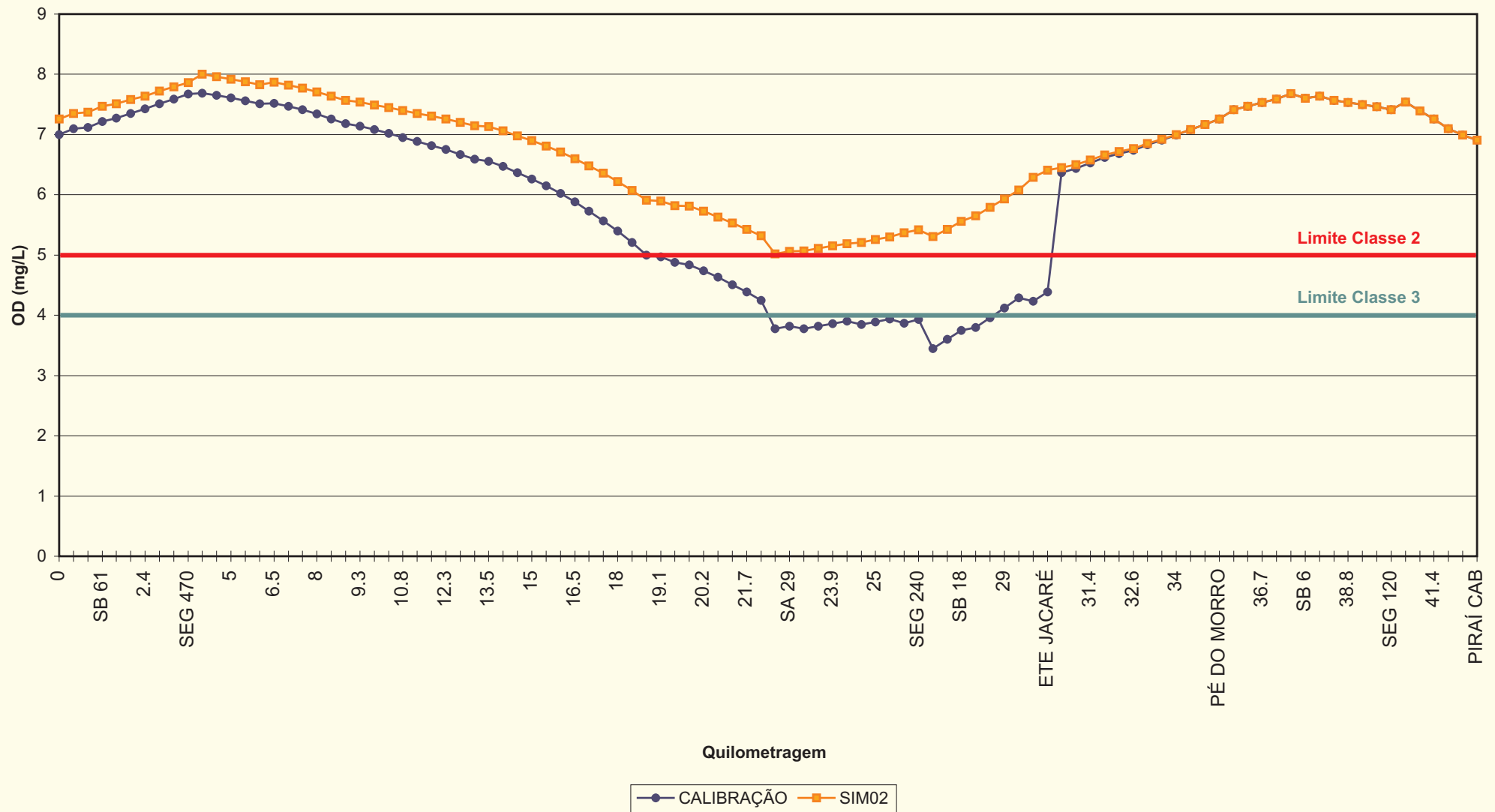
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - OD SIMULAÇÃO 1 - CENÁRIO SEM INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA



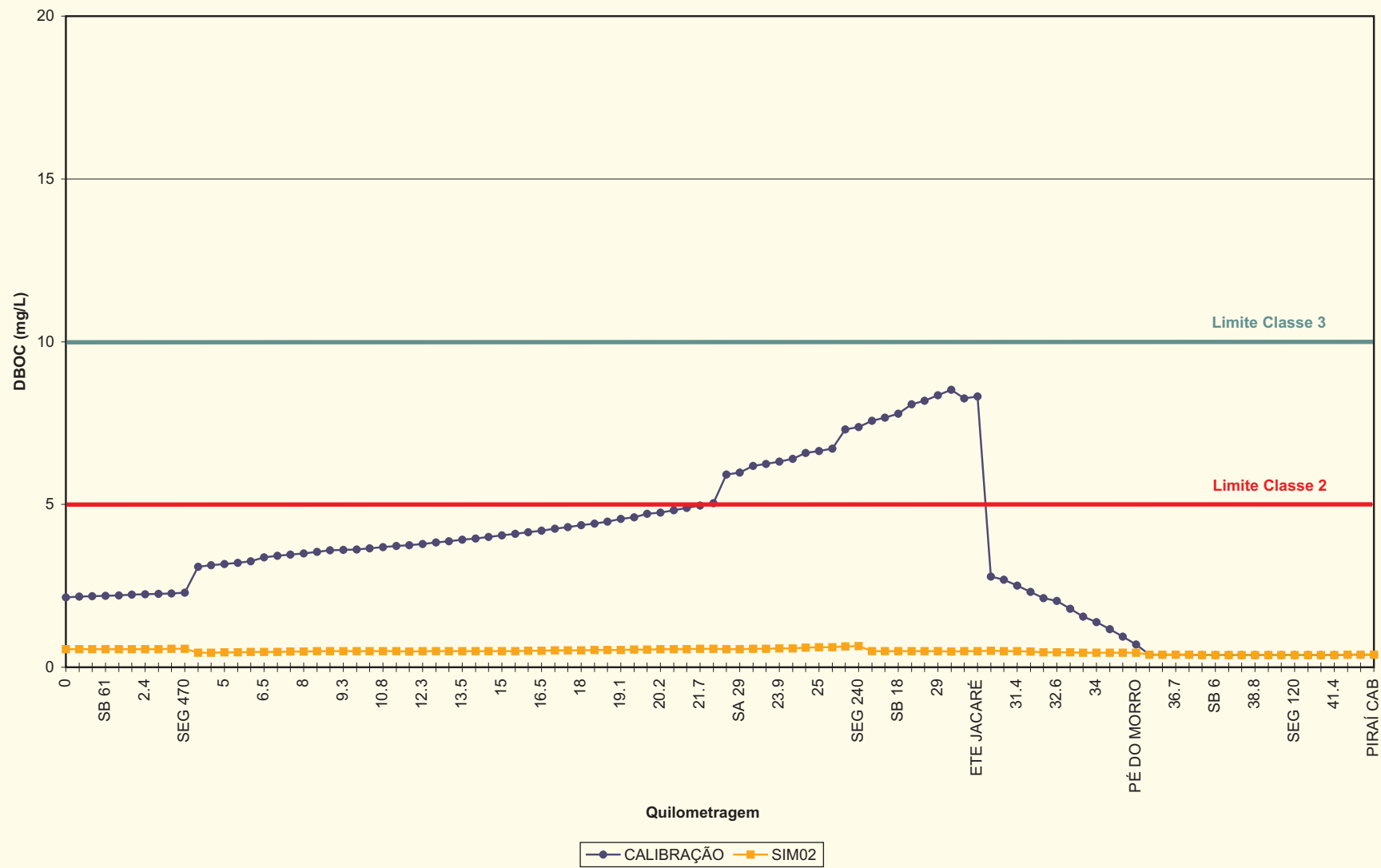
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC SIMULAÇÃO 1 - CENÁRIO SEM INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA



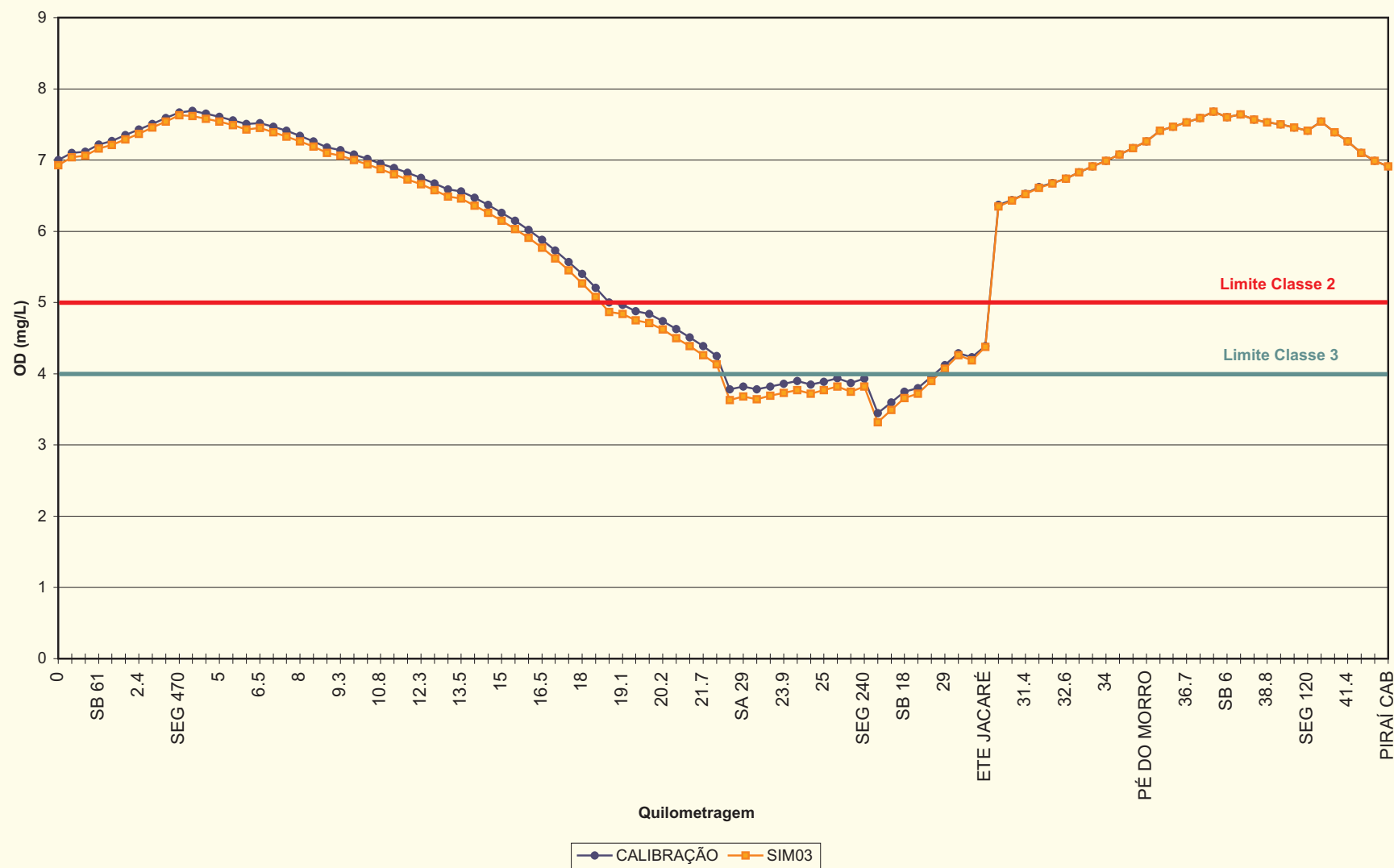
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 2 - CENÁRIO SEM OCUPAÇÃO URBANA



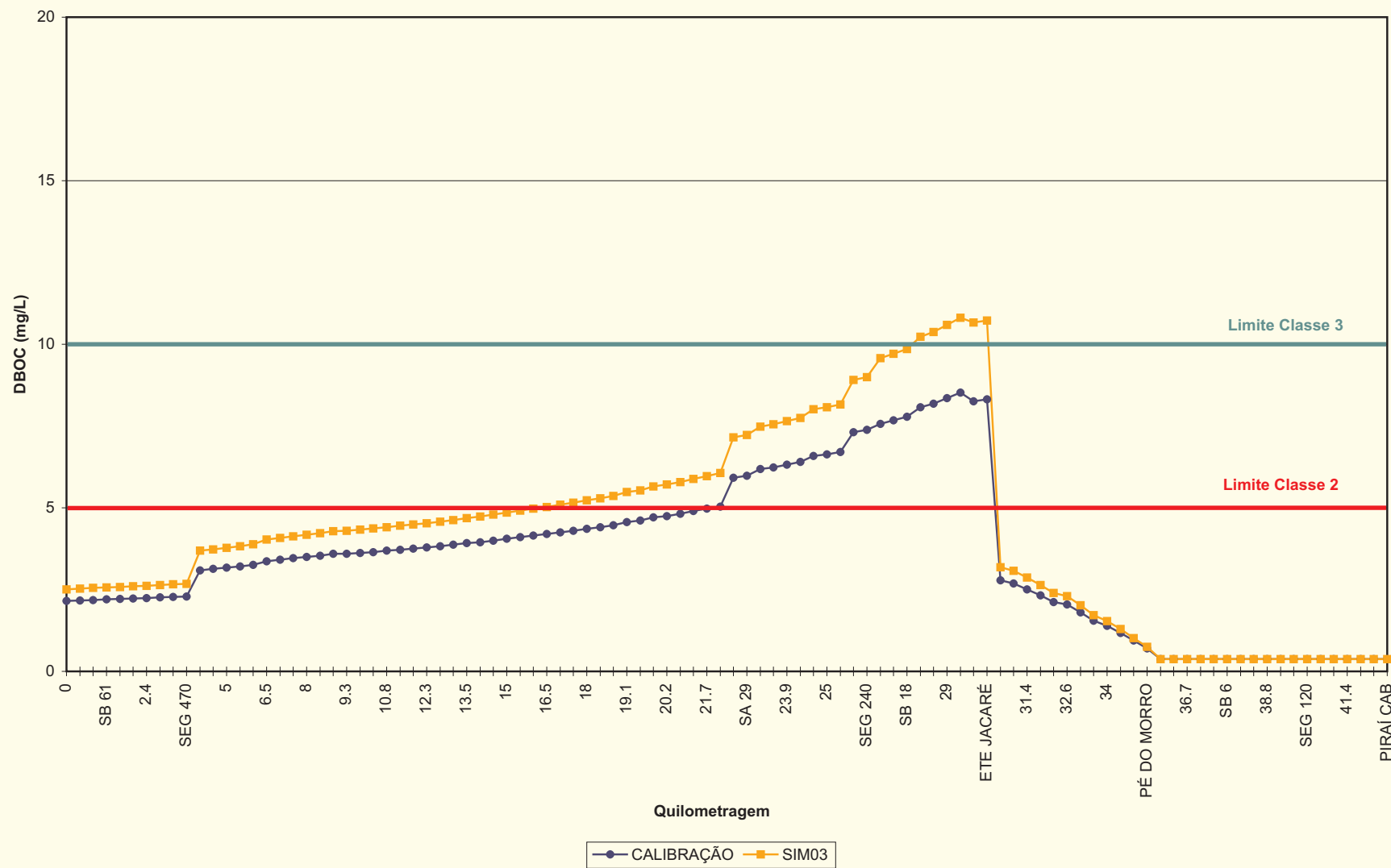
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC
SIMULAÇÃO 2 - CENÁRIO SEM OCUPAÇÃO URBANA



RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 3 - CENÁRIO ATUAL - 2008



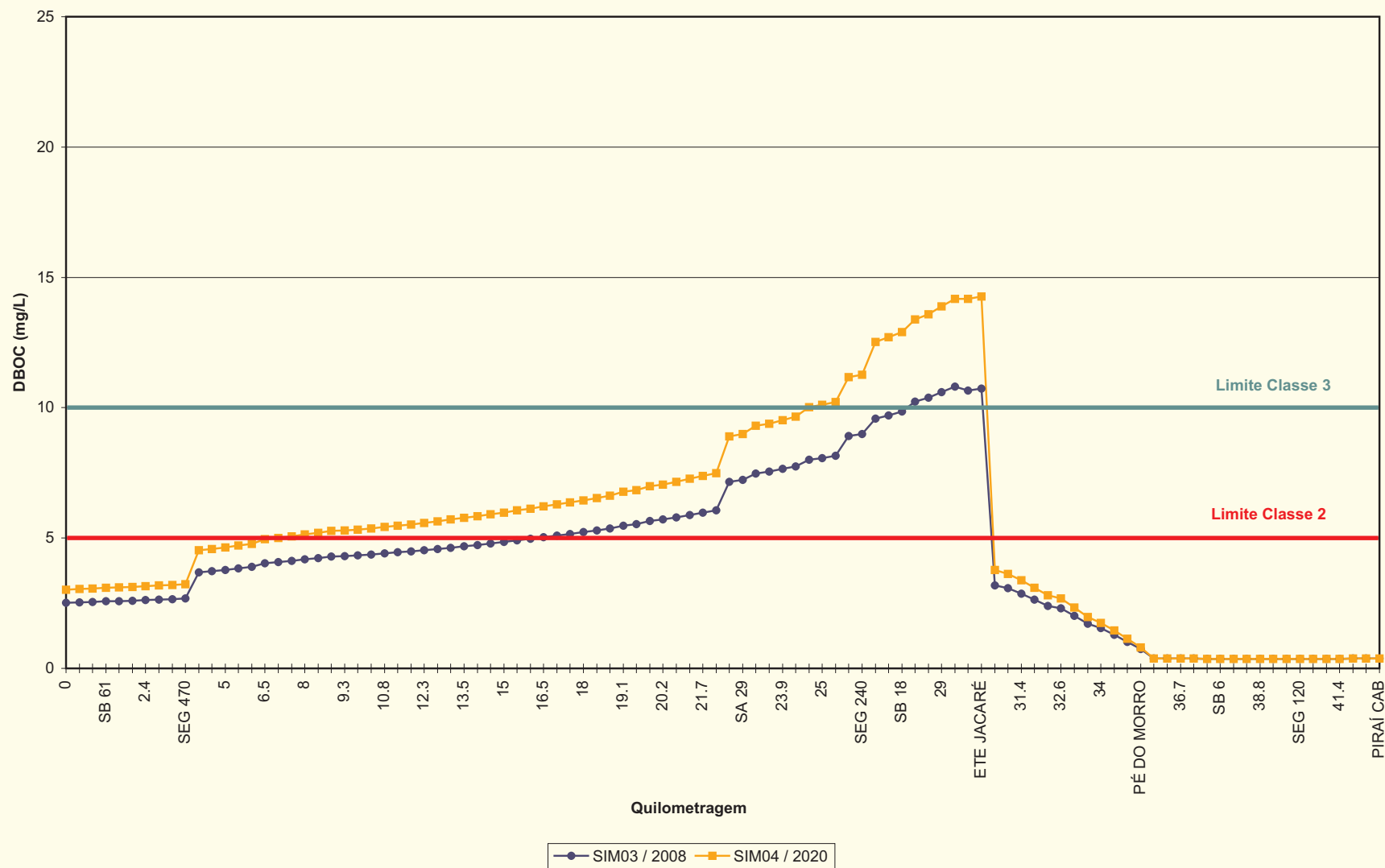
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC
SIMULAÇÃO 3 - CENÁRIO ATUAL - 2008



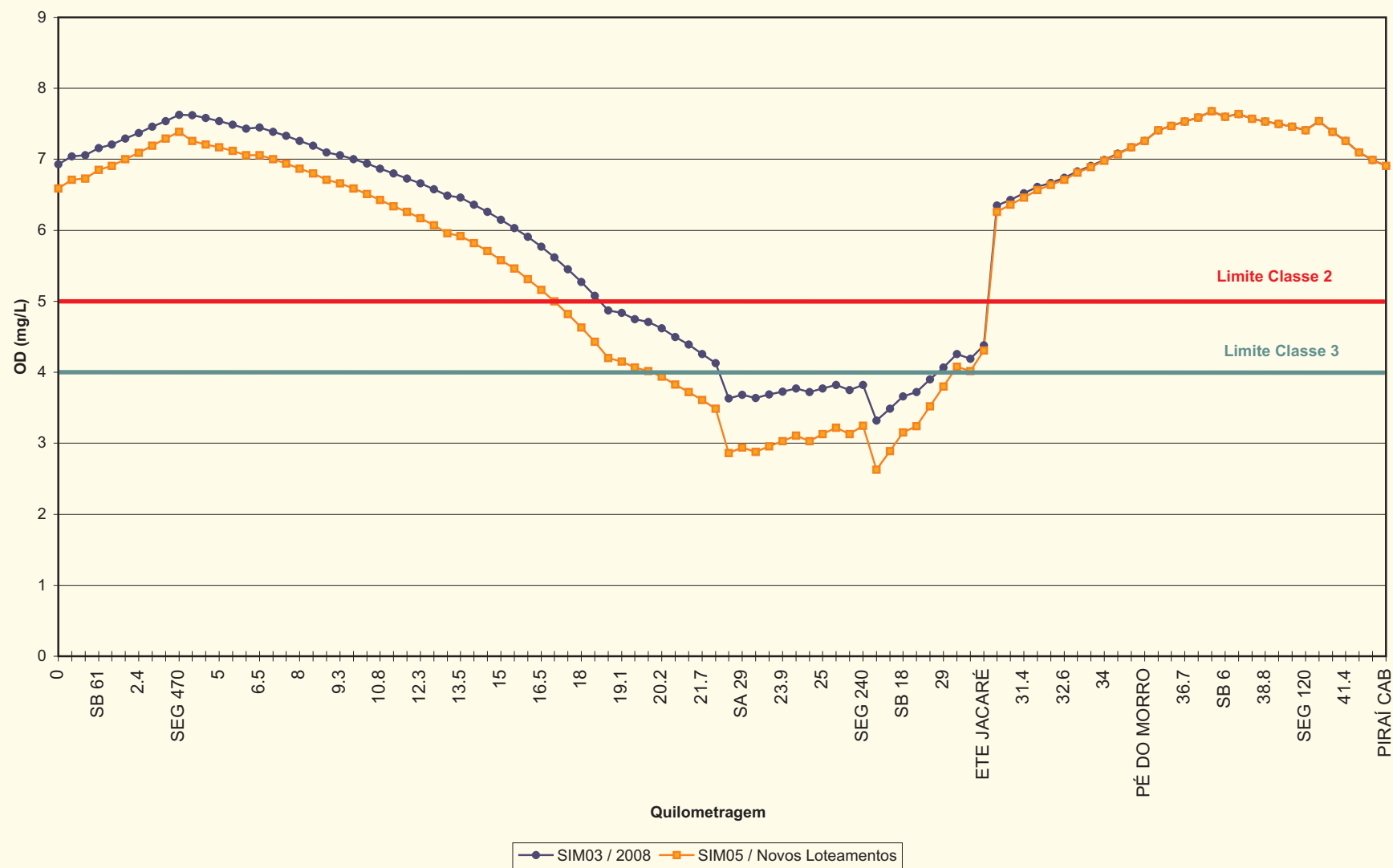
RIBEIRÃO PIRAÍ - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 4 - CENÁRIO 2020



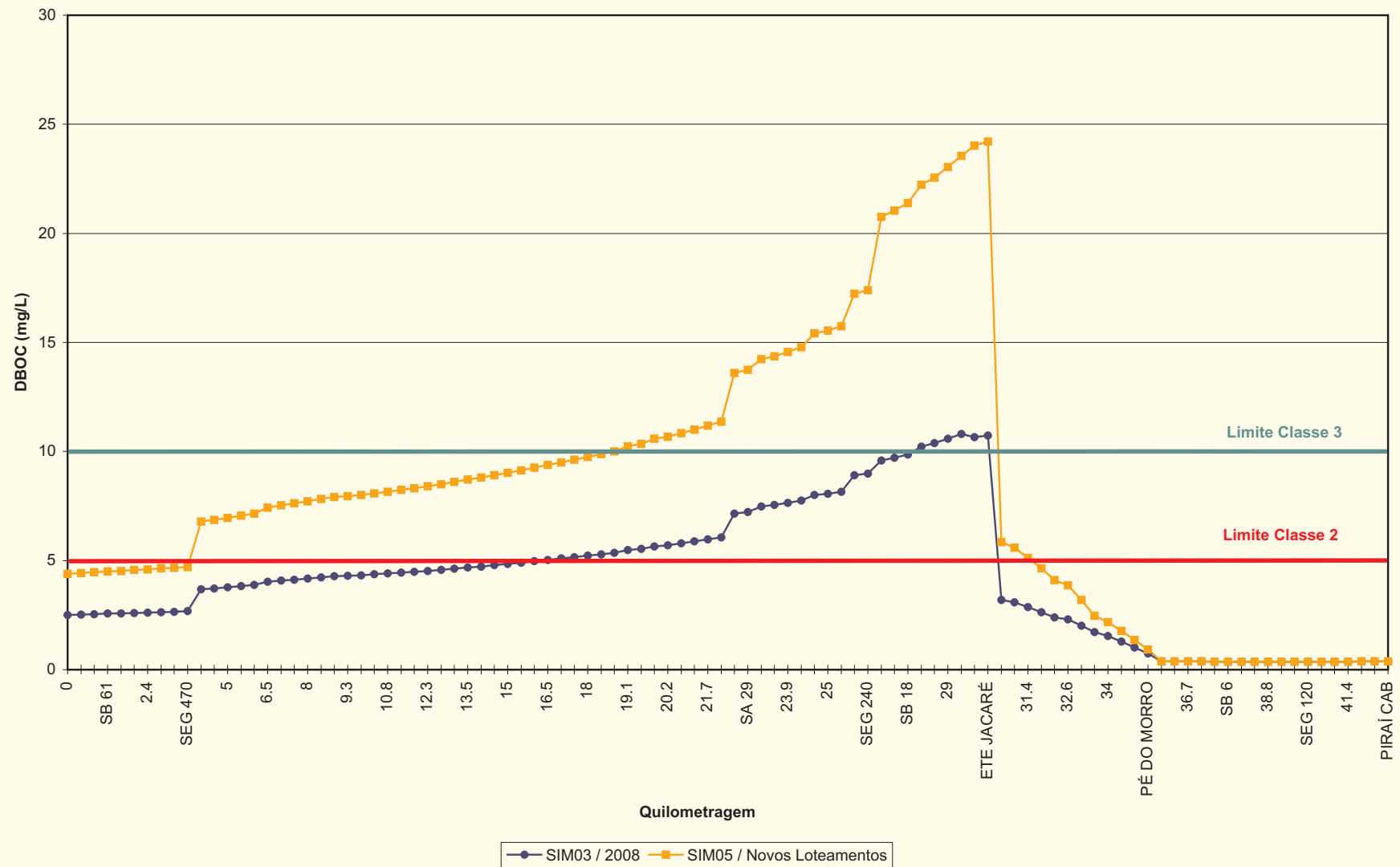
RIBEIRÃO PIRAÍ - PERFIL SANITÁRIO - DBOC SIMULAÇÃO 4 - CENÁRIO 2020



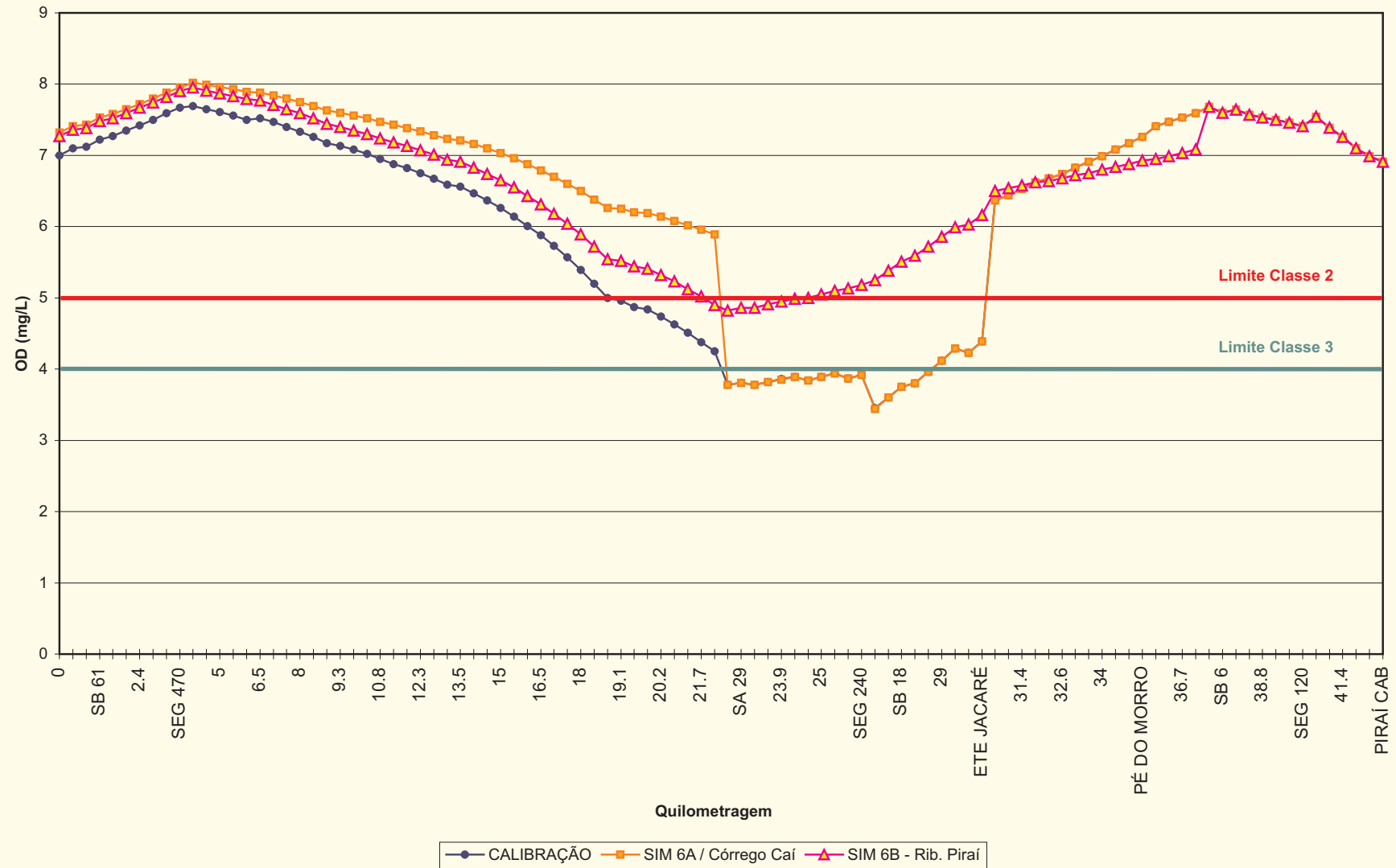
RIBEIRÃO PIRAÍ - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 5 - CENÁRIO COM OCUPAÇÃO DE LOTEAMENTOS APROVADOS



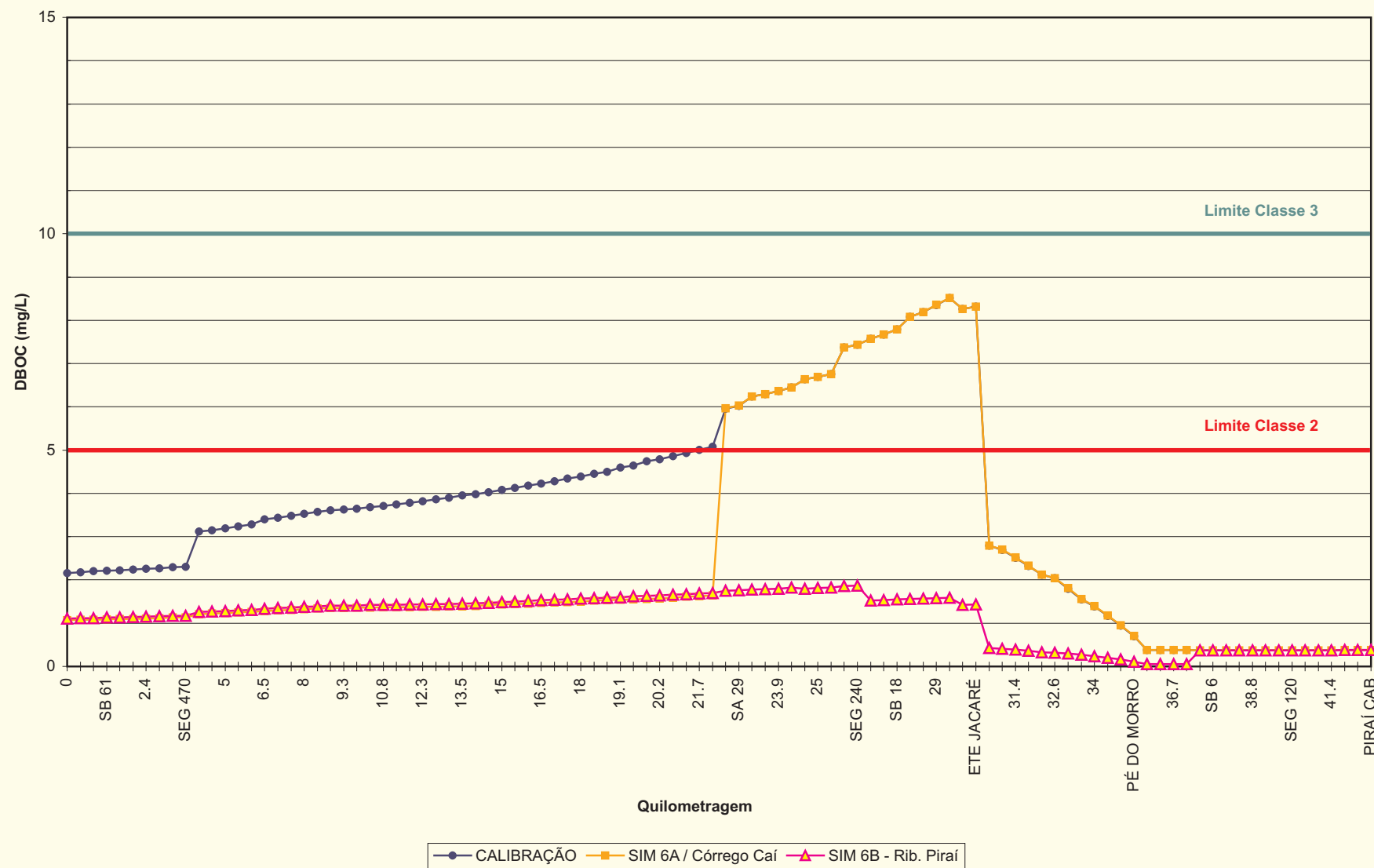
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC SIMULAÇÃO 5 - CENÁRIO COM OCUPAÇÃO DE LOTEAMENTOS APROVADOS



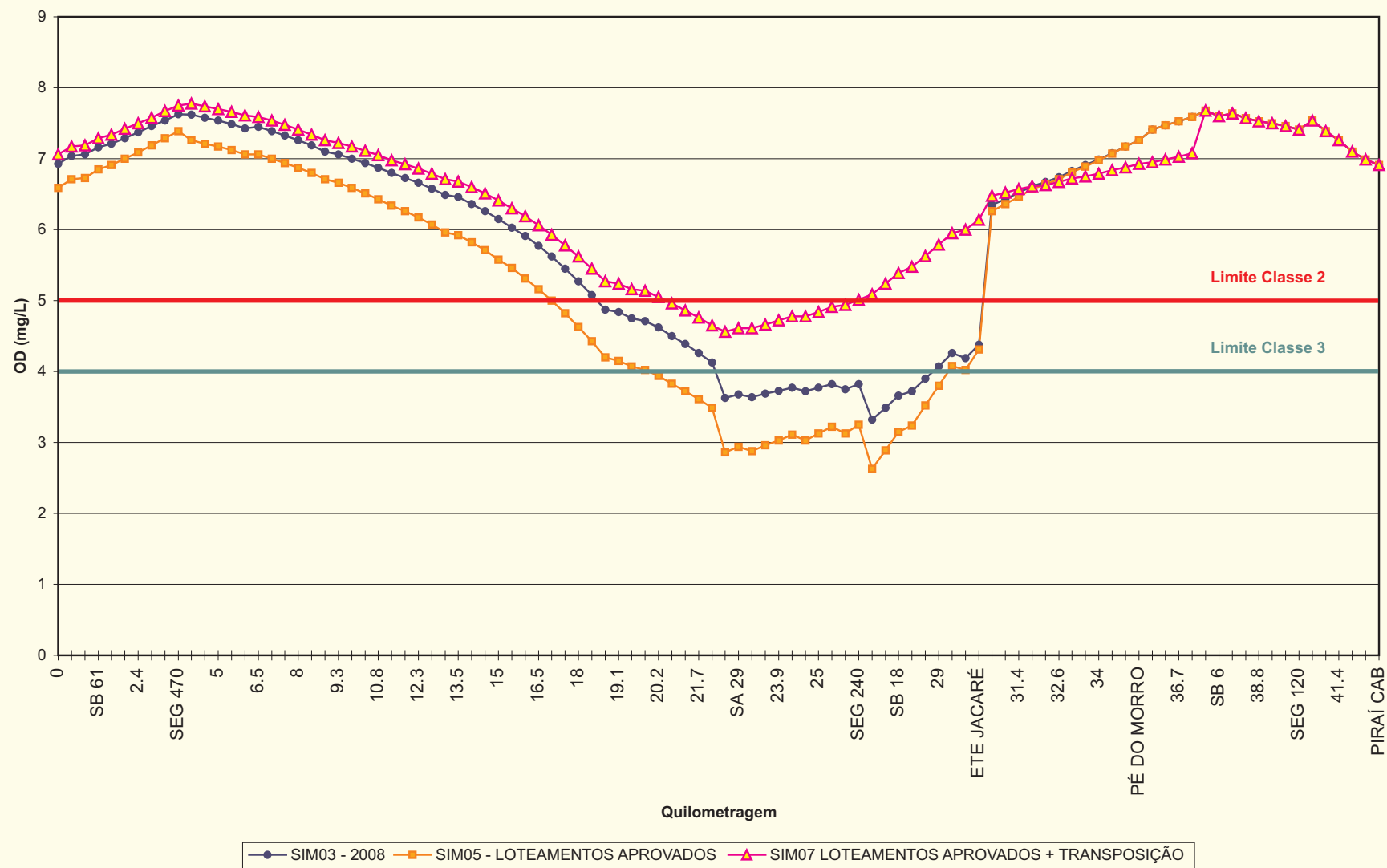
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 6 - CENÁRIO COM OBRAS DE TRANSPOSIÇÃO



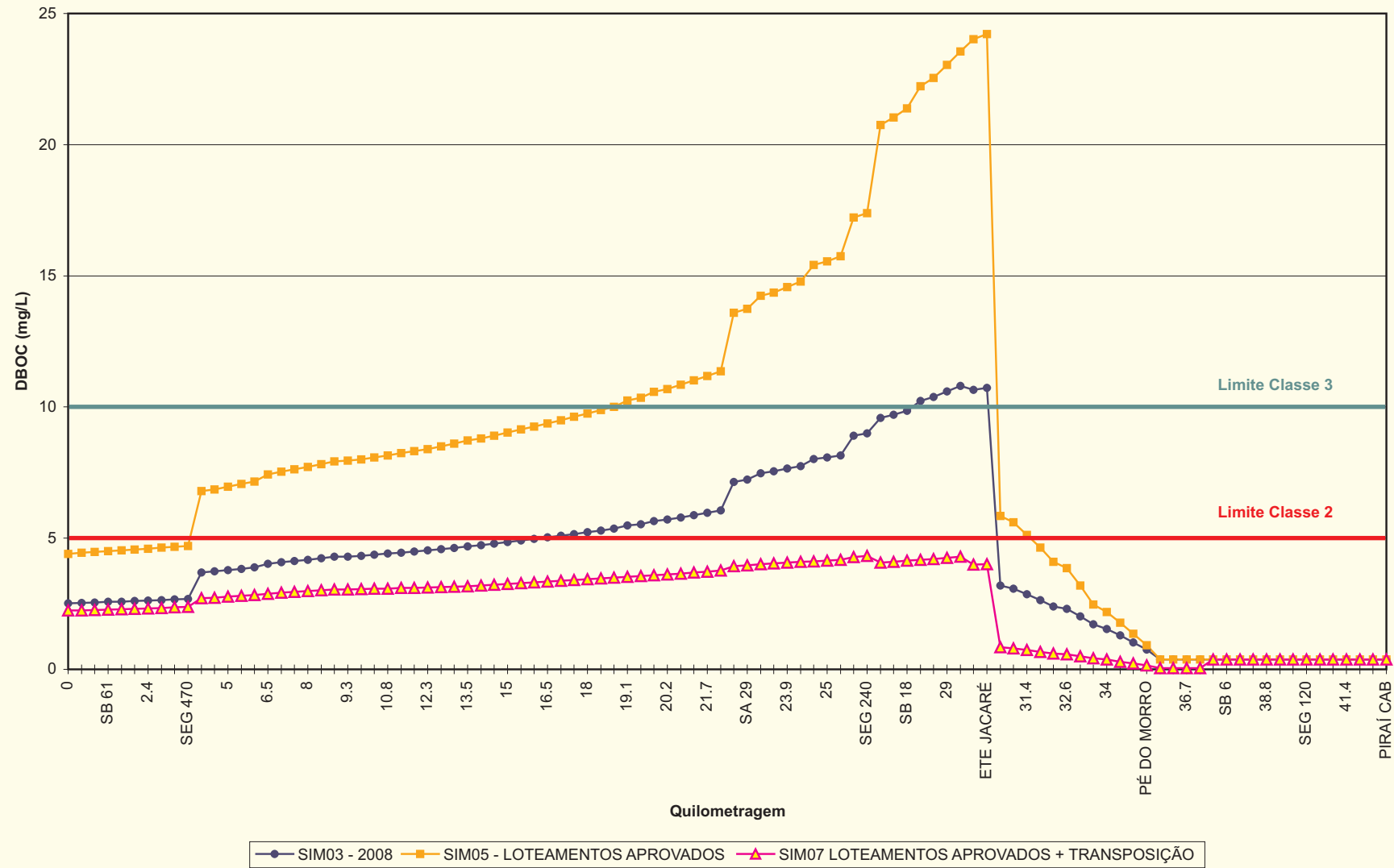
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC SIMULAÇÃO 6 - CENÁRIO COM OBRAS DE TRANSPOSIÇÃO



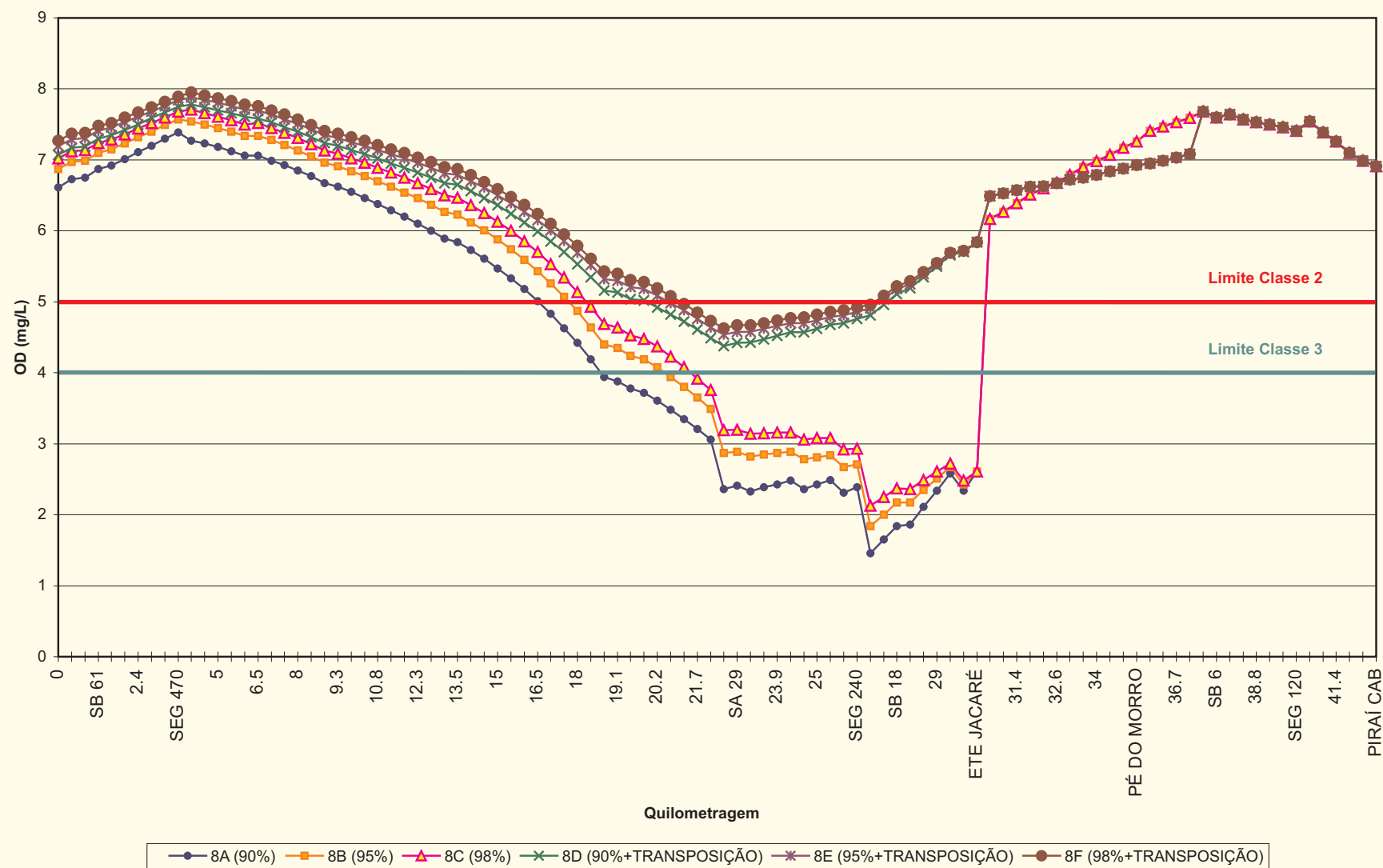
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 7 - CENÁRIO COM LOTEAMENTOS APROVADOS + TRANSPOSIÇÃO



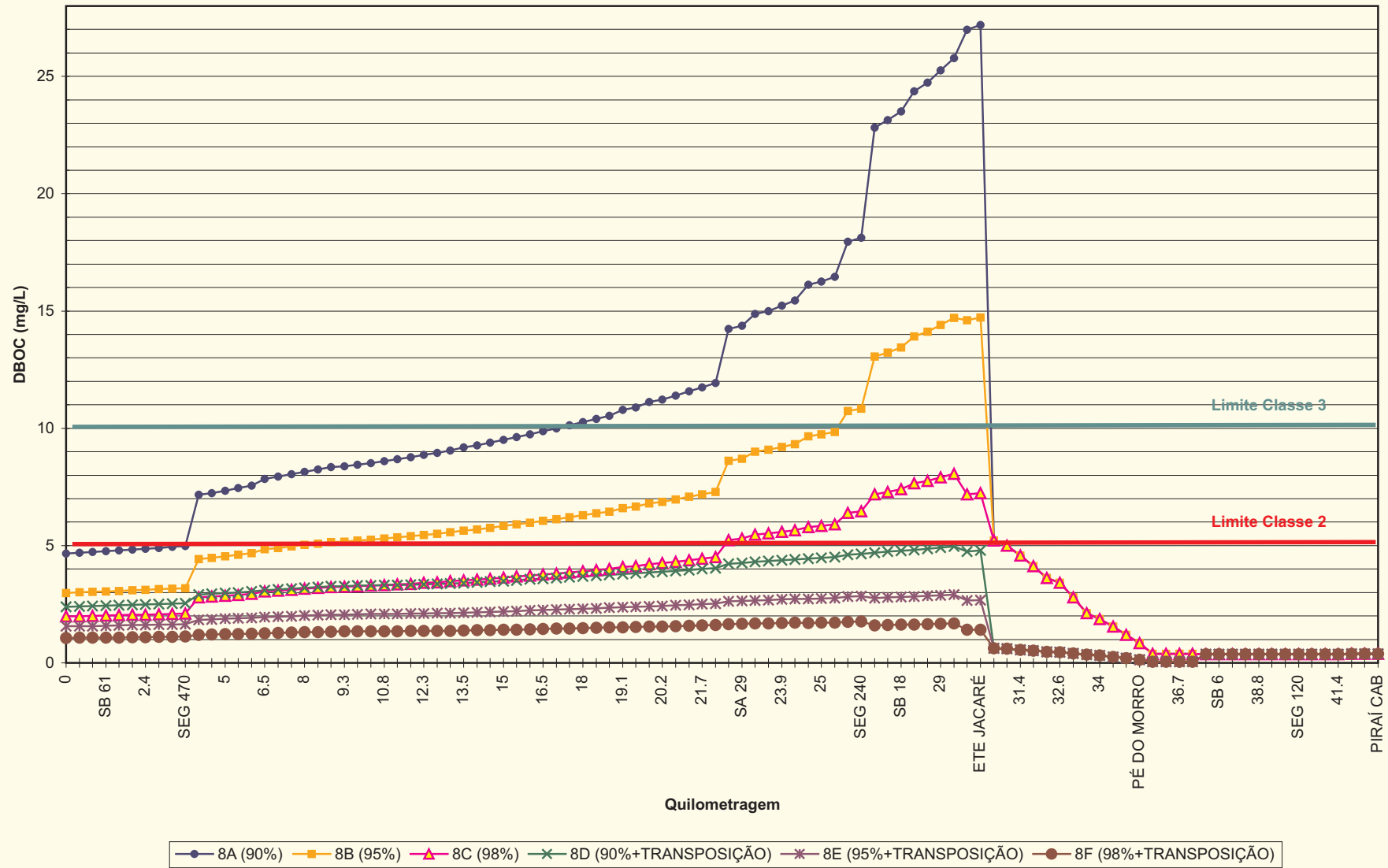
RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC
SIMULAÇÃO 7 - CENÁRIO COM LOTEAMENTOS APROVADOS + TRANSPOSIÇÃO



RIBEIRÃO PIRAÍ - PERFIL SANITÁRIO - OD
SIMULAÇÃO 8 - AVALIAÇÃO EFEITO DA EFICIENCIA DA ETE



RIBEIRÃO PIRAI - PERFIL SANITÁRIO - DBOC SIMULAÇÃO 8 - AVALIAÇÃO EFEITO DA EFICIENCIA DA ETE



RECOMENDAÇÕES

Para concluir esta etapa de aplicação do Modelo MQUAL à Bacia do Ribeirão Piraí, é preciso ressaltar que o MQUAL é um instrumento de apoio destinado ao planejamento do uso e ocupação do solo com a finalidade de gestão de bacias hidrográficas em e o uso preponderante seja o abastecimento público (bacias de mananciais).

Tendo em vista o caráter participativo do sistema de gestão de recursos hídricos, esta ferramenta foi concebida de modo a permitir o acesso a um número extenso de usuários potenciais, representado pelos integrantes dos comitês, sub-comitês e câmaras técnicas específicas, bem como técnicos dos órgãos envolvidos, especialmente das prefeituras municipais, nem sempre familiarizados com as complexas ferramentas de simulação de recursos hídricos e qualidade de água.

Assim, o MQUAL é gerenciado por meio de uma planilha eletrônica Excel, de ampla utilização em nosso meio, que aciona os modelos mais complexos de simulação de qualidade da água (internamente compilados), por meio de interfaces amigáveis com o usuário.

Esta versão desenvolvida para a Bacia do Ribeirão Piraí incorporou diversas melhorias que facilitam muito sua utilização, conforme descrito nos capítulos precedentes. Entretanto, como qualquer ferramenta, o modelo é uma simplificação da realidade física. Assim, é recomendável que, na medida em que se consolida a gestão da bacia, esta ferramenta possa ser aperfeiçoada com os novos conhecimentos que se obtenha relativos à interação entre o usos do solo e a qualidade da água, assim como sobre as características físicas da bacia.

A seguir apresenta-se um conjunto de estudos que são recomendados para o aperfeiçoamento da calibração do MQUAL 2.6P:

- Campanhas de medição de tempo de trânsito e amostragem da massa de água ao longo do percurso: obtenção de velocidades de escoamento nos diferentes segmentos e análise da qualidade de

água que se desloca ao longo do curso de água, reproduzindo a situação modelada; realizar campanhas em diferentes situações hidrológicas, porém sem efeito de eventos de chuva;

- Medições de vazão e seções transversais ao longo do curso do Ribeirão Piraí: aperfeiçoamento dos parâmetros físicos utilizados no Módulo 2 do MQUAL;
- Campanhas de amostragem de qualidade de água em sub-bacias típicas de usos do solo: áreas agrícolas, áreas de chácaras e ou condomínios de alto padrão, classificadas aqui na categoria chácaras; amostrar em tempo seco e em eventos de chuva; dados para aperfeiçoar os coeficientes de geração de cargas e as concentrações típicas em eventos de chuva do Módulo 1 do MQUAL;
- Detalhamento das cargas poluidoras industriais;
- Aperfeiçoamento do MQUAL para inclusão do futuro reservatório a ser construído no Ribeirão Piraí, quando estiver disponível o projeto básico.