

A3 – CENÁRIO TENDENCIAL DAS DEMANDAS HÍDRICAS

O cenário tendencial, no contexto de um Plano Diretor de Recursos Hídricos, pode ser entendido como o resultado do confronto entre as disponibilidades e as tendências de evolução das demandas hídricas ao longo do tempo, considerando que as políticas e situações não irão diferir radicalmente das atuais.

Este capítulo, que se resume à seção A.3.1, tem por finalidade fazer o confronto entre as disponibilidades e as demandas hídricas na bacia do Itajaí em diversos cenários, verificando o atendimento das demandas atuais. Este confronto é realizado por meio de simulações de atendimento das diversas demandas. Através deste procedimento, é possível identificar áreas críticas de conflitos entre oferta e demanda hídrica, bem como a magnitude das demandas não atendidas.

A3.1 – Confronto entre disponibilidades e demandas hídricas

O objetivo geral desta seção é efetuar o balanço entre a disponibilidade e a demanda hídrica atual e analisar as tendências de evolução da demanda, no espaço e no tempo, sem considerar qualquer intervenção. Essa avaliação permitirá a identificação dos conflitos entre oferta e demanda hídrica e a análise e a justificativa de intervenções a serem projetadas em cenários alternativos, visando à otimização da disponibilidade qualitativa.

Para tanto, essa seção é subdividida em cinco partes: (A3.1.1) trata das simulações de atendimento das demandas consuntivas para o ano de 2010, (A3.1.2) trata das simulações para a diluição de efluentes para o ano de 2010, (A3.1.3) discute a relação entre os resultados do balanço disponibilidade versus demanda e o uso do solo, (A3.1.4) discute as possibilidades do atendimento das demandas consuntivas projetadas até 2030 e (A3.1.5) discute o impacto da mudança climática no atendimento das demandas.

A3.1.1 – Simulações de atendimento das demandas consuntivas para o ano de 2010¹

Para se realizar o confronto entre as disponibilidades e as demandas hídricas para a bacia do Itajaí, foram realizadas simulações para o atendimento das diversas demandas, sob determinados critérios, para as pequenas bacias definidas pelos trechos do modelo de regionalização apresentados no Mapa 5. De posse das informações sobre as vazões de estiagem Q_{98} , Q_{95} , Q_{90} e das demandas de cada tipo de uso, provenientes dos dados fornecidos pelo cadastro de usuários de água do Estado de Santa Catarina, foi feito o balanço entre disponibilidade e demanda em cada pequena bacia.

Para a obtenção da vazão remanescente em cada trecho (ou pequena bacia), foi realizada a subtração da vazão indisponível e da vazão consumida, da vazão disponível no trecho, que é a soma da vazão remanescente do trecho de montante com a vazão incremental do trecho. Esse cálculo foi desenvolvido em planilhas Excel, por meio da seguinte equação:

$$Q_{rem} = Q_{mont} + Q_{inc} - Q_{ind} - Q_{con}$$

Sendo:

Q_{rem} = vazão remanescente no trecho

Q_{mont} = vazão remanescente do trecho de montante

Q_{inc} = vazão incremental do trecho

Q_{ind} = vazão indisponível do trecho (não outorgável)

Q_{con} = vazão consumida no trecho, obtida como soma das demandas consuntivas dos usuários cadastrados

Para fazer a gestão da água de um rio, a vazão que ele transporta é considerada como composta de duas partes: a vazão de referência e a vazão excedente. Como a vazão excedente é aleatória no tempo, os usos da água dependem da vazão de referência, que é a vazão firme. Portanto, todo o cálculo do balanço é feito a partir da vazão de referência. Como a saúde de um rio depende da água que nele escoar, nem toda a água disponível pode ser captada e utilizada. Portanto, a vazão de referência é dividida grosseiramente em duas porções. Uma delas é a vazão outorgável, a que pode ser distribuída, a outra é considerada a vazão indisponível, ou não-outorgável. Essa vazão indisponível pode ser definida como vazão ecológica, a que deve permanecer no curso d'água para garantir a existência do ecossistema aquático. Portanto, ao simular o atendimento das demandas, tanto a vazão de referência pode

¹ Estudo desenvolvido por Odirlei Fistarol

ser testada, como a vazão não-outorgável. A Tabela A3.1 resume as características das simulações realizadas para verificar o atendimento das demandas consuntivas.

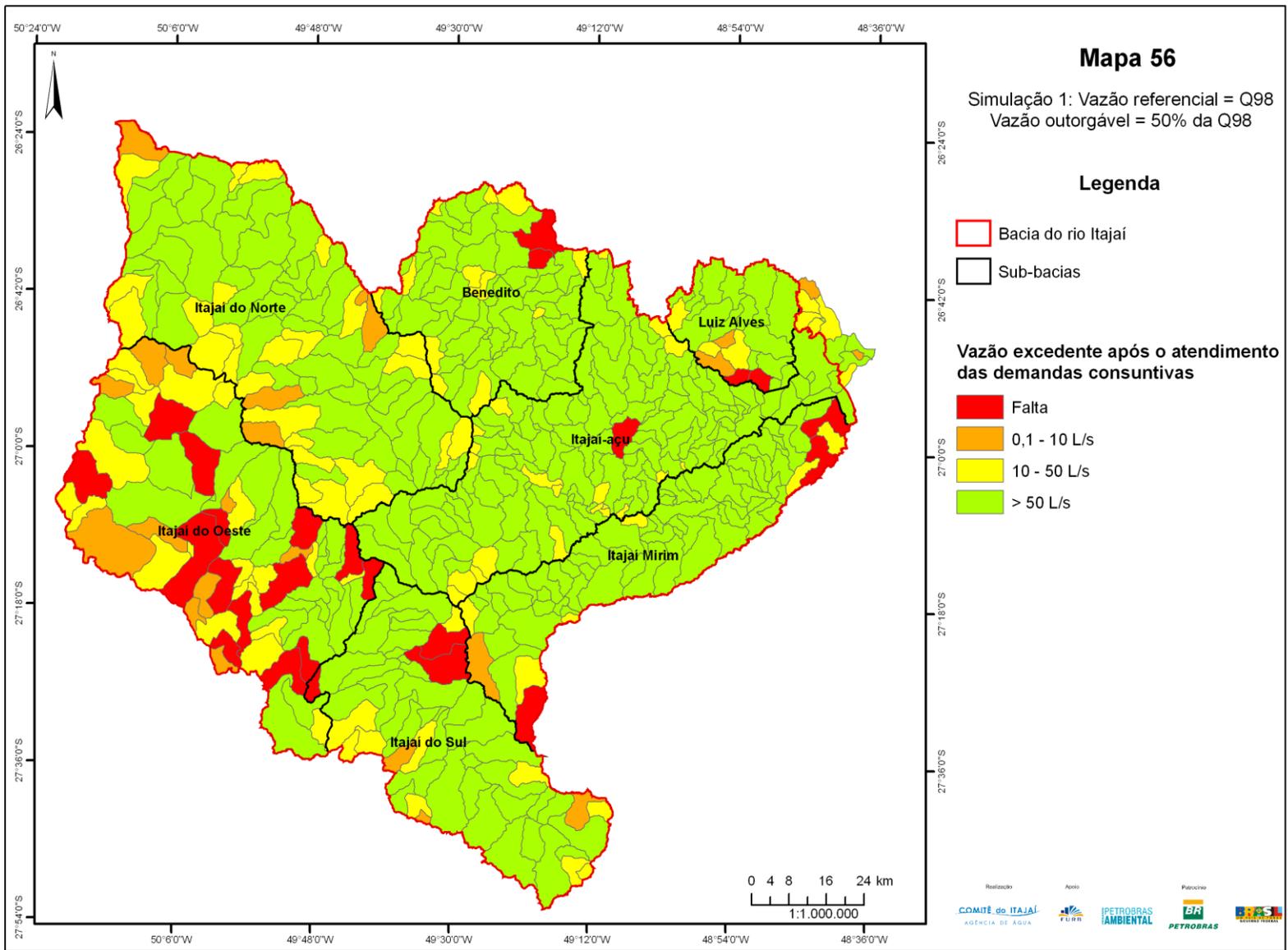
Tabela A3.1 – Critérios das simulações para as demandas consuntivas

Simulação	Tipo de uso	Vazão referencial	Vazão outorgável
1	Usos consuntivos	Q_{98}	50% de Q_{98}
2	Usos consuntivos	Q_{95}	50% de Q_{95}
3	Usos consuntivos	Q_{90}	50% de Q_{90}

Para as simulações foram consideradas diferentes vazões de referência: Q_{98} , Q_{95} e Q_{90} , obtidas do Estudo de Regionalização de Vazões das Bacias Hidrográficas Estaduais do Estado de Santa Catarina (2006). Em cada simulação, a vazão outorgável foi considerada como sendo igual a 50% da vazão. Isso significa que a vazão disponível para atender as demandas do ecossistema é representada pelos outros 50% da vazão de referência.

a) Resultados da simulação 1: Vazão referencial = Q_{98} ; Vazão outorgável = 50% da Q_{98}

Uma visão geral da simulação é dada pelo Mapa 56, em que as áreas vermelhas são as pequenas bacias em que a demanda atual não é atendida, as áreas em amarelo queimado são as pequenas bacias em que a vazão excedente é baixa, e nas demais áreas não há problemas em relação à disponibilidade quantitativa de água, pelo menos nessa escala.

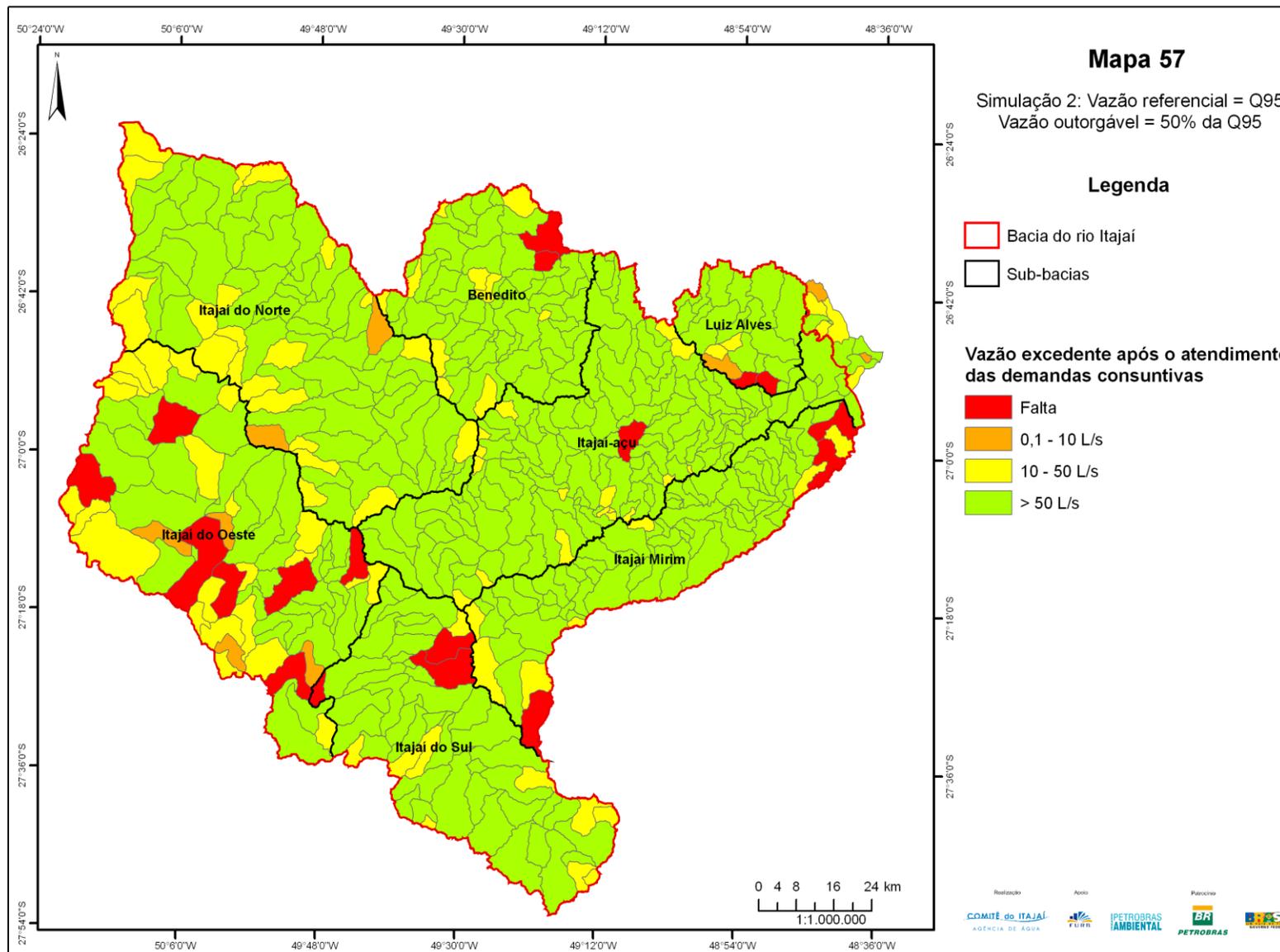


Para a sub-bacia do Itajaí do Norte, mantendo-se a vazão outorgável em 50% da Q98, a simulação mostrou a possibilidade de atendimento de todas as demandas consuntivas cadastradas naquela sub-bacia. Já nas demais sub-bacias, pode-se notar que existem locais com déficit de água. Na região do Itajaí do Oeste identifica-se 15 trechos onde não existe água suficiente para atender todas as demandas. A soma dos déficits desses trechos é de 1802,5 L/s. Nas sub-bacias dos rios Benedito e Luiz Alves existem dois trechos com déficit de água em cada uma, nas sub-bacias do Itajaí Mirim e do Itajaí do Sul ocorrem três trechos em cada e na do Itajaí-açu ocorrem um trecho em que a quantidade de água é insuficiente para atender as demandas.

As pequenas bacias com maiores déficits estão nos municípios de Pouso Redondo, Agrolândia, Taió, Rio do Oeste, Laurentino, Mirim Doce e Rio do Campo, portanto todas na sub-bacia do rio Itajaí do Oeste.

b) Resultados da Simulação 2: Vazão referencial = Q_{95} ; Vazão outorgável = 50% da Q_{95}

A segunda simulação (simulação 2) considera como vazão de referência a Q_{95} e a vazão outorgável igual a 50% dessa Q_{95} . O resultado é apresentado no Mapa 57.

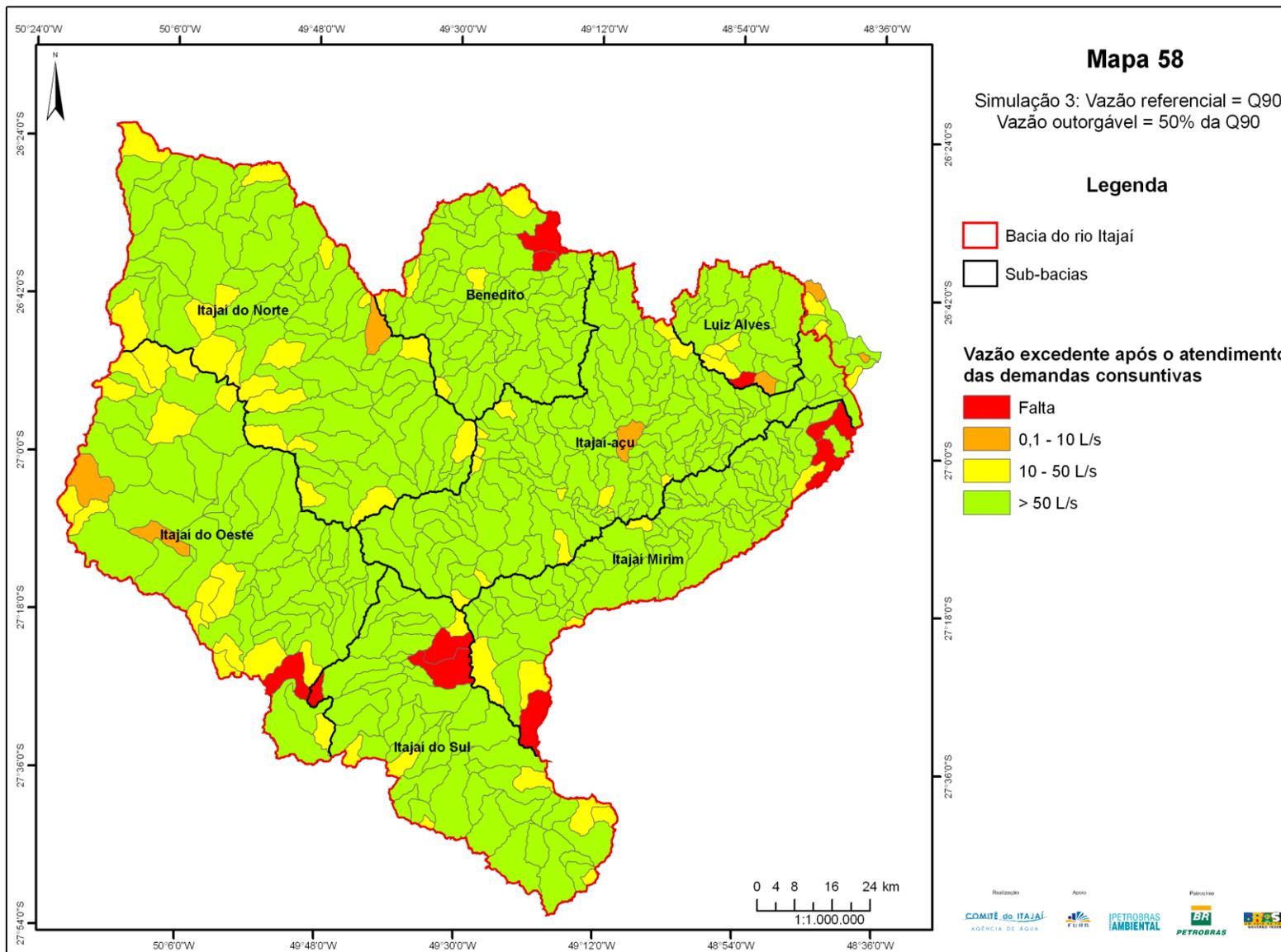


Com a adoção deste critério, a sub-bacia do Itajaí do Norte igualmente teria suas demandas consuntivas integralmente atendidas. Nas sub-bacias do Itajaí Mirim e do Itajaí do Sul existem três trechos de rio em cada sub-bacia em que as demandas não seriam atendidas, sendo o déficit total respectivamente de 649,3 L/s e 300,8 L/s. Nas sub-bacias do Benedito e do Luiz Alves apenas dois trechos em cada sub-bacia não teriam as demandas atendidas, sendo o déficit total de 587,9 L/s e 166,7 L/s respectivamente. Na sub-bacia do Itajaí-açu existe apenas um trecho de rio em que não existe vazão suficiente para atender as demandas.

Na sub-bacia do Itajaí do Oeste, a situação de não atendimento continua sendo a mais complicada. Mesmo com a vazão de referência elevada em relação à simulação anterior, ainda haveria oito trechos de rios que representam um déficit de água de 771,7 L/s.

c) Resultados da simulação 3: Vazão referencial = Q_{90} ; Vazão outorgável = 50% da Q_{90}

Essa terceira simulação, cujo resultado é mostrado no Mapa 58, segue o mesmo procedimento adotado nas simulações anteriores, porém, considerando a vazão de referência como a Q_{90} e a vazão outorgável como sendo igual a 50% da Q_{90} , em cada trecho de rio.



Com a adoção deste critério, as sub-bacias do Itajaí do Norte e do Itajaí-açu teriam suas demandas consuntivas integralmente atendidas. Porém, nas sub-bacias do Itajaí do Oeste, do Itajaí do Sul, do Itajaí Mirim, do Benedito e do Luiz Alves, a situação de não atendimento continuaria existindo. Verifica-se que, embora disponibilizando uma vazão maior para ser distribuída do que nas simulações 1 e 2 (conforme mostra a Tabela A1.3), as demandas continuarão não sendo supridas em todos os trechos de rios.

Pode-se verificar, também, que a mudança de critério de consideração da vazão de referência - Q98, Q95 e Q90 - não provocou mudanças substanciais em termos de atendimento das demandas nas regiões mais críticas (Tabela A3.2), além de se trabalhar com um nível de confiança menor em relação a manutenção das vazões nos rios. Independentemente dos critérios e da vazão referencial que vierem a ser adotados para a concessão de outorgas, sem dúvida, principalmente nas regiões mais críticas, há que se promover a racionalização do uso dos recursos hídricos, para garantir o acesso a quem deles necessita.

Tabela A3.2 - Trechos e respectivos déficits de água, em L/s, em diferentes condições

Sub-bacia	Nº Trecho	Déficit por vazão de referência		
		Q98	Q95	Q90
Itajaí Mirim	1235	-29,939	-26,365	-22,792
	991	-87,496	-63,520	-39,544
	993	-586,732	-559,419	-532,107
	Total	-704,167	-649,305	-594,443
Itajaí do Oeste	367	-413,668	-333,977	-254,286
	353	-20,233		
	160	-80,169	-23,017	
	165	-9,205	-3,790	
	175	-7,920		
	194	-109,215	-16,735	
	195	-5,417		
	185	-261,735		
	329	-41,557	-11,422	
	325			
	339	-11,764		
	336	-12,841		
	323	-149,101	-48,762	
	251	-553,064	-368,477	
	253	-126,704	34,431	
Total	-1802,592	-771,748	-254,286	
Itajaí do Sul	305	-7,390	-3,997	-0,604
	291	-155,297	-133,923	-112,549
	292	-208,772	-162,943	-117,113
Total	-371,460	-300,863	-230,267	
Luiz Alves	1169	-135,832	-115,723	-92,263
	1164	-96,528	-50,999	2,119

Sub-bacia	N° Trecho	Déficit por vazão de referência		
		Q98	Q95	Q90
	Total	-232,359	-166,722	-90,145
Benedito	741	-431,538	-385,623	-339,709
	742	-221,646	-202,303	-182,959
	Total	-653,184	-587,926	-522,668
Itajaí-açu	1100	-12,276	-2,854	6,569
	Total	-12,276	-2,854	6,569
Déficit total		-3405	-2179	-1455

A3.1.2 – Simulações para a diluição de efluentes para o ano de 2010²

Enquanto as simulações de atendimento das demandas consuntivas avaliam se há água suficiente para todos os usos, as simulações para a diluição de efluentes servem para avaliar até que ponto esses podem ser diluídos sem afetar a qualidade de água do rio, de modo a permitir a prática continuada dos usos desejados da água. Essa avaliação, a seguir descrita, inclui a escolha do modelo (a), a preparação dos dados da bacia em estudo (b), a calibração do modelo (c), a escolha dos cenários (d), para então chegar aos resultados (e).

a) Modelo

A modelização da qualidade hídrica destina-se à simulação dos processos de transporte e autodepuração de um corpo d'água, propiciando, assim, antever e avaliar diferentes cenários, as alterações na qualidade das águas de um efetivo e/ou passível corpo receptor de descargas poluentes e contaminantes. Dentre os principais modelos utilizados na atualidade, o QUAL2-E é o mais utilizado no mundo. É um modelo hidrológico que permite simular 15 variáveis indicativas de qualidade das águas em cursos d'água. De forma especial, as seguintes variáveis indicativas são representadas no modelo: DBO, OD, algas, nitrogênio orgânico, nitrato, nitrito, amônia, temperatura, coliformes, fósforo inorgânico e fósforo orgânico. Outra característica importante é a incorporação de descargas pontuais ou difusas, captações, incrementos de vazão e possíveis tributários do rio modelado (BROWN e BARNWELL, 1987).

O modelo QUAL2-E foi utilizado por Von Sperling (2007) para a formulação do modelo QUAL-UFMG. Apesar de possuir estrutura bastante similar ao QUAL2-E, este modelo contém a simplificação de não serem inclusas as algas e, conseqüentemente, suas

² Estudo desenvolvido por Pétrick Anderson Soares (Eng. Ambiental) e Cristiano Galvão (Eng. Sanitarista e Ambiental).

inter-relações com os demais constituintes. Desta forma, o modelo fica muito mais simples de operar, pois a representação dos processos que envolvem as algas é extremamente complexa e os valores dos coeficientes são de difícil determinação. O QUAL-UFMG possibilita a modelagem de alguns constituintes, ou parâmetros, ao longo do rio estudado, tais como: demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrogênio total e suas frações, fósforo total e suas frações e os coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2007). O modelo QUAL-UFMG necessita de algumas informações básicas de entrada para poder resultar numa simulação coerente com a realidade. Para iniciar a caracterização do corpo d'água, alguns dados do rio devem ser inseridos no modelo, tais como: vazão, oxigênio dissolvido, DBO₅, nitrogênio orgânico, amônia nitrito, nitrato, fósforo orgânico, fósforo inorgânico e coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2007). Ressalta-se que entre os dados de entrada, a temperatura, a vazão e a altitude são dados constantes, considerando o sistema em estado estacionário. Apesar das simplificações introduzidas, o modelo apresenta todas as características e exigências para uma simulação adequada de rios.

b) Dados

O modelo necessita de dados hidráulicos dos corpos de água tais como altitude das nascentes, a vazão a montante da simulação e as vazões incrementais de cada trecho, bem como dados dos usos da água (foram utilizados os usos que representam 98% da vazão captada, em 2008). Deve ser ressaltado que o universo do cadastro de usuários afeta os resultados da simulação. Quanto mais dados de entrada forem obtidos, e quanto mais precisos estes dados estiverem (cadastro consistido), mais próxima da realidade a simulação se apresentará.

Além de alimentar o modelo com esses “dados de entrada”, foi necessário calibrá-lo para que os valores de coeficientes existentes possam condizer com a realidade. Só então foi possível simular a qualidade dos corpos de água, gerando os “dados de saída”.

Antes de inserir os dados de entrada foi determinado que a unidade de trecho de rio da simulação seria de 1 km. A simulação foi feita para os constituintes DBO, OD e Coliformes termotolerantes (os termotolerantes são provenientes do trato intestinal e por isso podem ser associados à carga poluidora proveniente de esgoto doméstico).

Como não existem informações precisas acerca das cargas dos efluentes lançados, foram utilizados dados da literatura para estimar a concentração de DBO_{5, 20} que os diversos usos de água geram, obtendo a Tabela A3.3.

Tabela A3.3 - Concentração de DBO_{5,20} para cada uso de recursos hídricos

Gênero	Tipo	Concentração de DBO		Concentração de DBO adotada (mg/L)
		min	max	
Alimentícia	Conservas (frutas e legumes)	200	3000	1600
	Processamento de ervilhas	300	1350	825
	Processamento de tomate	450	1600	1025
	Processamento de cenoura	800	1900	1350
	Processamento de batata	1300	3300	2300
	Processamento de citrus	320		320
	Processamento de carne de frango	100	2400	1250
	Processamento de carne de boi	200	6000	3100
	Processamento de Pescado	2700	3500	3100
	Doces	200	1000	600
	Açúcar de cana	250	5000	2625
	Laticínio sem queijaria	300	5000	2650
	Laticínio com queijaria	500	8000	4250
	Margarina	1500		750
	Matadouros	1000	5000	3000
Produção de levedura	7500		3750	
Criatórios de animais confinados	Suínos	10000	50000	30000
	Vacas leiteiras	370	2300	1335
	Bovinos	10000	50000	30000
	Equinos	20000	50000	35000
	Ovinos	2000	3000	2500
Sucroalcooleira	Destilação de álcool	3500		3500
Bebidas	Cervejaria	800	6000	3400
	Refrigerante	600	2000	1300
	Vinho	50	500	275
Têxtil	Algodão	200	1500	850
	Lã	500	600	550
	Rayon	500	1200	850
	Nylon	350		350
	Poliéster	1500	3000	2250
	Lavanderia de Lã	2000	5000	3500
	Tinturaria	2000	5000	3500
	Alvejamento de tecidos	250	300	275
Couro e Curtume	Curtume	1000	4000	2500
	Sapatos	3000		3000
Polpa e Papel	Fábrica de polpa sulfatada	300	10000	5150
	Póla e papel integrados	300	10000	5150
Indústria Química	Tinta	10		10
	Sabão	250	2000	1125
	Refinaria de petróleo	120	250	185
	PVC	800		800
Siderúrgica	Fundição	100	300	200
	Laminação	30	200	115

Fonte: Adaptado de VON SPERLING, 2005

Como alguns usos praticados na bacia não são contemplados nesta tabela, como é o caso da irrigação, da aquicultura e também de “outros usos”, para esses foram utilizados valores de lançamento de 60 mg/L de DBO_{5,20}, considerando a Resolução CONAMA 357/05 e a Lei Estadual 14.675/09. Ambas dispõem que a concentração do efluente de lançamento final ao corpo receptor não deve ultrapassar tal valor, ou deve sofrer, no mínimo, um tratamento de 80% de redução de carga poluidora desde que não confira ao corpo receptor características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade de água, adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo de água.

Já as cargas oriundas da população da bacia foram alocadas a partir de imagens de satélite, com o auxílio do software GOOGLE EARTH, de forma que a contribuição de cada município seja considerada individualmente, inserindo lançamentos difusos nos corpos de água ao longo dos trechos. A concentração de DBO_{5,20} para os lançamentos populacionais foi de 300 mg/L e a vazão de 170 L/dia, dados também baseados em Von Sperling (2007). A Tabela A3.4 descreve a população e a vazão que cada município da bacia gera.

Tabela A1.4 - Habitantes e vazão contribuinte por município na bacia do rio Itajaí

Município	Habitantes - 2007	Vazão contribuinte (m³/s)
Agrolândia	9.063	0,01783
Agronômica	4.675	0,00920
Alfredo Wagner	9.754	0,01919
Apiúna	9.805	0,01929
Ascurra	6.754	0,01329
Atalanta	3.305	0,00650
Aurora	5.394	0,01061
Benedito Novo	9.800	0,01928
Blumenau	292.792	0,57610
Botuverá	4.120	0,00811
Braço do Trombudo	3.245	0,00638
Brusque	94.522	0,18598
Chapadão do Lageado	2.745	0,00540
Dona Emma	3.410	0,00671
Doutor Pedrinho	3.267	0,00643
Gaspar	52.240	0,10279
Guabiruba	16.092	0,03166
Ibirama	16.682	0,03282
Ilhota	11.451	0,02253
Imbuia	5.495	0,01081
Indaial	47.497	0,09345
Itaiópolis	19.752	0,03886
Itajaí	161.834	0,31842

Município	Habitantes - 2007	Vazão contribuinte (m³/s)
Ituporanga	20.412	0,04016
José Boiteux	4.815	0,00947
Laurentino	5.420	0,01066
Lontras	9.157	0,01802
Luiz Alves	8.962	0,01763
Mirim Doce	2.534	0,00499
Navegantes	52.378	0,10306
Papanduva	17.056	0,03356
Petrolândia	6.048	0,01190
Pomerode	25.100	0,04939
Pouso Redondo	13.699	0,02695
Presidente Getúlio	13.543	0,02665
Presidente Nereu	2.227	0,00438
Rio do Campo	6.025	0,01185
Rio do Oeste	6.707	0,01320
Rio dos Cedros	9.657	0,01900
Rio do Sul	56.494	0,11116
Rodeio	10.667	0,02099
Salete	7.429	0,01462
Santa Terezinha	9.025	0,01776
Taió	16.743	0,03294
Timbó	33.172	0,06527
Trombudo Central	6.122	0,01205
Vidal Ramos	5.958	0,01172
Vitor Meireles	5.539	0,01090
Witmarsum	3.402	0,00669

Fonte: Adaptado de IBGE (2009) e de von Sperling (2007)

Quanto aos coliformes, sua concentração no esgoto doméstico bruto varia de 10^6 a 10^9 org/100ml, tendo se optado por utilizar a concentração média já transformada de 5×10^7 mg/L (Von Sperling, 2007). Com relação à eficiência na remoção de coliformes fecais, a bibliografia pesquisada (TAKEUTI, 2004; FONTES, ARAÚJO, 2008; AGUIAR, 1997) indica que as estações de tratamento de efluentes mais simples, convencionais ou mais complexas removem em média 99% dos coliformes. Esta foi a eficiência utilizada nos inputs da modelagem.

c) Calibração do modelo

O estágio de calibração é uma parte essencial do desenvolvimento de qualquer modelo matemático. O método mais comum para a estimativa de parâmetros em bloco, na qual os parâmetros são admitidos como constantes durante o intervalo, é o da minimização de uma

função objetivo representando a soma dos quadrados dos erros, onde erro é igual à diferença entre o valor observado e o valor estimado pelo modelo. Esse método engloba duas formas de calibração, uma manual, outra automática. A calibração manual é feita de maneira informal, variando-se os valores dos parâmetros de forma que a soma dos quadrados dos resíduos diminua, até que se obtenha um ajuste considerado pelo analista como satisfatório. A calibração automática é realizada por meio de algum método de otimização que faça uma busca entre possíveis valores de coeficientes.

No presente trabalho foram utilizadas as duas formas de calibração, automática e manual, sendo que em ambas foi monitorado o comportamento do coeficiente de determinação – CD, conforme a equação 1.

$$CD = 1 - \frac{\sum(Y_{obs} - Y_{est})^2}{\sum(Y_{obs} - Y_{obsméd})^2} \quad \text{Equação 1}$$

Onde Y_{obs} = valor observado; Y_{est} = valor estimado e $Y_{obsméd}$ = média dos valores observados.

Vale ressaltar que o CD pode adquirir valores que variam desde - infinito até +1, contudo o valor desejado para se obter é de +1, ou seja, quanto mais perto de +1 o CD estiver, melhor o procedimento de calibração.

Para proceder a calibração foi utilizada a vazão média de longo termo (Q_{mlt}), apresentada na Tabela A1.4. Devido ao pobre universo de dados de monitoramento ao longo dos rios, os dados de qualidade da Tabela A1.14 pouco serviram para calibrar o modelo. A calibração se deu mais de uma forma “forçada”, buscando sempre representar a realidade. Uma metodologia correta e dados de monitoramento adequados ao longos dos trechos dos rios fazem com que a calibração (ajuste do modelo ao mais próximo da realidade do rio e de seu “metabolismo”) proporcione mais qualidade dos resultados.

Tabela A3.5 - Valores de qualidade de água para efetuar a calibragem

N	Dado	Itajaí-açu	Benedito	Luiz Alves	I Mirim	Itajaí Sul	I Oeste	I Norte
1	DBO	17,58	-	5,00	7,00	6,10	6,66	21,34
	OD	7,99	6,00	5,00	8,22	7,41	7,45	5,00
	Km	60	42	27	132	84	68	164
2	DBO	15,61	-	-	4,00	6,77	-	5,60
	OD	7,20	6,00	-	4,26	7,54	6,00	9,00
	Km	95	55	-	175	107	111	182
3	DBO	8,80	-	-	-	-	-	-

N	Dado	Itajaí-açu	Benedito	Luiz Alves	I Mirim	Itajaí Sul	I Oeste	I Norte
	OD	4,80	6,00	-	-	-	6,00	-
	Km	106	60	-	-	-	125	-
4	DBO	11,10	-	-	-	-	22,24	-
	OD	14,83	-	-	-	-	7,45	-
	Km	109	-	-	-	-	131	-
5	DBO	14,83	-	-	-	-	-	-
	OD	7,15	-	-	-	-	-	-
	Km	115	-	-	-	-	-	-
6	DBO	9,80	-	-	-	-	-	-
	OD	6,00	-	-	-	-	-	-
	Km	118	-	-	-	-	-	-
7	DBO	8,70	-	-	-	-	-	-
	OD	6,00	-	-	-	-	-	-
	Km	128	-	-	-	-	-	-

A partir da calibração para cada sub-bacia, os coeficientes “ k_1 ” e “ k_d ” receberam os valores constantes na Tabela A3.6.

Tabela A3.6 - Coeficientes definidos pela calibração

Sub-bacia	k_1	k_d
Itajaí-açu	0,30	0,50
Benedito	0,08	0,38
Luiz Alves	0,08	0,45
Itajaí Mirim	0,40	0,45
Itajaí do Sul	0,40	0,40
Itajaí do Oeste	0,40	0,45
Itajaí do Norte	0,40	0,45

d) Cenários

O modelo foi utilizado para simular três cenários de acordo com os objetivos propostos. O primeiro cenário é a realidade atual da bacia, o segundo cenário consta de um tratamento do esgoto doméstico de 100% da população da bacia, com eficiência de 80%, e o terceiro cenário corresponde ao tratamento de todo e qualquer lançamento efetuado na bacia com eficiência de 80%. Os três cenários foram testados com vazões de referência de $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$. No caso dos coliformes, o terceiro cenário foi considerado desnecessário, pois não foram considerados coliformes fecais nos efluentes industriais.

e) Resultados

Os resultados estão dispostos nas figuras A3.1 a A3.7, na forma de gráficos das concentrações obtidas, para os rios principais, de montante para jusante.

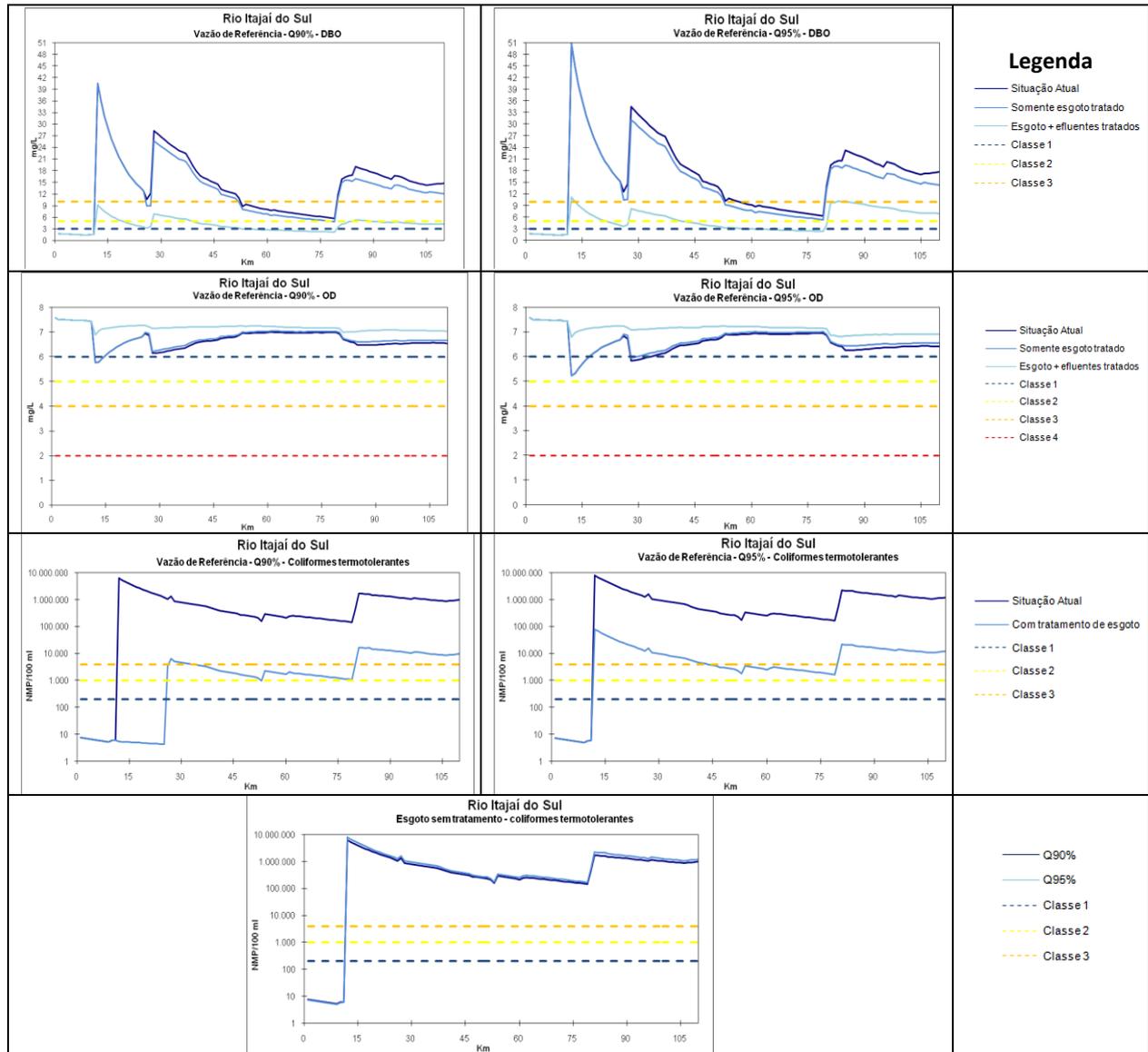


Figura A3.1 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Itajaí do Sul, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

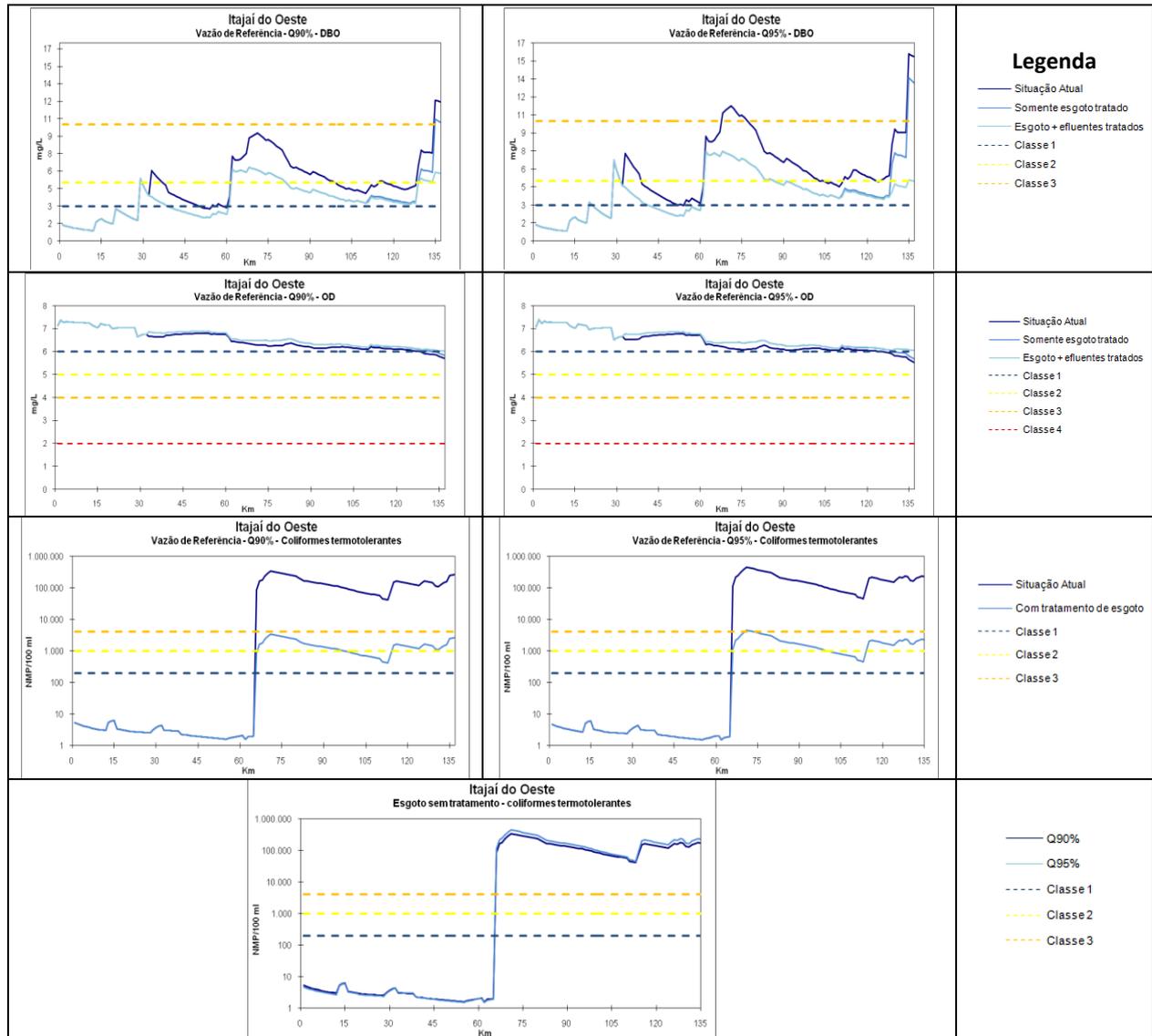


Figura A3.2 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Itajaí do Oeste, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

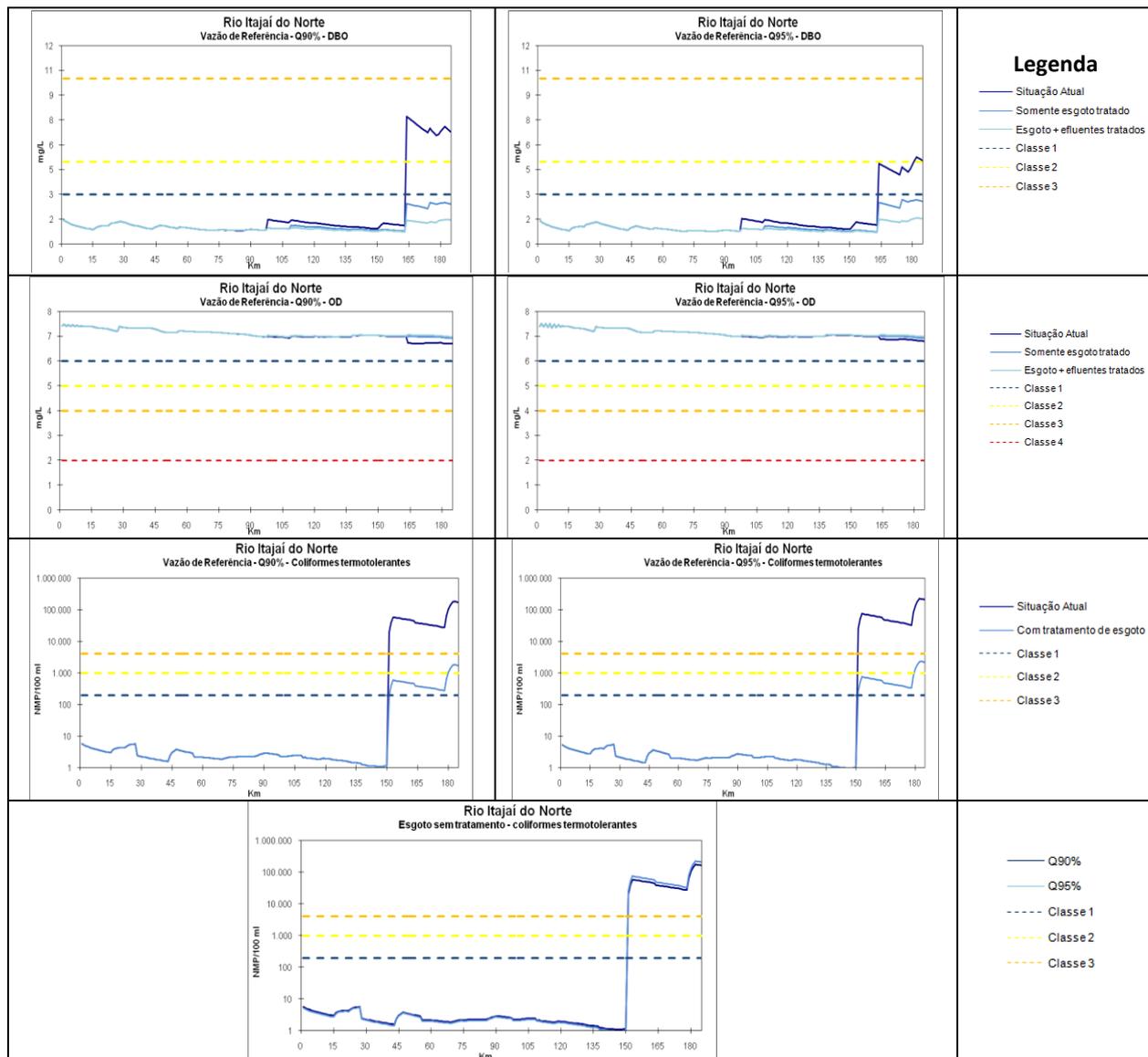


Figura A3.3 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Itajaí do Norte, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

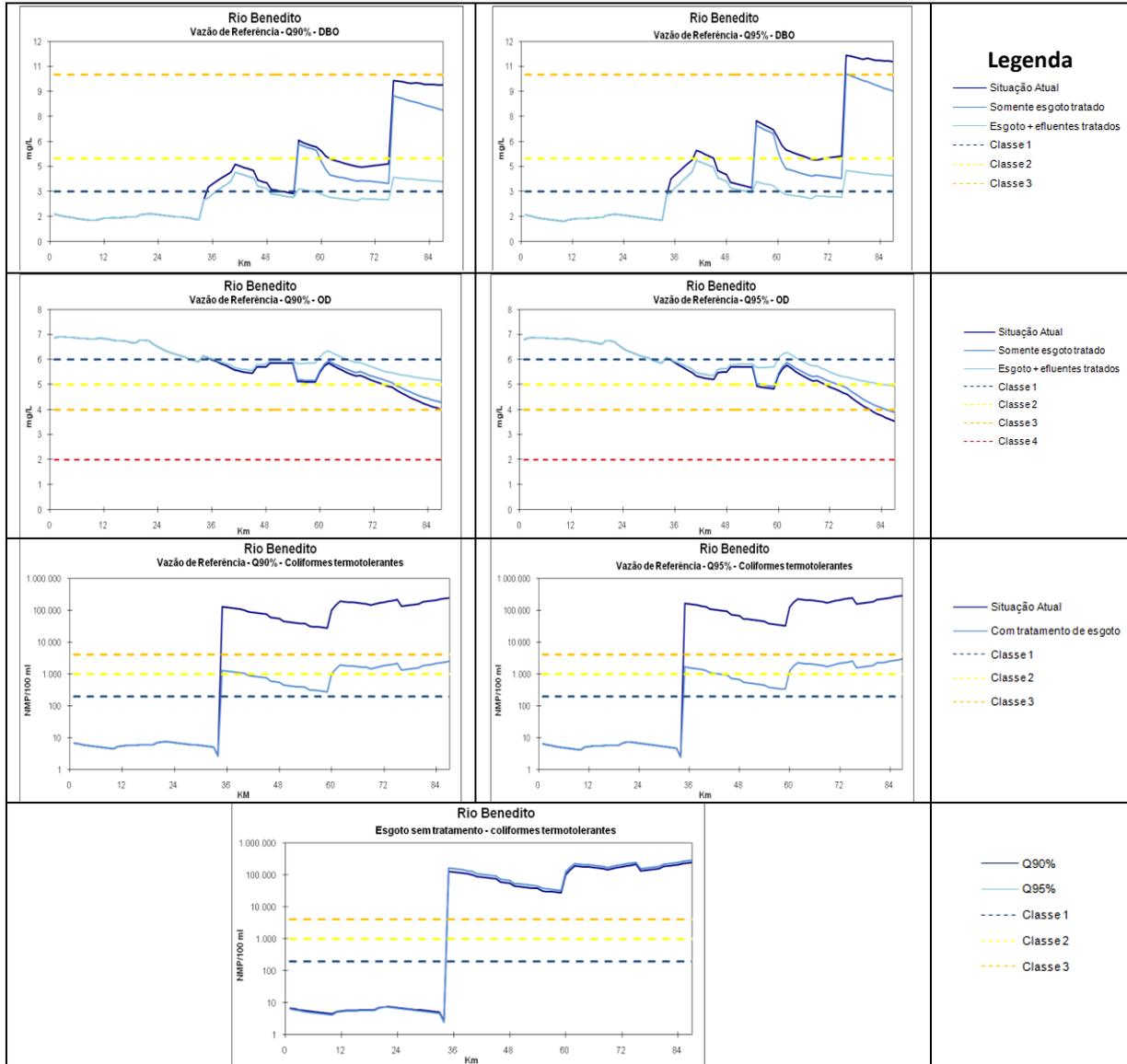


Figura A3.4 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Benedito, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

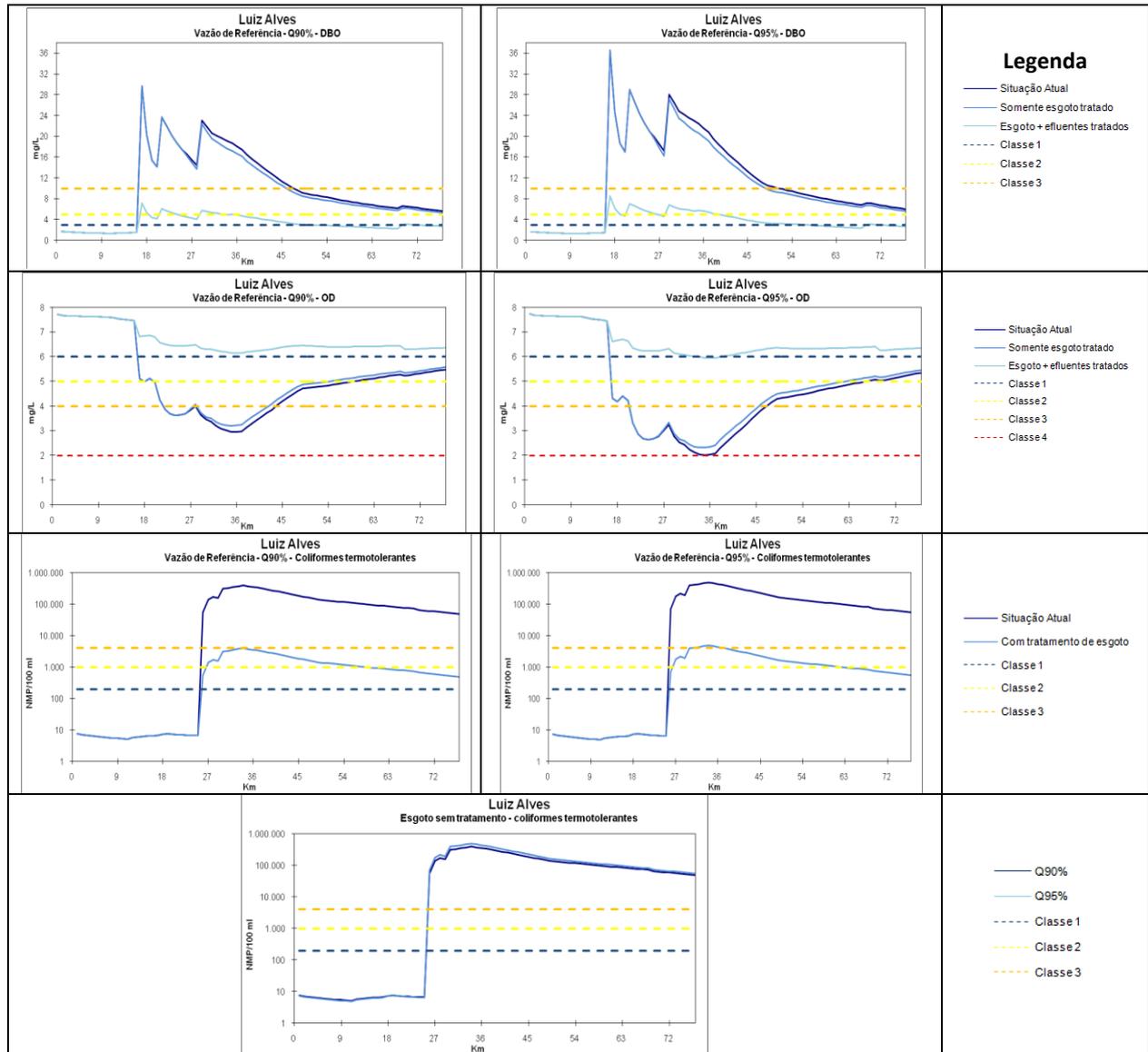


Figura A3.5 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Luiz Alves, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

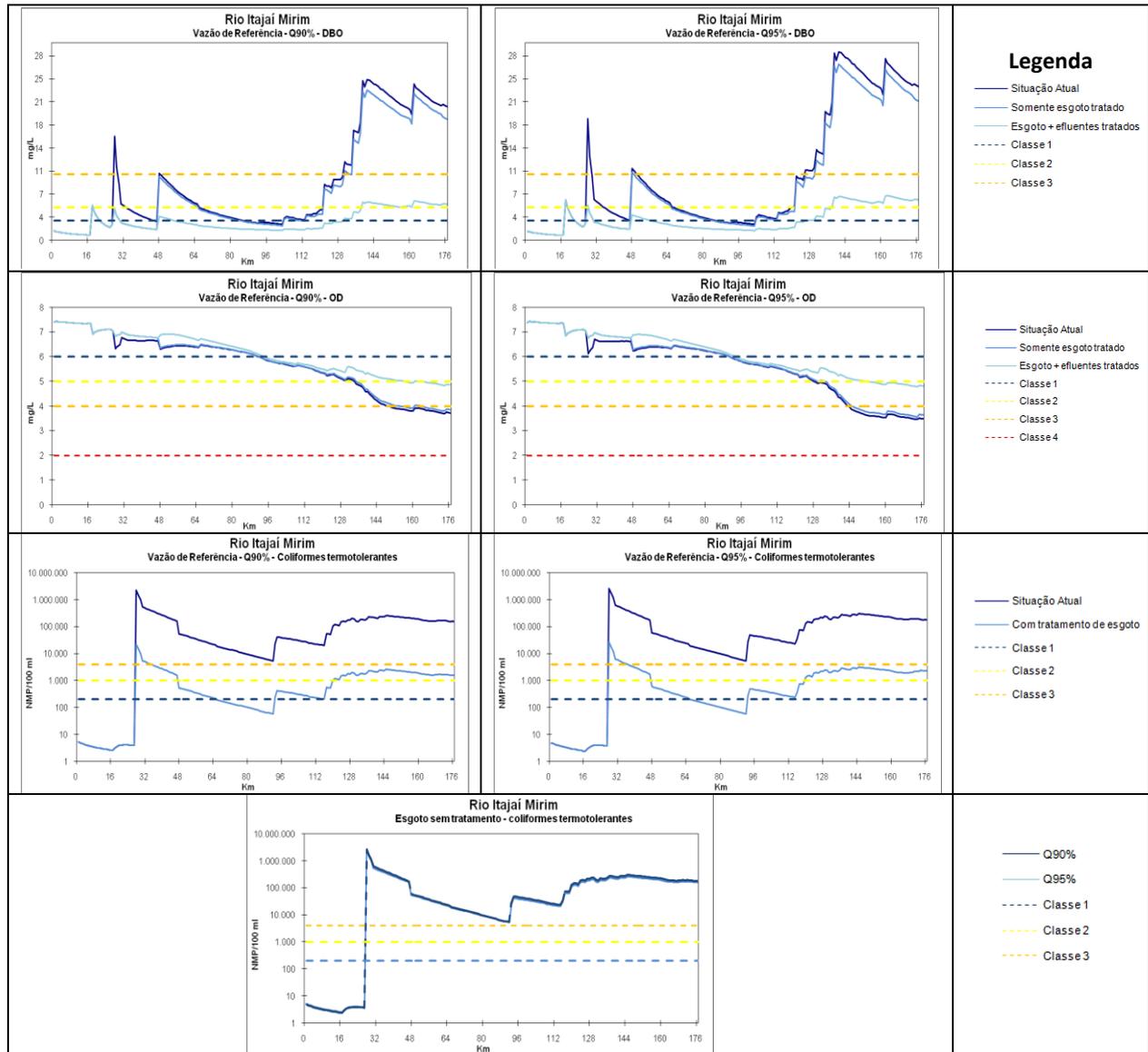


Figura A3.6 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Itajaí Mirim, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior à esquerda compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

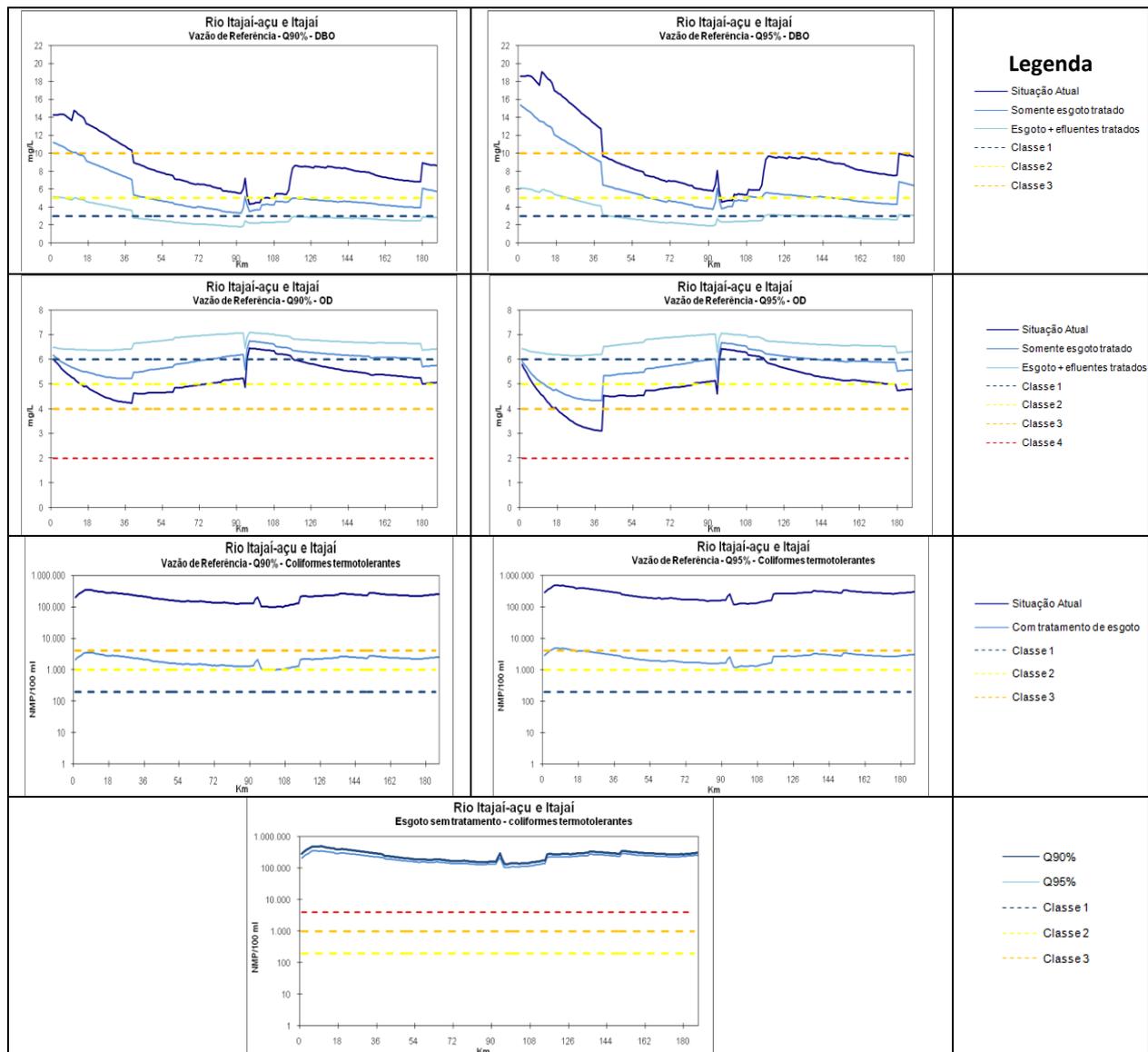
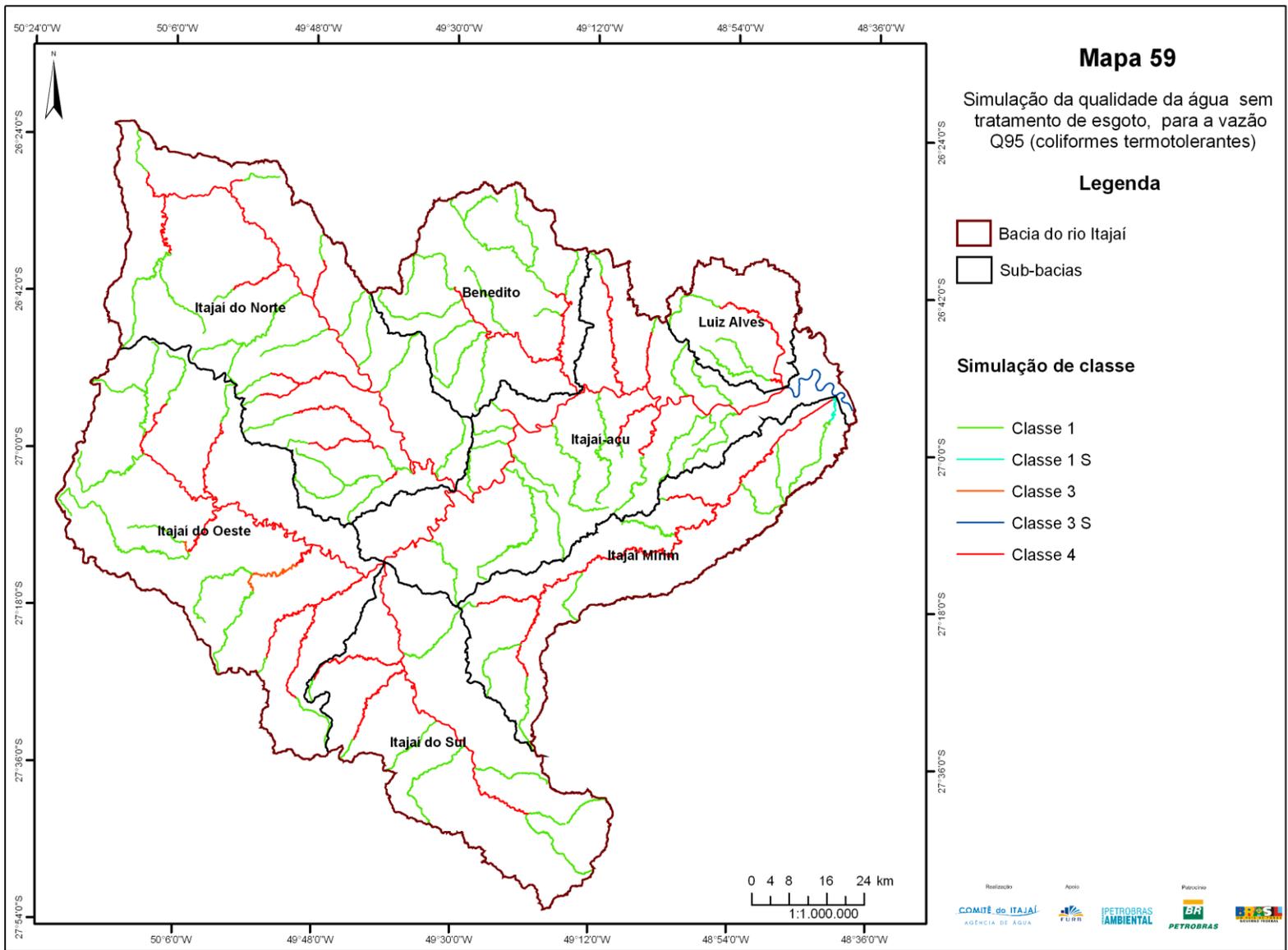


Figura A3.7 - Gráficos do comportamento da DBO, do OD e dos coliformes termotolerantes do rio Itajaí-açu, incluindo o Itajaí, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior à esquerda compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

Alguns resultados gerais que esses gráficos mostram são:

- os resultados praticamente não se alteram ao passar da vazão de permanência Q95 para a Q90;
- o oxigênio dissolvido atinge concentrações adequadas nos diversos cenários em quase todos os trechos. Poucos são os trechos de rio em que esse parâmetro se apresenta conforme a classe 3 ou 4, e todos eles atingem a classe 1 ou 2 no cenário dos efluentes tratados;
- a presença dos coliformes termotolerantes atribui à maior parte dos rios principais a classe 4, resultado que não se altera adotando uma vazão de permanência menos

restritiva. Em conjunto, esse resultado pode ser constatado no Mapa 59, que aponta uma condição um pouco distinta do “rio que temos” (Mapa 34), mas mostra que os rios da bacia estão longe de atender o enquadramento estabelecido pela Resolução CERH 01/2008, que atribui a todos os rios classe 2. Parte dos rios estão em situação melhor, e parte está em situação pior. Mesmo no cenário dos esgotos tratados, muitos trechos de rio permanecem na faixa da classe de qualidade 3.



Gráficos como os analisados também podem ser produzidos para os demais rios incluídos na modelagem. Um exemplo disso se encontra na Figura A3.8, que apresenta os resultados da modelagem dos coliformes termotolerantes para o rio das Pombas (município de Pouso Redondo). Como pode ser observado, o curso inferior desse rio também se encontra na classe 4, e o tratamento de esgotos pode trazê-lo em parte para a classe 3.

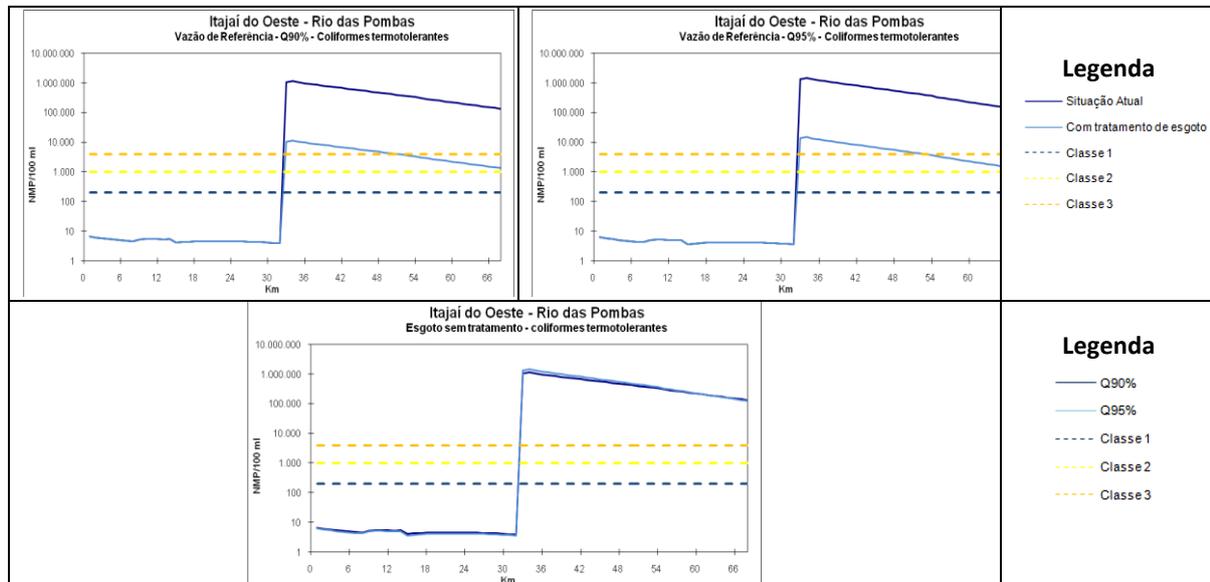


Figura A3.8 - Gráficos do comportamento dos coliformes termotolerantes no rio das Pombas, afluente do rio Itajaí do Oeste, para as vazões Q90 (à esquerda) e Q95 (à direita). O gráfico inferior compara os resultados dos coliformes na situação atual (sem tratamento de esgoto) para as duas vazões.

A3.1.3 – Balanço disponibilidade versus demanda e sua relação com o uso do solo³

Pôde-se verificar que as regiões do Itajaí do Oeste e do Benedito foram as que revelaram maior escassez de recursos hídricos para o atendimento de demandas consuntivas. Por outro lado, na sub-bacia Itajaí do Norte e Itajaí-açu, mesmo em situações de estiagem, existe água suficiente para as demandas consuntivas. De acordo com Vibrans (2003), a sub-bacia do Oeste possui o maior percentual de área cultivada (37,0%) e também é líder em cultivo de arroz (97,5 km²), enquanto a sub-bacia norte possui a maior cobertura florestal (63,7%). Não é de estranhar que as regiões que apresentam maior cobertura florestal apresentam um balanço disponibilidade x demanda equilibrado, enquanto que nas regiões de maior percentual de área cultivada o balanço disponibilidade versus demanda se mostrou altamente desfavorável em épocas de estiagem.

³ Texto elaborado por Neudi Bordignon

Ainda segundo Vibrans (2003, p.199), “[...] pode-se afirmar a constatação de uma expressiva retração da atividade agrícola e expansão da cobertura florestal em quase toda a bacia do Itajaí (com exceção da sub-bacia do Oeste) [...]”. Esta constatação apresenta um aspecto favorável, que é o aumento da cobertura vegetal, promovendo uma melhoria em termos de produção e armazenamento de água, o que é extremamente importante para o aumento da disponibilidade hídrica, bem como para amenizar os efeitos das enchentes que assolam a população da bacia.

Por outro lado, o êxodo rural tem provocado o inchamento das cidades e tem sido estimulado principalmente pela baixa renda das atividades agrícolas em relação às atividades urbanas. O que se verifica hoje é que o meio urbano, principalmente as maiores cidades, apresentam problemas sérios, como o aumento dos índices de violência, redução do número de ofertas de trabalho e o aumento das favelas. De acordo com Vibrans (2003, p.46), “A população rural está decrescendo continuamente em toda a bacia desde 1970 e em 2000 ela está [esteve] menor do que era em 1940”.

Para a bacia do Itajaí, frente aos problemas enfrentados como o das enchentes, o não atendimento das demandas por recursos hídricos em condições de estiagem, em diversas regiões da bacia, o êxodo rural, entre outros, parece bastante clara a necessidade de se adotar medidas no sentido de promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão sócioambiental.

A3.1.4 – Possibilidades de atendimento das demandas consuntivas projetadas para 2015, 2025 e 2030⁴

O estudo do atendimento das demandas projetadas para 2015, 2025 e 2030 foi realizada considerando as projeções dos principais segmentos de usuários de água da bacia (resultados do item A2.4 c) e a vazão disponível em cada sub-bacia. A Tabela A3.7 mostra as projeções e a vazão disponível para as sub-bacias do rio Itajaí.

Analisando-se esta tabela, verifica-se que, as projeções de demandas para 2015, 2025 e 2030 nas sub-bacias do Itajaí do Norte, Benedito, Luiz Alves, Itajaí Mirim e Itajaí-açu são integralmente atendidas pelas vazões existentes. Na sub-bacia do Itajaí do Oeste existe falta de água para as demandas atuais e futuras, mesmo utilizando vazões de referência menos

⁴ Estudo realizado por Odirlei Fistarol

restritivas. Na bacia do rio Itajaí do Sul existe possibilidade de falta de água a partir de 2015 para a vazão 50% da Q98.

Tabela A3.7 - Projeções de demandas para 2015, 2025 e 2030 e vazões disponíveis por sub-bacia

Sub-bacia	Demandas m ³ /ano				Vazão disponível m ³ /ano		
	2010	2015	2025	2030	50% Q90	50% Q95	50% Q98
I. Sul	58.709.000	69.809.831	91.929.095	102.947.799	132.391.799	101.839.845	71.287.892
I. Oeste	211.875.845	238.813.397	292.488.551	319.226.811	166.472.677	128.055.905	89.639.134
I. Norte	11.579.716	12.882.534	15.478.500	16.771.680	158.565.235	121.973.257	85.381.280
Benedito	54.771.998	60.744.177	72.644.205	78.572.201	267.218.948	223.225.717	179.232.486
Luiz Alves	28.004.174	32.716.977	42.107.602	46.785.538	91.904.212	72.982.757	56.764.366
I. Mirim	146.399.613	160.065.740	187.296.553	200.861.573	477.261.402	399.567.686	321.873.969
I. Açú *	205.119.413	224.351.891	262.674.090	281.764.280	1.471.474.719	1.777.304.333	2.080.430.853

* Foi considerado a vazão incremental da sub-bacia do Itajaí-açu

As sub-bacias que não apresentaram problemas de atendimento das demandas futuras necessitam de análises por trecho de rio para verificar se existem problemas localizados de falta de água. Essas análises são realizadas na implementação da outorga e poderão restringir a implantação de alguma atividade.

A3.1.4 – Atendimento das demandas consuntivas projetadas para o ano de 2030, considerando os efeitos das mudanças climáticas⁵

Com o intuito de avaliar o impacto das mudanças climáticas, foi feita, para o ano de 2030, uma análise adicional, considerando-se uma redução de 10% na oferta de água. A Tabela A3.8 resume os resultados da simulação realizada.

Além do aumento do percentual de demanda não atendida na sub-bacia do rio Itajaí do Oeste, em relação ao que foi visto no item anterior (A3.1.4), pode-se observar através da Tabela A3.8, que os efeitos das mudanças climáticas (redução da oferta de água), provocariam, num horizonte não muito distante, o não-atendimento também na sub-bacia do Itajaí do Sul.

⁵ Estudo realizado pro Odirlei Fistarol

Tabela A3.8 - Projeções de demandas para 2015, 2025 e 2030 considerando mudanças climáticas

Sub-bacia	Demandas m ³ /ano				Vazão disponível m ³ /ano		
	2010	2015	2025	2030	50% Q90	50% Q95	50% Q98
I. Sul	58.709.000	69.809.831	91.929.095	102.947.799	119.152.619	91.655.861	64.159.103
I. Oeste	211.875.845	238.813.397	292.488.551	319.226.811	149.825.409	115.250.315	80.675.220
I. Norte	11.579.716	12.882.534	15.478.500	16.771.680	142.708.711	109.775.932	76.843.152
Benedito	54.771.998	60.744.177	72.644.205	78.572.201	240.497.053	200.903.145	161.309.238
Luiz Alves	28.004.174	32.716.977	42.107.602	46.785.538	82.713.791	65.684.481	51.087.930
I. Mirim	146.399.613	160.065.740	187.296.553	200.861.573	429.535.262	359.610.917	289.686.572
I. Açú*	205.119.413	224.351.891	262.674.090	281.764.280	1.471.474.719	1.777.304.333	2.080.430.853

* Foi considerado a vazão incremental da sub-bacia do Itajaí-açu

Após a realização das simulações descritas, parece evidente a necessidade de se promover intervenções no sentido de se racionalizar o uso dos recursos hídricos e, principalmente, adotar medidas que promovam o aumento da disponibilidade hídrica, principalmente nas regiões com balanço hídrico mais desfavorável.