

3.8 Alternativas de compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas nos aspectos quantitativos e qualitativos

A tomada de decisões a respeito de planejamento e gestão de bacias hidrográficas deve considerar obrigatoriamente aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais, mutáveis no tempo e associados a incertezas de difícil quantificação. À medida que as demandas de água crescem acirram-se os conflitos e disputas pelo recurso hídrico e o gerenciamento dos recursos hídricos tendem a se tornar uma tarefa cada vez mais complexa.

Para dar suporte ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, este item apresenta alternativas para a compatibilização das disponibilidades hídricas existentes com as demandas atuais e futuras da bacia, mostrando um leque de opções para a redução ou eliminação dos atuais e prováveis conflitos pelo uso da água, observando os aspectos quantitativos e qualitativos dos conflitos.

Inicialmente, será apresentada a disponibilidade hídrica das sub-bacias da região através de vazões de referência, para serem utilizadas na identificação dos conflitos pelo uso da água.

3.8.1 Disponibilidade hídrica

3.8.1.1 Introdução

Segundo Tucci (2000), a máxima disponibilidade hídrica de uma bacia é a vazão média porque esta é a maior vazão que pode ser regularizada em um curso d'água. A estimativa da vazão média de uma bacia permite avaliar os limites superiores do uso da água de um manancial para as diferentes finalidades.

A relação entre a disponibilidade hídrica máxima, representada pela vazão média, e a mínima, representada por uma vazão característica da série, é um indicador da necessidade de regularização de um rio. A vazão mínima está relacionada com uma duração, já que o uso da água não é um processo instantâneo. Existem alguns valores de vazões mínimas característicos que são utilizados em projetos de recursos hídricos e que são indicadores das condições de estiagens de um rio. Os mais utilizados são :

- (i) vazão mínima média de 7 dias consecutivos e 10 anos de tempo de retorno e;
- (ii) vazão com 95% de permanência.

Dentro da série histórica de vazões, os menores valores da série, ou as vazões que não atendem as necessidades das demandas são ditas mínimas ou de estiagem. Esta é uma definição muito subjetiva, já que a vazão de estiagem não é caracterizada a partir de um valor da série histórica. Um rio mesmo em cheia pode não atender às necessidades da região que o cerca.

A distribuição temporal das vazões de estiagem é importante para projetos como abastecimento de água, irrigação e energia elétrica. As vazões mínimas que ocorrem em época de estiagem são utilizadas nestes estudos dentro de uma das seguintes finalidades: análise, projeto, previsão ou estimativa, regulamentação legal, operação e planejamento.

A vazão mínima é caracterizada por dois fatores, a quantidade de água e a duração (d). Por exemplo, a vazão mínima de um ano qualquer com duração de 30 dias indica que é o menor valor do ano da vazão média de 30 dias consecutivos (Gráfico 3.8.1). Na prática pouca utilidade tem a vazão mínima instantânea, que deve ser muito próxima da vazão mínima diária. Normalmente durações maiores, como 7 dias ou 30 dias, apresentam maior interesse ao usuário já que a seqüência de vazões baixas é que representa uma situação desfavorável para a demanda ou para as condições de conservação ambiental. Por exemplo, a vazão de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno é utilizada para estudos de qualidade da água em rios e na vazão mínima a ser mantida nos rios após o uso da água no processo de outorga (Tucci, 2000).

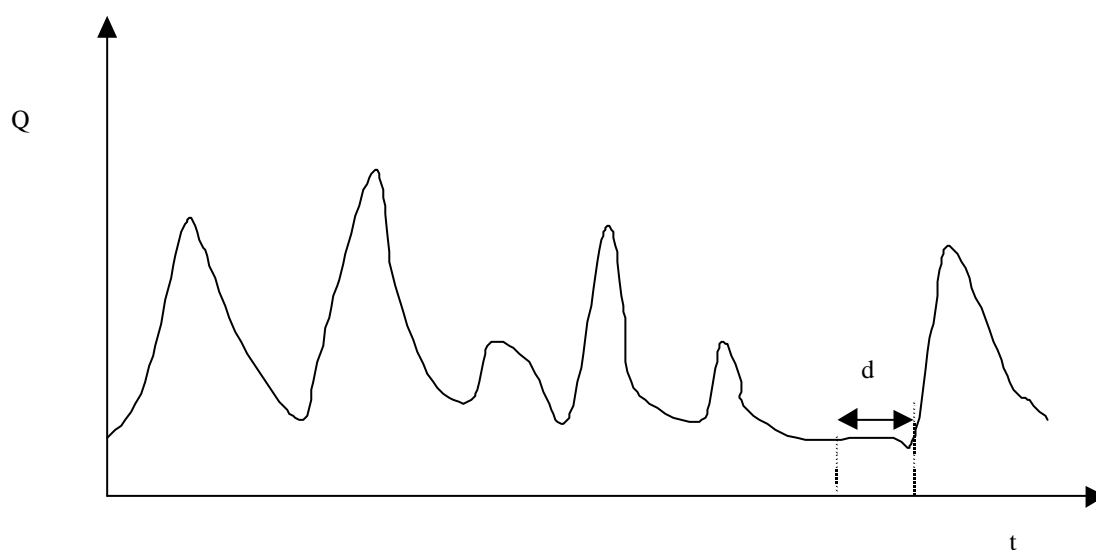


Gráfico 3.8.1 - Hidrograma e período de duração "d" de vazões mínimas
Fonte: Tucci, 2000

As características da vazão mínima podem ser estabelecidas pela análise de frequência, curvas de duração ou permanência e depleção. A curva de frequência, obtida a partir da amostra de vazões observadas, procura inferir a função cumulativa de probabilidades da população da qual a amostra foi retirada. Isto permitirá estimar níveis de frequência e, reciprocamente, o risco de ocorrência de valores maiores ou menores que um dado nível de vazão.

A curva de permanência de vazões relaciona valores das vazões observadas às percentagens com que os mesmos foram superados durante um período de observações. Esta curva destaca a frequência de ocorrência de um valor ao longo de todo o período, enquanto que a curva de probabilidade de valores mínimos caracteriza os extremos anuais. Considere, por exemplo, a vazão de 95% da curva de permanência, a mesma foi obtida dos valores diários de vazão de N anos do posto em estudo. A vazão mínima média com duração de 1 dia é obtida pela média dos menores valores de 1 dia dos n anos. A tendência é de que os valores da curva de permanência sejam maiores, dependendo da duração e probabilidade usada.

A curva de depleção retrata o período de esvaziamento do reservatório subterrâneo no hidrograma de uma bacia. Esta curva pode ser utilizada para previsão em tempo real das vazões durante uma estiagem.

Para a identificação dos conflitos, foram adotadas vazões de referência que representam a máxima e a mínima disponibilidade hídrica dos cursos d'água, bem como, valores intermediários a esses dois extremos. As vazões de referência utilizadas no confronto com as demandas e identificadas no Gráfico 3.8.2 são descritas a seguir:

- (i) Vazão média (Q_m), que apresenta uma permanência natural em torno de 30% do tempo, ou seja em aproximadamente 30% do tempo as vazões dos cursos d'água são iguais ou maiores que a vazão média;
- (ii) Vazão com 50% de permanência (Q_{50}), vazão que é superada ou igualada em 50% do tempo. Essa vazão é ligeiramente menor que a vazão média;
- (iii) Vazão com 80% de permanência (Q_{80}), vazão que é superada ou igualada em 80% do tempo. Essa vazão apresenta valor intermediário entre a vazão média e a mínima;
- (iv) Vazão com 90% de permanência (Q_{90}), vazão que é superada ou igualada em 90% do tempo, que corresponde a uma vazão com 90% de garantia de ocorrência;

- (v) Vazão com 95% de permanência (Q_{95}), vazão que é superada ou igualada em 95% do tempo. Essa vazão é ligeiramente menor que a vazão com 90% de permanência, mas apresenta uma maior garantia de ocorrência (95%);
- (vi) Vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$), menor valor anual da vazão média de 7 dias consecutivos, com a probabilidade de ocorrência de, em média, uma vez a cada 10 anos. Essa é a menor e a mais restritiva das vazões de referência, porém é a que apresenta maior garantia de ocorrência (próximo de 100%).

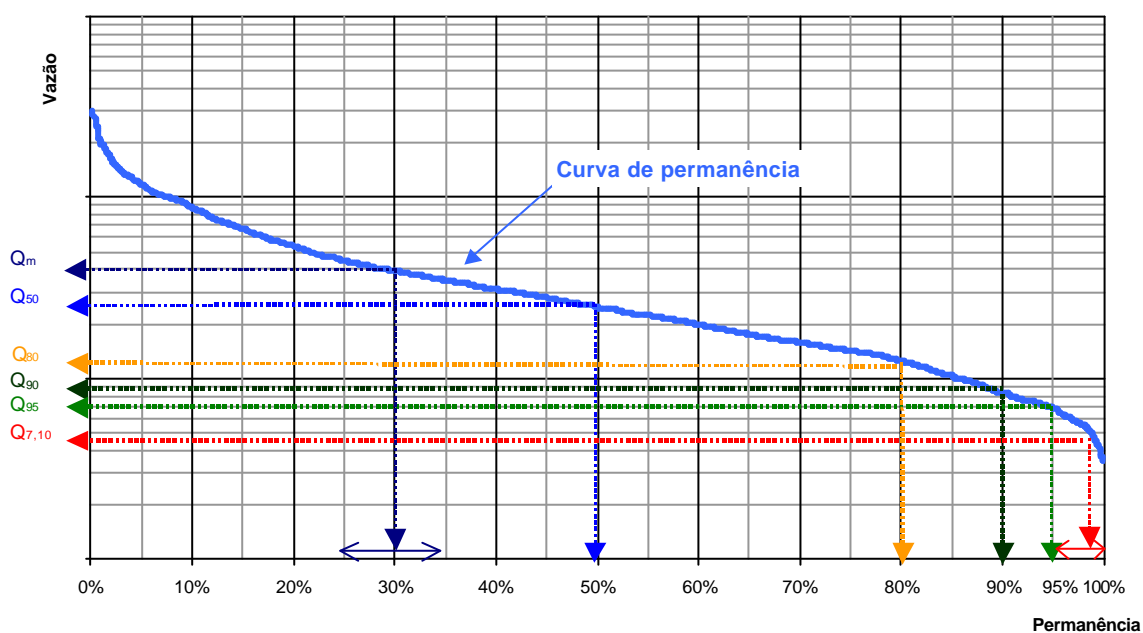


Gráfico 3.8.2 - Vazões de referência utilizadas na análise da disponibilidade hídrica das sub-bacias

3.8.1.2 Disponibilidade de dados

A determinação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, através da determinação das vazões de referência para cada sub-bacia, depende do conhecimento de vazões registradas em todas as sub-bacias. No entanto, como existe escassez de dados observados em algumas sub-bacias (principalmente na sub-bacia do Rio D'Una, onde existe uma completa ausência de dados fluviométricos) foi necessário determinar as vazões de referência através de métodos indiretos.

Os métodos indiretos podem ser:

Regionalização de vazão: que envolve a determinação da distribuição espacial das estatísticas de funções hidrológicas da região. Esta metodologia é utilizada quando se deseja apenas as estatísticas básicas da região;

Simulação hidrológica: que envolve a transformação de precipitação em vazão através de um modelo hidrológico. Esta metodologia é utilizada quando se deseja conhecer a série de vazões diárias ou mensais da sub-bacia e quando o número de postos na região é pequeno e não permita a regionalização.

Neste trabalho, foi escolhida a regionalização como método indireto para a determinação das vazões de referência. Para tanto foram utilizados os dados observados dos postos fluviométricos da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), encontrados na região e que são de domínio público. Os resultados obtidos da regionalização foram comparados com estudos anteriores feitos na região.

Os estudos sobre regionalização de vazões de estiagem na região selecionados para comparação com os resultados obtidos foram: CASAN/CEHPAR (1982); CPRM (Germano & Pedrollo, 1999); e ANEEL/UFSC (Regionalização das vazões da Bacia do Atlântico – trecho sudeste, 2001, no prelo). Estes trabalhos serão descritos sucintamente a seguir, e, no item 3.8.1.3, serão utilizados na análise dos resultados da regionalização adotada.

A CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) em convênio com CEHPAR (Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza) apresentou, em 1982, um relatório sobre Vazões de Estiagem em Pequenas Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.

Como, nesse estudo, foram utilizados dados hidrológicos anteriores aos anos 80, este trabalho servirá como referência sobre o comportamento hidrológico na região antes do crescimento demográfico das últimas duas décadas. As intervenções antrópicas, como remoção da cobertura vegetal nativa, alteração da morfologia dos cursos d'água, captação de grandes demandas hídricas dos mananciais, resultam em modificações do regime hidrológico dos rios da região. Contudo, a variabilidade climática natural, exerce grande influência no regime hidrológico, o que nos impede de afirmar que as vazões obtidas nesse estudo são as vazões de pré-urbanização (sem intervenção antrópica).

Germano & Pedrollo (1999) apresentam a regionalização das vazões média, Q_{50} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ para a bacia do rio Tubarão. As autoras consideraram a bacia com regime hidrológico uniforme, sem a necessidade de divisão em sub-bacias hidrológicamente homogêneas. Como variável de regionalização, adotaram a área da bacia hidrográfica das estações fluviométricas da ANEEL e a precipitação média dos totais anuais dos postos pluviométricos de influência mais próximos de cada estação.

As autoras apresentam os resultados da regionalização usando as duas variáveis e usando apenas a área, onde se verifica que a precipitação traz pouco ganho de informação à regionalização, e por parcimônia, é preferível adotar a equação mais simples, só com a área.

O Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina (1997) apresenta uma análise da disponibilidade hídrica da bacia do rio Tubarão, através do estudo de pontos críticos localizados na região. O diagnóstico identifica 11 pontos críticos de controle na área da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar (Figura 3.8.1). Esses pontos foram escolhidos com base no conhecimento factual sobre a ocorrência atual ou futura de conflitos pelo uso e/ou pela deterioração da qualidade da água. Os pontos e suas características são apresentados no quadro 3.8.1.

O quadro 3.8.2 apresenta as vazões características dos pontos estudados. Essas vazões são: vazão média (Q_m) e vazão de estiagem ($Q_{7,10}$). As vazões são apresentadas em valores absolutos (m^3/s) e específicos ($l/s/km^2$). Esses pontos foram utilizados na determinação da disponibilidade hídrica da região, e esta, por sua vez, foi usada na análise comparativa entre disponibilidade e demanda de uso da água na região em estudo, através do uso do Índice de Disponibilidade Hídrica em Estiagem (IDHE). O IDHE é a relação entre o somatório das demandas de água e a vazão de estiagem $Q_{7,10}$. O estudo da SDM se baseou no relatório da CASAN/CEHPAR (1982) para a determinação das vazões Q_m e $Q_{7,10}$.

Quadro 3.8.1 – Pontos críticos de controle analisados na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

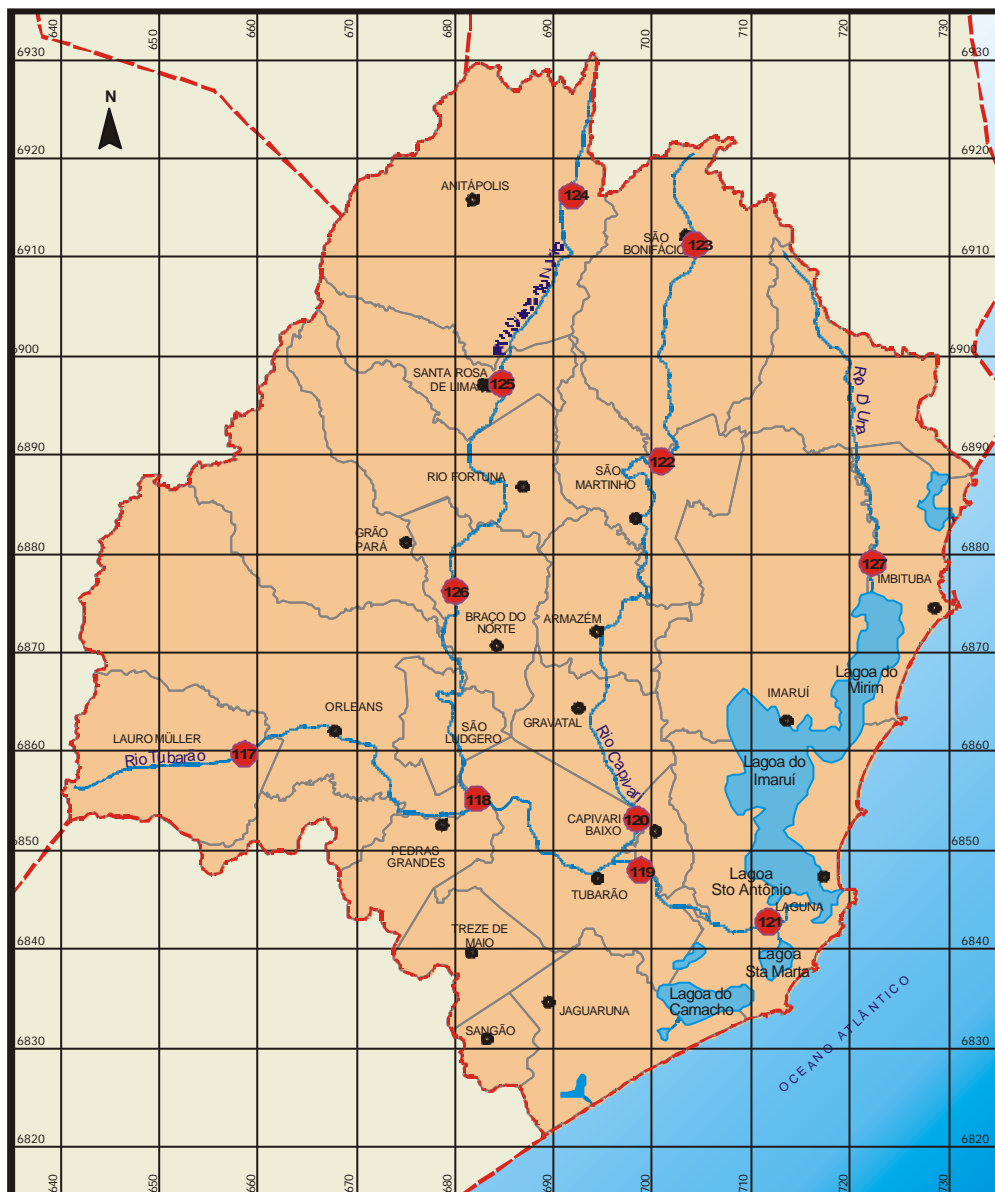
PONTO	LOCALIZAÇÃO	LONGITUDE	LATITUDE	ÁREA (km ²)
117	Rio Tubarão, próximo a Lauro Muller	49° 22' 58"	28° 22' 21"	100,0
118	Confluências dos rios Tubarão e Braço do Norte, próximo a Pedras Grandes	49° 6' 47"	28° 24' 2"	2.585,0
119	Rio Tubarão, próximo a Tubarão	48° 58' 3"	28° 26' 44"	2.717,0
120	Rio Capivarí, próximo a Capivarí de Baixo e da confluência com o rio Tubarão	48° 56' 52"	28° 26' 2"	1.032,0
121	Rio Tubarão, próximo a Laguna	48° 47' 46"	28° 30' 5"	4.015,0
122	Rio Capivarí, próximo a São Martinho	48° 56' 30"	28° 10' 1"	559,0
123	Rio Capivarí, próximo a São Bonifácio	48° 53' 32"	27° 54' 11"	97,0
124	Rio Braço do Norte, próximo a Anitápolis	49° 1' 46"	27° 51' 45"	134,0
125	Rio Braço do Norte, próximo a Santa Rosa de Lima	49° 6' 14"	28° 2' 53"	584,0
126	Rio Braço do Norte, próximo a Braço do Norte	49° 8' 17"	28° 16' 2"	1.423,0
127	Rio d'Una, antes da Lagoa do Mirim	48° 42' 22"	28° 12' 27"	410,0

FONTE: Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina, SDM (1997).

Quadro 3.8.2 – Vazões características dos pontos críticos de controle analisados na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

PONTO	Q _m (l/s/km ²)	Q _m (m ³ /s)	Q _{7,10} (l/s/km ²)	Q _{7,10} (m ³ /s)
117	28,18	2,82	2,13	0,21
118	27,11	70,08	3,79	9,80
119	26,98	73,30	4,24	11,52
120	26,57	27,42	4,22	4,36
121	26,57	106,68	4,22	16,94
122	27,25	15,23	4,26	2,38
123	28,58	2,77	4,33	0,42
124	27,91	3,74	5,16	0,69
125	27,25	15,91	5,11	2,98
126	26,57	37,81	3,76	5,35
127	27,11	11,12	4,25	1,74

FONTE: Diagnóstico Geral dos Recursos Hídricos de Santa Catarina, SDM (1997)



escala 1:750.000

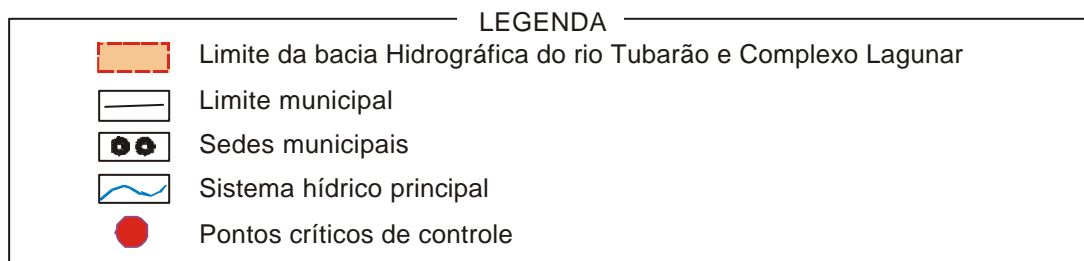


Figura 3.8.1 – Localização dos pontos críticos de controle

A ANEEL, através de um convênio com a UFSC, realizou a regionalização hidrológica das vazões da Bacia do Atlântico – trecho sudeste, onde se encontra a bacia do rio Tubarão. O relatório apresenta uma atualização dos dados hidrológicos da região monitorados pela ANEEL, sendo utilizado variáveis físicas e climáticas na determinação das vazões. As variáveis escolhidas para região foram:

- (i) Físicas: área de drenagem da bacia; comprimento do rio principal; densidade de drenagem; e declividade média da bacia;
- (ii) Hidrológicas: precipitação do semestre mais chuvoso; precipitação máxima anual; precipitação média anual; e evapotranspiração anual.

3.8.1.3 Regionalização das vazões de referência

Para a determinação das vazões de referências em todos os pontos de interesse na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, com base em dados hidrológicos observados, seria necessário a existência de uma rede hidrométrica mais ampla que a atual, com, pelo menos, um posto hidrométrico em cada sub-bacia, com uma série de dados superior a cinco anos. Porém, como há escassez de postos em algumas sub-bacias, principalmente na sub-bacia do rio D'Una, onde não existem postos fluviométricos, foi preciso transferir as informações hidrológicas das sub-bacias com dados hidrológicos observados para as sub-bacias sem dados ou com dados insuficientes, através da regionalização das variáveis hidrológicas.

A regionalização consiste na transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. O princípio da regionalização se baseia na similaridade espacial de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem esta transferência.

A regionalização foi aplicada para as seguintes variáveis hidrológicas: vazão média de longo período (Q_m); os valores Q_{50} , Q_{80} , Q_{90} e Q_{95} obtidos da curva de permanência (gráfico 3.8.2); e a vazão mínima com duração de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$).

Os valores de Q_m , Q_{50} , Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ podem ser regionalizados com base numa função tipo potencia, como a apresentada pela Equação 3.8.1, utilizando como variável explicativa a área de drenagem da bacia.

$$Q = a.A^b \quad (3.8.1)$$

onde: Q é a vazão em (m^3/s), correspondente as vazões: Q_m , Q_{50} , Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} , e $Q_{7,10}$; A é a área de drenagem da bacia em (km^2); e a , b são os parâmetros ajustáveis da equação.

A área de drenagem foi escolhida como única variável explicativa para a previsão das variáveis hidrológicas, porque é a variável física de melhor correlação com as vazões de referência utilizadas e é a de mais fácil e rápida determinação, tornando mais prática sua utilização no planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois a determinação das vazões de referência em um novo ponto de interesse (referente a algum novo empreendimento) se dará de maneira simples e objetiva, permitindo uma análise preliminar mais ágil do novo ponto de interesse.

O acréscimo de mais variáveis explicativas resulta numa regionalização mais precisa, porém, o aumento de precisão requer um aumento nas informações necessárias (variáveis físicas e hidrológicas), além de uma maior confiabilidade dos dados utilizados, cuja precisão irá influir cada vez mais na regionalização. Por isso, utilizando a parcimônia como critério (melhor ajuste, com o menor número possível de variáveis), foi escolhido apenas a área de drenagem como variável explicativa.

A qualidade do ajuste foi avaliada através do coeficiente de determinação (R^2), que é a proporção com que o modelo explica a variância das vazões observadas; do erro padrão (EP), que mede a dispersão das estimativas em torno das observações; e do coeficiente de variação (CV), que mede a dispersão relativa das estimativas em torno das observações. Sendo:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs(i)} - Q_{cal(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs(i)} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (3.8.2)$$

$$EP = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{obs(i)} - Q_{cal(i)})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3.8.3)$$

$$CV = \frac{EP}{\bar{Q}_{obs}} \quad (3.8.4)$$

Onde: $Q_{obs(i)}$ = valor observado, no posto fluviométrico i , da vazão de referência a ser prevista; \bar{Q}_{obs} = média dos valores observados da vazão de referência a ser prevista; $Q_{cal(i)}$ = valor previsto da vazão de referência para o posto fluviométrico i ; n = número de observações (postos).

a) Regionalização da vazão média de longo período

A máxima disponibilidade hídrica de uma região é fornecida pela média de longo período das vazões das sub-bacias da região em questão. Porém, esse valor não pode ser alcançado, pois não existe nenhuma forma de regularização que não produza perdas. Contudo, a vazão média de longo período será tratada nesse estudo como o limite superior de disponibilidade hídrica de uma região, sendo necessário para o seu aproveitamento o uso de estruturas de regularização de vazões.

Os valores de vazão média (Q_m) foram regionalizados em função da área da sub-bacia na qual se encontra o ponto crítico, como mostra o gráfico 3.8.3. Na regionalização, foram utilizados os valores de vazão média (Q_m) fornecidos pela SDM (1997) e apresentados no quadro 3.8.2. Os valores de Q_m foram ajustados a uma função tipo potência (equação 3.8.1), sendo obtida a seguinte equação:

$$Q_m = 0,0302 \cdot A^{0,984} \quad (3.8.5)$$

onde: Q_m é a vazão média em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,9997, com um erro padrão de 0,54 m^3/s , correspondente a um CV de 0,02.

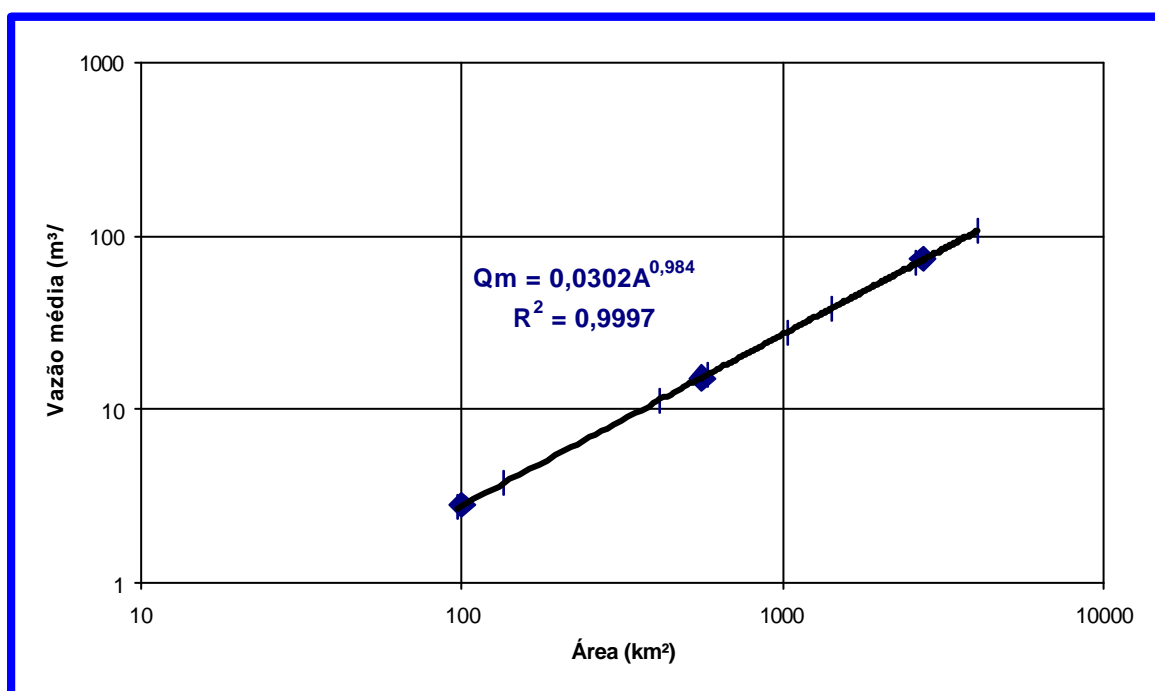


Gráfico 3.8.3 – Regionalização da vazão média para a região em estudo

b) Regionalização da vazão com 50% de permanência (Q_{50})

Os valores de Q_{50} foram obtidos da curva de permanência dos postos fluviométricos apresentados no Quadro 3.8.3 (a e b), utilizando o banco de dados da ANEEL de 1998. A localização dos postos é apresentada na Figura 3.8.2.

Na regionalização, os valores de Q_{50} foram ajustados a uma função tipo potência, como mostra o gráfico 3.8.4, e foi obtida a seguinte equação:

$$Q_{50} = 0,0164.A^{0,9611} \quad (3.8.6)$$

onde: Q_{50} é a vazão com 50% de permanência em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,9324, com um erro padrão de 2,21 m^3/s , correspondente a um CV de 0,19.

Quadro 3.8.3a – Estações fluviométricas utilizadas na regionalização das vazões

Posto	Estação	Área (km ²)	Período de dados	Nº de anos de dados
84500000	Povoamento	148	1942/1964	23
84541000	Grão Pará	151	1945/1967	23
84551000	Rio Pequeno	379	1942/1995	46
84520000	Divisa de Anitápolis	380	1944/1996	53
84250008	Orleans I	599	1939/1950	12
84598000	São Martinho	612	1978/1987	10
84598002	São Martinho JTE.	620	1987/1996	10
84520010	Santa Rosa de Lima	676	1986/1996	11
84600000	Armazém – Capivari	773	1942/1996	42
84559800	Braço do Norte MTE.	1515	1986/1996	11
84560000	São Ludgero I	1692	1939/1996	22
84560002	São Ludgero II	1699	1944/1988	44
84580000	Rio do Pouso	2734	1939/1996	58

FONTE: ANEEL, 1998

Quadro 3.8.3b – Vazões de referência extraídas das curvas de permanência

Posto	Estação	Área (km ²)	Q50 (m ³ /s)	Q80 (m ³ /s)	Q90 (m ³ /s)	Q95 (m ³ /s)
84500000	Povoamento	148	2,17	1,60	1,36	1,22
84541000	Grão Pará	151	1,68	1,03	0,80	0,66
84551000	Rio Pequeno	379	3,94	2,17	1,56	1,15
84520000	Divisa de Anitápolis	380	6,60	4,60	3,80	3,24
84250008	Orleans I	599	3,26	1,70	1,26	1,00
84598000	São Martinho	612	11,80	8,50	7,37	6,71
84598002	São Martinho JTE.	620	10,10	7,79	7,13	6,63
84520010	Santa Rosa de Lima	676	12,50	9,60	7,80	6,34
84600000	Armazém – Capivari	773	10,20	7,57	9,88	4,86
84559800	Braço do Norte MTE.	1515	18,10	8,28	3,97	2,66
84560000	São Ludgero I	1692	19,70	12,50	9,56	8,10
84560002	São Ludgero II	1699	19,40	12,60	10,70	9,27
84580000	Rio do Pouso	2734	32,20	19,70	15,30	12,4

FONTE: ANEEL, 1998

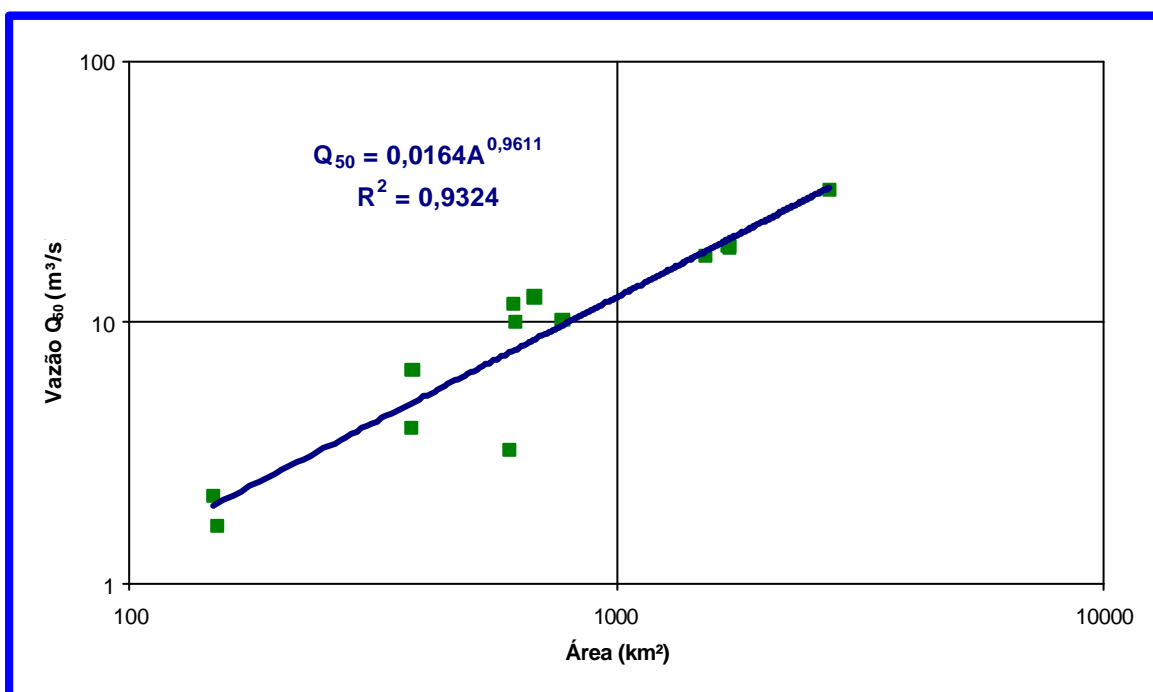


Gráfico 3.8.4 – Regionalização da vazão Q₅₀ para a região em estudo

c) Regionalização da vazão com 80% de permanência (Q_{80})

Os valores de Q_{80} foram regionalizados em função da área da sub-bacia dos postos fluviométricos apresentados no quadro 3.8.3, como mostra o gráfico 3.8.5. Na regionalização, os valores de Q_{80} foram ajustados a uma função tipo potência, e foi obtida a seguinte equação:

$$Q_{80} = 0,0141.A^{0,9169} \quad (3.8.7)$$

onde: Q_{80} é a vazão com 80% de permanência em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,8235, com um erro padrão de 2,19 m^3/s , correspondente a um CV de 0,29.

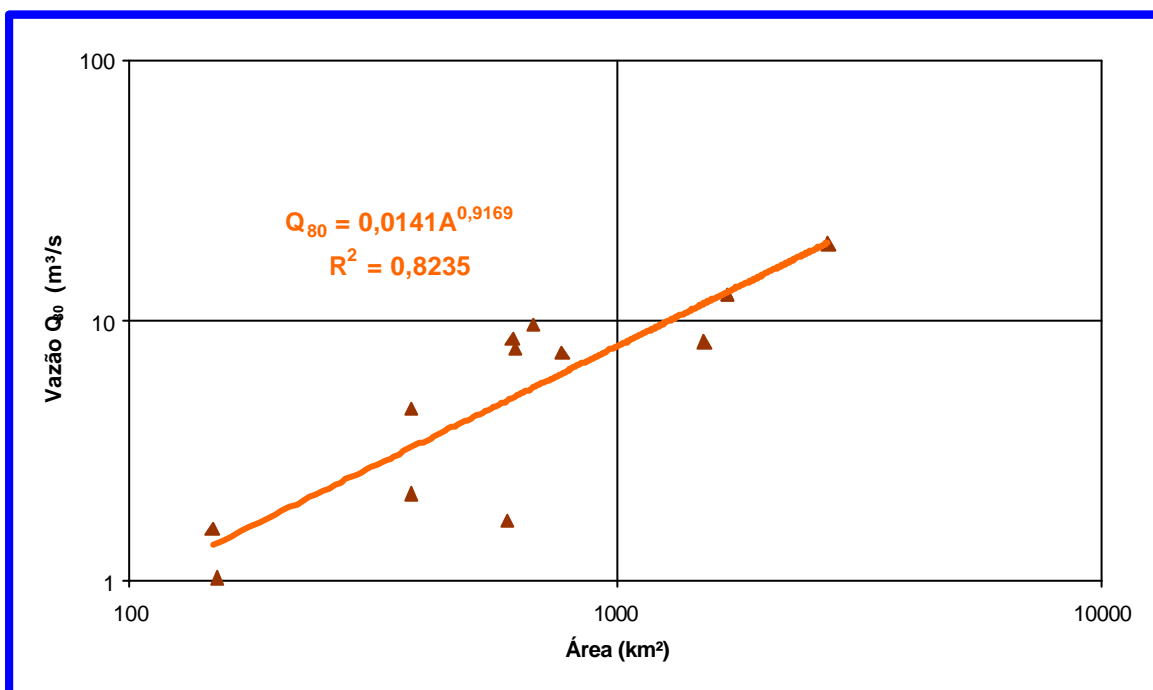


Gráfico 3.8.5 – Regionalização da vazão Q_{80} para a região em estudo

d) Regionalização da vazão com 90% de permanência (Q_{90})

A disponibilidade hídrica de uma região pode ser verificada também pela vazão Q_{90} , que é a vazão na qual o curso d'água passa 90% do tempo com vazões maiores ou iguais a esse valor. Ou seja, a região apresenta uma disponibilidade, hídrica com 90% de garantia de atendimento a longo prazo.

A vazão Q_{90} também é utilizada como vazão de referência para a outorga do uso da água por cinco estados brasileiros: Pernambuco, Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (Lanna & Benetti, 2000). Essa vazão, como critério de outorga, é mais indicada para a região nordeste do Brasil, onde, geralmente, as vazões de estiagens com permanência superior a 90% são nulas (Q_{95} e $Q_{7,10}$).

Os valores de Q_{90} foram regionalizados em função da área da sub-bacia os postos fluviométricos apresentados no quadro 3.8.3, como mostra o gráfico 3.8.6. Na regionalização, os valores de Q_{90} foram ajustados a uma função tipo potência, e foi obtida a seguinte equação:

$$Q_{90} = 0,0147 \cdot A^{0,8763} \quad (3.8.8)$$

onde: Q_{90} é a vazão com 90% de permanência em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,6223, com um erro padrão de 2,65 m^3/s , correspondente a um CV de 0,43.

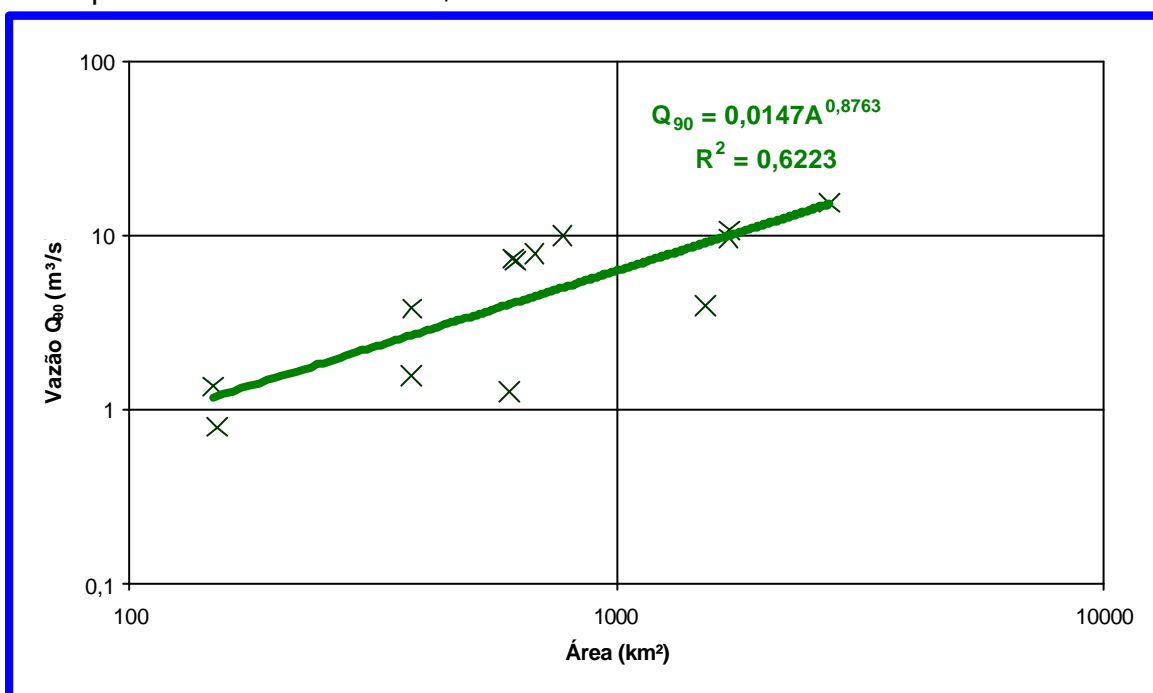


Gráfico 3.8.6 - Regionalização da vazão Q_{90} (m^3/s)

e) Regionalização da vazão com 95% de permanência (Q_{95})

A vazão Q_{95} também é utilizada como indicador da disponibilidade hídrica de uma região e representa a vazão na qual o curso d'água passa 95% do tempo com vazões maiores ou iguais a esse valor. Ou seja, a vazão Q_{95} corresponde a vazão com 95% de garantia de atendimento a longo prazo.

Os valores de Q_{95} foram regionalizados em função da área da sub-bacia dos postos fluviométricos apresentados no quadro 3.8.3, como mostra o gráfico 3.8.7. Na regionalização, os valores de Q_{95} foram ajustados a uma função tipo potência, e foi obtida a seguinte equação:

$$Q_{95} = 0,0144.A^{0,8444} \quad (3.8.9)$$

onde: Q_{95} é a vazão com 95% de permanência em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,6232, com um erro padrão de 2,17 m^3/s , correspondente a um CV de 0,44.

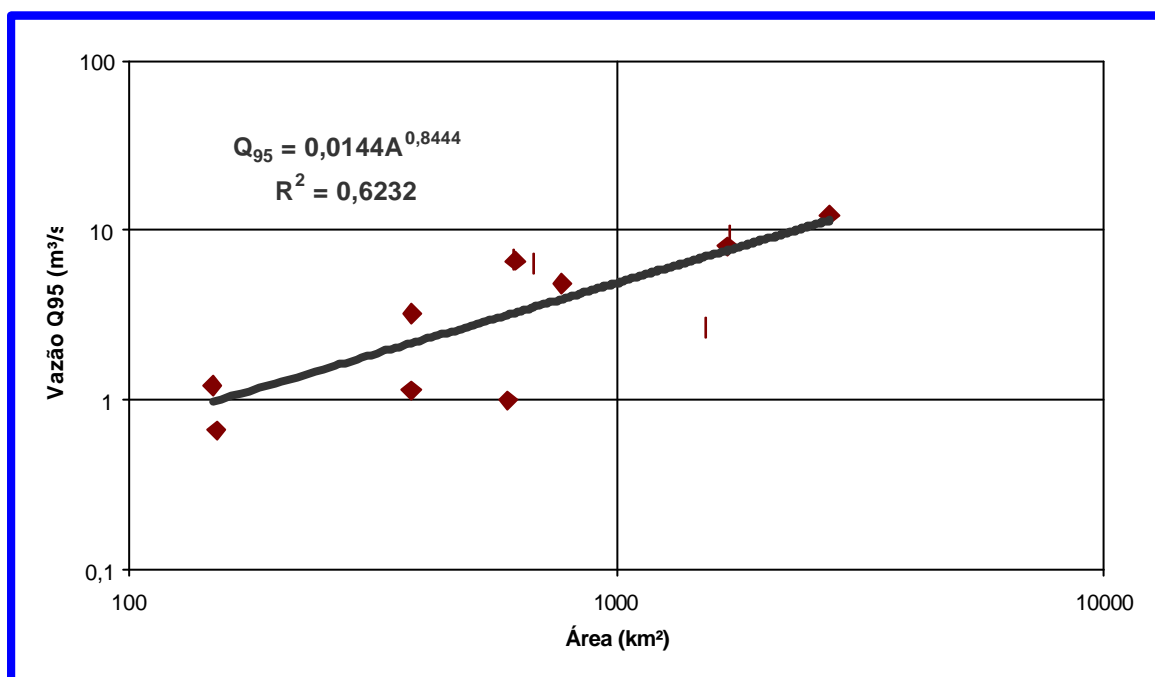


Gráfico 3.8.7 - Regionalização da vazão Q_{95} (m^3/s)

f) Regionalização da vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno ($Q_{7,10}$)

A vazão $Q_{7,10}$ é outro parâmetro utilizado para se conhecer a disponibilidade hídrica de uma região que pode ser utilizada sem o uso de estruturas de regularização de vazões. Essa é a média das vazões mínimas em sete dias consecutivos com o tempo de retorno de 10 anos.

A vazão $Q_{7,10}$ também é utilizada como vazão de referência para a outorga do uso da água pelos estados do Paraná e Minas Gerais (Lanna & Benetti, 2000). Essa vazão, como critério de outorga, é mais indicada para regiões onde a relação $Q_{7,10}/Q_m$ é alta (superior a 10%), senão ela torna a outorga muito restritiva.

O quadro 3.8.2 apresentou os valores de $Q_{7,10}$ utilizados na regionalização. Os valores de $Q_{7,10}$ foram regionalizados em função da área da sub-bacia na qual se encontra o ponto crítico, como mostra o gráfico 3.8.8. Na regionalização, os valores de $Q_{7,10}$ foram ajustados a uma função tipo potência, sendo obtida a seguinte equação:

$$Q_{7,10} = 0,0032.A^{1,0361} \quad (3.8.10)$$

onde: $Q_{7,10}$ é a vazão mínima com 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno, em m^3/s ; A é a área em km^2 . A estatística R^2 do ajuste foi de 0,9918, com um erro padrão de 0,47 m^3/s , correspondente a um CV de 0,09.

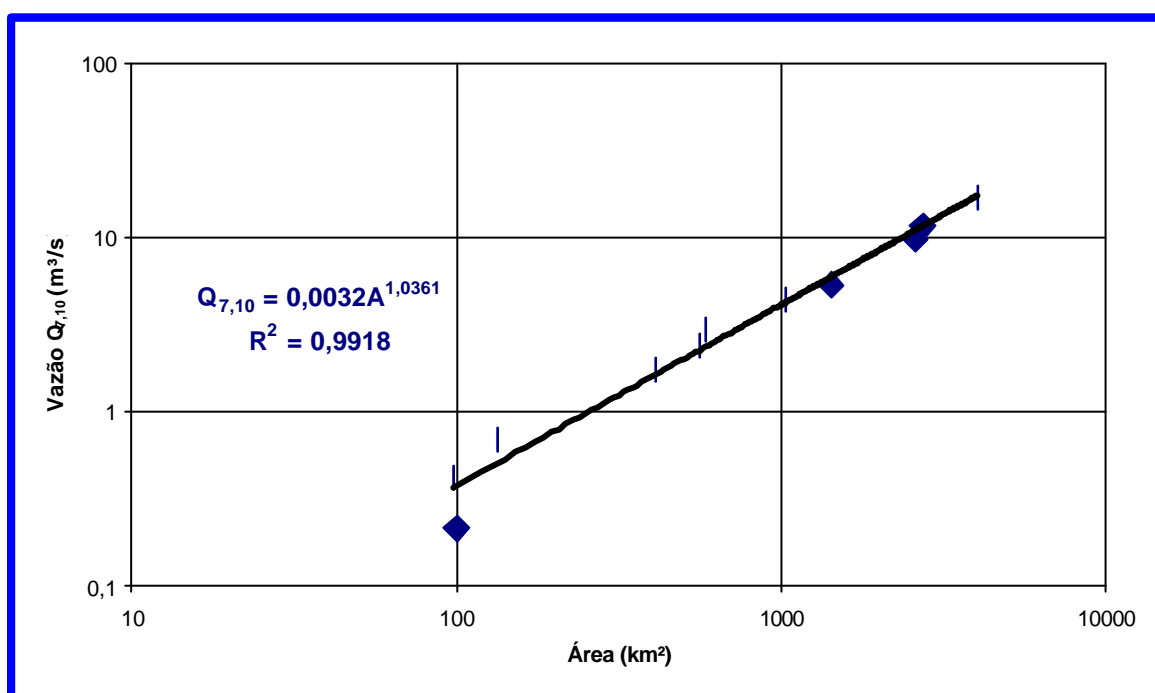


Gráfico 3.8.8 – Regionalização da $Q_{7,10}$ (m^3/s)

3.8.1.4 Avaliação da regionalização das vazões de referência

As vazões de referência escolhidas para o confronto da disponibilidade com as demandas hídricas das sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar foram: vazão média (Q_m); vazões com permanência de 50% (Q_{50}), 80% (Q_{80}), 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}); e a vazão mínima com 7 dias de duração e 10 de tempo de retorno ($Q_{7,10}$).

Para a obtenção dos valores das vazões de referência para cada ponto de interesse, onde haja a necessidade de se confrontar a disponibilidade com as demandas hídricas, ou apenas, se queira avaliar a disponibilidade hídrica, em termos de vazão e permanência, foi realizada a regionalização usando a área com variável explicativa.

A regionalização da vazão média Q_m e da vazão mínima $Q_{7,10}$ apresentou um bom ajuste, com pequeno erro padrão, sendo os valores dessas vazões de referência os mais confiáveis. Isso se deve ao fato de que, na regionalização, foram empregados os dados de vazão da SDM (1997) que foram baseados no relatório da CASAN (1982), sendo dados mais confiáveis que os empregados nas vazões Q_{50} , Q_{80} , Q_{90} e Q_{95} , onde foram empregados dados brutos da ANEEL. Em comparação com os resultados obtidos por Germano e Pedrollo (1999), os valores de Q_m e $Q_{7,10}$ são similares, sendo que no estudo das autoras, os valores são, em média, 6 e 12% maiores, respectivamente.

Os valores de Q_{50} e Q_{95} foram mais discrepantes, em comparação, com os valores de Germano e Pedrollo (1999), que, além de melhor ajuste, obteve valores, em média, 42% superiores.

O quadro 3.8.4 apresenta os valores médios das relações entre as vazões de referência e a vazão média (Q_m), bem como o desvio padrão e o coeficiente de variação ($CV = \text{desvio padrão} / \text{média}$). No quadro, podemos observar uma pequena variação do valor médio das relações ($CV < 10\%$), com exceção das relações Q_{95}/Q_m e conseqüentemente, $Q_{7,10}/Q_{95}$. Isso indica que as vazões de referência podem ser obtidas diretamente da vazão média, usando as relações apresentadas no quadro.

A relação $Q_{7,10}/Q_m$ indica que a bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar apresenta uma boa regularização natural, de forma que a vazão mínima $Q_{7,10}$ representa 15% da vazão média. As relações Q_{90}/Q_m e Q_{95}/Q_m mostram que a bacia apresenta, em média, 24 e 19% da vazão média com permanência de 90 e 95%, respectivamente, confirmando a boa regularização natural da região. Isso significa que, 15% da vazão média da bacia é mantida em períodos de extrema estiagem, e que 19 e 24% da vazão média apresentam garantia de 95% e 90%, respectivamente. Estruturas de regularização poderiam aumentar esses valores para percentagens um pouco acima de 50% da vazão média, considerando a mesma garantia, de forma que o benefício dessas estruturas é baixo para a região.

Quadro 3.8.4 – Relação entre as vazões de referência e a vazão média

Relação	Q_{50}/Q_m	Q_{80}/Q_m	Q_{90}/Q_m	Q_{95}/Q_m	$Q_{7,10}/Q_m$	$Q_{7,10}/Q_{95}$
Média	0,47	0,30	0,24	0,19	0,15	0,78
Desvio padrão	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,13
CV	2%	6%	9%	12%	4%	16%

3.8.1.5 Avaliação da disponibilidade hídrica em termos das vazões de referência, por sub-bacia

A disponibilidade hídrica total para cada uma das cinco sub-bacias do rio Tubarão e Complexo Lagunar é apresentada a seguir. As vazões de referência utilizadas reproduzem os resultados da regionalização anteriormente apresentada. São apresentados dois grupos de vazões de referência, um primeiro, representando uma faixa de menor permanência ou com menor garantia de manutenção: Q_m ; Q_{50} e Q_{80} ; e um segundo grupo de vazões de referência, representando maiores garantias de manutenção: Q_0 ; Q_{95} ; $Q_{7,10}$.

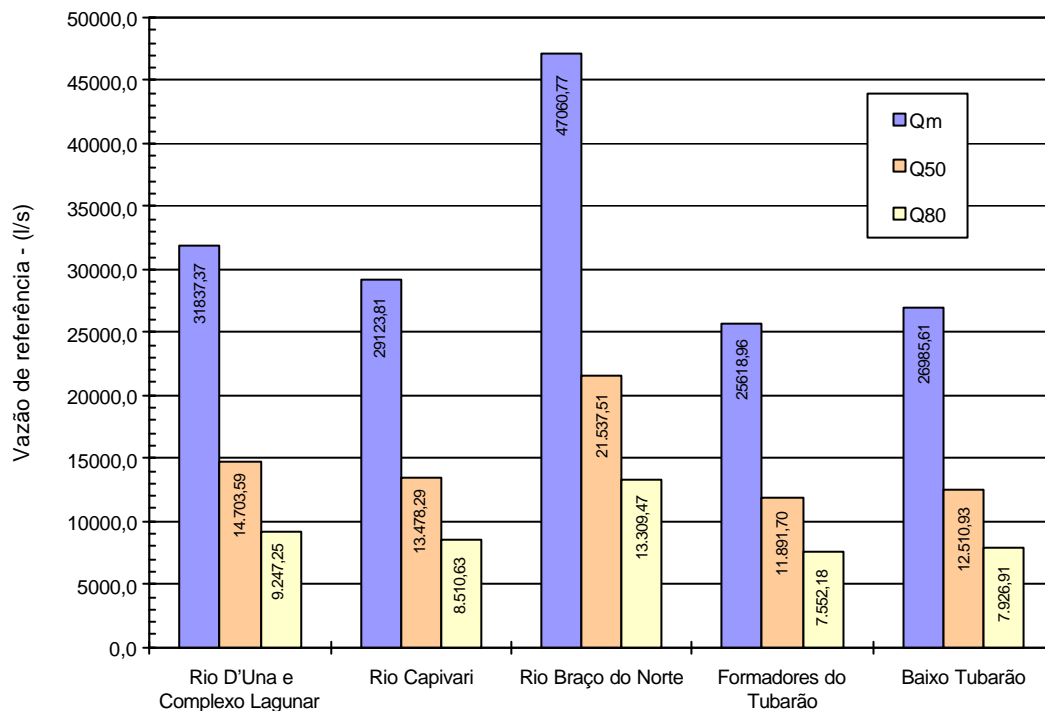


Gráfico 3.8.9 – Vazões de referência totais, com até 80% de permanência, em cada sub-bacia

As vazões de referência apresentadas no gráfico 3.8.9 podem ser consideradas elevadas. Entretanto, embora apresentem valores elevados, da ordem de 5.000 l/s a mais de 45.000 l/s, é importante ressaltar que a permanência da vazão média, e das vazões Q_{50} e Q_{80} é baixa (pela curva de permanência, a Q_m mantém-se no curso d'água em torno de 30% do tempo). Sendo assim, a utilização destas vazões para o planejamento de usos consuntivos da água, tais como abastecimento humano ou dessedentação de animais, é muito frágil frente a falhas de atendimento da demanda. Por outro lado, serve para o planejamento de usos não consuntivos menos exigentes.

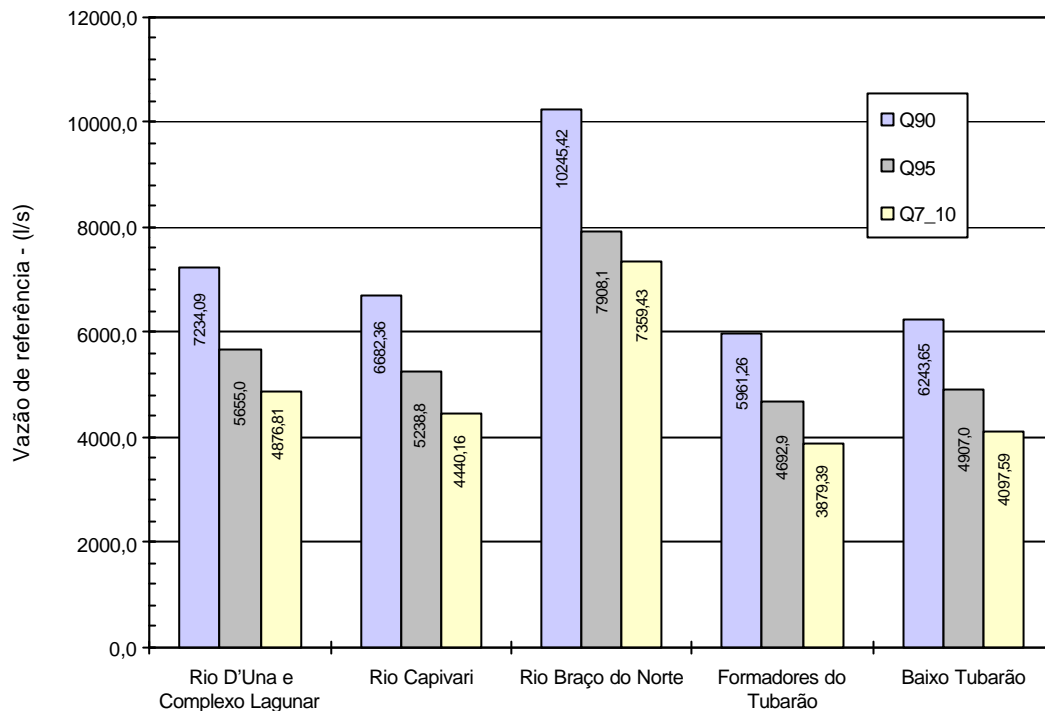


Gráfico 3.8.10 – Vazões de referência mínimas totais em cada sub-bacia

As vazões de referências mínimas, calculadas para as sub-bacias como um todo, são mostradas no gráfico 3.8.10. Claramente, assumem outra ordem de grandeza, quando comparada com as vazões médias, vazões com 50% de permanência e, mesmo, a vazão Q_{80} . A vazão $Q_{7,10}$ para a sub-bacia do rio Braço de Norte, por exemplo, é de aproximadamente 7.400 l/s, enquanto que para a mesma sub-bacia, a vazão média é de 47.000 l/s (cerca de 6,5 vezes maior).

A faixa de variação destas vazões mínimas, Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ também é menor, sendo que em termos aproximados, a vazão Q_{90} é 1,5 vezes maior que a $Q_{7,10}$ e a vazão Q_{95} é cerca de 1,2 vezes maior que a $Q_{7,10}$. Os valores graficados acima são mostrados no quadro 3.8.5 a seguir.

Quadro 3.8.5 – Disponibilidade hídrica nas sub-bacias

Sub-bacia	Vazão média (Q _m)		Vazão Q ₅₀		Vazão Q ₈₀		Vazão Q ₉₀		Vazão Q ₉₅		Vazão de estiagem (Q _{7,10})	
	l/s	1.000 m ³ /ano	l/s	1.000 m ³ /ano	l/s	1.000 m ³ /ano	l/s	1.000 m ³ /ano	l/s	1.000 m ³ /ano	l/s	1.000 m ³ /ano
Rio D'Una e Complexo Lagunar	31.840	1.004.023	14.703	463.692	9.247	291.621	7.230	228.134	5655.0	178.335	4.880	154.00
Rio Capivari	29.120	918.448	13.478	425.051	8.510	268.391	6.680	210.735	5238.8	165.210	4.440	140.025
Rio Braço do Norte	47.060	1.484.109	21.537	679.207	13.309	419.728	10.250	323.100	7908.1	249.391	7.360	232.087
Formadores do Tubarão	25.620	807.919	11.891	375.017	7.552	238.166	5.960	187.994	4692.9	147.996	3.880	122.340
Baixo Tubarão	26.990	851.018	12.510	394.545	7.926	249.983	6.240	196.900	4907.0	154.746	4.100	129.222
TOTAL	160.630	5.065.518	74.122	2.337.512	46.546	1.467.889	36.370	1.146.863	28.401	895.677	24.650	623.828

O objetivo buscado com a apresentação de uma ampla faixa de vazões de referência - desde aproximadamente 30% (vazão média) até praticamente 100% (vazão $Q_{7,10}$ ou de estiagem) - foi que esta faixa de valores servirá para confrontar os diferentes usos com as vazões de referência mais adequadas.

Neste caso, entende-se por “vazão de referência mais adequada”, aquela que melhor contempla as necessidades de garantia de atendimento de um determinado uso, por exemplo, a vazão média não é uma vazão adequada para o planejamento do abastecimento humano, porque permanece apenas em torno de 30% nos cursos d’água. De outra forma, a vazão média permite caracterizar uma sub-bacia em termos, por exemplo, do potencial energético ou à navegação. Além disso, a vazão média de longo período é a maior vazão que pode ser regularizada numa bacia.

Por outro lado, as *vazões mínimas*, se caracterizam pelos menores valores das séries anuais. A vazão mínima, é associada a uma duração de tempo. Ou seja, a vazão $Q_{7,10}$ representa a vazão mínima média em 7 dias consecutivos, com tempo de retorno de 10 anos. O tempo de retorno fornece a estimativa do risco de que ocorram vazões menores que o valor escolhido. Esta vazão, embora considerada “restritiva”, é comumente utilizada na avaliação de conflitos de abastecimento de água e irrigação, entre outros. Outro aspecto importante é que o planejamento de uso do recurso hídrico, com base na vazão $Q_{7,10}$, não pressupõe nenhuma estrutura de regularização.

Realizando uma confrontação inicial, considerando totais de demanda na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, verifica-se que atualmente, todos os usos consuntivos (que equivalem a aproximadamente 300.000 mil m^3 /ano) seriam atendidos com a vazão de estiagem ($Q_{7,10}$), ou seja, com atendimento de aproximadamente 100%.

A medida que esta análise é refinada, é claro que aspectos peculiares de cada sub-bacia são levantados e ocorre, por exemplo, que a bacia do Baixo Tubarão não seja auto-suficiente em termos de disponibilidade, visto que os usos consuntivos (é importante lembrar que considera a irrigação) atingem cerca de 1,5 vezes a vazão de estiagem. Neste caso, situações de falta d’água não são notadas primeiramente porque a vazão de estiagem é até certo ponto rara e, em segundo lugar, porque o excesso hídrico das sub-bacias de montante serve para atender a totalidade da demanda. Enfim, a discussão pormenorizada dos aspectos de conflitos quantitativos pelo uso da água será tratada no item 3.8.2.

3.8.1.6 Avaliação da disponibilidade hídrica ao longo dos cursos d'água, em termos das vazões de referência

À medida que um curso d'água avança de seu trecho alto em direção a sua foz, a área de drenagem aumenta, por conseqüência a sua vazão também aumenta. Esta relação não pode ser expressa numa função linear mas pode ser expressa, por exemplo, numa função de potência, em que a variável independente seja a própria área de drenagem a montante. Para cada vazão de referência definida nos itens anteriores, esta função que relaciona grandezas físicas da bacia ou aspectos climatológicos com a descarga corresponde a equação de regionalização da vazão.

Assim sendo, aplicando a regionalização em função da área de drenagem, foi obtido o valor de cada uma das vazões de referência em pontos específicos ao longo dos cursos d'água. Estes pontos foram considerados de "especial interesse" para a avaliação dos conflitos quantitativos pelo uso da água. A determinação foi feita para os cursos d'água principais: rio D'Una; rio Capivari; rio Braço do Norte e rio Tubarão e é mostrada nos gráficos 3.8.11 a 3.8.14.

A incerteza associada a este produto (vazões de referência ao longo dos cursos d'água) se refere a imprecisão dos dados hidrológicos e ao erro estatístico da regionalização, sendo que, de qualquer forma, permitem a obtenção de um panorama bastante fiel da realidade da disponibilidade hídrica ao longo dos cursos d'água principais.

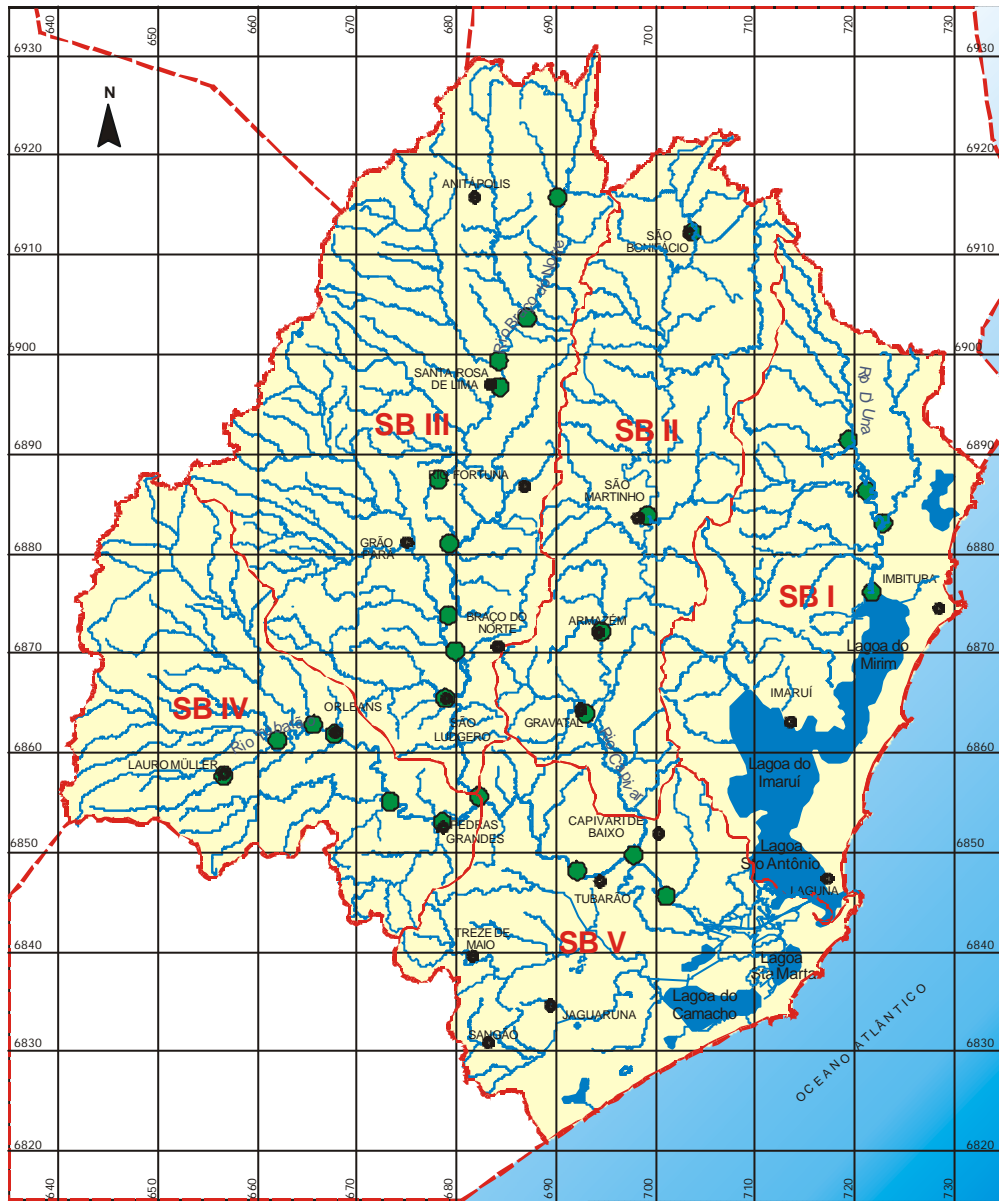
No quadro 3.8.6, e na figura 3.8.3, são apresentados os referidos pontos de especial interesse, bem como sua distância ao longo dos cursos d'água e a área de drenagem a montante.

Quadro 3.8.6 – Pontos de especial interesse ao longo dos principais cursos d'água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Ponto de especial interesse	Área de drenagem (ha)	Distância até a foz (m)	Q_m (m ³ /s)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{80} (m ³ /s)	Q_{90} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)	Q_{7-10} (m ³ /s)
RIO BRAÇO DO NORTE								
Anitápolis	11.196,32	101.027,39	3,13	1,52	1,06	0,91	0,75	0,42
Rio Povoamento	27.132,01	87.236,38	9,62	4,67	3,25	2,79	2,29	1,30
Rio do Meio	49.489,19	78.658,56	17,05	8,26	5,71	4,87	3,98	2,32
Santa Rosa de Lima	50.747,96	75.689,25	17,41	8,44	5,85	5,00	4,09	2,36
Rio Fortuna	79.540,07	53.923,09	25,35	12,22	8,38	7,10	5,77	3,49
Grão Pará	88.101,67	40.834,60	27,75	13,4	9,21	7,82	6,37	3,81
Rio Espraiado	127.519,55	30.170,16	40,31	19,38	13,21	11,12	9,02	5,60
Braço do Norte	132.868,59	26.724,74	41,82	20,13	13,75	11,60	9,42	5,79
São Ludgero	152.230,73	13.535,23	47,19	22,71	15,51	13,08	10,62	6,53
Foz do rio Braço do Norte no Tubarão	157.735,81	0,00	48,74	23,48	16,06	13,57	11,03	6,73
RIO CAPIVARI								
São Bonifácio	7.857,90	117.940,27	2,21	1,08	0,77	0,67	0,56	0,29
São Martinho	61.534,23	60.056,07	16,86	7,97	5,25	4,29	3,40	2,44
Armazém	83.696,96	38.205,15	22,99	10,91	7,24	5,96	4,74	3,30
Gravatal	98.044,56	23.594,92	26,99	12,84	8,57	7,10	5,67	3,84
Fim da SB II (montante Capivari)	108.033,20	5.230,72	29,79	14,20	9,53	7,93	6,35	4,21

Quadro 3.8.6 – Pontos de especial interesse ao longo dos principais cursos d'água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, cont.

Ponto de especial interesse	Área de drenagem (ha)	Distância até a foz (m)	Q_m (m ³ /s)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{80} (m ³ /s)	Q_{90} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)	Q_{7-10} (m ³ /s)
RIO TUBARÃO								
Lauro Müller	7.277,49	98.413,01	2,05	1,01	0,71	0,62	0,52	0,27
Rio Oratório	23.118,14	89.522,25	6,75	3,29	2,28	1,97	1,63	0,90
Rio Laranjeiras	54.054,20	84.396,99	15,68	7,55	5,14	4,35	3,54	2,16
Orleans	59.758,36	77.873,82	17,29	8,34	5,71	4,85	3,96	2,37
Rio Palmeiras	73.691,03	65.087,78	22,05	10,66	7,33	6,25	5,12	3,01
Pedras Grandes	85.248,94	56.264,07	25,28	12,23	8,42	7,19	5,89	3,44
Foz do rio Braço Norte	260.865,34	50.276,20	73,44	34,31	22,12	17,79	13,93	10,93
Comunidade de São João	270.853,97	31.474,43	76,24	35,67	23,08	18,62	14,61	11,30
Foz do rio Capivari	378.690,39	24.714,03	110,07	51,41	33,14	26,61	20,80	16,39
Jusante de Tubarão	379.612,82	22.935,20	110,33	51,54	33,24	26,71	20,89	16,42
RIO D'UNA								
Captação Imbituba	19.724,39	20839,13	5,47	2,63	1,79	1,50	1,22	0,76
Rio Forquilha	28.634,90	14005,93	8,21	3,97	2,74	2,34	1,92	1,11
Rio Araçatuba	37.374,13	9016,9	10,88	5,28	3,67	3,15	2,60	1,45
Lagoa do Mirim (Foz do rio D'Una)	52.601,56	0,00	15,12	7,33	5,08	4,35	3,58	2,03



escala 1:750.000

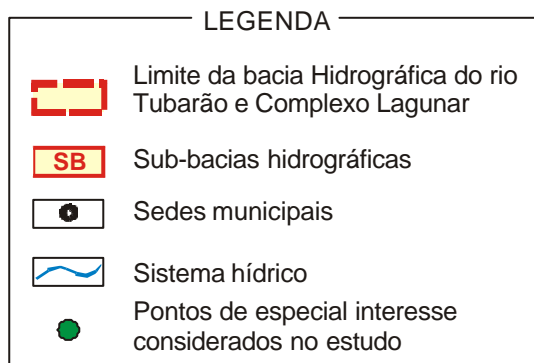


Figura 3.8.3 - Localização dos pontos de especial interesse

a) Rio Capivari

De acordo com o que é mostrado no gráfico 3.8.11, na sub-bacia do rio Capivari, não existe nenhum grande contribuinte, que provoque um salto na curva de distribuição das vazões de referencia.

Em termos de vazão de estiagem ($Q_{7,10}$), a disponibilidade máxima atinge, no exutório da bacia, cerca de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que na altura de São Bonifácio, aproximadamente a 120.000 m de distância do exutório, esta disponibilidade é de apenas 300 l/s. Em termos da vazão Q_{90} , que é menos restritiva e ainda encontra-se na faixa de vazões com um elevado tempo de permanência, a disponibilidade é aproximadamente duas vezes maior, atingindo no exutório da bacia aproximadamente $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por outro lado, a vazão média para o rio Capivari, ainda no seu alto curso na altura de São Bonifácio, é maior que $2 \text{ m}^3/\text{s}$ e atinge no exutório da bacia cerca de $30 \text{ m}^3/\text{s}$. É claro que esta vazão não pode ser utilizada para a gestão do recurso hídrico, no que se refere ao abastecimento humano, nem sequer para o abastecimento do grande rebanho suíno, presente na bacia na altura de São Martinho, pois seu tempo de permanência no curso d'água é muito baixo, podendo causar sérios prejuízos a atividade agropecuária da sub-bacia.

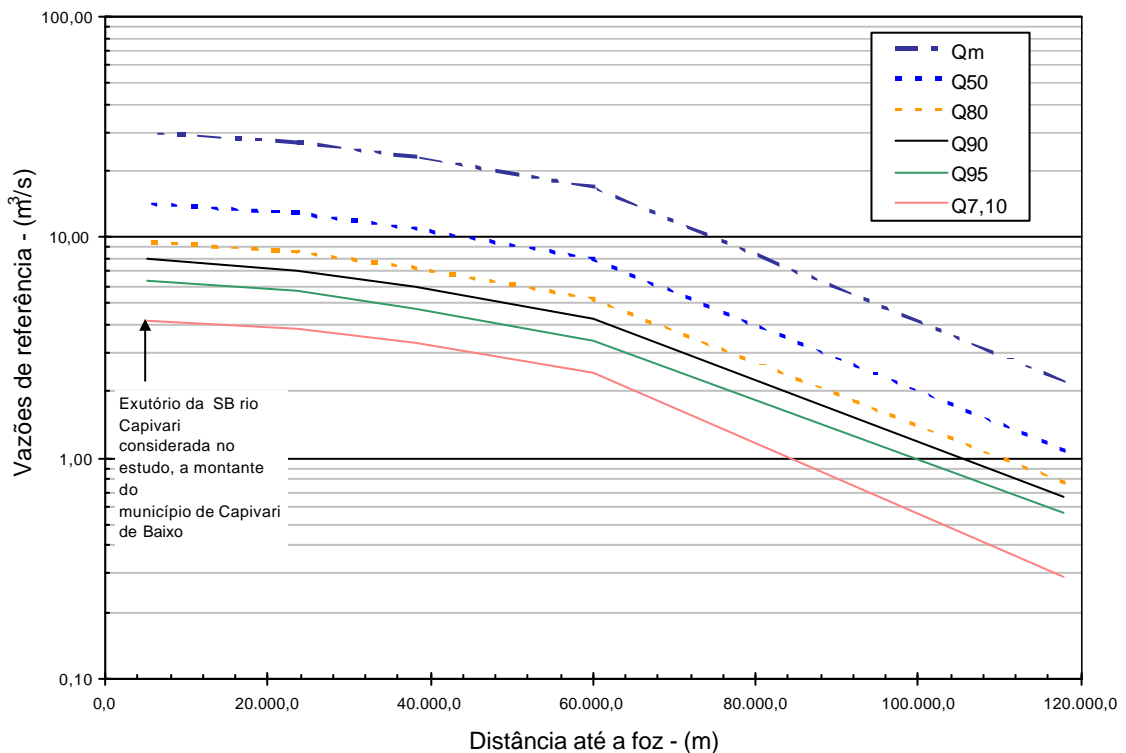


Gráfico 3.8.11 – Disponibilidade hídrica em termos das vazões referenciais ao longo do rio Capivari

b) Rio Braço do Norte

Diferentemente da sub-bacia do rio Capivari, no rio Braço do Norte, existem grandes rios, contribuintes individuais. Decorrente disto, junto à confluência destes rios, ocorrem saltos na curva de distribuição das vazões de referência. Destes rios afluentes, destacam-se, de montante para jusante: o rio Povoamento (com uma área de drenagem de 15.935,69 ha); o rio do Meio (com uma área de drenagem de 22.357,18 ha) e o rio Espraiado (com uma área de drenagem de 39.417,88 ha), todos na margem esquerda do rio Braço do Norte. É claro que a presença destes grandes afluentes é relacionada com a morfologia da sub-bacia, menos alongada que a sub-bacia do rio Capivari.

A disponibilidade propriamente dita, em termos de vazão de estiagem ($Q_{7,10}$), varia desde as nascentes do rio Braço do Norte até a foz com o rio Tubarão de 400 l/s a 7 m³/s. Para o caso da vazão Q_{90} (com tempo de permanência de 90%), a disponibilidade mínima, nas nascentes deve ser de aproximadamente 1 m³/s, sendo que atinge 10,5 m³/s na confluência com o rio Tubarão.

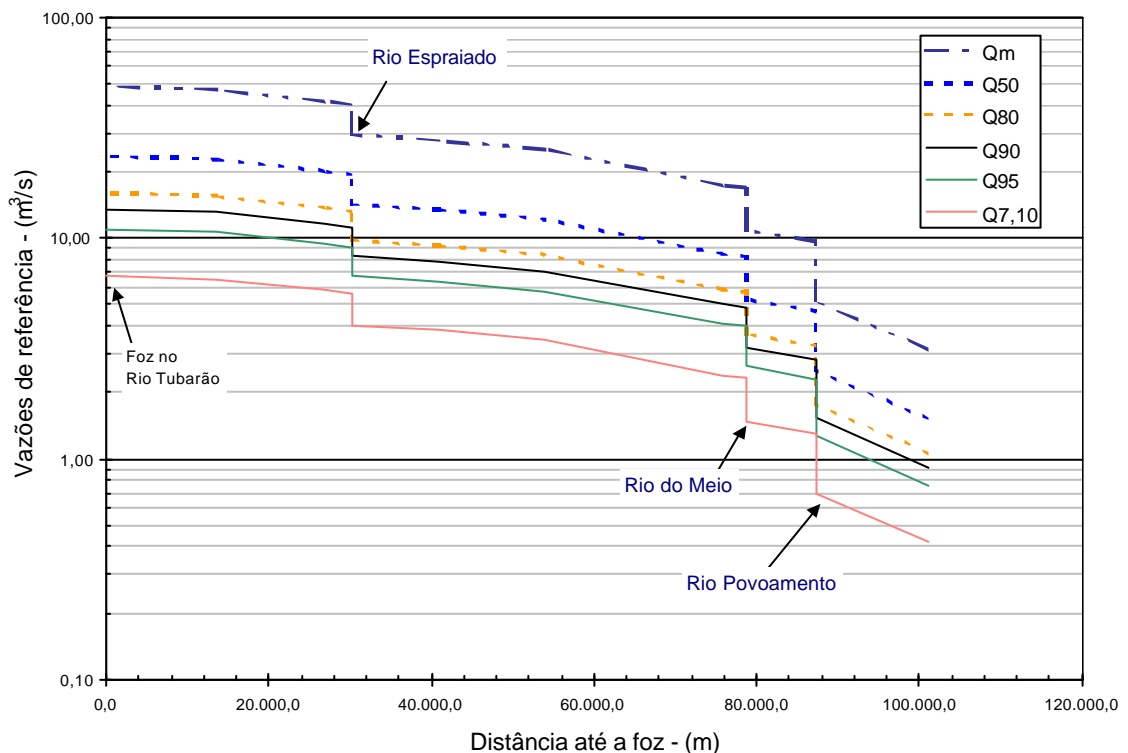


Gráfico 3.8.12 – Disponibilidade hídrica em termos das vazões referenciais ao longo do rio Braço do Norte

Cabe ressaltar que, também vale para a sub-bacia do rio Braço do Norte o comentário sobre as vazões com menor tempo de permanência: embora assumam valores mais elevados, estas vazões só podem ser empregadas para o planejamentos de usos menos exigentes. Ou seja, é desaconselhável o emprego da Q_{80} , Q_{50} e Q_m para o abastecimento público e outros usos preferenciais. Caso contrário, as falhas associadas a disponibilidade em termos destas vazões, podem atingir o abastecimento humano ou as outras atividades urbanas atendidas pelo sistema público.

c) Rio Tubarão

Nesta avaliação da disponibilidade hídrica ao longo dos cursos d'água, foi abandonada a divisão do rio Tubarão em Formadores + Baixo Tubarão. Assim, os dois grandes contribuintes do rio Tubarão são os próprios rio Braço do Norte e rio Capivari. Além destes, em segundo plano, destacam-se o rio Palmeiras (área de drenagem de 19.932,7 ha), o Oratório (área de drenagem de 15.840,7 ha) e o rio Laranjeiras (área de drenagem de 30.936,10 ha), todos na sub-bacia Formadores do Tubarão.

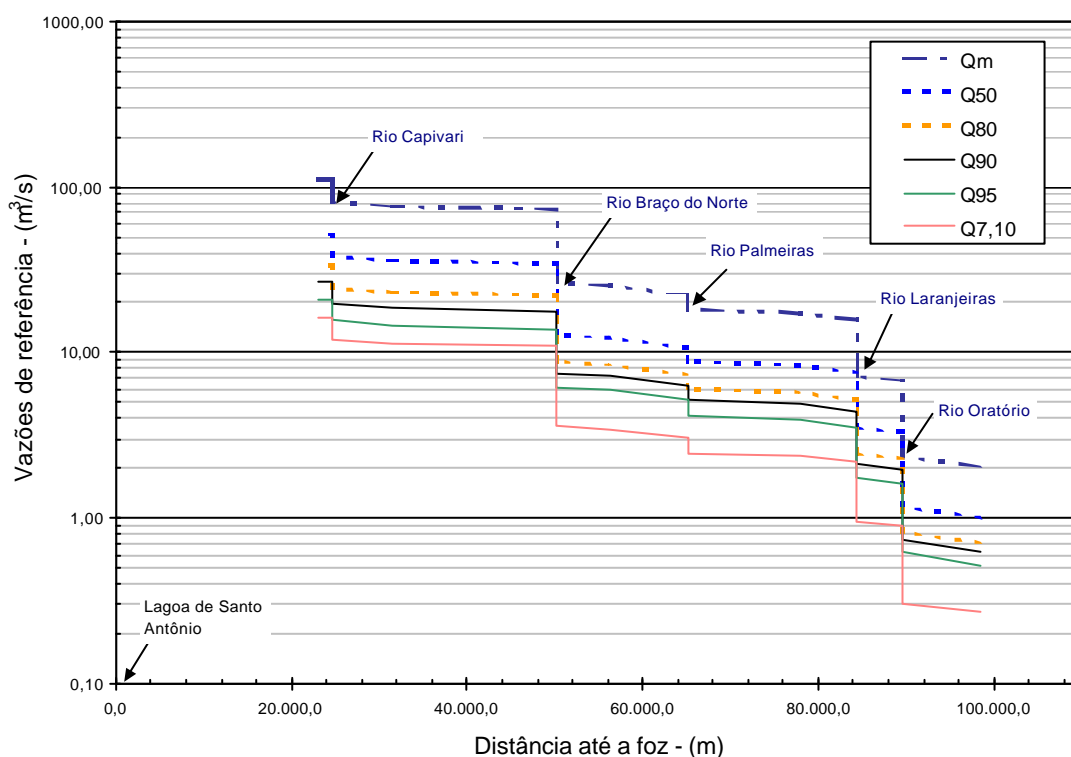


Gráfico 3.8.13 – Disponibilidade hídrica em termos das vazões referenciais ao longo do rio Tubarão

A vazão de estiagem do rio Tubarão varia desde as nascentes até a foz, entre 300 l/s e 10,5 m³/s. Os valores da vazão de estiagem, sabidamente são restritivos e esta vazão pode ser muito conservadora até mesmo para o planejamento do abastecimento público.

Isto porque a sub-bacia apresenta uma importante concentração urbana, com a mais intensa atividade industrial da bacia. Em termos de Q_{90} , as disponibilidades aumentam aproximadamente 2 vezes em relação a vazão de estiagem. No exutório da sub- bacia, considerado a aproximadamente 20 km da foz do rio Tubarão com a Lagoa de Santo Antônio, a vazão com 90% de permanência atinge 26,7 m^3/s .

O que também mostra o gráfico 3.8.10, é que as vazões médias do rio Tubarão atingem, a jusante da confluência com o rio Capivari, aproximadamente 110 m^3/s . Neste caso, a princípio, viabilizando o uso não consuntivo para a navegação no baixo Tubarão (com demanda em torno de 85 m^3/s). A permanência desta vazão, correspondente a aproximadamente 30% do tempo, o que restringiria o pleno desenvolvimento da atividade.

d) Rio D'Una

O rio D'Una tem como seus principais contribuintes, o rio Araçatuba (com uma área de drenagem de 8.739,2 ha) e o rio Forquilha (com uma área de drenagem de 8.910,5 ha).

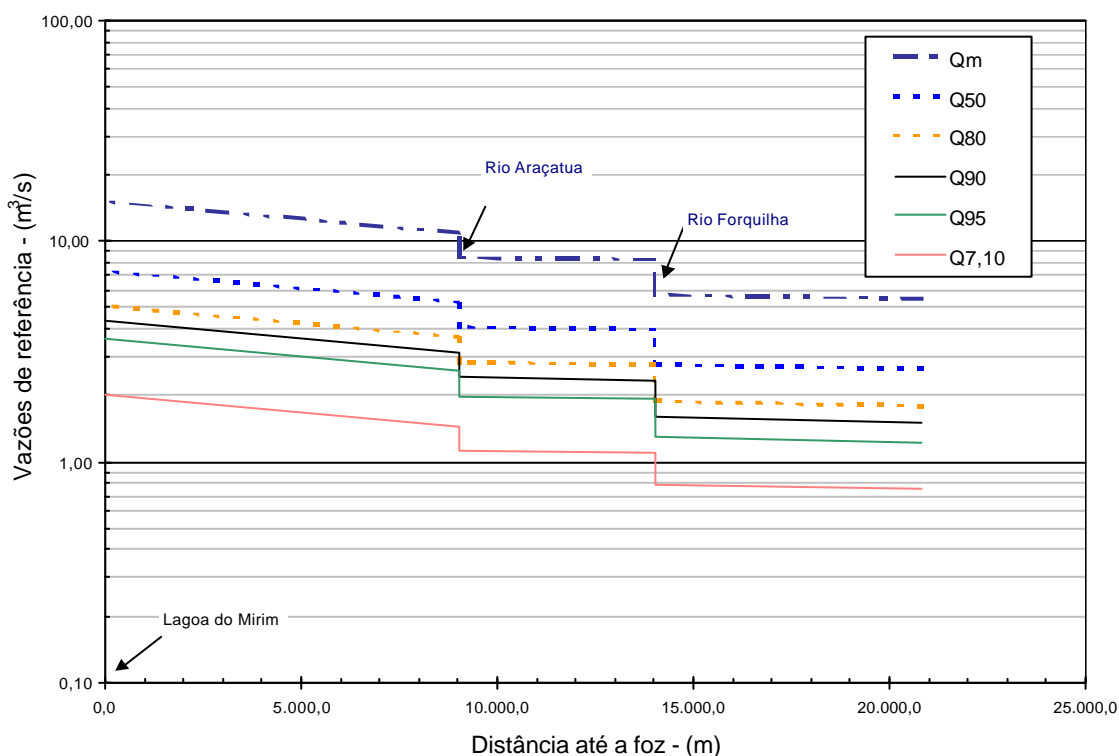


Gráfico 3.8.14 – Disponibilidade hídrica em termos das vazões referenciais ao longo do rio D'Una

A sub-bacia do rio D'Una apresenta a menor área total de drenagem daquelas apresentadas neste item, por este motivo, apresenta também as menores disponibilidades. A vazão de estiagem ao longo do rio D'Una, atinge o máximo de 2 m³/s apenas no exutório com a Lagoa Mirim. Em termos de vazão média, a máxima disponibilidade é de 10,5 m³/s.

Por outro lado, ressalvadas as considerações de que a vazão de estiagem é muito conservadora ou restritiva, é importante ressaltar que no rio D'Una é feita a captação de água bruta da CASAN que após tratamento, abastece a área urbana do município de Imituba. Neste caso específico, é importante que a garantia de manutenção da vazão de referência a ser adotada seja alta, visto que o uso para abastecimento humano assim o exige. Localizado a aproximadamente 20.000 m da foz com a lagoa Mirim, a disponibilidade no ponto de captação, em termos de $Q_{7,10}$ é de 760 l/s e em termos de Q_{90} é de 1,5 m³/s.

3.8.1.7 Coeficiente de escoamento superficial

Para a avaliação da disponibilidade hídrica ao longo da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar foi utilizado o coeficiente de escoamento, que é a razão entre o volume precipitado e o volume escoado. Os valores do coeficiente de escoamento superficial (C) para região foram obtidos pela seguinte equação:

$$C = 31,536Q_m/P \quad (3.8.12)$$

onde: Q_m é a vazão média de longo período em m³/s e P é precipitação média anual em mm (item 3.5).

A figura 3.8.4 apresenta os valores de C para a região em estudo. A figura mostra que a região apresenta um alto valor de escoamento superficial, com C acima de 0,50 em quase toda a bacia, menos na parte superior da bacia e nas nascentes dos rios, onde, devido à pequena bacia de contribuição, os cursos d'águas apresentam pequena capacidade de regularização, a longo período, pois o escoamento sub-superficial das nascentes se transformam em escoamento superficial apenas nas bacias maiores, a jusante, aumento, dessa forma, o valor do coeficiente de escoamento superficial de montante para jusante.

3.8.2 Identificação de conflitos e riscos potenciais

A complexidade das decisões que fazem parte da gestão dos recursos hídricos, decorre tanto das diferentes possibilidades de suprimento às demandas, quanto da variabilidade desta demanda. Quando o padrão espacial ou temporal da disponibilidade não está adequado ao padrão espacial ou temporal da demanda, ou seja, quando no local onde a água é demandada não existe água disponível nos períodos mais críticos, a busca da água pode se tornar extremamente onerosa. Além disso, a impossibilidade de suprimento, pode gerar conflitos que inviabilizam determinados setores da atividade econômica da sociedade de uma bacia.

Por outro lado, o padrão qualitativo das águas, tanto quanto o quantitativo, deve ser objeto de adequação das disponibilidades com as demandas. Afinal, não basta a água estar disponível na quantidade certa: a qualidade também é necessária. Segundo Lanna (1997), se não fosse isto a anunciada “crise da água” do século XXI não causaria tanta preocupação: afinal existe nos oceanos mais água do que suficiente para atender quantitativamente as demandas que podem ser projetadas para os próximos séculos; não fosse salgada. Enfim, o padrão qualitativo das águas está intrinsecamente ligado a quantidade, por exemplo, a melhora da qualidade da água de um determinado curso d’água pode se dar, tanto pelo tratamento do despejo, quanto pelo aumento das vazões de diluição.

Com base no diagnóstico das demandas, apresentado no Tomo III deste Plano e nas disponibilidades hídricas calculadas no item 3.8.1, buscar-se-á explicitar a situação atual e futura da utilização da água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. Vale ressaltar que, no levantamento de conflitos qualitativos pelo uso da água serão de fundamental importância as informações contidas em Fátima (1997) e SDM (1998), sendo que esta segunda referência contém um diagnóstico apurado da qualidade da água na bacia.

A avaliação será feita tomando por base a natureza dos usos, ou seja: *usos consuntivos* – os quais retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente; ou, *usos não consuntivos* – os quais retornam à fonte de suprimento, praticamente na totalidade da água utilizada, podendo haver apenas modificação no seu padrão temporal de disponibilidade.

Os cenários futuros de avaliação dos conflitos serão aqueles implementados no Tomo III, ou seja, crescimento de demanda para taxas tendenciais, desejáveis e críticas, consideradas sem qualquer nível de intervenção estrutural de melhoria.

3.8.2.1 Avaliação quantitativa de conflitos para os USOS CONSUNTIVOS

A avaliação quantitativa dos conflitos pelos usos consuntivos da água será feita por meio do confronto das demandas com as vazões de referência calculadas. Desta forma, visto que nos usos consuntivos estão inseridos os de maior prioridade de atendimento (abastecimento humano e dessedentação de animais), bem como usos de fundamental importância para a manutenção econômica da bacia (uso industrial e irrigação), as vazões de referências utilizadas serão Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} e Q_{7-10} . Nesta faixa de vazões de referência, a permanência da disponibilidade no curso d'água fica acima de 80% do tempo, indicando uma boa garantia no atendimento das demandas. Duas formas de avaliação serão empregadas:

i) primeiramente, serão obtidos índices que mostram quanto da disponibilidade está sendo utilizada em cada cenário. Este índice permitirá a avaliação de conflitos com base nas demandas e disponibilidade para cada sub-bacia isoladamente. Na verdade, é semelhante ao IDHE, utilizado em SDM (1997) – Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina, embora naquele caso se referia apenas a vazão de estiagem ou $Q_{7,10}$. A equação de obtenção destes índices é a seguinte:

$ID_x = \text{Demanda} / \text{Disponibilidade}$; sendo ID_x o Índice de Disponibilidade para uma determinada vazão de referência;

ii) num segundo momento, as demandas serão confrontadas com as disponibilidades ao longo dos cursos d'água. Nesta avaliação, a bacia será tratada como um todo, sendo que os excedentes hídricos das sub-bacias de montante servirão, como servem na realidade, as demandas de jusante.

a) Relação Demanda x Vazões de referência para o Cenário atual

No quadro 3.8.7, são apresentados os Índices de Disponibilidade por sub-bacia para as vazões de referência, consideradas as demandas atuais.

Quadro 3.8.7 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário atual

Sub-bacia	ID_{Q80}	ID_{Q90}	ID_{Q95}	ID_{Q7-10}
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar	22,6%	28,9%	36,9%	42,8%
SB do rio Capivari	3,3%	4,1%	5,3%	6,2%
SB do rio Braço do Norte	4,3%	5,6%	7,2%	7,8%
SB Formadores Tubarão	2,0%	2,5%	3,2%	3,8%
SB Baixo Tubarão	77,9%	98,9%	125,8%	150,7%
TOTAL	19,9%	25,5%	32,6%	37,6%

Os resultados obtidos em termos da grande bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, mostram que os índices de disponibilidade, para todas as vazões de referência se apresentam abaixo de 50%, o que indica que o balanço em termos totais também é favorável. Além disso, para praticamente todas as sub-bacias, mantêm-se a situação favorável encontrada para a bacia como um todo. À exceção ocorre para a sub-bacia do Baixo Tubarão nas menores vazões de referência (Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$), quando o ID atinge valores altos, maiores ou próximos de 100%. Isto indica que o atendimento dos usos consuntivos como um todo, não ocorrem durante 100% do tempo. Esta constatação é comprovada pelo fato de que, para a sub-bacia do Baixo Tubarão, considerando a vazão de referência Q_{80} , o Índice de Disponibilidade é 80%, ou seja, as demandas consuntivas como um todo são atendidas durante aproximadamente 80% do tempo.

Por outro lado, sabendo que a participação do uso para a irrigação é determinante no volume total de água demandada nas sub-bacias com culturas irrigadas, é apresentado no quadro 3.8.8, o cálculo do ID, para as demandas de todos os usos consuntivos, exceto a irrigação.

Quadro 3.8.8 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário atual – sem as demandas para a irrigação

Sub-bacia	ID _{Q80}	ID _{Q90}	ID _{Q95}	ID _{Q7_10}
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar	3,5%	4,4%	5,7%	6,6%
SB do rio Capivari	1,7%	2,1%	2,7%	3,2%
SB do rio Braço do Norte	4,3%	5,6%	7,2%	7,8%
SB Formadores Tubarão	2,0%	2,5%	3,2%	3,8%
SB Baixo Tubarão	16,1%	20,4%	26,0%	31,1%
TOTAL	5,3%	6,8%	8,7%	10,0%

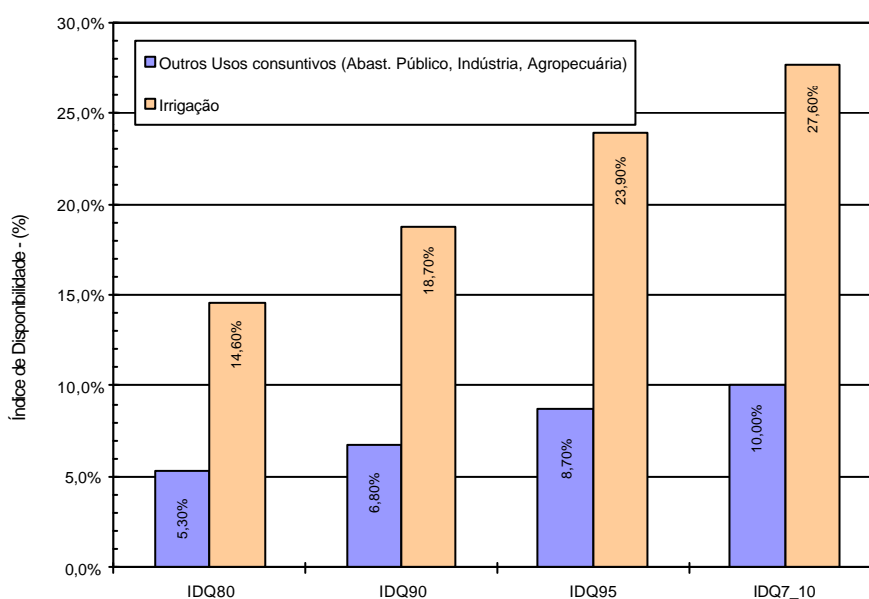


Gráfico 3.8.15 - Índices de Disponibilidade - Situação atual

O resultado mostrado no quadro 3.8.8 e no gráfico 3.8.15, indica que para os demais usos consuntivos, uma pequena parcela da disponibilidade é demandada, e o atendimento das demandas atualmente ocorreria durante 100% do tempo, caso existissem somente estas demandas (em termos de $Q_{7,10}$ o ID assume o valor de 31,1% na sub-bacia do Baixo Tubarão, o que se configura na situação mais crítica).

b) Relação Demanda x Vazões de referência para o Cenários de crescimento de demanda consuntiva

A seguir são apresentados os Índices de Disponibilidade para os cenários de crescimento de demanda, tendencial, desejável e crítico. As taxas de crescimento utilizadas são aquelas apresentadas no item de Diagnóstico e Prognóstico das Demandas.

Cenário tendencial de crescimento da demanda consuntiva

No quadro 3.8.9 são apresentados os ID's para o cenário tendencial de crescimento da demanda. As vazões de referência continuam sendo a Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ porque entende-se que permanências menores que 80% para os usos consuntivos podem inviabilizar suas respectivas atividades econômicas.

Quadro 3.8.9 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário tendencial de crescimento das demandas

Sub-bacia	ID _{Q80}	ID _{Q90}	ID _{Q95}	ID _{Q7,10}
Curto prazo 2003				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	23,6%	30,1%	38,6%	44,7%
SB do rio Capivari	3,4%	4,3%	5,5%	6,5%
SB do rio Braço do Norte	4,5%	5,8%	7,5%	8,1%
SB dos Formadores do Tubarão	2,0%	2,6%	3,3%	4,0%
SB do Baixo Tubarão	81,2%	103,1%	131,2%	157,1%
Total 2003	20,7%	26,5%	34,0%	39,2%
Médio Prazo - 2010				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	27,4%	35,0%	44,8%	51,9%
SB do rio Capivari	3,9%	5,0%	6,4%	7,5%
SB do rio Braço do Norte	5,1%	6,6%	8,6%	9,2%
SB dos Formadores do Tubarão	2,3%	2,9%	3,7%	4,5%
SB do Baixo Tubarão	93,9%	119,3%	151,8%	181,7%
Total 2010	24,0%	30,7%	39,3%	45,3%

Quadro 3.8.9 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário tendencial de crescimento das demandas, cont.

Sub-bacia	ID _{Q80}	ID _{Q90}	ID _{Q95}	ID _{Q7,10}
Longo Prazo - 2020				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	33,9%	43,4%	55,5%	64,3%
SB do rio Capivari	4,9%	6,2%	7,9%	9,3%
SB do rio Braço do Norte	6,2%	8,0%	10,4%	11,1%
SB dos Formadores do Tubarão	2,8%	3,5%	4,5%	5,4%
SB do Baixo Tubarão	115,8%	147,1%	187,1%	224,1%
Total 2020	29,6%	37,8%	48,5%	55,8%

Os resultados obtidos para os Índices de Disponibilidade, indicam que a longo prazo, mantidas as taxas de crescimento tendenciais, sem qualquer intervenção nos processos produtivos, a sub-bacia do Baixo Tubarão isoladamente, não terá condições de atender suas próprias demandas sequer durante 80% do tempo (ver ID_{Q80} para a SB do Baixo Tubarão a Longo Prazo = 115,8%).

Por outro lado, é importante salientar que neste momento, estão sendo desconsiderados os excessos hídricos apresentados pelas sub-bacias a montante e que poderiam suprir, em parte, estas deficiências. Por exemplo, pelo quadro 3.8.9 o ID_{Q80} para as sub-bacias do rio Capivari, Braço do Norte e Formadores do Tubarão está abaixo de 10%, a transferência deste excesso para jusante certamente ameniza ou até mesmo repara o déficit que a sub-bacia do Baixo Tubarão apresenta quando considerada isoladamente. Vale ressaltar que, na mencionada "transferência" do excesso hídrico de montante para jusante não considera-se nenhuma estrutura hidráulica, reporta-se a condição de deflúvio natural pela calha dos afluentes.

De outra forma, tendo em vista que na irrigação ocorre a maior demanda consuntiva da bacia, para favorecer a compreensão da situação de demanda versus disponibilidade, apresenta-se no quadro 3.8.10, somente os ID's calculados para a demanda da irrigação.

Os resultados apresentados caracterizam precisamente a influência da irrigação na demanda de água. Para o caso mais crítico, o qual se refere ao ID_{Q7,10} para a sub-bacia do Baixo Tubarão a longo prazo (2020), somente a demanda de irrigação representa 184,2% da disponibilidade em estiagem. Resgatando o valor correspondente para a demandas totais (quadro 3.8.9), nota-se que os outros usos demandam apenas 39,9% das disponibilidades em estiagem.

Quadro 3.8.10 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário tendencial de crescimento das demandas – SOMENTE PARA AS DEMANDAS DA IRRIGAÇÃO

Sub-bacia	ID ₀₈₀	ID ₀₉₀	ID ₀₉₅	ID _{07,10}
Curto prazo 2003				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	20,0%	25,6%	32,7%	37,9%
SB do rio Capivari	1,7%	2,1%	2,7%	3,2%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	64,7%	82,1%	104,5%	125,1%
Total 2003	15,3%	19,6%	25,1%	28,9%
Médio Prazo - 2010				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	23,5%	30,0%	38,4%	44,5%
SB do rio Capivari	2,0%	2,5%	3,2%	3,8%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	75,8%	96,3%	122,5%	146,7%
Total 2010	18,1%	23,1%	29,6%	34,1%
Longo Prazo - 2020				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	29,4%	37,6%	48,1%	55,8%
SB do rio Capivari	2,5%	3,1%	4,0%	4,7%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	95,2%	120,9%	153,8%	184,2%
Total 2020	22,7%	29,0%	37,1%	42,8%

Cenário desejável de crescimento de demanda consuntiva

No quadro 3.8.11 são apresentados os ID's para o cenário desejável de crescimento de demanda. É importante ressaltar que neste "cenário desejável", de acordo com o que foi mencionado no item de Prognóstico das Demandas, o crescimento econômico do setor obedece as mesmas taxas tendenciais, mas a demanda de água é diminuída através do aumento da eficiência dos processos produtivos (estimativamente proposto em 20%).

Quadro 3.8.11 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário desejável de crescimento das demandas

Sub-bacia	ID ₀₈₀	ID ₀₉₀	ID ₀₉₅	ID _{07,10}
Curto prazo 2003				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	23,4%	29,9%	38,2%	44,3%
SB do rio Capivari	3,4%	4,3%	5,5%	6,5%
SB do rio Braço do Norte	4,4%	5,7%	7,4%	8,0%
SB dos Formadores do Tubarão	2,0%	2,6%	3,3%	3,9%
SB do Baixo Tubarão	80,5%	102,2%	130,1%	155,8%
Total 2003	20,6%	26,3%	33,7%	38,8%
Médio Prazo - 2010				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	26,4%	33,7%	43,1%	50,0%
SB do rio Capivari	3,8%	4,8%	6,2%	7,3%
SB do rio Braço do Norte	4,9%	6,4%	8,3%	8,9%
SB dos Formadores do Tubarão	2,2%	2,8%	3,6%	4,4%
SB do Baixo Tubarão	90,5%	114,9%	146,2%	175,1%
Total 2010	23,1%	29,6%	37,9%	43,6%
Longo Prazo - 2020				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	31,3%	40,0%	51,2%	59,3%
SB do rio Capivari	4,5%	5,7%	7,3%	8,6%
SB do rio Braço do Norte	5,7%	7,4%	9,6%	10,4%
SB dos Formadores do Tubarão	2,6%	3,3%	4,2%	5,0%
SB do Baixo Tubarão	107,0%	135,9%	172,9%	207,1%
Total 2020	27,3%	35,0%	44,8%	51,6%

A primeira constatação, quando foi obtido o resultado apresentado no quadro 3.1.11, é de que efetivamente o referido "cenário desejável", em que as taxas de crescimento tendenciais de demanda foram diminuídas em 20%, não apresenta um ganho significativo.

Desta constatação, verifica-se que a taxa empregada de 20% não é suficiente para que possam ser esperados grandes melhorias em termos de balanço. Em suma, a redução de 20% nas taxas de crescimento de demanda provoca no final uma redução de cerca de 8% nos ID's (ou seja, melhora o balanço de demanda e disponibilidade em aproximadamente 8%). Fica claro também que a presença do setor de irrigação é determinante e ações que aumente a eficiência deste setor se refletiriam diretamente na melhoria do balanço entre demanda e disponibilidade.

Cenário crítico de crescimento de demanda consuntiva

No cenário crítico de crescimento, buscou-se representar os limites superiores de crescimento de demanda. O quadro 3.8.12 apresenta os resultados obtidos para os ID's em função das vazões de referência.

Quadro 3.8.12 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário crítico de crescimento das demandas

Sub-bacia	ID ₀₈₀	ID ₀₉₀	ID ₀₉₅	ID _{07,10}
Curto prazo 2003				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	24,6%	31,4%	40,2%	46,6%
SB do rio Capivari	3,6%	4,6%	5,9%	6,9%
SB do rio Braço do Norte	4,8%	6,3%	8,2%	8,8%
SB dos Formadores do Tubarão	2,2%	2,8%	3,6%	4,3%
SB do Baixo Tubarão	85,2%	108,1%	137,6%	164,8%
Total 2003	21,8%	27,9%	35,7%	41,2%
Médio Prazo - 2010				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	33,2%	42,4%	54,2%	62,9%
SB do rio Capivari	5,2%	6,6%	8,4%	9,9%
SB do rio Braço do Norte	7,4%	9,6%	12,5%	13,4%
SB dos Formadores do Tubarão	3,3%	4,2%	5,3%	6,4%
SB do Baixo Tubarão	116,6%	148,0%	188,3%	225,5%
Total 2010	30,0%	38,5%	49,2%	56,7%
Longo Prazo - 2020				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	50,9%	65,1%	83,2%	96,5%
SB do rio Capivari	8,7%	11,1%	14,1%	16,7%
SB do rio Braço do Norte	13,6%	17,7%	22,9%	24,6%
SB dos Formadores do Tubarão	5,9%	7,5%	9,5%	11,5%
SB do Baixo Tubarão	183,5%	232,9%	296,4%	354,9%
Total 2020	47,8%	61,2%	78,3%	90,2%

Os resultados mostrados no quadro 3.8.12 servem primeiramente para que se confirme a idéia “intuitiva” de que se os setores econômicos da bacia crescerem a taxas máximas históricas, sem a melhoria severa dos da eficiência dos sistemas produtivos, não haverá maneira de compatibilizar as demandas quantitativas de água.

De acordo com o que mostra o quadro 3.8.13, a participação da irrigação neste cenário crítico é também extremamente importante. Inclusive, de acordo com o que já foi mencionado anteriormente, melhorias efetivas no sistema produtivo, que colabore na diminuição das taxas de consumo de água (l/s/ha) se refletiriam diretamente sobre o balanço fornecido pelos ID's.

Quadro 3.8.13 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário crítico de crescimento das demandas – SOMENTE PARA AS DEMANDAS DA IRRIGAÇÃO

Sub-bacia	ID ₀₈₀	ID ₀₉₀	ID ₀₉₅	ID _{07,10}
Curto prazo 2003				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	20,8%	26,5%	33,9%	39,4%
SB do rio Capivari	1,7%	2,2%	2,8%	3,3%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	67,1%	85,2%	108,4%	129,8%
Total 2003	16,0%	20,5%	26,2%	30,2%
Médio Prazo - 2010				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	27,7%	35,4%	45,3%	52,5%
SB do rio Capivari	2,3%	2,9%	3,8%	4,4%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	89,5%	113,6%	144,6%	173,1%
Total 2010	21,3%	27,3%	34,9%	40,2%
Longo Prazo - 2020				
SB do rio D'Una e Complexo Lagunar	41,8%	53,4%	68,3%	79,2%
SB do rio Capivari	3,5%	4,4%	5,7%	6,7%
SB do rio Braço do Norte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB dos Formadores do Tubarão	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
SB do Baixo Tubarão	135,1%	171,5%	218,2%	261,3%
Total 2020	32,1%	41,1%	52,6%	60,6%

c) Avaliação da sazonalidade dos Índices de Demanda consuntiva

Os Índices de Disponibilidade Hídrica para as diversas vazões de referência, apresentados nos quadros acima, se referem ao balanço anual de demandas x disponibilidades. Permitem uma avaliação global do balanço hídrico, mas não favorecem a avaliação da distribuição temporal destas demandas.

Considerando que a irrigação, o uso de maior demanda de água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, é caracterizado por ocorrer apenas durante um determinado período do ano, se faz necessária esta avaliação da sazonalidade dos Índices de Disponibilidade.

Sazonalidade na situação atual

Nos gráficos 3.8.16 e 3.8.17, são apresentados os ID's calculados para as cinco sub-bacias, ao longo do ano, para a situação atual de demanda. Em cada um dos gráficos, foram agrupadas duas vazões de referência para facilitar a comparação entre dois índices.

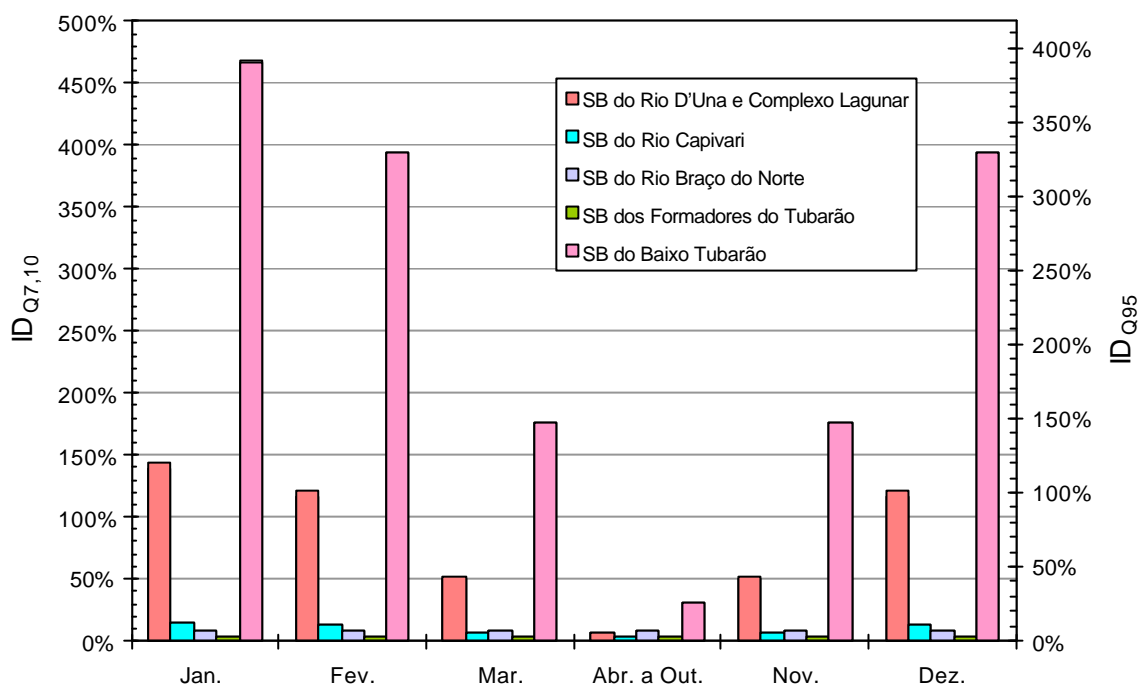


Gráfico 3.8.16 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário atual
(ID_{Q7,10} e ID_{Q95})

Tanto o gráfico 3.8.16 como o gráfico 3.8.17 esclarecem que os meses mais críticos com relação ao balanço de demanda e disponibilidade ocorrem no período de novembro a março, na sub-bacia do Baixo Tubarão e na sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar.

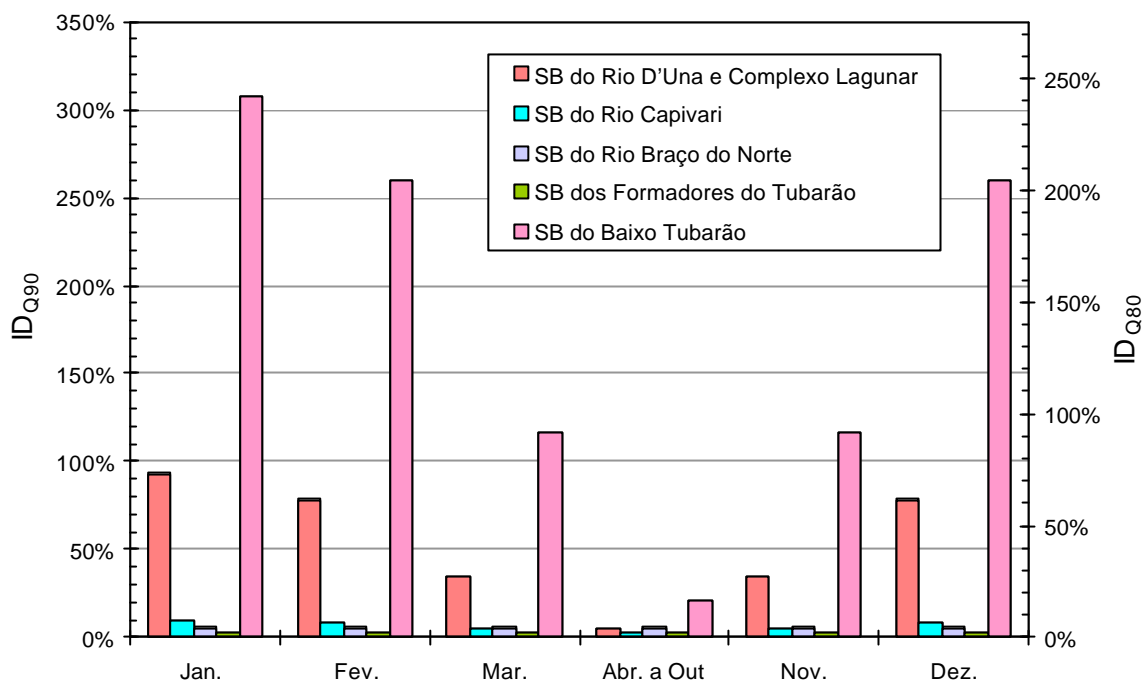


Gráfico 3.8.17 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário atual (ID_{Q90} e ID_{Q80})

Constata-se também que, isoladamente, a sub-bacia do Baixo Tubarão não poderia atender a demanda dos meses de novembro a março, sequer durante 80% do tempo (ID_{Q80} > que 100% neste período). Situações críticas de falta d'água na realidade não ocorrem nesta sub-bacia porque a montante ocorrem excessos hídricos elevados, sendo que em termos de Q₈₀, tanto a sub-bacia do rio Capivari, como as sub-bacias dos Formadores do Tubarão e do rio Braço do Norte demandam menos de 10% da disponibilidade (escala da direita no gráfico 3.8.17).

Sazonalidade no cenário tendencial de crescimento da demanda consuntiva

Os gráficos 3.8.18 e 3.8.19, apresentam a situação prognosticada para os Índices de Disponibilidade considerando taxas tendenciais de crescimento da demanda. O prazo apresentado se refere a 2020, horizonte de longo prazo deste Plano. Os gráficos agrupam duas vazões de referência, as mais próximas em função da permanência.

Quanto aos resultados, obviamente, imposta uma situação de crescimento de demanda, mesmo a taxas tendenciais, há um agravamento da situação de balanço, fornecida pelos ID's. Não é considerado até o momento qualquer incremento das disponibilidades, pela implementação de programas de recuperação ambiental, nem sequer diminuição da demandas por programas de aperfeiçoamento dos processos produtivos.

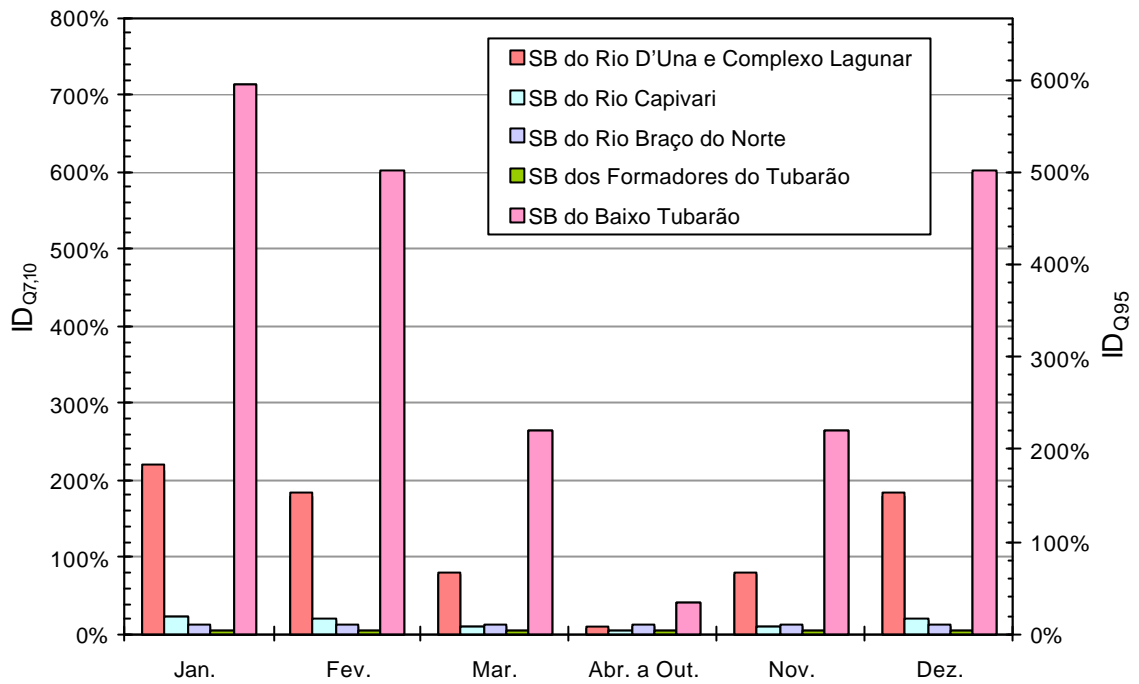


Gráfico 3.8.18 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário tendencial (2020)
(ID_{Q7,10} e ID_{Q95})

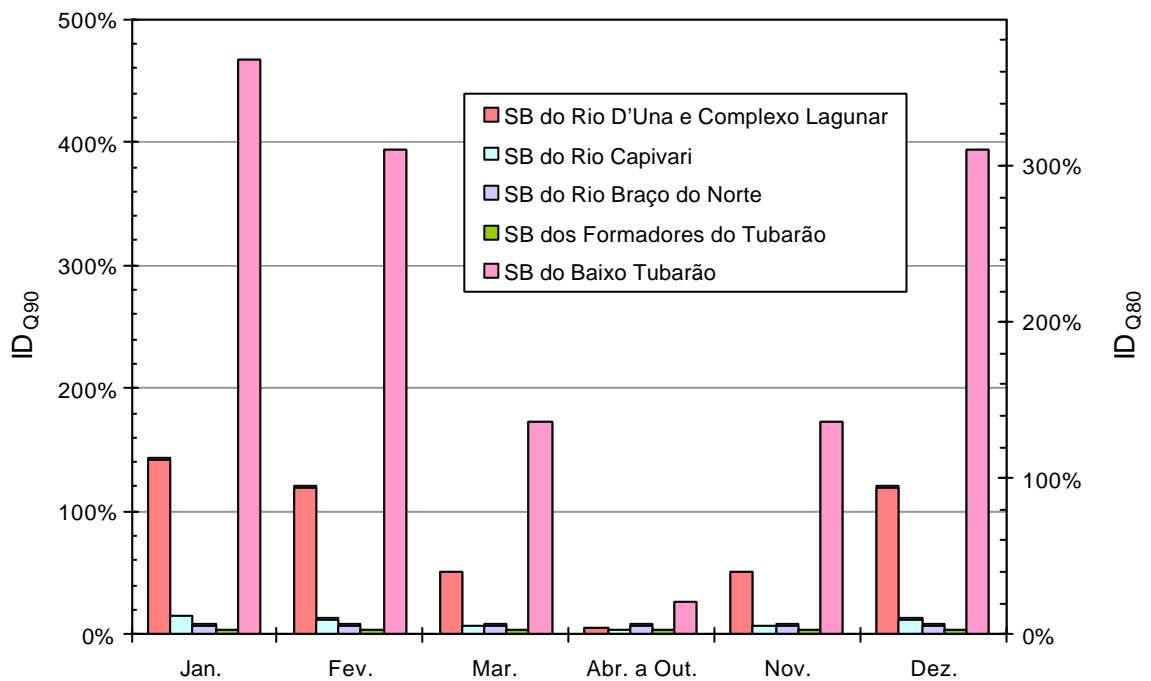


Gráfico 3.8.19 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário tendencial (2020)
(ID_{Q90} e ID_{Q80})

Uma conclusão que está se consolidando, a medida que são detalhados os aspectos de balanço de demanda x disponibilidade é que considerando as demandas consuntivas como um todo, quais sejam: abastecimento público (que compõe o abastecimento humano e outros usos urbanos), indústria, agropecuária e irrigação, o planejamento de uso do recurso hídrico deve pressupor menores garantias de atendimento.

Por exemplo, os resultados de balanço (ID's) em termos da vazão de estiagem ($ID_{Q_{7,10}}$, no gráfico 3.8.18) mostram que a sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar e a sub-bacia do Baixo Tubarão demandariam respectivamente, 2,0 e 7,0 vezes a sua própria disponibilidade, a longo prazo, no mês mais crítico de demanda (janeiro). Inclusive, mesmo para a vazão de referência Q_{90} (ver gráfico 3.8.19), a situação não é favorável no mês de janeiro, visto que, o valor correspondente de ID atinge 1,5 vezes para a sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar e cerca de 4,5 vezes para o Baixo Tubarão.

Vale ressaltar que, outro aspecto importante se refere especificamente a sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar. Sob o ponto de vista de Índices de Disponibilidade, de acordo com o que já foi anteriormente mencionado, a disponibilidade de cada sub-bacia é considerada isoladamente frente a suas demandas. Ou seja, os excessos hídricos de montante são desconsiderados. Esta situação real denota que, para o caso da sub-bacia do Baixo Tubarão, pode-se estar apresentando uma situação excessivamente conservadora, visto que as três sub-bacias: Capivari, Formadores e Braço do Norte são auto suficientes e tem excesso de disponibilidade. Entretanto, no caso da sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar, *não há sub-bacia de montante*, o que pode se configurar numa situação potencialmente crítica, quando as disponibilidades aproximam-se ou ultrapassam determinadas vazões de referência.

Por fim, entende-se que administrar os excessos hídricos de determinadas sub-bacias, para que sirvam a sub-bacias onde potencialmente deva faltar água, é responsabilidade de toda a sociedade da bacia, sendo que esta discussão deve ser fomentada pelo Comitê Tubarão.

Sazonalidade no cenário crítico de crescimento da demanda consuntiva

A ilustração de um cenário crítico de crescimento de demandas teve por objetivo a apresentação da situação limite de crescimento dos setores produtivos da bacia. Por conseguinte, os resultados obtidos, em termos de ID's são também críticos ou elevados. Além disso, considerando o montante da demanda encontrada para este cenário crítico, a longo prazo, não há sentido a apresentação dos ID's para a vazão de estiagem, sequer para a vazão mínima com permanência de 95%. Desta forma, apresenta-se no gráfico 3.8.20 o índice de disponibilidade para a vazão Q_{90} e para a vazão Q_{80} .

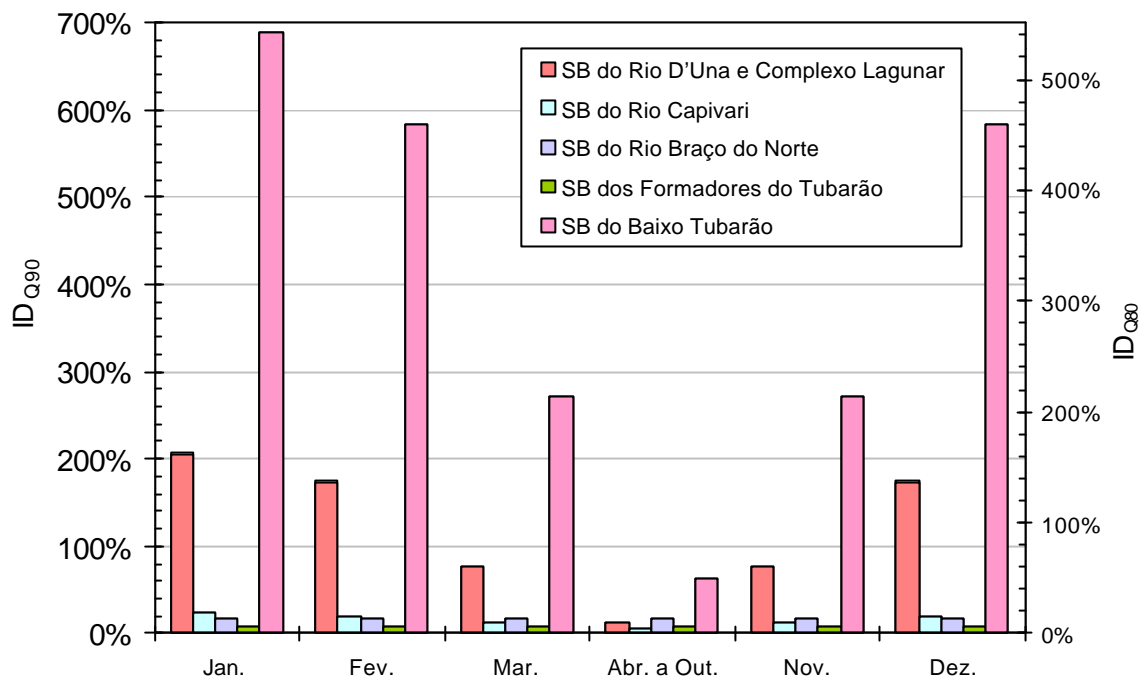


Gráfico 3.8.20 – Demanda de água / Disponibilidade – cenário crítico (2020)
(ID_{Q90} e ID_{Q80})

d) Avaliação das demandas consuntivas ao longo dos cursos d'água principais

A avaliação de conflitos quantitativos pelo uso da água, em termos de índices de disponibilidade, tal qual foi realizado acima, permitiu que fossem analisadas separadamente cada uma das sub-bacias da região. Assim, não foi considerado o "excedente hídrico" das sub-bacias dos Formadores do Tubarão, Capivari e Braço do Norte, o qual é destinado a sub-bacia de jusante, a sub-bacia do Baixo Tubarão. Desta forma, reconhecidamente, consistiu de uma análise mais conservadora das demandas de água frente as disponibilidades.

De modo a avançar na avaliação dos conflitos quantitativos de demanda, neste item será realizada uma avaliação ao longo dos cursos d'água principais. As vazões de referência utilizadas para esta confrontação foram as mínimas: Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$.

Para o perfeito entendimento dos gráficos a serem apresentados a seguir, é importante mencionar que a disponibilidade de um rio principal, num determinado ponto (a uma certa distância da sua foz), está relacionada a toda a bacia de contribuição à montante. No caso do rio Tubarão, por exemplo, são consideradas as contribuições do rio Capivari e Braço do Norte, nos respectivos pontos onde ocorre a foz destes contribuintes.

As demandas das sub-bacias também serão consideradas da mesma forma, na altura da foz de cada afluente. Este modelo de avaliação será também utilizado na avaliação dos usos não consuntivos.

Rio Capivari

O gráfico 3.8.21 apresenta a distribuição dos usos de água ao longo do rio Capivari. O resultado, neste caso, confirma o que era previsto pelos Índices de Disponibilidade, qual seja, as demandas de água na sub-bacia se apresentam sensivelmente abaixo das disponibilidades, confirmando a situação real de inexistência de conflitos quantitativos, para as demandas consuntivas.

No exutório da bacia, as disponibilidades mínimas apresentam-se na faixa de 3,0 a 9,0 m³/s enquanto que as demandas totais são menores que 0,5 m³/s.

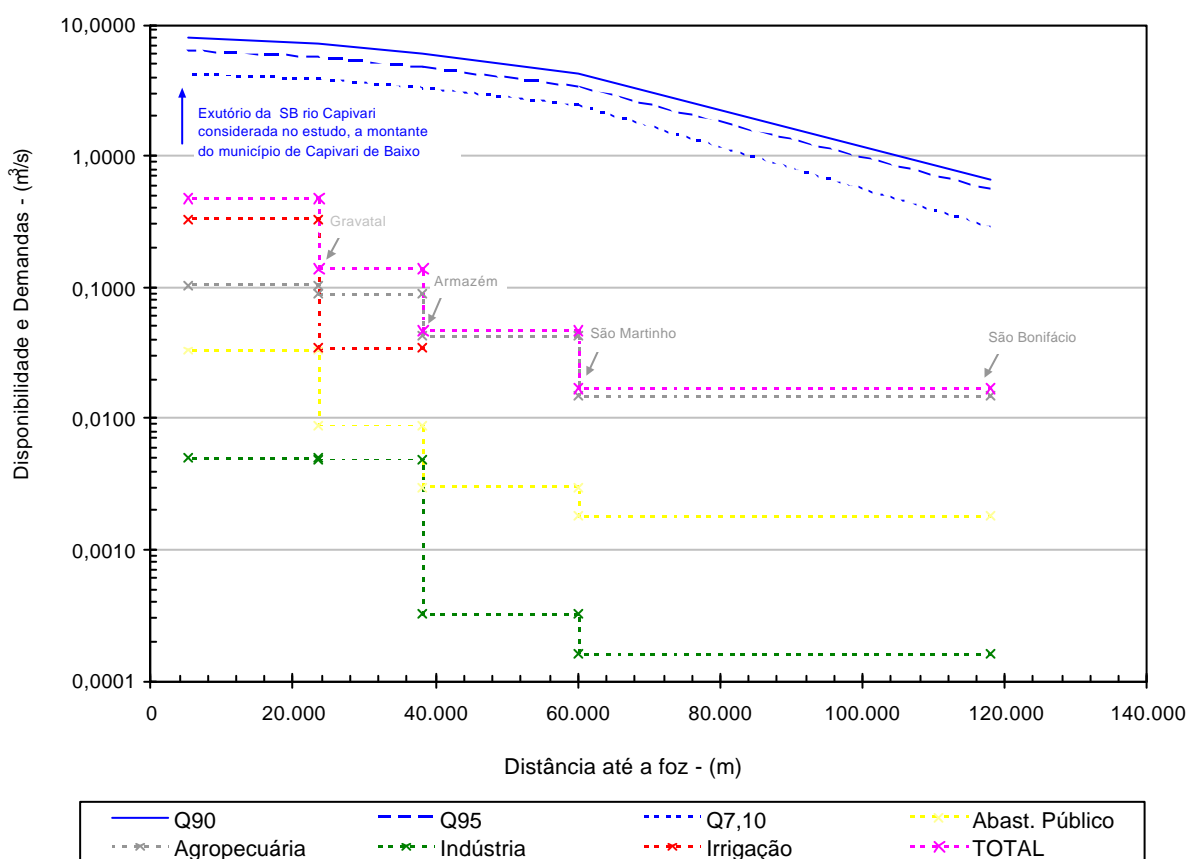


Gráfico 3.8.21 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari

Mais uma vez, fica claro no gráfico acima que a irrigação, embora só ocorra em Gravatal, é responsável pela maior demanda consuntiva de água na sub-bacia. No trecho alto do rio Capivari, onde não há irrigação, a demanda para a agropecuária se destaca das demais (abastecimento público e indústria), praticamente confundindo-se com a demanda total.

Rio Braço do Norte

O rio Braço do Norte, à semelhança do que ocorre com o rio Capivari, apresenta uma situação de demanda favorável, do ponto de vista da magnitude das disponibilidades mínimas existentes (gráfico 3.8.22). Na foz com o rio Tubarão, as disponibilidades em termos de Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$, são da ordem de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ enquanto que as demandas consuntivas não atingem sequer $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

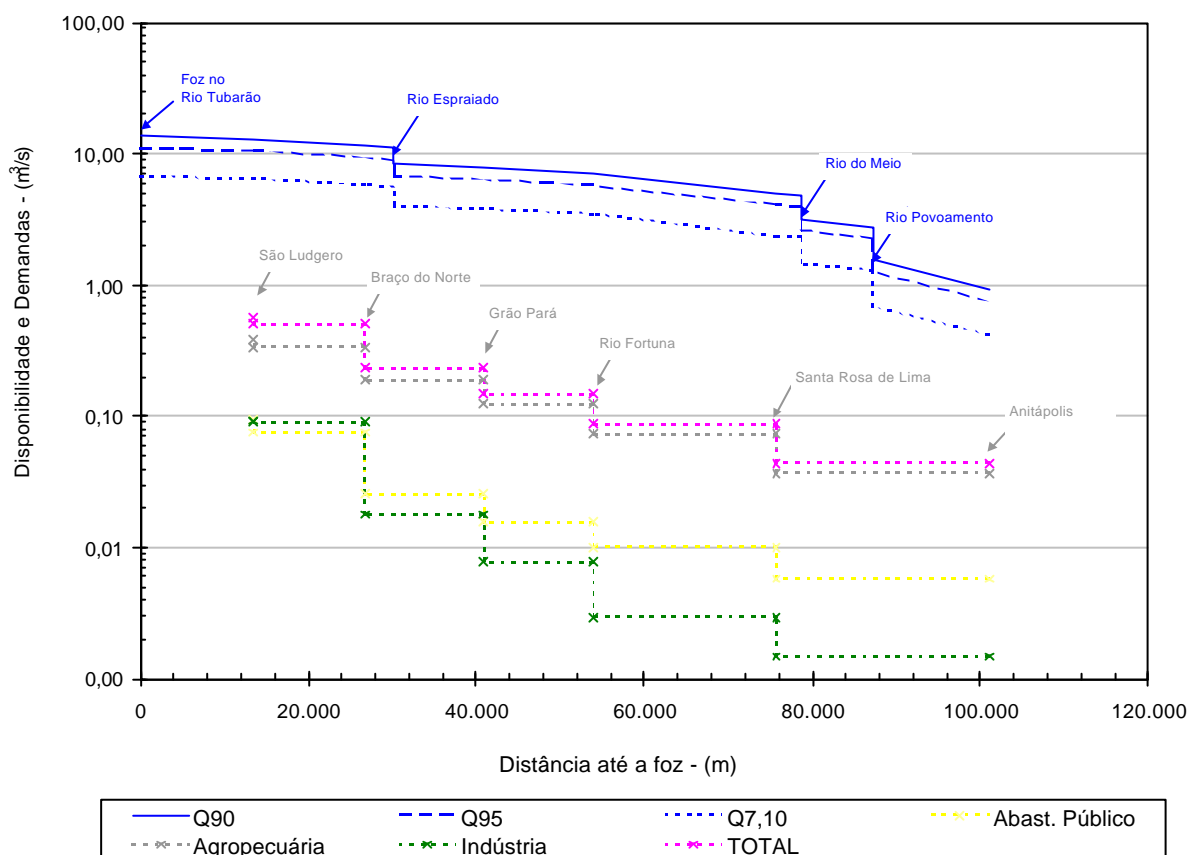


Gráfico 3.8.22 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte

A demanda de indústria ao longo do rio só supera o abastecimento público, na altura da sede municipal de Braço do Norte, devido a concentração industrial ali existente. A maior demanda de água na bacia, ao longo de todo o curso do rio Braço do Norte se refere a dessedentação de animais ou, como vem sendo tratado neste Plano, agropecuária.

Enfim, notado que as demandas de água na sub-bacia atingem menos de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ e as disponibilidades permanecem na faixa de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, pode-se estimar que uma vazão excedente, com base nas vazões mínimas de referência, em torno de $9,0 \text{ m}^3/\text{s}$ é despejada no rio Tubarão.

Rio Tubarão

De uma maneira geral, as demandas ao longo do rio Tubarão apresentam-se favoravelmente abaixo das disponibilidades, ao longo de praticamente todo o seu curso (gráfico 3.8.23). A situação potencialmente mais crítica, deve ocorrer a jusante das cidades de Tubarão e Capivari de Baixo, quando a vazão de estiagem ($Q_{7,10}$) e a vazão com 95% de permanência (Q_{95}) são atingidas pelas demandas. Em termos absolutos, nota-se que as disponibilidades mínimas nestes pontos ficam na faixa de 15,0 a 30,0 m^3/s e as demandas em torno de 10,0 a 15,0 m^3/s .

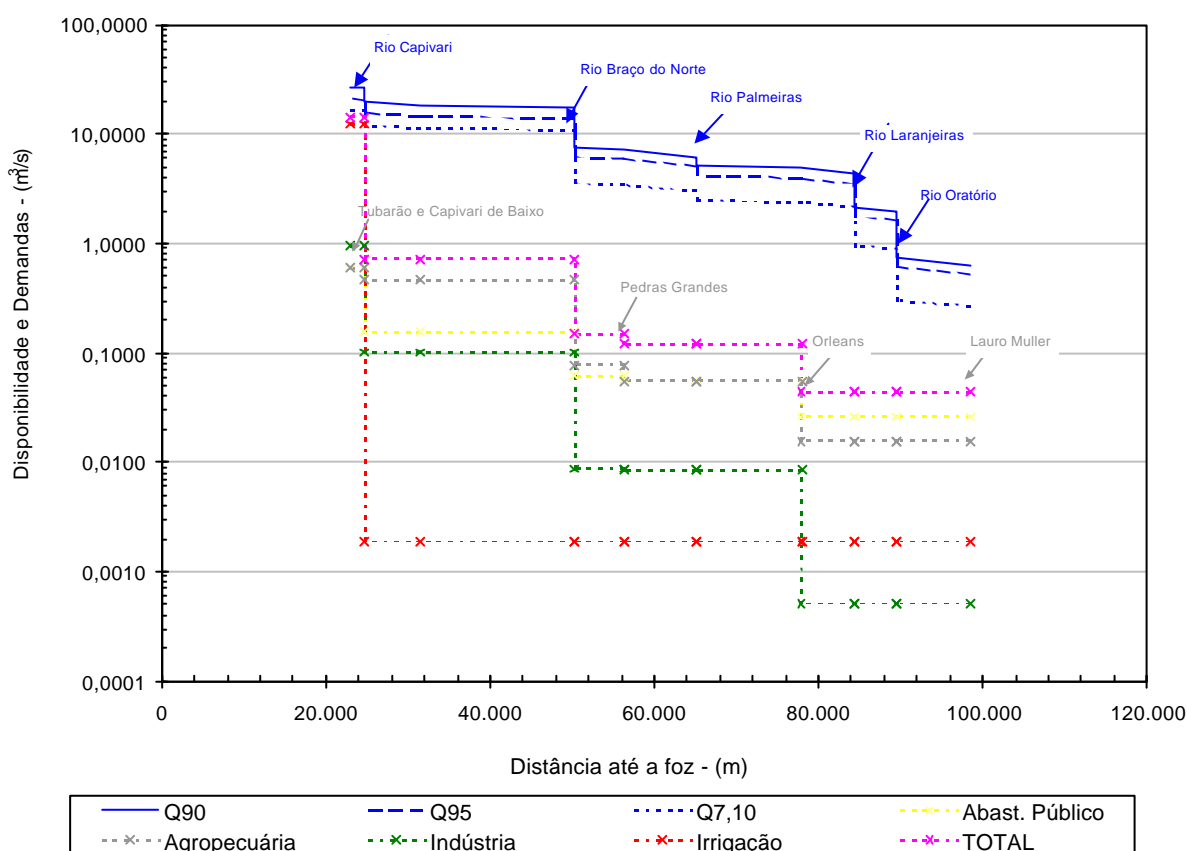


Gráfico 3.8.23 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão

Com relação aos principais usos ao longo do curso do rio Tubarão, nota-se que até a montante de Orleans, o Abastecimento Público corresponde a cerca de 60% da demanda total. A partir de Orleans, com a concentração agropecuária deste município, a demanda para dessedentação de animais atinge o mesmo patamar da demanda para abastecimento público. Quando são concentradas na foz do rio Braço do Norte as demandas da respectiva sub-bacia, a agropecuária passa a ser a maior demanda. Com relação a indústria, embora já represente uma parcela significativa das demandas a jusante da foz do rio Braço do Norte, só atingirá as demandas da agropecuária e abastecimento público junto aos municípios de Tubarão e Capivari de Baixo.

No caso das demandas para indústria, é importante ressaltar que as demandas consuntivas da UTE Jorge Lacerda (geração de vapor) são considerada como demandas de indústria.

A jusante dos municípios de Tubarão e Capivari de Baixo, a elevada demanda para a irrigação é responsável pela situação potencialmente crítica em termos de demanda e disponibilidade, mencionada anteriormente.

e) Avaliação da demanda hídrica consuntiva ao longo dos cursos d'água principais nos cenários de crescimento de demanda

Da mesma forma que para a situação atual, as curvas de disponibilidade ao longo dos cursos d'água principais são apresentadas para os cenários de projeção de aumento de demanda. O horizonte de prazo apresentado consiste apenas do ano de 2020.

Rio Capivari

A demanda de água prognosticada ao longo do rio Capivari, para 2020, nos três cenários de crescimento, é apresentada nos gráficos 3.8.24 a 3.8.26.

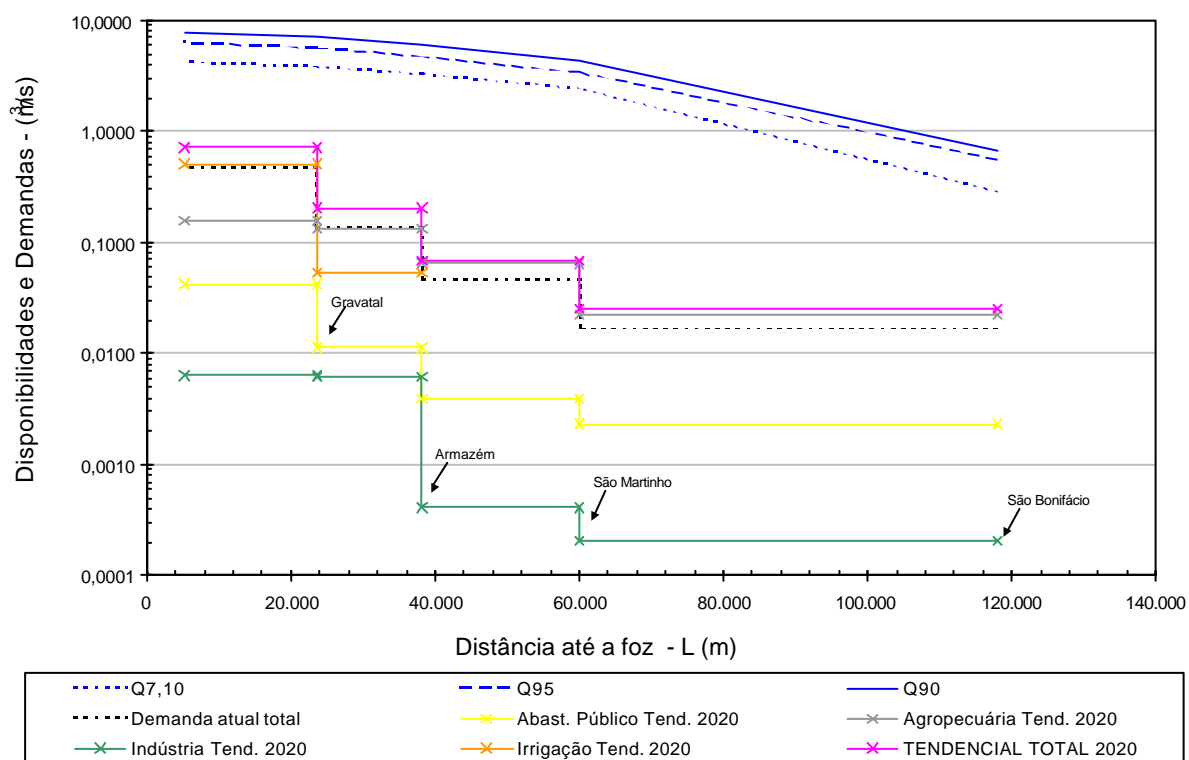


Gráfico 3.8.24 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

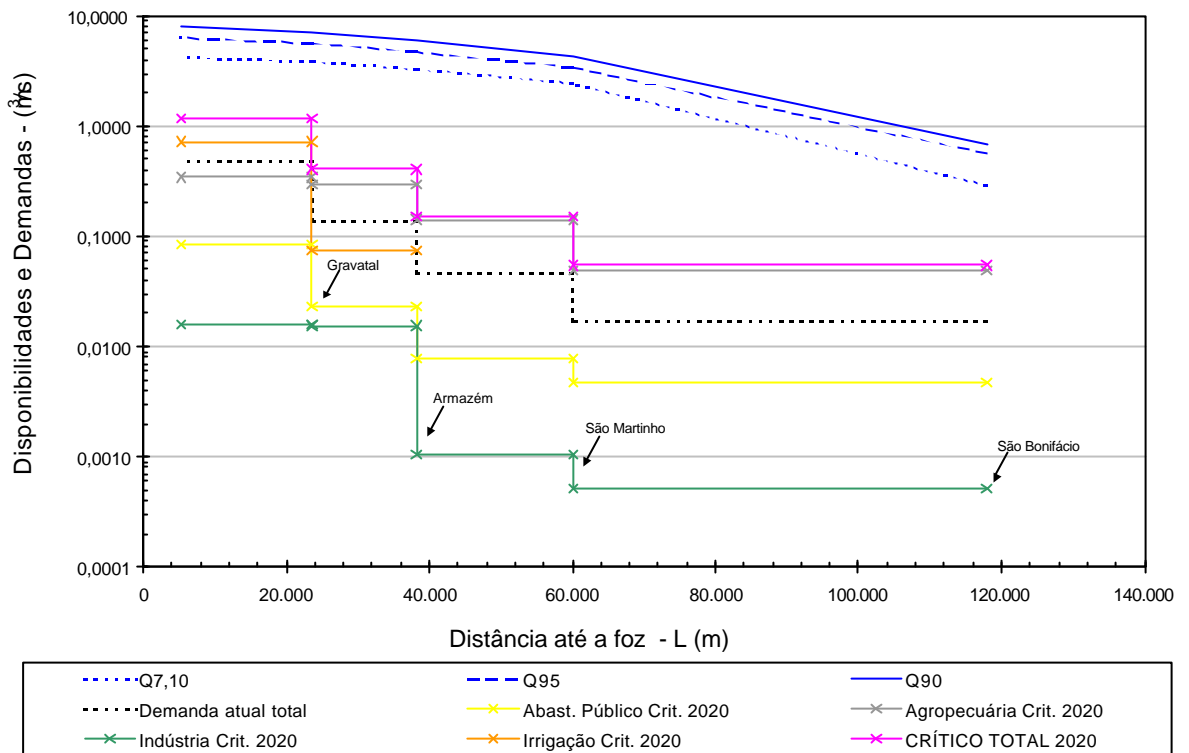


Gráfico 3.8.25 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

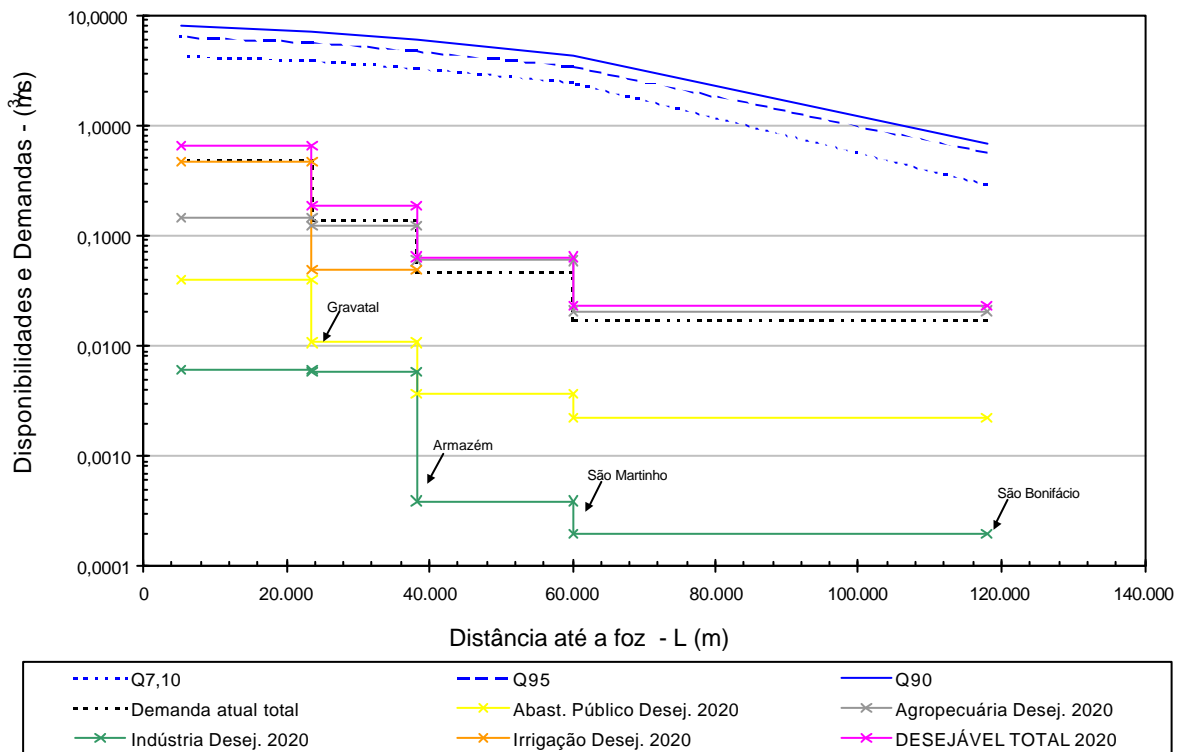


Gráfico 3.8.26 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

Dada a condição atual da sub-bacia do rio Capivari, bastante favorável no que se refere as demandas e disponibilidades, o crescimento de demanda previsto, mesmo no cenário crítico, não atinge sequer a disponibilidade de estiagem ($Q_{7,10}$). De acordo com o que mostra o gráfico 3.8.25, as demandas acumuladas no exutório da bacia estarão, no cenário crítico, na faixa de $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que as disponibilidades em termos da vazão de referência $Q_{7,10}$ atingem $4,0$ a $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Apesar desta constatação, algumas particularidades são importantes, um exemplo é o fato de que no cenário tendencial de crescimento de demanda (ver gráfico 3.8.24), o uso para a irrigação ultrapassaria em 2020 o que atualmente é a demanda total para a sub-bacia.

A tendência geral da distribuição das maiores demandas também se mantém, ou seja: no trecho onde não há irrigação a maior demanda se refere ao uso da água na agropecuária, onde há irrigação as demandas totais praticamente se confundem com as demandas deste uso.

O cenário desejável apresenta níveis de demanda ligeiramente menores para os diversos usos. Neste caso, tudo indica que o cenário desejável projetado (que considera uma redução de 20% nas taxas de crescimento dos setores, vinculada a uma melhoria de eficiência no consumo de água), ainda não será um cenário com reduções significativas das demandas. Esta constatação deverá ser contemplada quando da elaboração dos "Cenários de Desenvolvimento", no item 3.8.6, a seguir.

Rio Braço do Norte

A evolução das demandas ao longo do rio Braço do Norte, para os cenários de crescimento de demanda, a longo prazo (2020), é apresentada nos gráficos 3.8.27 a 3.8.29.

O Diagnóstico e Prognóstico das Demandas (item 3.6 deste Plano), apontou a grande concentração agropecuária na sub-bacia do rio Braço do Norte, deste forma, não é surpresa que nas curvas de crescimento de demanda apresentadas nos três gráficos a seguir, o setor de agropecuária seja responsável em 2020 no cenário tendencial e crítico, pela maior parte da demanda de água da sub-bacia. Inclusive, à semelhança do que ocorre na sub-bacia do rio Capivari, o crescimento tendencial das demandas da agropecuária fazem com que este setor apresente níveis de demanda acima do que atualmente é a demanda total da sub-bacia.

Contudo, é importante que se tenha presente que mesmo no cenário crítico de crescimento de demanda (gráfico 3.8.28), o contexto geral do confronto com as disponibilidades é bastante favorável. Um exemplo disto é que as vazões que permanecem 90% do tempo nos cursos d'água apresentam-se cerca de dez vezes maiores que as demandas.

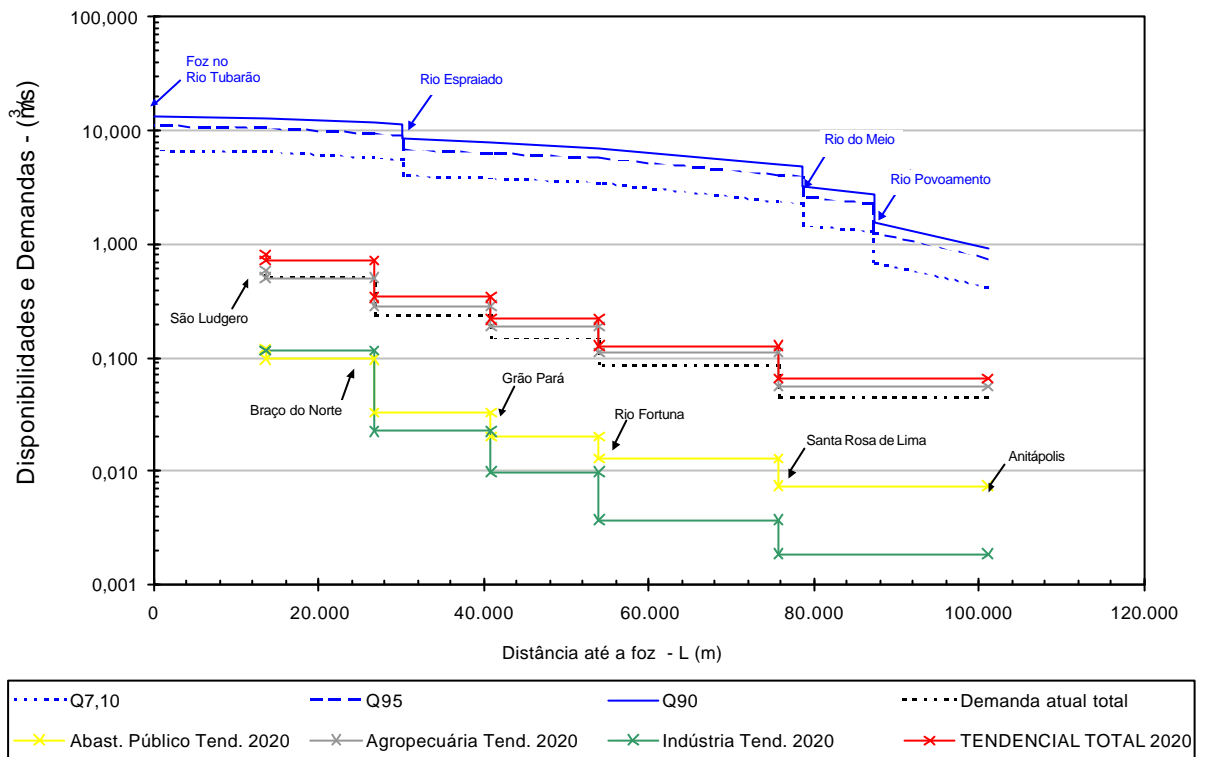


Gráfico 3.8.27 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

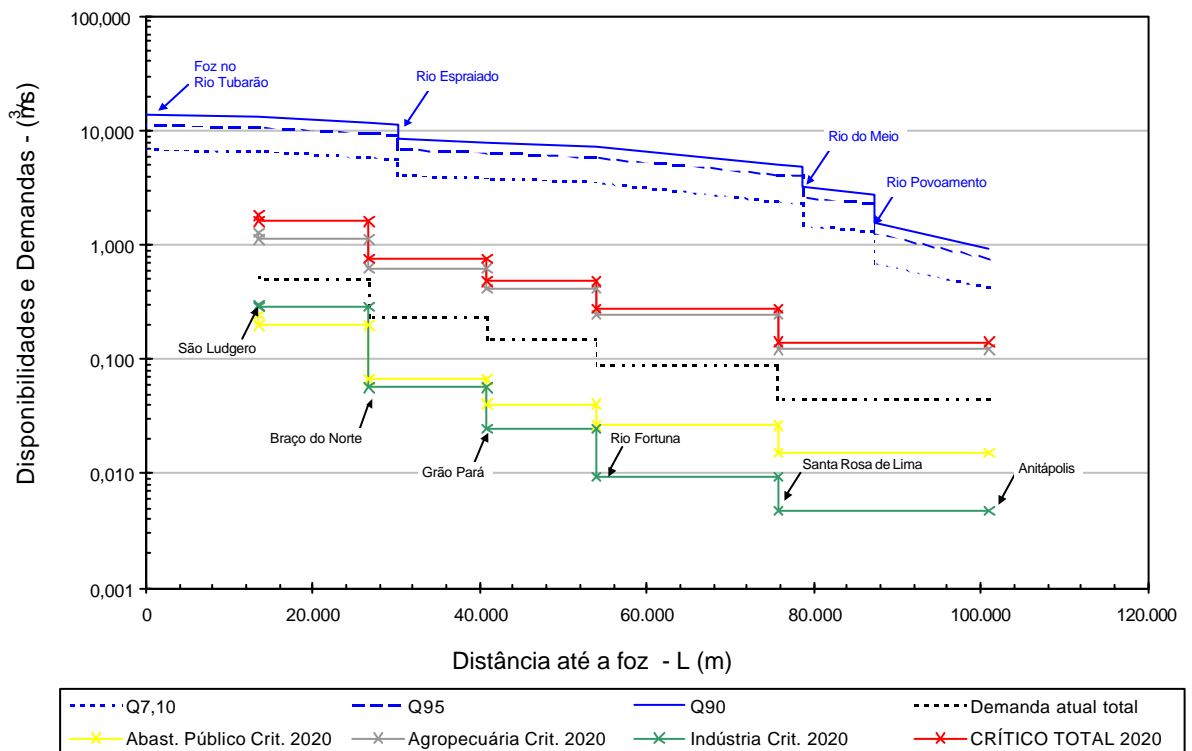


Gráfico 3.8.28 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

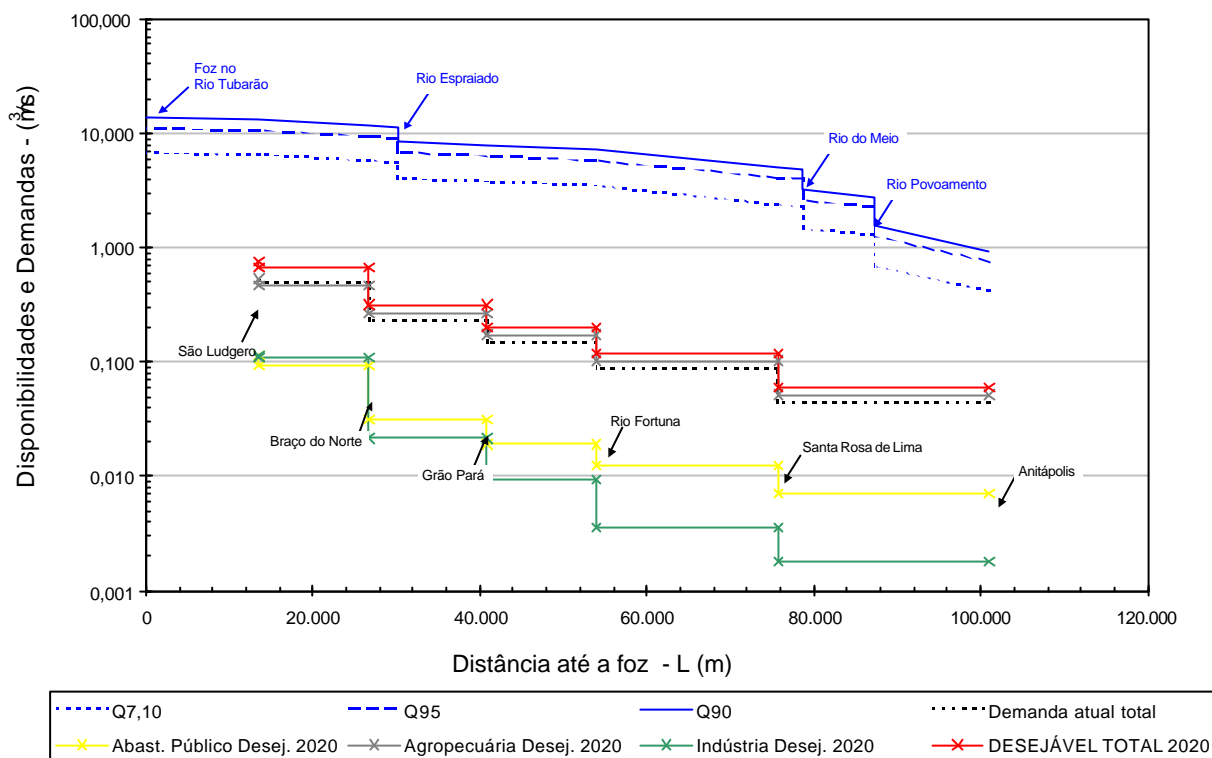


Gráfico 3.8.29 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

No cenário desejável (gráfico 3.8.29), as demandas são levemente diminuídas com a redução de 20% nas taxas de crescimento setoriais, confirmando a situação favorável encontrada para o cenário tendencial de crescimento.

Rio Tubarão

O mesmo confronto de disponibilidades e demandas, realizado para as sub-bacias do rio Braço do Norte e Capivari, nos cenários de crescimento de demanda, em 2020, é apresentado para o caso das sub-bacias dos Formadores do Tubarão e Baixo Tubarão nos gráficos 3.8.30 a 3.8.32. Estas duas sub-bacias consistem de todo o rio Tubarão, desde Lauro Müller até a jusante de Capivari de Baixo e Tubarão, tal qual mostrado nos gráficos abaixo.

A distribuição dos usos que demandam mais água ao longo do rio Tubarão (sub-bacias dos Formadores e do Baixo Tubarão), segue basicamente a seguinte ordem: abastecimento público até Orleans, agropecuária a jusante de Orleans até montante de Capivari de Baixo e Tubarão e irrigação a jusante de Tubarão e Capivari de Baixo.

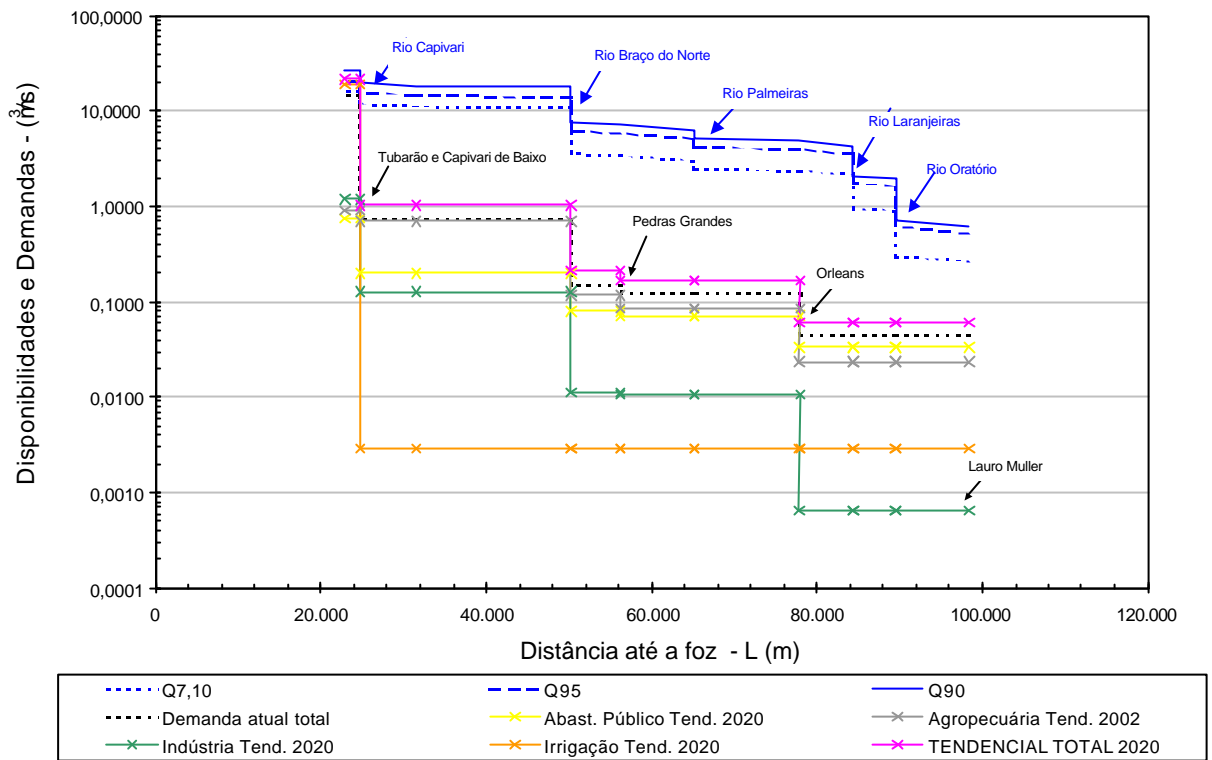


Gráfico 3.8.30 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

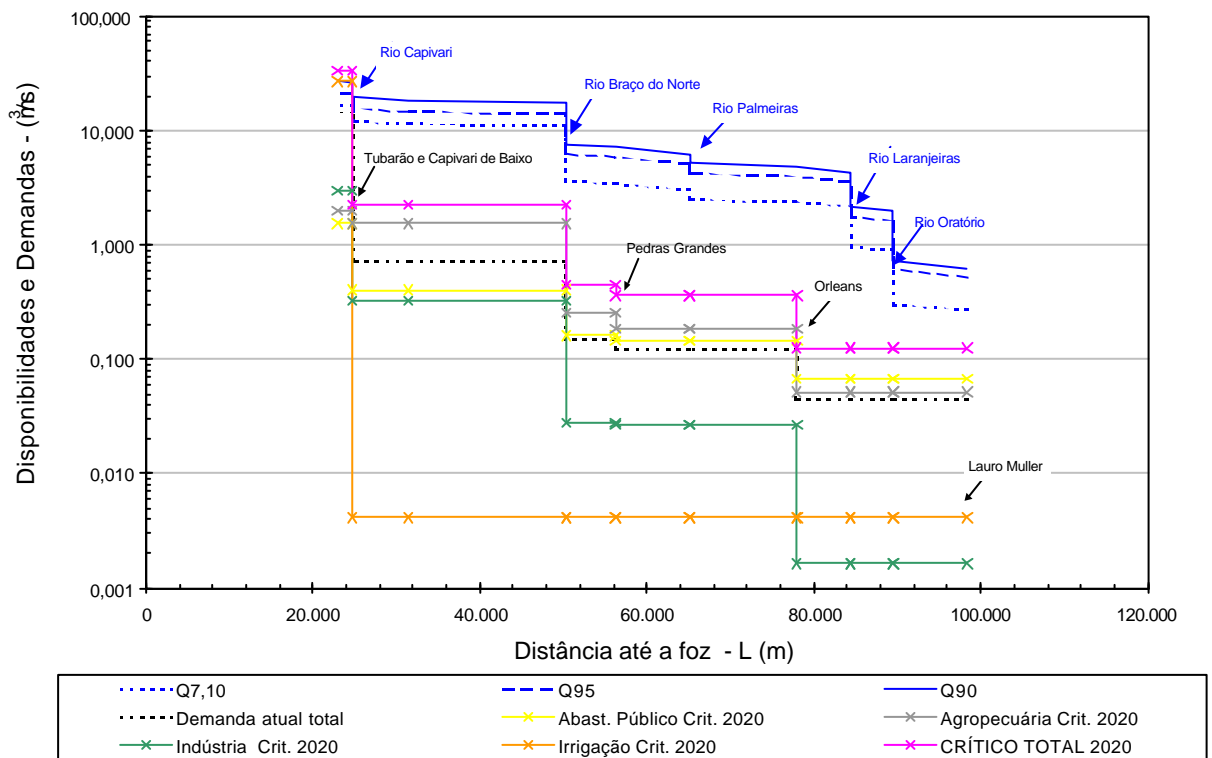


Gráfico 3.8.31 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

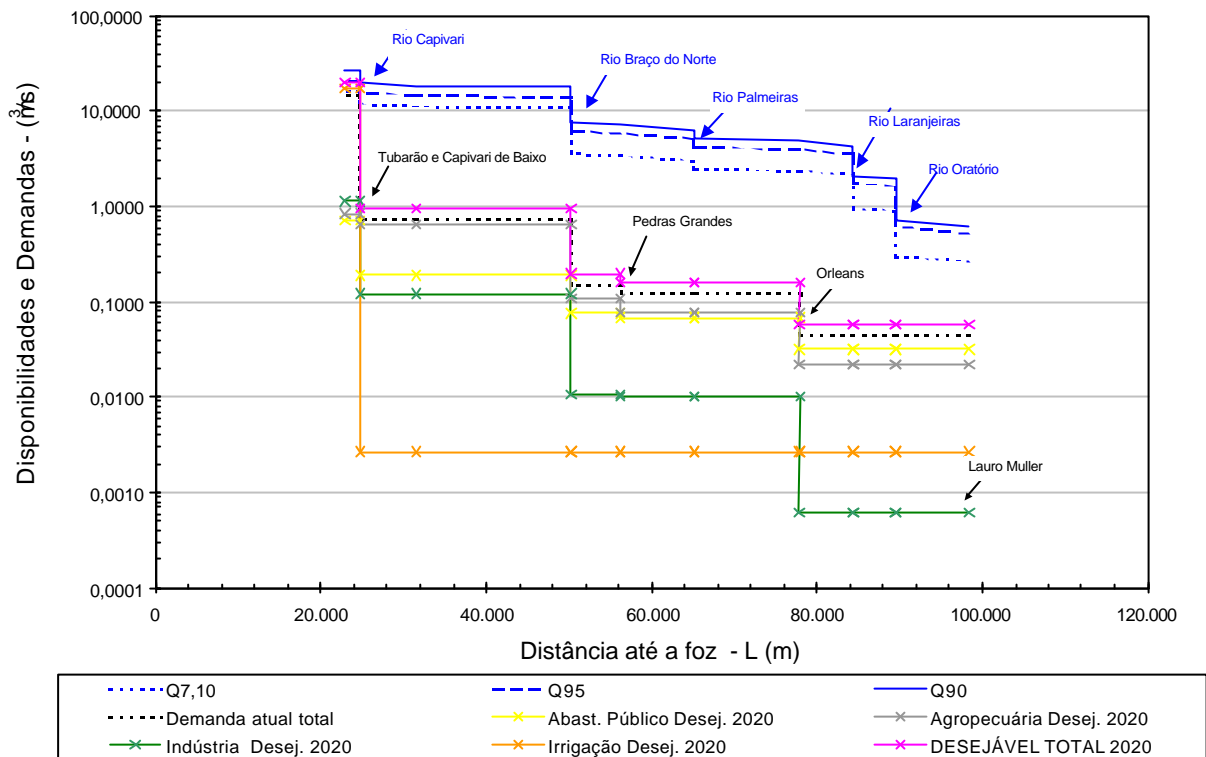


Gráfico 3.8.32 – Prognóstico de Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

É importante mencionar que a demanda para irrigação surge em Lauro Müller porque há a presença de um usuário cadastrado neste município, cujo uso se refere a irrigação (ver item 3.6, Tomo III deste Plano, Usuários Cadastrados).

Outra particularidade é que a demanda para a indústria, fica abaixo da demanda de abastecimento público até a concentração industrial de Tubarão e Capivari de Baixo (a UTE Jorge Lacerda localiza-se em Capivari de Baixo).

Uma situação potencialmente mais crítica de demanda versus disponibilidade é prognosticada para o trecho a jusante de Tubarão e Capivari de Baixo. Neste trecho, no cenário tendencial de crescimento de demanda, as disponibilidades $Q_{7,10}$ e Q_{95} são atingidas, sem ser superadas. No cenário crítico, a demanda total atinge e supera as disponibilidades com base na vazão Q_{90} . Neste último caso, há indicativo de que as demandas totais do trecho do rio Tubarão não seriam atendidas sequer durante 90% do tempo.

3.8.2.2 Avaliação quantitativa de conflitos para os USOS NÃO CONSUNTIVOS

A particularidade dos usos não consuntivos, de acordo com o que já foi anteriormente mencionado, é de que a água utilizada é totalmente devolvida ao manancial (com pequenas modificações no seu padrão temporal de disponibilidade), ou, o uso ocorre no próprio curso d'água, simultaneamente aos outros usos. Desta forma, a avaliação em termos de *totais de água demandados* para os usos não consuntivos, não representa a uma situação real.

A avaliação de demanda x disponibilidade será realizada com base nas demandas ao longo dos cursos d'água principais e individualmente para cada uso.

Outra consideração importante a ser feita antes da apresentação dos resultados, é de que a confrontação dos usos não consuntivos com as vazões mínimas de referência, ou com as disponibilidades mínimas, apresentaria uma situação extremamente restritiva, visto que a magnitude das vazões demandadas são significativamente maiores que aquelas dos usos consuntivos. Este fato é facilmente constatado com a observação do gráfico 3.8.33, onde, se fossem somados, os usos não consuntivos equivaleriam a 93% de toda a água demandada na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

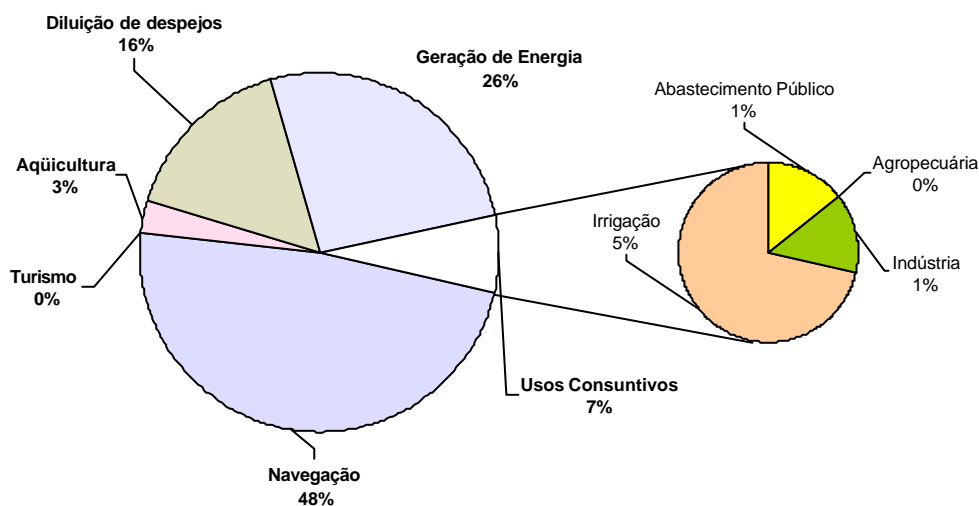


Gráfico 3.8.33 – Distribuição atual dos usos da água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar (reprodução do gráfico 3.6.74).

Devido a esta magnitude elevada, a gestão de alguns destes usos não consuntivos na verdade, consiste em decidir *por quanto tempo* pode-se ou deve-se viabilizar cada um deles.

De antemão (com base nos resultados já apresentados para os usos consuntivos), sabe-se que nem todos os usos não consuntivos, podem ser mantidos por um período próximo a 100%, 95% ou 90% do tempo, em todas as sub-bacias. Esta constatação é possível pela confrontação dos valores das respectivas vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} ou Q_{90} , respectivamente) com os totais quantificados para os usos não consuntivos.

Sendo assim, as vazões de referência utilizadas na avaliação dos conflitos quantitativos entre as demandas não consuntivas e as disponibilidades foram as seguintes: Q_m - vazão média (com permanência em torno de 30% nos cursos d'água), vazão Q_{50} , com 50% de permanência e vazão Q_{80} , que permanece 80% do tempo nos cursos d'água.

a) Avaliação da Demanda não consuntiva x Vazões de referência ao longo dos cursos d'água - situação atual

Rio Capivari

Quatro tipos de uso não consuntivo da água foram cadastrados ao longo do rio Capivari: carcinicultura, piscicultura, geração de energia e diluição de despejos, sendo que as maiores demandas se referem aos dois últimos (ver gráfico 3.8.34).

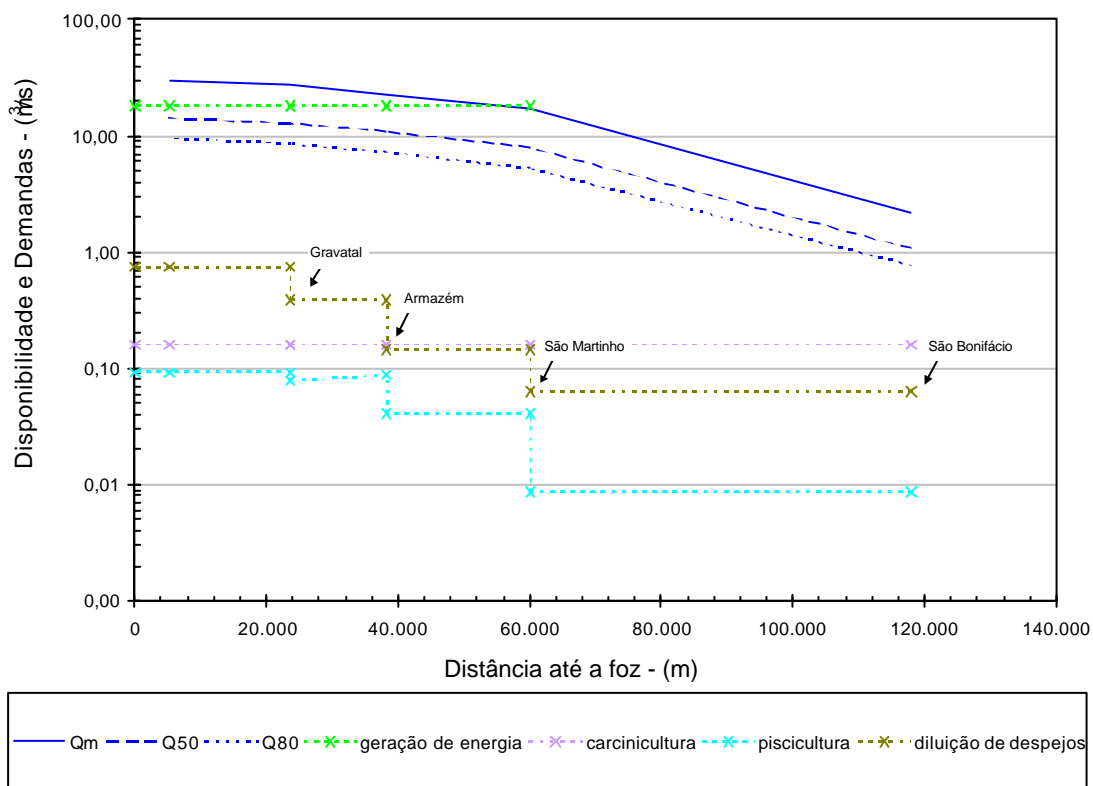


Gráfico 3.8.34 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari na SITUAÇÃO ATUAL

Na situação atual, nota-se que as demandas isoladamente mantêm-se substancialmente abaixo das disponibilidades ao longo do rio Capivari até a altura do município de São Martinho. Neste caso, há o indicativo de que todos os usos devem ser atendidos facilmente pelo menos por 80% do tempo. Na altura de São Martinho, é considerada a operação da PCH Capivari, cuja capacidade nominal é de 12 MW, para a qual a demanda atinge o nível da vazão média. Ao atingir o nível das vazões médias, conclui-se que o uso para geração de energia naquele ponto será atendido por aproximadamente 30% do tempo (considerada a operação da usina na potência nominal). Com relação aos demais usos não consuntivos, não existem situações tão desfavoráveis, em virtude da magnitude das disponibilidades, devendo portanto ser viabilizados sem maiores problemas.

Rio Braço do Norte

As demandas de água para os usos não consuntivos ao longo do rio Braço do Norte, se referem basicamente a piscicultura e a diluição de despejos. De acordo com o que é apresentado no gráfico abaixo, a situação de demanda x disponibilidade pode ser considerada favorável ao atendimento de todas as demandas não consuntivas atuais.

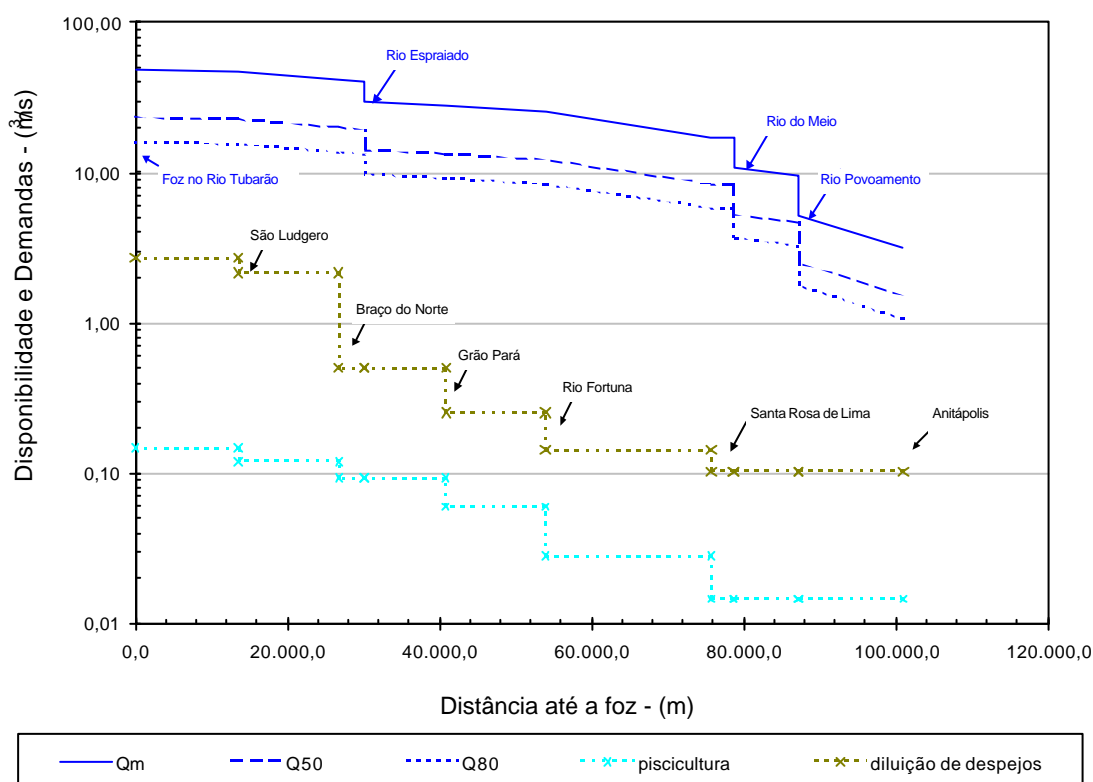


Gráfico 3.8.35 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte na SITUAÇÃO ATUAL

Com relação a piscicultura, as demandas são relativamente baixas e consistem em menos de 1% das disponibilidades em termos de Q_{80} . Para a diluição de despejos, a inexistência de maiores concentrações populacionais permitem, a princípio, que o uso seja atendido durante uma porção elevada de tempo (a demanda para diluição está bem abaixo da disponibilidade Q_{80}).

Ainda com relação a diluição de despejos, é importante ressaltar que a situação apresentada em todos os gráficos de demanda ao longo do rios principais, quer seja o Capivari já avaliado, o Braço do Norte ou mesmo o Tubarão que será abordado em seguida, é conservadora. Como pode-se notar, as respectivas demandas para diluição de despejos dos municípios são consideradas no trecho de rio junto a sede do município e são mantidas até a foz, com efeito acumulativo, desprezando-se portanto, o efeito de auto-depuração do curso d'água. Esta hipótese é propositalmente adotada neste momento de análise das demandas. Entende-se que estas avaliações devam ser conservadoras porque existem incertezas associadas. Estas incertezas se referem basicamente a disponibilidade, e as alterações de curto prazo nas demandas que fogem ao controle do cadastro realizado. Adiante no cálculo da quantidade de resíduo gerado em cada "Cenário de Desenvolvimento Proposto", será discutido um modelo que permita a consideração da auto-depuração dos cursos d'água.

Rio Tubarão

As demandas de água para os usos não consuntivos ao longo do rio Tubarão, são confrontadas individualmente com as disponibilidades no gráfico 3.8.36.

Os usos não consuntivos diagnosticados para as duas sub-bacias, dos Formadores do Tubarão e do Baixo Tubarão, são os seguintes: piscicultura, carcinicultura, turismo, geração de energia, e diluição de despejos. A navegação, também incluída na análise, foi quantificada considerando-se a potencialidade existente ao longo de um trecho de aproximadamente 40 km do rio Tubarão (ver item 3.6.3.2 - Outros usos não consuntivos).

O uso para a geração de energia se refere a demanda da UTE Jorge Lacerda, no município de Capivari de Baixo que, para a operação com a carga máxima, demanda $17,09 \text{ m}^3/\text{s}$ (sistema de refrigeração e transporte hidráulico das cinzas). É importante salientar que a UTE Jorge Lacerda possui também demanda consuntiva para a geração de vapor, considerada no setor de abastecimento de indústria. Os resultados apresentados pelo gráfico 3.8.21 demonstram que os usos não consuntivos ao longo do rio Tubarão podem ser totalmente mantidos até a altura dos municípios de Capivari de Baixo e Tubarão. Neste ponto, a elevada concentração populacional provoca uma elevação da demanda para a diluição de despejos (ver gráfico 3.8.36).

Além disso, a demanda para a geração de energia assume um valor elevado de 35,0 m³/s, porque além da demanda da UTE Jorge Lacerda (17,09 m³/s), é considerada na foz do rio Capivari a demanda da PCH Capivari (18,0 m³/s). Neste caso, tudo indica que não haverá disponibilidade suficiente para que as duas usinas operem 100% do tempo, visto que cada uma delas separadamente atinge níveis muito próximos da vazão Q₈₀.

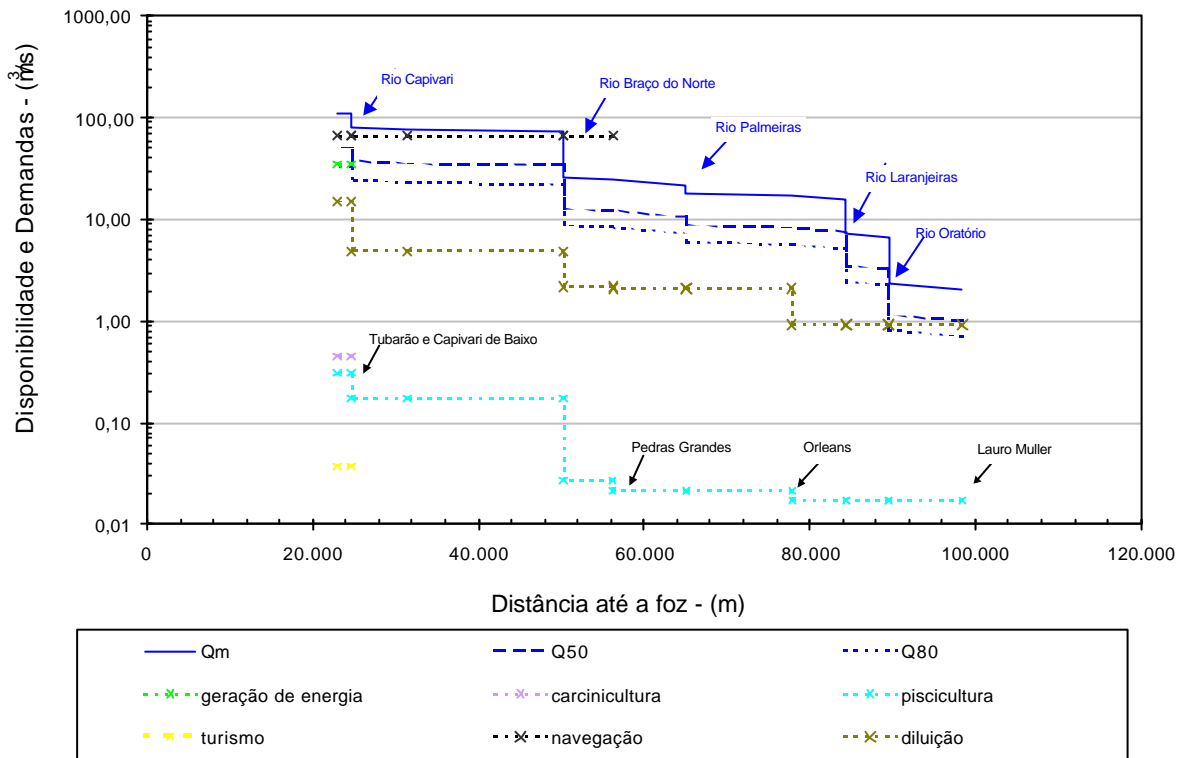


Gráfico 3.8.36 – Demanda de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão na SITUAÇÃO ATUAL

As demandas para a piscicultura, carcinicultura e turismo são consideravelmente menores e devem ser atendidas durante todo o tempo. A mesma situação é verificada para a demanda para a diluição de despejos, visto que a respectiva curva de demanda está relativamente distante da curva de disponibilidade em termos de Q₈₀.

Por fim, com relação a navegação, embora exista um trecho navegável ao longo do rio Tubarão, nota-se que a demanda para este uso atinge a vazão média, indicando que a navegação será viabilizada por apenas 30% do tempo ou menos.

b) Avaliação da Demanda não consuntiva x Vazões de referência ao longo dos cursos d'água - nos cenários de crescimento de demanda

A evolução das demandas não consuntivas ao longo dos cursos d'água principais será avaliada com base na mesma sistemática apresentada para a situação atual. Os cenários de crescimento das demandas não consuntivas obedecem taxas de crescimento já detalhadas no item 3.6 deste Plano (Prognóstico dos Usos Não Consuntivos). O horizonte de prazo abordado neste estudo se refere ao longo prazo, 2020. Destas taxas é importante ressaltar o caso da Diluição de Despejos, para a qual no cenário tendencial projeta-se um decréscimo anual de 11,5% na demanda o que pressupõe o tratamento de 90% da carga orgânica no horizonte de longo prazo deste Plano.

Vale ressaltar que, para os usos de Geração de Energia e Navegação não foi considerado aumento de demanda. Isto se justifica para o caso da Geração de Energia porque não foram obtidas informações a respeito de novos projetos. Para o caso da navegação, não haveria sentido projetar crescimento de um uso que não é extensivamente empregado atualmente e sequer tem viabilidade ao longo de todo o ano.

Rio Capivari

A situação de conflito pelos usos não consuntivos da água ao longo do rio Capivari, em termos relativos, altera-se muito pouco no cenário tendencial em 2020, em comparação a situação atual. Ou seja, a demanda para a operação da PCH Capivarí, na altura de São Martinho equivale a pelo menos 10 vezes a quantidade de água necessária para todos os outros usos não consuntivos.

Outra particularidade se refere a demanda para piscicultura, a qual torna-se maior que a demanda para a carcinicultura em 2020.

Apesar disso, de acordo com os resultados mostrados no gráfico 3.8.37, mantidas as taxas de crescimento tendenciais, todos os usos não consuntivos, à exceção da geração e energia, poderiam ser mantidos facilmente por 80% do tempo. Inclusive, mesmo no cenário crítico de crescimento das demandas, de acordo com os resultados obtidos, não haveria maiores problemas para a viabilização dos usos não consuntivos da bacia.

Para o cenário desejável, a demanda para a diluição de despejos é significativamente menor que a atual, contudo, é importante ressaltar que este cenário pressupõe medidas estruturais para o controle da carga orgânica dos efluentes sanitários (redução de 90% na carga).

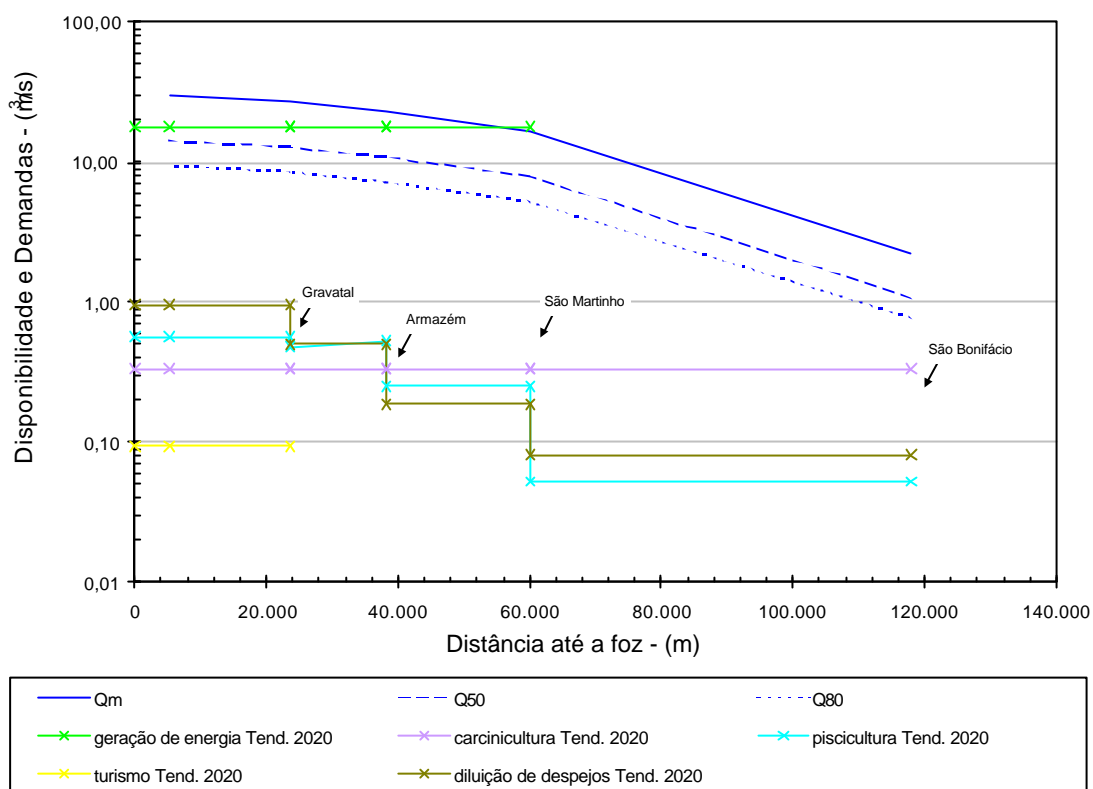


Gráfico 3.8.37 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

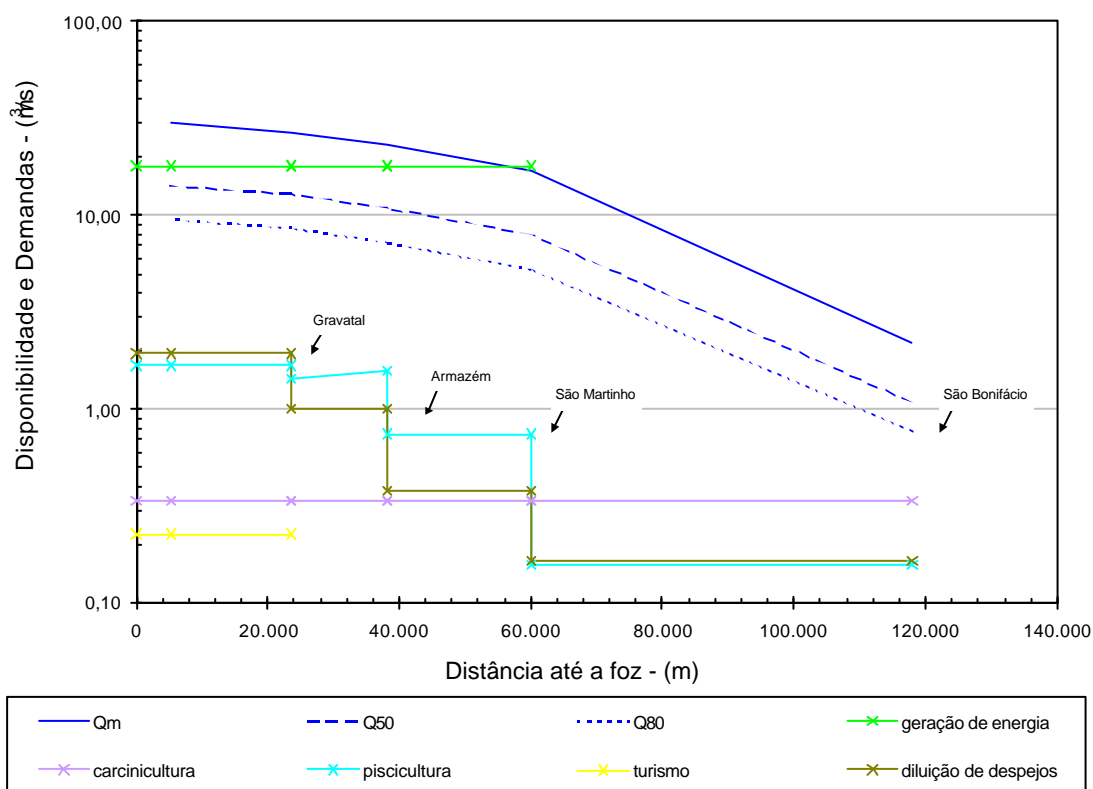


Gráfico 3.8.38 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

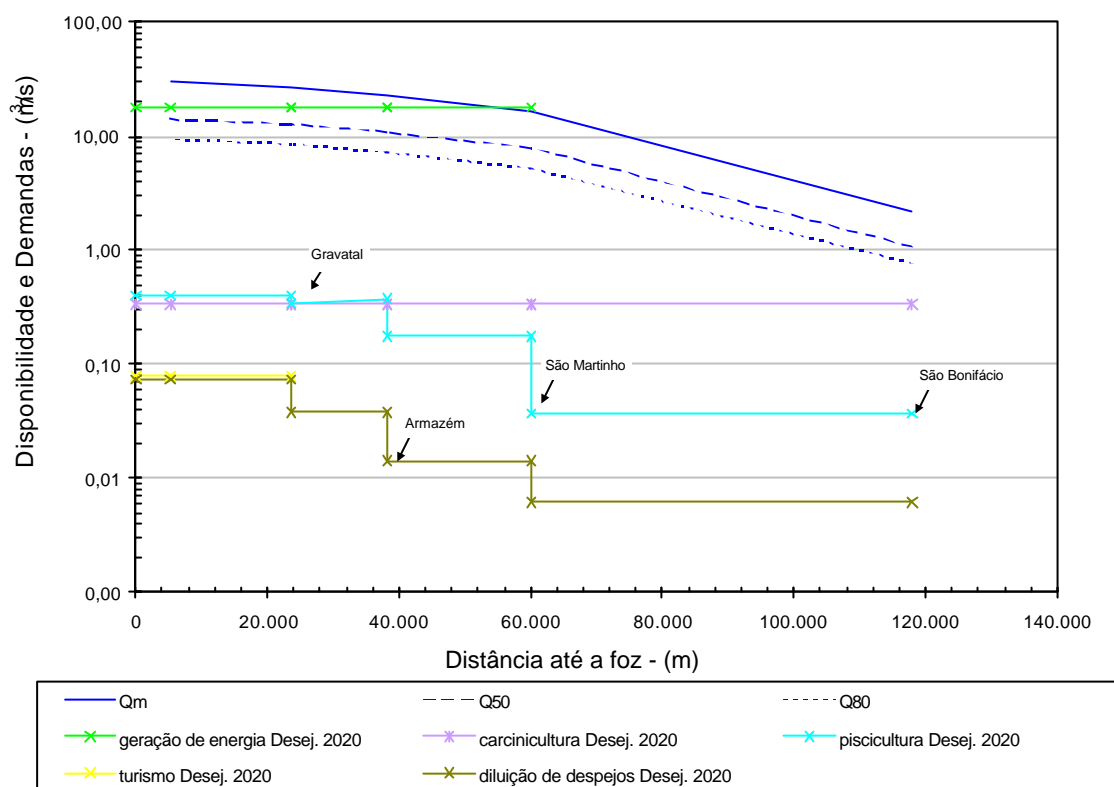


Gráfico 3.8.39 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Capivari - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

Rio Braço do Norte

A seqüência de gráficos 3.8.40 a 3.8.42 representa os prognósticos de demanda ao longo do rio Braço do Norte, para os três cenários avaliados, a longo prazo, em 2020.

Dois usos não consuntivos foram diagnosticados para a sub-bacia do rio Braço do Norte, quais sejam: diluição de despejos e piscicultura e os resultados da avaliação ao longo do curso d'água principal permitem afirmar que a situação de demanda x disponibilidade é extremamente favorável. Mesmo no cenário crítico de crescimento de demandas, há a possibilidade de atendimento das demandas não consuntivas.

Nos três gráficos a seguir, nota-se que as curvas de demanda para a piscicultura e a diluição de despejos permanecem consideravelmente abaixo das curvas de disponibilidade, indicando que ambos os usos poderão ser atendidos por um período maior que 80% do tempo.

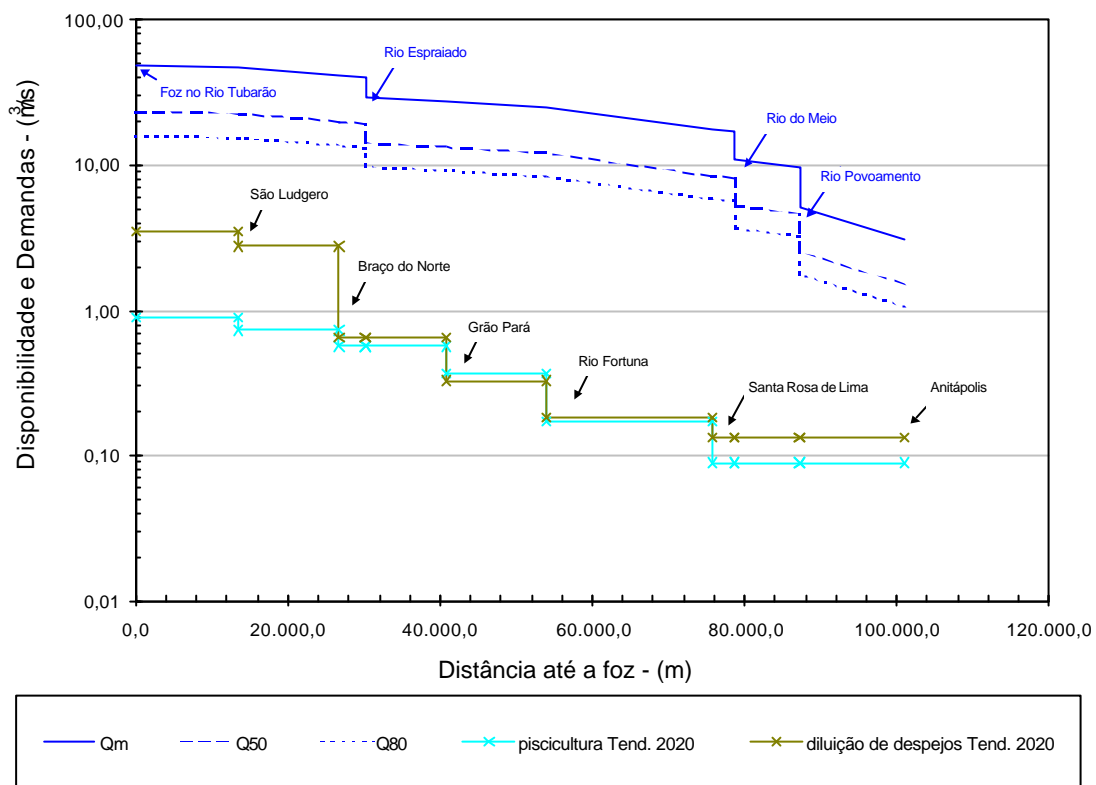


Gráfico 3.8.40 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

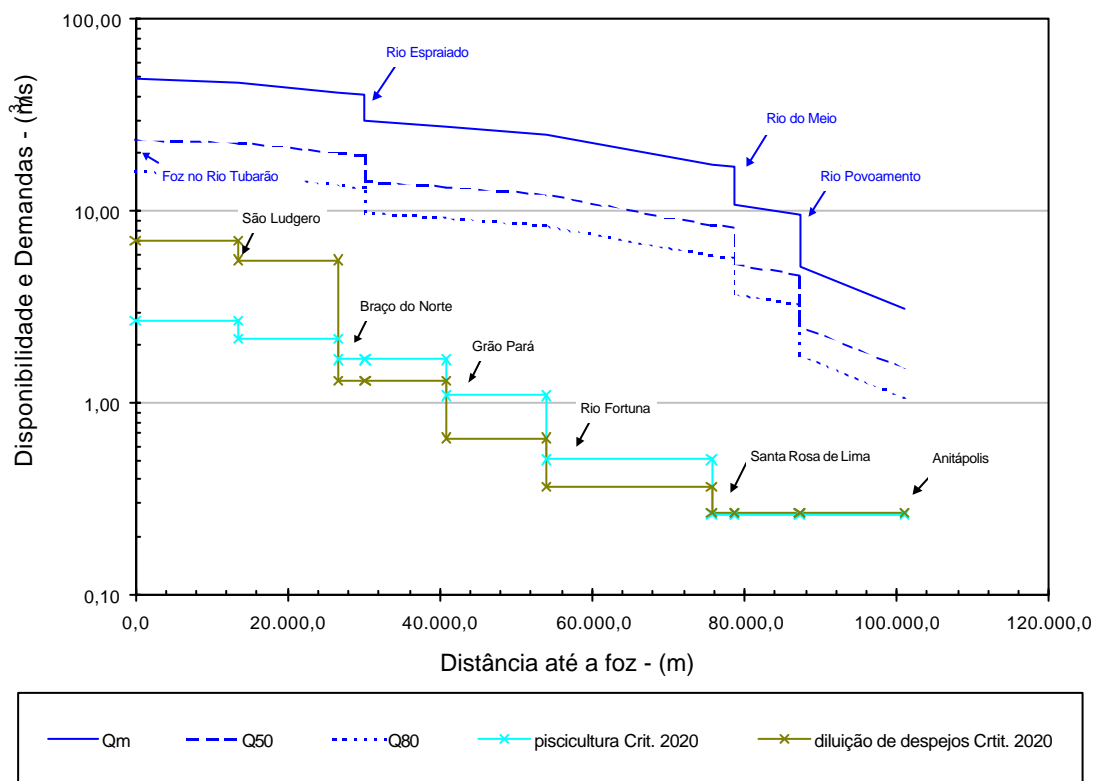


Gráfico 3.8.41 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

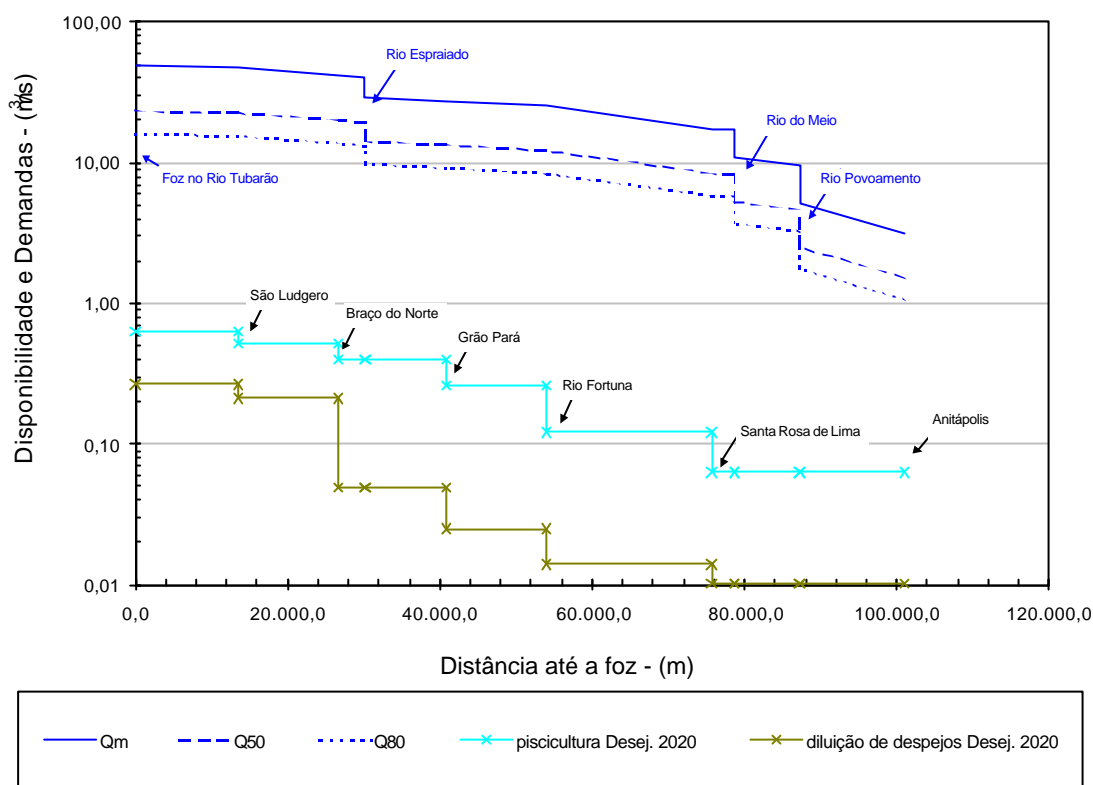


Gráfico 3.8.42 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Braço do Norte - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

Rio Tubarão

Ao longo do rio Tubarão, são englobadas as duas sub-bacias, dos Formadores e do Baixo Tubarão. As demandas não consuntivas diagnosticadas nestas duas sub-bacias se referem a: geração de energia, turismo, carcinicultura e piscicultura, diluição de despejos e navegação.

Os resultados apresentados pelos gráficos a seguir, indicam que o uso para a carcinicultura, piscicultura e para o turismo são facilmente atendidos, nos três cenários prognosticados, devendo ser viabilizado por praticamente 100% do tempo.

O caso da diluição de despejos apresenta um ponto crítico nas proximidades de Lauro Müller. Claramente ocorre um conflito devido as baixas disponibilidades, visto que a carga orgânica, com origem no município de Lauro Müller, é relativamente pequena. Neste caso, no cenário crítico e mesmo no cenário tendencial, a demanda para diluição atinge a vazão média, o que indica que não haverá água suficiente para a diluição durante 70% do tempo.

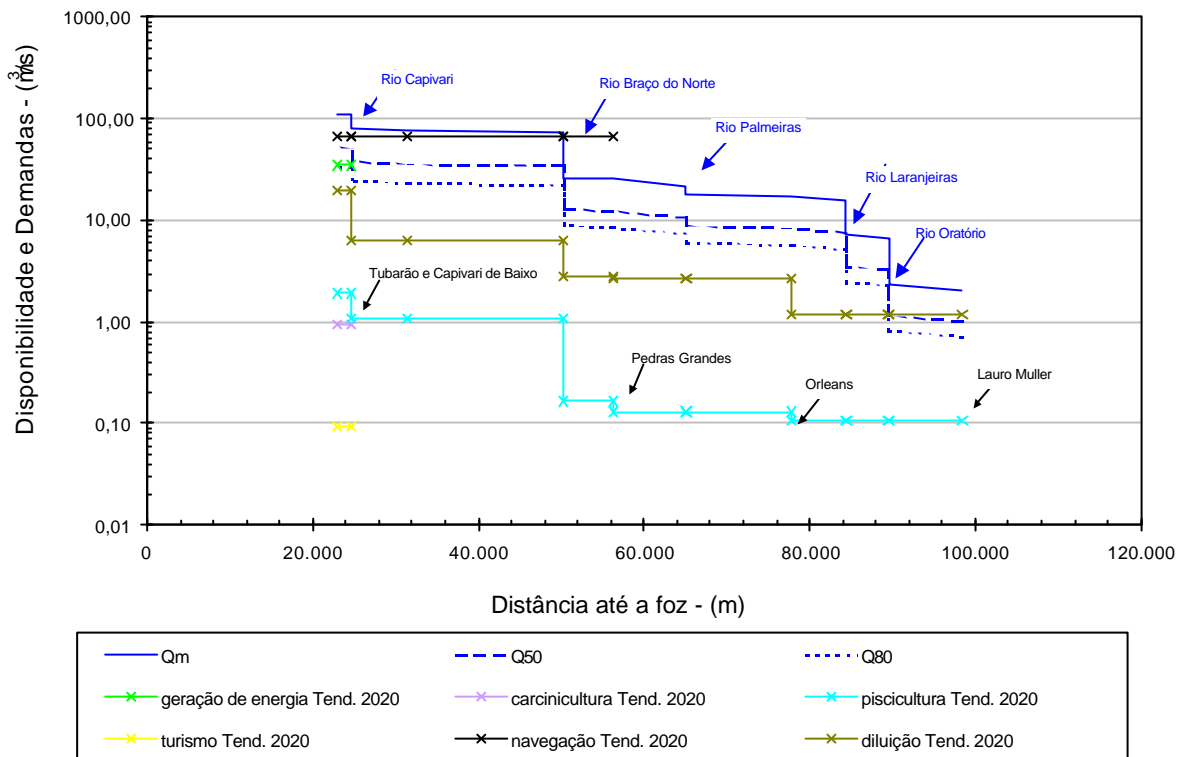


Gráfico 3.8.43 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO TENDENCIAL em 2020.

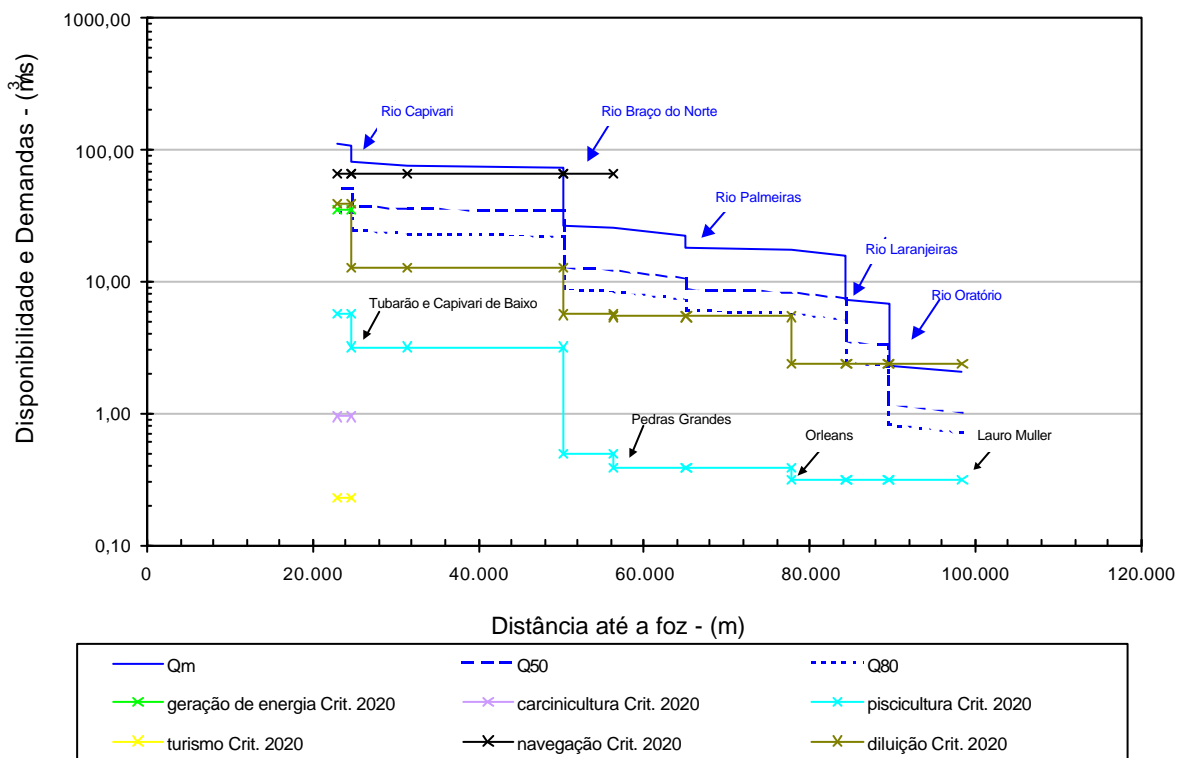


Gráfico 3.8.44 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO CRÍTICO em 2020.

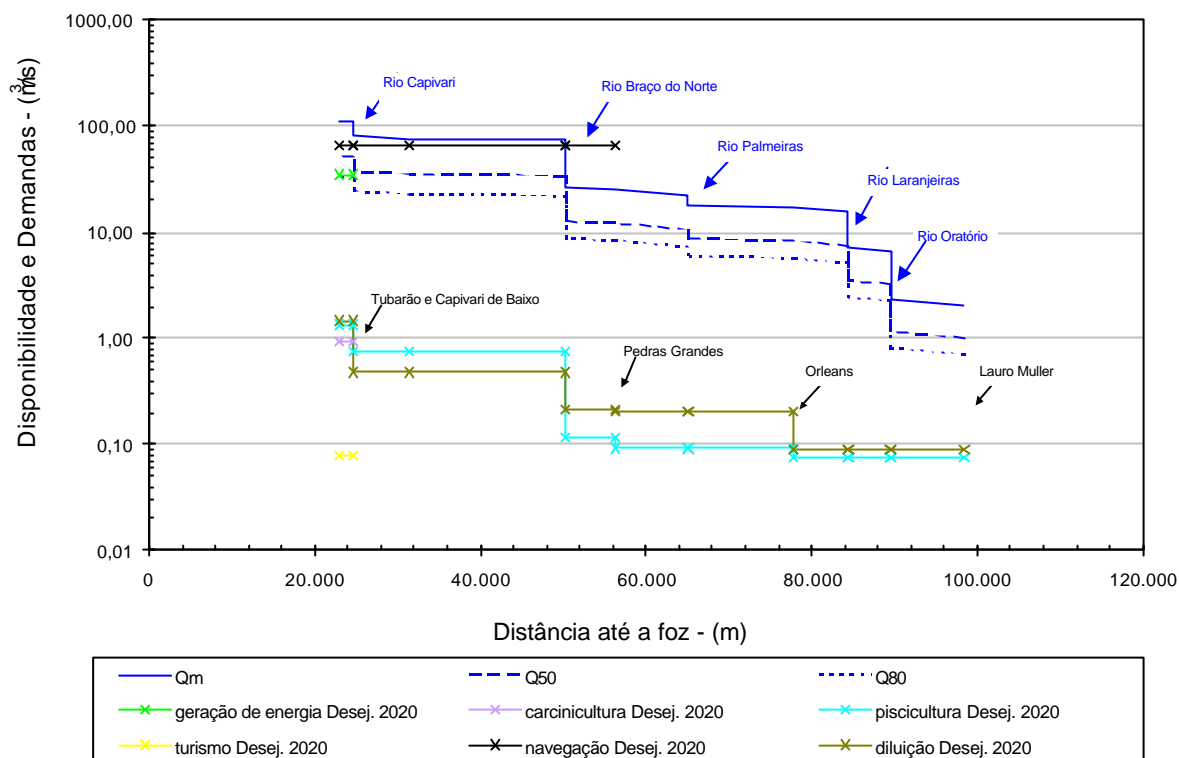


Gráfico 3.8.45 – Prognóstico de Demanda não consuntiva de água / Disponibilidade ao longo do rio Tubarão - CENÁRIO DESEJÁVEL em 2020.

Ainda com relação a diluição de despejos, pode-se afirmar que no cenário tendencial em 2020, a situação ao longo de todo o Tubarão não é favorável. Pesa neste caso, a inexistência de tratamento dos esgotos sanitários, em toda a bacia, sendo que de um modo geral, a diluição dos despejos fica comprometida em pelo menos 20% do tempo ao longo de todo o Tubarão. Por outro lado, o cenário desejável traz uma significativa diminuição desta demanda, podendo inclusive apresentar-se muito rigoroso.

A elevada demanda para a geração de energia, existente apenas junto ao município de Capivari de Baixo, atinge nos três cenários a vazão Q_{80} , indicando que também não será atendida por mais de 80% do tempo.

Por fim, a navegação, mantida no mesmo patamar ao longo dos três cenários, mostra-se acima da vazão média em alguns pontos e a sua manutenção por mais de 30% do tempo não se mostra viável.

3.8.2.3 Considerações finais sobre os conflitos quantitativos pelo uso da água na bacia

A avaliação dos conflitos quantitativos para os diversos tipos de uso da água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão indicou a existência de pontos críticos na sub-bacia do Baixo Tubarão.

Uma situação amplamente favorável é encontrada, nas sub-bacias do rio Capivari e Braço do Norte, mesmo para os cenários de crescimento de demanda, medidos a longo prazo (2020). A exceção deve ser feita para a sub-bacia do rio Capivari no que se refere a geração de energia pela PCH Capivari projetada, para a qual não haverá disponibilidade hídrica que permita seu funcionamento, a plena carga, por mais de 30% do tempo.

Uma situação pontualmente importante se refere aos elevados índices de disponibilidades de demanda consuntivas, encontrados para a sub-bacia do Rio D'Una e Complexo Lagunar, diretamente relacionados a demanda para a irrigação.

Com relação aos problemas encontrados para a sub-bacia do Baixo Tubarão, pode-se concluir que:

- no que se refere aos elevados índices de disponibilidade encontrados para as demandas consuntivas, intervenções sobre as maiores demandas de água, a UTE Jorge Lacerda e a Irrigação, devem ser discutidas. De acordo com o que será tratado no item 3.8.4, estas medidas não significam necessariamente restrições ao desenvolvimento do setor, mas devem consistir de procedimentos e implementações tecnológicas que aumentem a eficiência dos processos produtivos.

- no que se refere aos usos não consuntivos, a demanda de água para a geração de energia não será atendida por 100% do tempo, atualmente e muito menos nos cenários de crescimento a longo prazo. Neste caso, justifica-se que a operação atual da UTE Jorge Lacerda ocorra somente com 50% da sua capacidade instalada. No caso da PCH Capivari, os 12 MW de potência nominal só poderão ser mantidos por um pequeno intervalo de tempo, menor que 30%.

- O uso para a navegação também deve estar inviabilizado durante boa parte do ano, visto que a demanda para a manutenção de um calado mínimo, a demanda atinge a vazão média ao longo de boa parte do trecho, ficando sempre acima da Q_{50} .

3.8.2.4 Avaliação qualitativa de conflitos de uso

A importância da água para manutenção da saúde pública, desenvolvimento econômico e recreação de uma região é indiscutível. Além dos serviços diretamente ligados ao uso por seres humanos, água é o meio de manutenção de habitats, conservação de plantas e animais, e de seus meios físicos. Os serviços providos pela água dependem, em certo grau, da manutenção da suas estruturas hidrológica, morfológica, química, biológica e ecológica.

O balanço adequado entre utilização da água e manutenção de suas estruturas naturais permite o uso continuado da água, no presente e no futuro. Quando este balanço não é resguardado, as funções oferecidas pela água deixam de existir, com enormes prejuízos econômicos e sociais. As águas da bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar servem como fonte de abastecimento público, além de serem usadas para dessedentar animais, abastecimento industrial, irrigação, recreação e pesca artesanal.

Segundo Muñoz (1997), os cursos d'água da bacia se tornaram corpos receptores dos mais variados tipos de efluentes, ocasionando grave degradação dos ecossistemas e a conseqüente diminuição da qualidade de vida, ao mesmo tempo em que gera conflitos de diversos tipos, tais como: atividades setoriais exercidas predatoriamente e em conflitos com outras; disputa do mesmo recurso para fins diversos. Consumidores urbanos, rizicultores, pescadores, mineradores, dentre outros, representam interesses legítimos que devem ser compatibilizados no marco das limitações do ecossistema natural.

Uma das variáveis requeridas para possibilitar a continuidade das funções oferecidas pela água é a manutenção de uma vazão mínima que suporte o ecossistema aquático e promova a auto depuração dos cursos d'água face a carga de resíduos lançada nos mesmos. Dessa forma, se faz necessário um diagnóstico ambiental da bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar, apresentado a seguir, onde foram identificadas as fontes poluidoras, a degradação ambiental dos corpos d'água e foi feita a análise da situação atual e da evolução dos problemas hídricos de natureza qualitativa das sub-bacias.

A identificação dos conflitos de uso d'água na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar, no aspecto qualitativo, fornece subsídios para a implementação de instrumentos de gestão dos recursos hídricos na bacia, como a outorga de uso de água, de maneira que, além de compatibilizar os usos de água, minimizando os conflitos, será capaz de preservar os ecossistemas dos corpos d'água (rios e lagoas), limitando ou restringindo os usos mais danosos ao meio ambiente.

a) Resumo das fontes de poluição na região

A bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar apresenta sérios focos de degradação ambiental, principalmente na bacia do rio Tubarão, causados pelo lançamento de efluentes de resíduos de mineradoras, dejetos suínos, beneficiadoras de carvão, fecularias, olarias, cerâmicas, indústrias alimentícias e de pescado, termelétrica, extração de minerais pétreos, indústria química, fábrica de adubos, mecânica metalúrgica, a agricultura (agrotóxicos usados nas culturas de fumo, feijão, milho, arroz, mandioca, batata e pastagens, entre outros), além de esgotos domésticos (à exceção de Orleans e São Ludgero que tratam parte dos esgotos, os municípios abrangidos pela bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar não possuem rede coletora e sistemas de tratamento de esgotos sanitários).

Os níveis de acidez, a concentração de sulfatos, ferro, níquel, cádmio e sólidos totais, especialmente em determinados pontos da bacia, encontram-se muito alterados. Como decorrência de todas estas fontes poluidoras, esta região hidrográfica está entre as mais poluídas do Brasil, constituindo uma das três regiões consideradas críticas do estado (SDM, 1997).

A seguir, é apresentada uma caracterização das fontes de poluentes na região. Vale ressaltar que, além das informações coletadas em campo, na campanha de diagnóstico do Uso do Solo e Cobertura Vegetal, Dinâmica Fluvial, Potencial Erosivo, Bióta Aquática e Cadastro de Usuários, o resgate do grande volume de informações, contidos SDM (1998) e FATMA (1995), foi de fundamental importância nesta caracterização.

Mineração de carvão

A degradação ambiental provocada por todas as atividades envolvidas na extração e beneficiamento do carvão, atua negativamente, e de diversas formas, na qualidade ambiental. Os recursos hídricos, o solo e a qualidade do ar sofrem influência direta destas atividades, contribuindo negativamente para o desenvolvimento da fauna e flora regionais.

A oxidação do material piritoso, gera significativa carga de acidez com a conseqüente diminuição do pH das águas, ocasionando a solubilização de uma ampla gama de metais pesados afetando o ecossistema regional.

Resíduos sólidos domésticos e hospitalares

A disposição inadequada dos lixos hospitalares e domésticos contribui também para degradação da qualidade dos recursos hídricos. Não existe na bacia do rio Tubarão, nenhum aterro de resíduo sanitário licenciado pela FATMA - Fundação do Meio Ambiente, o que indica que os mesmos não se encontram dentro das normas técnicas elaboradas para evitar a contaminação ambiental.

Para uma idéia preliminar da agressão causada pelos depósitos de resíduos a céu aberto, salienta-se que o chorume produzido pela decomposição do lixo possui uma DBO5 da ordem 20.000 mg/l. A lixiviação destes depósitos pelas águas das chuvas contribui para o enriquecimento do chorume em substâncias químicas nocivas, normalmente presentes no lixo, como é o caso dos metais pesados e outras substâncias tóxicas. O resíduo hospitalar ainda apresenta como agravante a presença de organismos patogênicos.

Termelétricas

Os poluentes atmosféricos gerados pelas termelétricas, principalmente os de origem sulfurosa, além da contaminação do ar, podem contribuir também para a acidificação de rios e lagoas.

Outros aspectos, causadores de degradação ambiental, são os depósitos do carvão mineral utilizado nas caldeiras e o resíduo gerado em forma de cinzas, cuja lixiviação produz um efluente com o baixo pH e alta concentração de metais como ferro, manganês, zinco, cobre, entre outros. A água utilizada para arraste de cinzas caracteriza-se por elevado pH e presença de metais pesados como de belênio, zinco, manganês, arsênio e outros.

Suinocultura

A bacia do rio Tubarão concentra a atividade ligada à criação de suínos, principalmente, na região próxima ao município de Braço do Norte. Estima-se que a população de suínos ultrapasse 420.000 cabeças na bacia, equivalente a uma poluição de 68 t DBO₅/dia. Grande parte desta carga poluidora é lançada no Rio Tubarão através de seus afluentes, e contribui para a desoxigenação dos cursos hídricos e eutrofização das lagoas.

Agropecuária

A ampliação das áreas de pastagens e obras de irrigação para a rizicultura influencia negativamente na conservação do meio ambiente e, principalmente, na região do baixo rio Tubarão. Em muitos casos, ocorre a retirada total da vegetação palustre até a orla das lagoas. Esta formação vegetal é vital para o ecossistema.

Fecularias

Inúmeras fecularias concentram-se na região do município de Imaruí, sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar. Os efluentes dessas indústrias são constituídos pelas águas utilizadas na lavagem do descascamento da mandioca e águas de extração de amido, possuindo uma elevada concentração de matéria orgânica (DBO₅), de sólidos e de cianetos. A maior parte das fecularias e dos engenhos de farinha, lança seus efluentes diretamente nos cursos d'água.

Estas agroindústrias geram uma carga poluidora que, de acordo com levantamentos efetuados pela FATMA (1988), equivalem à carga de esgoto produzido para uma cidade de 1,3 milhão de habitantes. Estes efluentes representam uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 68 t/dia e uma carga de ácido cianídrico de 91,1 kg/dia.

Algumas lagoas e rios recebem diretamente esse tipo de poluente, podendo desencadear processos de eutrofização, interferido na produtividade desses ambientes e, de alguma forma, interferindo também a cadeia alimentar é afetada.

Cerâmicas e olarias

Os poluentes dessas indústrias são provenientes da água de lavagem de moinhos e tanques usados na preparação do esmalte, na preparação de corantes e da água utilizada em limpezas diversas na fábrica. Em todas estas formas de efluentes, estão presentes óxidos metálicos de chumbo, berílio, zinco, cálcio, alumínio, silício, zircônio, potássio, magnésio e outros poluentes das matérias-primas utilizadas na fabricação de vidrados sob forma de sólidos em suspensão.

Agrotóxicos

Na agricultura da região existe uma predominância de culturas temporárias, destacando-se o fumo, o arroz e ortigranjeiros, nos quais o uso de insumos agrícolas é mais intenso, sendo que o uso de agrotóxicos vem causando constante preocupação.

Nas lavouras de arroz e ortigranjeiros são usados intensamente herbicidas, inseticidas e fungicidas, enquanto a cultura de fumo contribui no uso intenso de inseticidas. A rizicultura tem como agravante o uso de herbicidas e inseticidas diretamente na água de irrigação e o manejo incorreto d'água após o seu uso na irrigação, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos.

b) Problemas hídricos de natureza qualitativa nas sub-bacias

A seguir, são apresentados os principais problemas hídricos de natureza ambiental em cada uma das sub-bacias da região.

Sub-bacia do rio Capivari

Os principais usos da água na bacia estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes da suinocultura e agropecuária. Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pela suinocultura (obviamente em menor escala que nos municípios da sub-bacia do rio Braço do Norte) e efluentes domésticos sobre a qualidade das águas desta sub-bacia contribuem com concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fosfato e índice de coliformes totais e fecais.

O resultados das análises realizadas em abril de 1998 pela UNISUL (SDM, 1998) mostram que na sub-bacia do rio Capivari, em 15 pontos de coletas, o índice de qualidade d'água (IQA, CETESB 1993) variou de aceitável a boa.

No município de Armazém, o abastecimento humano é proveniente de fontes de água mineral, de forma que, não existem conflitos pelo uso da água de abastecimento. Os corpos d'água: Córrego Sertão dos Correias e Rio Capivari recebem a carga de efluentes do município. Por outro lado, em que pese estes cursos d'água não servirem a usos como abastecimento público, recreação e irrigação, um potencial conflito é gerado com relação a pequena atividade de pesca ainda presente no rio Capivari.

O município de Gravatal é abastecido pela água do córrego São Miguel, que é afluente do rio Capivari. A água do córrego São Miguel é de qualidade duvidosa, pois, à montante da área de captação, existe uso intensivo de solo como a cultura fumageira, a qual os agricultores utilizam freqüentemente o inseticida, nematicida sistêmico chamado FURADAN. Há, ainda, criação de gado e granjas de suínos. Verificou-se, próximo ao local da captura, o uso de herbicidas como o TORDON, para o controle de ervas daninhas. No município de Gravatal, fica evidente o conflito de usos d'água, no ponto de vista qualitativo.

Não há rede separadora de esgoto em Gravatal. A coleta é feita por rede unitária, que consiste na absorção do esgoto residual pela rede pluvial, que é lançado "in natura" no canal DNOS, que desemboca no rio Capivari. Os hotéis das Termas do Gravatal utilizam, na sua maioria, lagoas para lançamento de esgoto sem nenhum tratamento, sendo que essas lagoas servem também para recreação e para pesca. Dessa forma, fica evidente o conflito dos usos diluição de efluentes e turismo no município.

O município de São Bonifácio é abastecido pela água do córrego João Roesner, que é afluente do rio Capivari. O córrego João Roesner passa por uma região de pastagens, o que torna suas águas de qualidade duvidosa para o consumo humano. Face a essa perspectiva, e em função das pressões da sociedade local, há projeto de mudança da área de captura. Todavia, até o momento, nenhuma escolha foi efetivada para tal fim.

O município de São Martinho é abastecido pela água do rio Cachoeira, que é afluente do rio Capivari. O rio Cachoeira encontra-se protegido, à montante da área de captação, por densa vegetação. Entretanto, segundo informações do chefe local da CASAN, a referida área já foi palco de intensa atividade agropecuária, com uso de herbicidas e agrotóxicos.

Pelos exposto acima, fica clara a necessidade primordial de se preservar os mananciais da bacia, para garantir o futuro abastecimento humano de água potável.

Sub-bacia do rio Braço do Norte

Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pela suinocultura e efluentes domésticos sobre a qualidade das águas desta sub-bacia contribuem com concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fosfato e índice de coliformes totais e fecais. Os principais usos d'água na sub-bacia estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes da suinocultura e agropecuária.

O resultados das análises realizadas em abril de 1998 pela UNISUL (SDM, 1998) mostram que na sub-bacia do rio Braço do Norte, em 17 pontos de coletas, o índice de qualidade d'água (IQA, CETESB 1993) variou de aceitável a boa, apesar da concentração de DBO no rio Braço do Norte apresentar valores acima da resolução 20/86 do CONAMA para a classe 2 (5 ppm), chegando a valores na ordem de 70 ppm.

O município de Anitápolis é servido por água proveniente do Rio do Ouro, afluente do Rio Povoamento. Segundo os técnicos da prefeitura, sob qual gestão encontra-se os serviços de abastecimento público do município, a água é de excelente qualidade. As galerias pluviais coletam, também, as águas residuais, através de uma rede com extensão de 4,5 Km. Do total das 450 residências urbanas, a grande maioria lança seus dejetos, "in natura", no Rio Povoamento, o qual é também utilizado para pesca, irrigação e recreação.

O município de Santa Rosa de Lima é servido por água de um ribeirão que recebe denominação local de córrego da CASAN. Segundo os técnicos da CASAN, a água bruta apresenta qualidade duvidosa, pois à montante da área de captura existem usos intensivos de solo, com plantação de cana-de-açúcar e criação de suínos. A coleta do esgoto cloacal no município é feita por uma rede unitária distribuída por vários setores da cidade. As águas residuais são lançadas "in natura" no Rio Braço do Norte, o qual é usado por banhistas no período de verão.

O município de Rio Fortuna é servido no abastecimento público por uma captação localizada no córrego São Marcos, afluente do Rio Fortuna. Em períodos de grande estiagem, a água demandada pelo referido córrego não é suficiente para atender às necessidades da população urbana local, nesse caso, a água para abastecimento público é retirada diretamente do rio Fortuna, através de bombeamento. Segundo o técnico da CASAN, a água do córrego São Marcos é de boa qualidade, porém, a água do rio Fortuna apresenta índice elevado de contaminação por dejetos de suínos oriundos das granjas existentes à montante. Em pequena quantidade, os dejetos suínos são apropriados à alimentação da fauna aquática, contudo, há inúmeras denúncias de mortandade de peixes, o que revela a existência de uma quantidade de dejetos superior à capacidade de suporte do rio.

Em consequência do excesso de dejetos, vem aparecendo grande quantidade de mosquitos vulgarmente denominados “borrachudos”. Isso ocorre porque os dejetos liberam gorduras, que criam um limo nas pedras e formam o habitat ideal para a proliferação dos mesmos. Por outro lado, com a quebra da cadeia alimentar pela mortandade de piavas e traíras, espécies que se alimentam de larva dos borrachudos, sua proliferação atinge, hoje, níveis sem precedentes.

As economias urbanas, conforme informou o secretário de obras do município de Rio Fortuna, dispõe de sistemas de fossa séptica e sumidouro, porém, aproximadamente 40% dos domicílios urbanos têm ligações clandestinas, e o destino dos dejetos é o próprio rio Fortuna, usado à jusante para recreação.

O município de Grão Pará é abastecido por água proveniente das barragens implantadas nos rios Mussolini, Amélia e Areão. Esse sistema de tripla captura envolve custos mais elevados, porém, justifica-se, segundo o diretor da SAMAE, órgão que administra o sistema de abastecimento público local, pelo baixo potencial hidrico dos referidos rios, principalmente em épocas de estiagem. O rio Mussolini encontra-se protegido, no ponto de captura d'água que serve a área urbana de Grão Pará, por uma vegetação bastante densa. Todavia, à montante do referido ponto, existe uma dinâmica atividade agropecuária, representada, principalmente, pela criação de suínos e cultura fumageira com o uso de agrotóxicos. Não há rede separadora de esgoto residual na cidade de Grão Pará. 75% de todas as economias urbanas dispõem de sistemas de fossa e sumidouros. Os 25% restante jogam as águas residuais diretamente na rede pluvial ou em canais a céu aberto, cuja destinação final são os rios que banham a cidade.

O município de Braço do Norte é servido pela água proveniente do Rio Braço do Norte. A água, segundo os técnicos da CASAN, apresenta problemas decorrentes dos usos do solo à montante, principalmente no que diz respeito à atividade de suinocultura. Não há rede separadora de esgoto residual na cidade de Braço do Norte e a destinação final do esgoto é o rio Braço do Norte, afluente do rio Tubarão, que tem, entre outros usos, o abastecimento de água das cidades de Tubarão e de Capivari de Baixo.

O município de São Ludgero é abastecido pelas águas do rio Bom Retiro, cuja água bruta é de boa qualidade, segundo os técnicos da SAMAE. Entretanto, observa-se à montante do rio Bom Retiro uso do solo para a agropecuária, com criação de gado bovino e suinocultura. No município existe um sistema de dupla captura de esgoto : separadora e unitária. O primeiro consiste de um sistema de canalização apropriada ao escoamento dos dejetos humanos. Os dejetos são conduzidos, por gravidade, à lagoa de estabilização, localizada na periferia da cidade. As residências que não têm acesso a esta rede separadora utilizam-se da rede de esgoto pluvial, de maneira quase sempre clandestina.

Sub-bacia dos formadores do rio Tubarão

A degradação ambiental nessa sub-bacia é devida, principalmente, à exploração do carvão mineral. Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pelos efluentes da mineração e beneficiamento do carvão mineral sobre a qualidade das águas desta sub-bacia comprometem os usos da água, tanto para as comunidades locais, que vivenciam os conflitos, como para a sub-bacia do Baixo Tubarão, já que os problemas de poluição que ocorrem nas nascentes, prejudicam as demais atividades à jusante desenvolvidas na bacia (BENDER, 1998).

Cabe salientar que o Rio Tubarão inicia-se na altura da cidade de Lauro Müller, após a confluência dos rios Rocinha e Bonito. Estes formadores, nascem na Serra Geral, no limite entre os Municípios de Lauro Müller e Bom Jardim da Serra.

Os principais usos da água nessa sub-bacia estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, gerados pelos Municípios de Lauro Müller, Orleans e Pedras Grandes, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes da mineração/beneficiamento do carvão mineral e agropecuária.

Para uma melhor compreensão das condições ambientais das águas influenciadas pelas atividades de mineração e beneficiamento do carvão mineral, é oportuno comentar a respeito do processo poluidor nas regiões carboníferas, conforme descrito por BENDER (1998).

Os problemas de poluição hídrica nas regiões carboníferas são qualitativamente similares em todos os locais de lavra e beneficiamento e se devem, na maior parte, à oxidação da pirita (FeS_2 - sulfeto de ferro) que ocorre associada ao carvão e que, quando exposta ao ar e à umidade, se oxida, gerando ácido sulfúrico e compostos de ferro que acabam sendo carregados até os cursos d'água.

As águas sulfurosas tem origem diretamente relacionada as minas de sub-solo (drenagem), aos processos de beneficiamento e a disposição de rejeitos. A drenagem e a água de infiltração levam combinações de enxofre para as águas superficiais.

Existem dois tipos principais de resíduos, o material estéril e o rejeito do beneficiamento. O material estéril, removido para atingir o minério, é depositado em pilhas localizadas nas proximidades da mina. A principal característica deste material é a heterogeneidade do tamanho das partículas, variando desde frações argilosas até blocos de vários metros (SHINOBE, SRACEK, 1998). Esta heterogeneidade resulta em alta permeabilidade na pilha de estéril até a base.

O outro tipo de resíduo de mina é o rejeito do beneficiamento, resultante do tratamento do minério. Este tipo de material é britado e moído antes do tratamento, resultando em grãos relativamente pequenos, do tamanho silte (SHINOBE, SRACEK op cit.). Na mineração, tanto no caso do estéril como no caso do rejeito, a oxidação da pirita é responsável pela geração de acidez.

Os resultados das análises realizadas em abril de 1998 pela UNISUL (SDM, 1998) mostram que na sub-bacia dos formadores do Tubarão, dos 17 pontos de coleta, o índice de qualidade d'água (IQA, CETESB 1993) considerou a água imprópria para tratamento convencional em 4 pontos, boa em outros 4 e aceitável nos demais.

O principal fator responsável pelos baixos índices de qualidade d'água na sub-bacia foi o baixo pH provocado pelas águas sulfurosas e pela oxidação da pirita. O pH atingiu valores na ordem de 3,68 em 2 pontos na sub-bacia, enquanto que a resolução 20/86 do CONAMA determina o valor do pH entre 6 e 9 para a classe 2.

Outro fator responsável pelos baixos índices de qualidade d'água na sub-bacia foi a carga orgânica DBO que apresentou valores acima do determinado pela resolução 20/86 do CONAMA (5 ppm para a classe 2) em todos pontos, chegando a atingir 60 ppm.

O município de Lauro Müller é abastecido por água proveniente do Rio Bonito, um dos formadores do rio Tubarão. Os serviços de abastecimento de água na cidade de Lauro Müller e do distrito de Barro Branco são de responsabilidade da CASAN, e na localidade de Itanema e no distrito de Guatá os serviços de abastecimento de água são prestados pela prefeitura. Segundo os técnicos da CASAN, a água de abastecimento público local é de boa qualidade. Na verdade, ressaltamos que à montante da área de captação da CASAN (Rio Bonito), encontram-se as escarpas da Serra Geral, nas quais não há atividades humanas que possam comprometer a qualidade d'água. Todavia, a água que abastece a localidade de Itanema e o distrito de Guatá foi descrita, pelo chefe local da CASAN, como de qualidade duvidosa, porque os índices de cáries dentárias e verminoses são, naquelas localidades, relativamente elevados, principalmente nas faixas etárias inferiores a 12 anos.

Não há rede separadora de esgoto residual no município de Lauro Müller. A coleta é feita por uma rede unitária, que consiste na absorção de esgoto residual pela rede pluvial. A maior parte das residências lança seus dejetos "in natura" na rede, que tem como destino final o rio Tubarão. A nível local, o corpo d'água que recebem a carga de efluentes (águas pluviais e esgoto doméstico) não possui outros usos, tais como abastecimento público, recreação, irrigação, etc.

O município de Orleans é servido por água proveniente do Rio do Novo, afluente do rio Tubarão. O abastecimento de água para cidade é de responsabilidade da SAMAE e, segundo seus técnicos, a água bruta é de boa qualidade, porém, observa-se, à montante do ponto de captação, extensões de solo com intensivo uso agropecuário: cultivo de cana-de-açúcar e criação de gado suíno e bovino.

Orleans possui sistema de dupla captura de esgoto: separador e unitário. O sistema separador consiste em canalizações específicas, com ligações de diferentes economias, este é direcionado, por gravidade, à lagoa de estabilização, localizada próximo ao trevo de acesso à cidade. Após tratamento, as águas residuais, com aproximadamente 80% de potabilidade, são lançadas no rio Tubarão, que à jusante, é demandado para a irrigação e outros sistemas de abastecimento de água (sub-bacia do Baixo Tubarão). Foi observado, nos bairros que não possuem rede separadora de esgoto, que, em locais onde a rede pluvial escoar suas águas para os rios e córregos do município, ocorre o odor característico de dejetos humanos, fato que indica a presença de ligações clandestinas.

O município de Pedras Grandes é abastecido por água proveniente do Rio Cocal, afluente do rio Azambuja. Do ponto de vista do técnico da SAMAE, empresa que coordena o sistema de abastecimento de água do município, a água bruta é de boa qualidade. Na verdade, o ponto de captação encontra-se protegido por densa vegetação e não há usos sistemáticos de solo à montante. Não há rede separadora de esgoto cloacal na cidade e a rede pluvial recebe ligações residenciais e de outros usos cuja destinação final é o rio Azambuja, que banha o centro da cidade. É importante observar que os rios que cortam o município recebem os resíduos liberados pelas feculárias locais, cuja tratamento preliminar parece duvidoso face a mortandade sistemática de peixes.

Sub bacia do baixo Tubarão

Os principais usos da água nesta sub-bacia estão relacionados ao abastecimento público, recepção de efluentes domésticos gerados pelos municípios de Tubarão, Capivari, Treze de Maio, Sangão e Jaguaruna, abastecimento e recepção de efluentes líquidos provenientes das feculárias, irrigação do arroz e balneabilidade.

Os principais conflitos pelo uso da água na sub-bacia são descritos a seguir:

Lagoa do Arroio Corrente: Conflitos decorrentes do uso da água para abastecimento público e recreação. A lagoa é uma fonte de captação de água para a cidade e para a Praia de Jaguaruna e, ao mesmo tempo, vêm sendo utilizadas por praticantes de sky aquático, banhistas e demais frequentadores do camping, localizado em suas proximidades. Cabe salientar que o esgoto do camping está situado em terreno arenoso.

Lagoa do Laranjal (ou Encantada) - No período que corresponde à liberação das águas contidas nas canchas do arroz irrigado, existe a possibilidade de conflitos entre a rizicultura e a captação de água para a Praia da Barra do Camacho.

Lagoas de Garopaba do Sul e do Camacho: conflitos entre rizicultores e pescadores pela abertura da Barra do Camacho. Para os pescadores, a abertura da barra implica a entrada de pescado, em especial o camarão; para os rizicultores, implica o aumento da salinização das águas. Por outro lado, a vazão das águas do Rio Jaguaruna pela Barra do Camacho implica a diminuição de vazão na Barra da Laguna, e em períodos de estiagem, maior sedimentação neste canal, (segundo o especialista Colombo Machado Sales e o Eng^o. Alberto Odon May).

Rio dos Correias: conflitos decorrentes do uso da água para fecundarias e agricultura.

Foz do Rio Capivari: conflitos relacionados aos problemas de poluição inorgânica, devido à localização das bacias de sedimentação de cinzas do complexo Termelétrico Jorge Lacerda e das bacias de segmentação de finos de carvão do Lavador de Capivari, que está desativado desde 1989.

As bacias de sedimentação de cinzas se localizam à margem direita do rio Capivari, próximo à foz e são utilizadas como um método de remoção por via hidráulica de cinzas pesadas e leves, geradas na combustão do carvão mineral na usina termelétrica. As cinzas possuem características alcalinas e, de acordo com os resultados apresentados pela ELETROSUL em 1990, os elevados índices de pH propiciam a precipitação da maioria dos metais presentes em sua composição.

Na margem esquerda do Rio Capivari, também próximo à foz, localizam-se as bacias de sedimentação de finos de carvão do lavador de Capivari (LAVACAP), que se caracterizam por uma fração fina, proveniente da britagem do carvão, que é arrastada pelas águas, conferindo-lhe cor preta com grande quantidade de sólidos finos em suspensão. Os resíduos sólidos provenientes tanto das bacias de sedimentação de cinzas, quanto das bacias de sedimentação de finos podem contaminar em maior ou menor grau as águas superficiais e sub-superficiais, devido a composição química das cinzas e do carvão, às condições de lixiviação e à eficiência dos sistemas de tratamento destes efluentes.

O uso intensivo de bacias de sedimentação, como método de remoção de sólidos, deve-se a grande quantidade de rejeito, que é intrínseco ao carvão catarinense, à sua eficiência e ao seu baixo custo, pois os sólidos decantados já estão dispostos definitivamente e não precisam ser transportados para sua deposição final.

As bacias são construídas com alturas variáveis, sendo sua conformação determinada pelas características topográficas locais. Apesar de desativado, o processo de poluição das bacias de sedimentação do LAVACAP continua, uma vez que não houve recuperação da área, de acordo com as recomendações do DNPM.

Rio Tubarão: de acordo com o que já foi anteriormente mencionado, o Rio Tubarão inicia-se na altura da Cidade de Lauro Müller, após a confluência dos rios Rocinha e Bonito, seus formadores, e comporta-se como um sistema fluvial meandrante, caracterizando-se no seu alto curso por apresentar vales profundos em forma de "v", encostas íngremes e leito com corredeiras. Drena a região de mineração em suas nascentes, onde ocorrem extensas áreas de mineração e depósitos de rejeitos do beneficiamento do carvão, que contribuem com elevadas concentrações de poluentes, ultrapassando os padrões de qualidade estabelecidos na legislação ambiental vigente, devido às baixas vazões.

No seu médio curso, apresenta vertentes suavizadas pelo modelado de dissecação em colinas. Nesta porção, recebe seus principais afluentes, os rios Braço do Norte e Capivari, que amenizam a poluição inorgânica em função do aumento da capacidade de diluição, porém, o rio Braço do Norte contribui para o aumento da carga orgânica no rio Tubarão, devido a grande quantidade de criadouros de suínos na sub-bacia do rio Braço do Norte.

No baixo curso, predominam os processos de deposição, dando origem a amplas planícies. Nesta porção, estão em operação as usinas termelétricas do Complexo Jorge Lacerda e uma unidade desativada para o beneficiamento de rejeitos piritosos, localizada no Banhado da Estiva dos Pregos (BENDER, 1994).

As contribuições recebidas da bacia do Rio Tubarão, do Banhado da Estiva dos Pregos, das fecularias e das áreas agricultáveis, têm contribuído para a degradação do sistema lagunar formado pelas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim. Vale ressaltar que a carga orgânica proveniente dos rios Braço do Norte e Capivari e a carga inorgânica originária dos formadores do Tubarão são responsáveis, em parte, pela elevada degradação ambiental que se encontra o baixo Tubarão.

O resultados das análises realizadas em abril de 1998 pela UNISUL (SDM, 1998) mostram que na sub-bacia do baixo Tubarão, em 17 pontos de coletas, o índice de qualidade d'água (IQA, CETESB 1993) foi considerado impróprio para tratamento convencional em 4 pontos, ótima em 1 (nascente do rio dos Correias), boa em outro e as demais aceitável. Os principais fatores responsáveis pelos baixos índices de qualidade d'água na sub-bacia foram: baixo pH; alta carga de DBO; altos índices de coliformes fecais e totais; e elevada concentração de sólidos totais.

O município de Treze de Maio é abastecido por águas provenientes do rio Coruja, afluente do rio Salto. Do ponto de vista dos técnicos da prefeitura, a água bruta é de boa qualidade. Observa-se, entretanto, a existência de usos residenciais e agropecuários à montante da captação. Não há rede separadora de esgoto cloacal na cidade. A rede pluvial recebe ligações residenciais e de outros usos, cuja destinação final é o rio do Salto que banha o centro da cidade. É importante observar que os rios da região recebem os resíduos provenientes das feculárias locais, após passarem por processo de decantação. Todavia, não obstante esse processo, vem se registrando mortalidade de peixes, principalmente no período de verão, onde ocorrem as menores vazões.

O município de Sangão é servido por água proveniente do Rio Dona Alvina Sutter. Não há rede de esgoto cloacal no município. A coleta é feita por rede unitária (águas pluviais e o e residuais). Somente as residências mais novas possuem sistema de tratamento preliminar, que consta de fossa séptica e sumidouros. Esse quadro revela o lançamento *in natura* da esmagadora maioria dos dejetos produzidos pela população urbana nos rios e córregos locais.

O município de Jaguaruna é abastecido por água proveniente da lagoa do Arroio Corrente, corpo de água doce alimentada pelo lençol freático situado na localidade de Arroio Corrente. Do ponto de vista do técnico da SAMAE, a água é de excelente qualidade. Todavia, observa-se, no entorno da mesma, usos agropecuários extensivos onde se destaca o gado bovino. O município não dispõe de uma rede separadora de esgoto. A rede pluvial recebe as ligações residenciais de águas residuais cuja destinação final é o rio Jaguaruna, que banha o centro da cidade e possui outros usos, tais como irrigação e pesca artesanal. É importante ressaltar que o rio Jaguaruna recebe, também, grande quantidade de agrotóxicos utilizados nas lavouras de arroz da região.

Os municípios de Tubarão e Capivari de Baixo são abastecidos por água proveniente do próprio rio Tubarão. Segundo os técnicos da CASAN, a água que abastece os municípios não pode ser consumida sem que seja feito o tratamento adequado. Por isso dois fatores vêm preocupando os técnicos. O primeiro é o grande aumento das quantidades de dejetos de suínos provenientes do vale do Braço do Norte, que vem exigindo cada vez dosagens maiores de produtos utilizados no tratamento para que a água possa ser consumida segundo os parâmetros da Fundação Nacional de Saúde.

Outro problema é o acúmulo de resíduos nas paredes das tubulações provenientes do tratamento da água comprometendo o diâmetro das mesmas.

No município de Tubarão existe, para fins de coleta de esgoto uma rede unitária que recebe as águas pluviais juntamente com ligações clandestinas de águas residuais, como esgoto cloacal das residências. As principais redes pluviais contendo ligações clandestinas de esgoto têm como destino final o rio Morto, que é um canal que passa próximo a ferrovia na periferia sul da cidade.

O município de Capivari de Baixo dispõe de galerias pluviais, as quais coletam, também, as águas residuais. Essas galerias desembocam no canal Santa Lúcia que é afluente do rio Tubarão onde a pesca artesanal é historicamente desenvolvida.

Sub bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar

O Complexo Lagunar inclui as lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim e as sub-bacias que deságuam diretamente dentro deste sistema, denominadas de bacia do Rio D'Una, do Rio Aratingaúba, do Rio Mané Chico, do Rio Tombo D'Água, do Rio do Siqueiro e o Ribeirão do Saco Grande.

O principal conflito pelo uso da água está relacionado à rizicultura, que consiste na semeadura em solo inundado com sementes pré-germinadas, e é uma atividade desenvolvida em parte da planície das bacias do Rio D'Una e do Rio Aratingaúba.

Segundo LOPES (1998), a utilização de diversos produtos químicos, nas várias etapas do cultivo do arroz, vem gerando conflitos pelo uso da água com os pescadores do complexo lagunar (lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim), que afirmam que a pesca vem diminuindo devido à contaminação das águas; alvo de notícias em jornais desde 1993, quando houve grande mortandade de peixes e mau cheiro proveniente das águas da Lagoa do Mirim e da bacia do Rio D'Una. Em que pese, neste caso da diminuição da pesca, fatores intrínsecos a atividade dos pescadores (tais como o aumento do número de pescadores e a pesca sem controle) e fatores do contexto de saneamento básico em toda a bacia.

Outro fato importante citado por LOPES (1998), diz respeito à captação de água na bacia do Rio D'Una, para o abastecimento do Município de Imbituba, que gerou conflitos entre a população e os rizicultores, culminando na Ação Civil Pública nº 213/95. A ação foi baseada nos possíveis problemas de saúde decorrentes de resíduos de produtos químicos contidos na água, e que eventualmente não são eliminados pelo tratamento de água.

A seguir serão apresentadas algumas considerações sobre o estudo realizado nas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH em parceria com a UNISUL, em 1994.

A concentração de matéria orgânica e a presença de coliformes próximo à foz do Rio D'Una, na Lagoa do Mirim, foi atribuída às populações de Roça Grande, Guaiúba, Itapeva, Mirim e Nova Brasília. Os coliformes têm um ambiente de razoável sustentação, devido à disponibilidade de matéria orgânica, baixa salinidade e pouca circulação das águas. A baixa turbidez e o teor relativamente alto de ferro encontrado no material de fundo da lagoa, podem ser explicados pelo poder coagulante do ferro, que precipita e transporta para o fundo microrganismos e material em suspensão.

Na região de Cabeçuda e Imaruí (entorno da Lagoa do Imaruí), o ambiente é propício para a proliferação de microrganismos redutores de sulfatos com produção de mau cheiro, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica, presença de sulfatos e baixos índices de oxigênio dissolvido.

A Lagoa de Santo Antônio é o canal de comunicação de todo o sistema lagunar. Os poluentes carregados pelo Rio Tubarão, quando a maré é enchente, desviam-se para dentro da Lagoa de Santo Antônio e por intermédio dela para as lagoas de Imaruí e Mirim. Acredita-se que as concentrações de ferro, detectadas nos sedimentos de fundo das lagoas, e a de sulfatos sejam transportadas pelo Rio Tubarão. O transporte de ferro é realizado através de mistelas em suspensão, com sucessivas deposições de fundo, combinadas com o equilíbrio redox. Já o processo de difusão de sulfatos não é direcionado pela influência de retenções no retorno de maré e fica dependente do transporte por gradiente de concentração.

Discussões acirradas têm sido realizadas entre rizicultores, pescadores artesanais e população abastecida pelas águas do Rio D'Una. É claro que, em virtude do rio ser utilizado como escoadouro de descargas poluentes, fica inviabilizando seu acesso a todos os usuários, que acreditam que resíduos de produtos químicos contidos na água podem ter sérios reflexos à saúde.

Enfim, conforme discutido acima, o uso de agrotóxicos, juntamente com outros fatores, como aumento do número de pescadores, pesca predatória e efluentes diversos, vem sendo apontado como uma das causas para a diminuição da quantidade e da qualidade do pescado, prejudicando um número considerável de famílias que vivem desta atividade (LOPES, 1998).

Salienta SANTOS (1992) que o ecossistema lagunar é reiteradamente referido como de equilíbrio frágil, sendo que qualquer alteração nas suas condições físico-químicas, pode mobilizar e tornar disponíveis os elementos químicos, como metais pesados, para incorporação na biota. Dentre os diversos poluentes de origem antrópica, estes elementos se caracterizam por um comportamento conservativo no meio, isto é, não são eliminados por processos naturais e eventualmente podem ser incorporados pelo homem através da sua translocação ao longo da cadeia alimentar costeira.

Os resultados das análises realizadas em abril de 1998 pela UNISUL mostram que na sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar, em 20 pontos de coletas, o índice de qualidade d'água (IQA, CETESB 1993) variou de aceitável a boa.

O município de Imaruí é abastecido por água proveniente do Rio Tombo da Água, que é protegido, em toda a sua extensão, por vegetação secundária da Mata Atlântica, por isso, a água bruta é de excelente qualidade. Não há rede separadora de esgoto no município. A rede pluvial coleta as águas residuais após tratamento prévio em sistema de fossa séptica e sumidouro. Todavia, como não há fiscalização por parte da prefeitura, existem ligações clandestinas que despejam os esgotos *in natura* na Lagoa do Imaruí, em pleno centro da cidade.

O município de Imbituba é abastecido por água proveniente do Rio D'Una. À montante do ponto de captação, encontram-se extensas áreas de rizicultura. Todavia, segundo o técnico da CASAN, que coordena os serviços de abastecimento de água no município, os agricultores locais vêm substituindo os agrotóxicos organoclorados, historicamente utilizados, pelos organofosforados, que tornam a água de melhor qualidade para o consumo humano. Não há rede separadora de esgoto no município. A rede pluvial recebe ligações residenciais e de outros usos, tais como restaurantes, prédios públicos, etc. A referida rede desemboca em e canal que tem comunicação com o mar.

O município de Laguna é servido por águas provenientes de poços artesanais e da Lagoa Imaruí. Segundo os técnicos da CASAN, a água que abastece o município é de boa qualidade. No município existe, para fins de coleta de esgoto, uma rede unitária que recebe as águas pluviais e ligações de águas residuais sem qualquer tipo de fiscalização. No centro da cidade, existe uma galeria que atua como rede separadora de esgoto. Essa rede coleta esgoto cloacal de parte das residências centrais da cidade e o destina ao mar, sem qualquer tipo de tratamento. Na praia do mar Grosso, onde há coleta de esgoto cloacal, os dejetos são lançados no mar a uma distância de 1.500 m da praia.

c) Análise dos principais conflitos identificados atualmente nas sub-bacias

O quadro 3.8.14 apresenta aos principais conflitos pelo uso de água identificados nas sub-bacias estudadas, do ponto de vista qualitativo. Verificamos que o abastecimento humano está sendo altamente prejudicado pelo uso do solo sem a preocupação ecológica de preservar as bacias hidrográficas dos mananciais para garantir que suas águas sejam potáveis e abundantes o suficiente para manter o atual e futuro consumo humano de água.

Outro conflito diagnosticado, é o de diluição de efluentes com abastecimento humano, turismo, recreação e lazer. Além disso, a diluição de efluentes tem impactos sobre a saúde pública (moradores ribeirinhos). A qualidade da água comprometida, causa mortandade de peixes nos principais corpos d'água, o que explica a inexistência de atividade pesqueira na região. A exploração dos recursos minerais sem o tratamento adequado de seus resíduos e do uso de agrotóxicos nas lavouras, principalmente na rizicultura, também colaboram para o cenário desfavorável.

Quadro 3.8.14 – Principais conflitos identificados nas sub-bacias

Sub-bacia	Principais conflitos
Rio Capivari	Abastecimento humano versus agropecuária (suinocultura, pastagens, uso de agrotóxicos nas lavouras) Diluição de efluentes (águas pluviais e residuais) versus pesca, saúde pública, turismo, recreação e lazer
Rio Braço do Norte	Abastecimento humano versus pecuária (bovino e suinocultura) Diluição de efluentes (águas pluviais e residuais) versus abastecimento humano, pesca, saúde pública, recreação e lazer
Formadores do Tubarão	Abastecimento humano versus agropecuária (suinocultura, pastagens, uso de agrotóxicos nas lavouras) Diluição de efluentes (águas pluviais e residuais) versus abastecimento humano, pesca, saúde pública, recreação e lazer Dejetos da extração mineral versus equilíbrio ambiental
Baixo Tubarão	Abastecimento humano versus agropecuária (suinocultura, pastagens, uso de agrotóxicos na rizicultura) Diluição de efluentes (águas pluviais e residuais) versus pesca artesanal, saúde pública, recreação e lazer Efluentes de fecularias e efluentes da Termelétrica (depósitos de cinzas) versus equilíbrio ambiental
Rio D'Una e Complexo Lagunar	Abastecimento humano e pesca versus rizicultura (uso de agrotóxicos) Diluição de efluentes (águas pluviais e residuais) versus pesca, saúde pública, turismo, recreação e lazer

Na sub-bacia do rio Capivarí os principais conflitos das atividades usuárias de água são:

(i) abastecimento humano que utiliza como fonte d'água os mananciais superficiais com as atividades relacionadas com a agropecuária, como a suinocultura, pastagens, uso de agrotóxicos nas lavouras, que, de forma indireta, prejudicam a disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais ao alterarem as condições naturais de cobertura e uso do solo das bacias hidrográficas das nascentes, além do lançamento direto e indiscriminado de carga poluidora nos referidos cursos d'água, inviabilizando o seu uso para consumo humano, sem um prévio tratamento químico, que torna o abastecimento público mais oneroso ou, até mesmo, inviável economicamente.

(ii) Diluição excessiva de efluentes dos esgotos domésticos, lançados *in natura* nos cursos d'água, principalmente no próprio rio Capivarí, tem afetado a pesca de subsistência da região, bem como prejudica o turismo, recreação e lazer nas proximidades dos corpos d'água poluídos, pois o mau cheiro e a cor característica de água contaminada, afugentam os banhistas. No entanto, o pior conflito existente com relação a diluição de efluentes residuais *in natura* ocorre sobre a saúde pública da população ribeirinha.

Na sub-bacia do rio Braço do Norte, são identificados os mesmos conflitos da sub-bacia do rio Capivarí, porém, vale ressaltar que, devido, principalmente, a presença de numerosos produtores de suínos na sub-bacia, existe uma carga orgânica excessiva no rio Braço do Norte, agravando, ainda mais, os conflitos supracitados.

Na sub-bacia Formadores do Tubarão, além dos conflitos mencionados na sub-bacia do rio Capivarí, o principal problema existente é o decorrente dos resíduos da extração mineral, os quais são lançados diretamente nos cursos d'água que formam o rio Tubarão, tornando suas águas ácidas, o que impossibilita sua utilização para outros usos mais nobres, como abastecimento humano, dessedentação de animais e manutenção do equilíbrio ecológico.

Na sub-bacia Baixo Tubarão, o quadro de degradação é semelhante ao da sub-bacia dos Formadores do Tubarão, além disso, existe o problema decorrente dos resíduos das fecularias e dos depósitos de cinzas do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda. O efeito destes depósitos é o mesmo daquele relacionado a atividade de exploração mineral nos Formadores, sendo que, impossibilitam a utilização da água dos cursos d'água principais para abastecimento humano, dessedentação de animais e manutenção do equilíbrio ecológico. Vale ressaltar que o manancial de captação de água para abastecimento público de Tubarão e Capivarí de Baixo é o próprio rio Tubarão (a montante da cidade), sendo que neste caso, os custos de tratamento da água e manutenção da rede de distribuição são elevados.

Na sub-bacia do Rio D'Una e Complexo Lagunar existe o conflito entre os rizicultores e os pescadores locais, pois, segundo Lopes (1998), o uso de agrotóxicos nos plantios de arroz, juntamente com outros fatores, tem causado a diminuição na quantidade de peixe nas lagoas. Devido a sua grande comunidade de pescadores e de rizicultores, este se torna o principal conflito na sub-bacia, além dos citados igualmente nas demais sub-bacias.

d) Evolução dos problemas hídricos de natureza qualitativa na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Dada a situação atual dos conflitos pelo uso da água no aspecto qualitativo, podemos prever sua evolução caso não haja nenhuma intervenção no sentido de mitigar ou resolver os conflitos existentes.

O primeiro uso a ser analisado é o abastecimento humano. A evolução da situação atual sem uma política ativa de preservação e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais, nos leva a um cenário que, num futuro não muito distante, não haverá mais mananciais com água de boa qualidade, de maneira a ser necessário a implementação de tratamentos cada vez maiores e mais caros, para que se possa atender aos critérios mínimos de potabilidade humana. Com exceção do município de Armazém, que utiliza fontes de água mineral, os demais municípios sofreram com a carência e o aumento dos custos do abastecimento humano.

Outra atividade visivelmente prejudicada pela degradação ambiental dos corpos d'água é a pesca artesanal. O acúmulo das cargas de poluentes (esgotos humanos, efluentes de suinocultura, rejeitos de depósitos de carvão e de cinza e efluentes de que rizicultura contendo agrotóxicos) atualmente despejadas nos corpos d'água, principalmente no Rio Tubarão e nas lagoas, provocará a diminuição cada vez maior da comunidade de peixes da região, inviabilizando a pesca como a atividade econômica ou de subsistência.

A atividade turística na região das lagoas e no litoral será prejudicada pela grande presença de esgotos que apresentam odor e cor desagradáveis, além de prejudiciais à saúde humana dos banhistas. As atividades de recreação e lazer na região, também serão afetadas, sendo cada vez mais raro encontrar corpos d'água que atendam aos padrões mínimos de balneabilidade.

Vale ressaltar que a disposição de esgoto cloacal e outros efluentes com a elevada carga orgânica (provenientes de suinoculturas, feculárias, etc.) sem o tratamento prévio adequado é altamente prejudicial à saúde pública dos moradores da região ribeirinha aos corpos d'água receptores dessa carga poluente, devendo ser prioridade dos tomadores de decisão a reversão desse quadro e de forma nenhuma deixar que o quadro se agrave, pois a evolução do cenário atual resultará no aumento das doenças de veiculação hídrica e o aumento da mortalidade infantil devido à falta de condições sanitárias mínimas.

E finalmente, não se pode deixar de comentar sobre a questão do equilíbrio ambiental dos corpos d'água. O cenário atual já é bastante grave, existindo canais de rejeitos onde outrora eram cursos d'água sadio. A evolução do cenário atual resultará numa substituição progressiva dos cursos d'água por meros canais de transporte de efluentes, sem que seja possível sua diluição ou auto depuração. O frágil equilíbrio do ecossistema lagunar poderá ser irremediavelmente abalado, passando a ser simples depósitos dos rejeitos oriundos de toda a bacia do rio Tubarão e D'Una.

3.8.3 Identificação de alternativas de incremento das disponibilidades hídricas

A disponibilidade de água é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável de uma região. Portanto, o planejamento de uma bacia hidrográfica requer uma especial atenção para o estudo e análise das fontes (mananciais) capazes de suprir às necessidades hídricas da região.

No item 3.8.1 foi feito a análise da disponibilidade das águas superficiais na bacia, que é a forma mais convencional de suprimento hídrico. Contudo, devido ao crescente aumento nas demandas hídricas, existe a necessidade de analisar alternativas de aumento da disponibilidade hídrica, através de intervenções antrópicas no regime hídrico dos mananciais superficiais e estudo de fontes alternativas, como maior utilização da água subterrânea e o reuso d'água.

Entretanto, o aumento das disponibilidades hídricas isoladamente, não é capaz de evitar os conflitos pelo seu uso, pois há a necessidade de uma gestão, tanto das demandas, como do suprimento de água, sem as quais, não será possível uma integração entre as disponibilidades e as demandas atuais e futuras. Vale ressaltar que o planejamento, tanto da demanda como da disponibilidade hídrica, deve verificar as variações sazonais e interanuais, bem como a distribuição espacial dos mananciais e dos consumidores.

Comparando o suprimento e a demanda atuais e futuros, o objetivo dos planejadores deve ser determinar qual a combinação ideal entre as alternativas de gestão de suprimento e de demanda dos pontos de vista social, ambiental e econômico.

3.8.3.1 Gestão das disponibilidades hídricas

A gestão do suprimento de água inclui políticas e ações destinadas a identificar, desenvolver e explorar de forma eficiente novas fontes de água. Dentre as novas fontes hídricas, podemos destacar a água subterrânea e reuso.

Outra forma da gestão dos recursos hídricos influir na disponibilidade hídrica é através do melhor conhecimento das capacidades hídricas da região, que deve ser obtido através da implantação e manutenção de uma rede de monitoramento hidrológico apropriada.

O valor econômico das informações hidrológicas obtidas de uma rede hidrométrica através de dados e previsões pode ser aferido através da prevenção e redução das perdas em fenômenos hidrológicos extremos (cheias e secas), perdas de oportunidade de uso devido à falta de conhecimento dos potenciais e, com a segurança de que os projetos e obras serão dimensionados adequadamente, sem que haja superdimensionamento ou subdimensionamento de estruturas devido a fatores hidrológicos. A relação benefício/custo dos dados e informações hidrológicas é significativamente superior a um. Estudos feitos na Austrália e no Canadá apresentaram relações benefício/custo econômico de 6,4 a 9,3 (Setti et al., 2001).

Logo, a gestão e o planejamento dos recursos hídricos, pela necessidade e benefícios resultantes, deve priorizar a aquisição de informações hidrológicas através da implantação, operação e manutenção de uma rede hidrométrica capaz de prover um diagnóstico mais preciso dos potenciais hídricos da região e do processamento dos dados hidrológicos, para a sua correta utilização.

a) Água subterrânea

A exploração sustentável de aquíferos subterrâneos é uma alternativa com enorme potencial para a região em estudo, que segundo o diagnóstico da SDM (1997), apresenta uma estimativa de disponibilidade instalada em torno de $1.500 \text{ Hm}^3/\text{h}$, equivalente a 13 milhões de Hm^3/ano . O município de Armazém utiliza uma fonte de água mineral para o seu abastecimento urbano.

Apesar da enorme disponibilidade, vale ressaltar que a atividade humana em superfície pode alterar e introduzir novos mecanismos de recarga ao aquífero, modificando a taxa, a frequência e a qualidade das águas subterrâneas. Em muitos casos, o fluxo das águas subterrâneas e o transporte de contaminantes até o nível freático tendem a ser um processo lento em muitos aquíferos, despendendo anos ou séculos até que atinjam um poço em exploração. Contudo, após contaminado, o aquífero não apresenta capacidade de autodepuração, como ocorre nos mananciais superficiais, sendo necessário, então, processos complexos e caros de descontaminação.

Vale ressaltar que o uso indiscriminado da água subterrânea pode provocar o rebaixamento do lençol freático, encarecendo, cada vez mais, o custo de extração da água, até tornar a exploração da fonte inviável economicamente. Para evitar o excesso de exploração, é necessário mais estudos sobre a disponibilidade potencial dos aquíferos da região, bem como a taxa de recarga natural dos mananciais subterrâneos, pois, para um desenvolvimento sustentável a longo prazo, se faz necessário que a exploração dos aquíferos seja limitada a sua taxa de recarga, de forma a manter o volume armazenado constante a longo prazo.

b) Reuso das águas

A Agenda 21 dedicou importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes da ECO 92 a implantação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública com práticas ambientais mais adequadas.

Devido às demandas excessivas da Bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, o conceito de substituição de fontes se mostra como uma alternativa mais plausível para atender a demandas menos restritivas, liberando águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como abastecimento doméstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos: "a não ser que existe grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem águas de qualidade inferior."

Através do ciclo hidrológico, a água se constitui em um recurso renovável. Quando reciclada através de sistemas naturais, é um recurso limpo e seguro, que é deteriorada em níveis diferentes de poluição pela atividade antrópica. Entretanto, uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico de reuso estabelecerão os níveis de tratamentos recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados.

Os maiores potenciais de reuso da água urbana são os que empregam esgotos tratados para:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos.

Os problemas associados ao reuso urbano são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público.

Os usos industriais que apresentam possibilidade de aproveitar o reuso d'água são basicamente os seguintes:

- Torres de resfriamento;
- Caldeiras;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para a compactação do solo;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica;
- Processos industriais.

c) Recuperação da cobertura vegetal

A bacia hidrográfica pode ser considerada como um grande reservatório de água, capaz de regularizar naturalmente os seu regime de vazões. Isso se deve a capacidade de armazenamento do solo, que absorve, através da infiltração, parte da água da chuva, e libera a água armazenada aos poucos nos períodos de estiagens através das vazões de base dos cursos d'água. As vazões de base das bacias hidrográficas são as principais responsáveis pela determinação das vazões mínimas e, também, influem nas vazões médias.

Contudo, alterações antrópicas, como substituição da floresta nativa por pasto, ou qualquer outra mudança no uso do solo, podem alterar a capacidade de infiltração da bacia, conseqüentemente, o volume de água armazenado no solo e as vazões de base dos cursos d'água.

O solo exposto, sem uma cobertura vegetal permanente, favorece a instalação de processos erosivos, pois atua sobre ele o efeito da erosividade da chuva. A pavimentação ou cobertura do solo provoca sua impermeabilização ou reduz sua capacidade de permitir a infiltração, reduzindo assim, as vazões de base da bacia.

Por isso, com o aumento das intervenções antrópicas na bacia que degradem o solo, como o desmameamento ou uso de técnicas agrícolas inadequadas, provoca a diminuição das vazões mínimas. Para evitar essa redução, e conseqüentemente, o aumento na disponibilidade hídrica futura na bacia, deve-se promover o uso racional e ambiental do solo, incentivando a recuperação da cobertura vegetal nativa e uso de técnicas agrícolas que favoreçam a infiltração, como o plantio direto.

d) Regularização de vazões

A regularização do regime de vazões dos cursos d'água, através de reservatórios, é capaz de, através da redução das vazões extremas (máxima e mínima), manter as vazões próximas da média. A máxima vazão regularizável seria, teoricamente, a vazão média, porém, devido a perdas significativas com evaporação e infiltração, esse valor, na prática, nunca é atingido.

Quanto mais próxima for a vazão regularizada da vazão média, maior deverá ser o volume do reservatório de regularização, porém, com o aumento da área do reservatório, também se aumenta as perdas com evaporação, de forma a inviabilizar o aumento da vazão regularizada. Logo, a vazão regularizada será definida, principalmente, pelas condições de relevo e topografia do ponto de localização do reservatório, que deverá propiciar um grande volume em uma pequena área de inundação.

Na bacia do Tubarão e Complexo Lagunar, as regiões de maior declividade, que favorecem a relação volume/área do reservatório, estão localizadas nas proximidades das cabeceiras dos cursos d'água, onde a área hidrográfica de contribuição é pequena, de forma que as vazões médias nesses pontos são baixas, conseqüentemente, garantindo pequenas vazões regularizadas.

Os custos econômico e ambiental da construção de grandes reservatórios (barragens com 15 m ou mais de altura) são elevados, sendo questionado por vários autores, inclusive pelo próprio Banco Mundial e pela Comissão Mundial de Barragens (CMB, 2000), que a relação benefício/custo dessas medidas seja maior que um.

Como exemplo, podemos citar o trabalho de Azevedo et al. (1997), que avaliou em termos de maximização da relação benefício/custo o aproveitamento de recursos hídricos da Bacia do Alto/Médio Itapicuru. Neste caso, a opção adotada de produção de água perfaz um custo de R\$ 4.187/l/s. A garantia de atendimento da demanda foi de 95% para abastecimento humano e animal e 85% para irrigação e usuários de jusante, o sistema foi previsto para funcionar por 45 anos.

3.8.3.2 Gestão das demandas hídricas

Outra maneira de se aumentar a disponibilidade hídrica é através da gestão das demandas hídricas, pois, o uso racional da água favorece o aumento de sua eficiência, reduzindo as perdas hídricas, conseqüentemente, reduzindo parte da demanda, sem reduzir os benefícios (produção) do uso, tornando possível a utilização da água racionada para outros usos produtivos.

Um exemplo claro disso é o consumo de água na cultura do arroz, que conforme for sua forma de plantio (tradicional ou pré-germinado) pode ser reduzido (1,5 a 1,7 l/s/ha no sistema tradicional a 1,0 l/s/ha no sistema pré-germinado).

Outro exemplo, é a elevada demanda de água para as termelétricas do Complexo Jorge Lacerda. Neste caso, pode ser reduzido significativamente, caso seja utilizado sistema fechado de refrigeração e arraste hidráulico com recirculação, de forma que a demanda total no Complexo Jorge Lacerda poderia ser reduzida de 17,82 m³/s para apenas 0,73 m³/s.

Esses tipos de medidas serão essenciais para o aumento das atividades produtivas na região sem o comprometimento das demandas hídricas. O caminho na verdade, consiste em buscar formas de reduzir o consumo de água das atividades produtivas, sem perda de produtividade. O estudo e a implantação destes programas de melhoria da eficiência da atividade produtiva, devem partir inicialmente, das atividade de maior demanda na bacia, quais sejam: a irrigação (rizicultura) e o uso industrial referente a UTE Jorge Lacerda.

As formas de gerir a demanda são através da outorga e cobrança do uso da água que, quando aplicados, serão capazes de regularizar o atendimento hídrico, através de um controle maior na demanda (outorga) e incentivo econômico (cobrança) para o uso racional da água.

Através da outorga, se poderá compatibilizar as disponibilidades e as demandas da região e com a cobrança será possível criar um fundo financeiro para a implementação de projetos que visem o aumento da disponibilidade hídrica da bacia.

Os temas outorga e cobrança, devido a suas importâncias, serão descritos mais detalhadamente nos itens 3.8.11 e 3.8.12, respectivamente.

3.8.3.3 Síntese das alternativas de incremento das disponibilidades hídricas

No quadro 3.8.15 são sumarizadas e hierarquizadas as medidas acima propostas, bem como são apresentadas estimativas de relação custo x benefício. A hierarquia é apresentada considerando a relação benefício / custos das alternativas.

Os custos da implantação de uma rede hidrológica de monitoramento e previsão em tempo atual são fornecidos com base no custo de aquisição de equipamento, instalação e manutenção e operação das estações, num horizonte de 20 anos.

Os custos da alternativa de suprimento através de água subterrânea incluem a perfuração do poço, compra, manutenção e operação da bomba de recalque, num horizonte de 20 anos. Esses valores são variáveis, dependendo da profundidade e capacidade de bombeamento do aquífero no local desejado.

Os custos da recuperação da cobertura vegetal foram calculados, num horizonte de 5 anos, com base nos custos de: compra das sementes, instalação e manutenção de viveiros para as mudas, plantio das mudas e educação ambiental.

A implantação da alternativa gestão de demandas hídricas requer custos bem variáveis, que dependerão de cada caso. Por exemplo, o custo de melhoria na eficiência do uso d'água do Complexo Jorge Lacerda consiste na substituição do sistema tradicional de refrigeração por um sistema fechado e a utilização de um sistema de arraste hidráulico com recirculação no lugar do arraste tradicional.

O cálculo do custo da alternativa de reuso da água foi baseado nos estudos realizados por Sobrinho et al. (1999) que consideraram três diferentes processos de tratamento terciário dos efluentes, que combinados a duas alternativas para adequação final dos parâmetros físico-químicos, permitiriam a produção de água com características compatíveis à demandada pelos possíveis futuros usuários.

Os custos da alternativa de regularização de vazões são baseados nos estudos de Azevedo et al. (1997), para um horizonte de 45 anos.

Quadro 3.8.15 – Alternativas de incremento das disponibilidades hídricas

Hierarquia	Medida	Efeito na disponibilidade	Relação benefício/custo	Custo
1	Implantação de uma rede de monitoramento hidrológico apropriada	1. redução de perdas em fenômenos hidrológicos extremos, 2. melhor aproveitamento da disponibilidade.	6,4:1 a 9,3:1 (Setti et al., 2001)	R\$ 100.000,00 por estação hidrométrica R\$ 175.000,00 por estação telemétrica (ambos projetados para a operação num horizonte de prazo de 20 anos)
2	Aproveitamento dos mananciais subterrâneos	1. estimativamente, incremento de até 1.500 Hm ³ /h (ressalvadas condições específicas de qualidade da água vinculada ao uso do solo).	estimativamente alto, visto que basicamente encarece apenas em custos de implantação e monitoramento de qualidade.	R\$ 0,25 a 1,00 por m ³ (estimado com base no custo comercial médio da perfuração + estrutura dos poços)
3	Recuperação da cobertura vegetal	1. aumento das vazões mínimas, visto que é proporcionado uma "regularização" natural das mesmas.	-	R\$ 20.000,00 por hectare reflorestado (estimado com base nos orçamentos discriminados do programa de recomposição da vegetação ciliar proposto neste plano)
4	Gestão de demandas hídricas	1. diminuição das demandas pelo aumento da eficiência das atividades produtivas.	variável com o tempo de implantação: a relação benefício/ custo deve aumentar a médio e longo prazo, quando são amortizados os custos de implantação das medidas que alteram as plantas ou procedimentos produtivos	-
5	Reuso das águas	1. aumento da disponibilidade dos mananciais pela redução das demandas para atividades que toleram água de qualidade inferior.	dependente do tipo de tratamento preliminar necessário, diretamente relacionado a qualidade da água a ser reutilizada.	R\$ 0,65 a 1,60 por m ³
6	Regularização de vazões	1. redução das vazões máximas e manutenção das vazões mais próximas das médias;	discutível dada a grande estrutura necessária para que se tenha uma boa garantia de atendimento, estimativamente, próximo a 1:1	R\$4.000,00 a 6.000,00 por l/s (Azevedo et al., 1997)

Como conclusão da análise das alternativas de incremento da disponibilidade hídrica fica clara a necessidade de aprimorar a rede hidrométrica, atualmente existente, com mais postos, inclusive com estações telemétricas, o que causará um ganho no nível de informações hidrológicas que permitirá evitar danos com cheias e obter benefícios com a melhor precisão das disponibilidades.

Fica claro também, que uma medida isolada não será suficiente para gerar incrementos significativos de disponibilidade hídrica, sendo necessário que se estabeleça um leque de alternativas na bacia, uns com maior, outros com menor intensidade, mas que juntos, proporcionem o aproveitamento ótimo da disponibilidade hídrica sem causar danos ambientais e de forma sustentável.

3.8.4 Definição de medidas mitigadoras para redução da carga poluidora e medidas de controle quantitativo das demandas

Este item tem como objetivo identificar e analisar possíveis medidas, estruturais (obras) ou não estruturais (regulamentos), que possam ser adotadas para:

- redução da carga de resíduos lançada nos recursos hídricos;
- redução da demanda de água pelos diferentes setores.

Para tal, apresenta-se a seguir, um elenco de possíveis medidas mitigadoras para cada tipo de poluente e, quando possível, também para cada tipo de demanda hídrica, com estimativas preliminares de custos de implantação, operação e manutenção, quando aplicáveis.

Salienta-se que os impactos decorrentes de fontes mais concentradas e definidas, como a poluição de origem industrial, da extração mineral e das cargas de efluentes urbanos, oferecem maiores perspectivas de solução, embora, nem sempre estas soluções sejam viáveis a curto prazo. Por outro lado, a poluição difusa apresenta maiores dificuldades de solução, sendo o tratamento dos efluentes muitas vezes inexecutável, por não estarem concentrados em pontos determinados. A erosão e degradação dos solos, os dejetos animais e o uso indiscriminado de agrotóxicos e adubos químicos representam formas de poluição difusa (BRASIL, 1998). Especialmente nestes casos de poluição difusa deve-se enfatizar a busca por medidas de mitigação que tratem a origem dos problemas.

3.8.4.1 Despejos sanitários domésticos

a) Caracterização da carga poluidora dos despejos domésticos

A emissão de efluentes domésticos nos cursos d'água contribuem significativamente para a degradação da qualidade dos recursos hídricos.

Segundo ABES (1999), de uma maneira geral, os esgotos sanitários possuem mais de 98% de sua composição constituída por água. Porém existem contaminantes, entre os quais destacam-se: sólidos suspensos, compostos orgânicos (proteínas: 40% a 60%; carboidratos: 25% a 50%; e óleos e graxas: 10%), nutrientes (nitrogênio e fósforo), metais, sólidos dissolvidos inorgânicos, sólidos inertes, sólidos grosseiros, compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e ocasionalmente, contaminantes tóxicos decorrentes de atividades industriais e acidentais. No entanto, em esgotos sanitários, a matéria orgânica constitui a principal carga poluente, com DBO variando de 150 a 600 mg/l.

Para fins de caracterizar a contribuição de cada pessoa na degradação hídrica de um corpo d'água natural, salienta-se que um ser humano produz cerca de 50 a 60 g de $DBO_{20^{\circ}C,5d}$ por dia. Em termos grosseiros, se for considerado que um corpo "sadio" tem geralmente teor de oxigênio dissolvido de aproximadamente 7 mg/l, cada pessoa provoca a redução deste teor para zero mg/l, correspondente a um volume de 8 m³/dia, aproximadamente 54 g de $DBO_{20^{\circ}C,5d}$ /pessoa.dia.

Na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar observa-se que o despejo de efluentes domésticos concentra-se principalmente na sub-bacia do Baixo Tubarão e na sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar, devido a presença de um maior contingente populacional nestas sub-bacias.

b) Medidas mitigadoras para redução da carga poluidora dos despejos domésticos

Para fins de reduzir a carga poluidora proveniente da emissão de efluentes domésticos existente na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, propõe-se a implantação das seguintes medidas:

- i) Implantação de redes coletoras e tratamento de esgotos nos municípios da bacia (medida estrutural)

A implantação gradual de tratamento dos efluentes domésticos, em todos os municípios da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, deve obedecer as características locais e ser feita através de: sistema coletivo, semi-coletivo e individual. A implantação de sistemas de tratamento coletivo com rede de esgoto deve ser adotada para populações urbanas ou populações de aglomerados. Sistemas de tratamento semi-coletivo para grupos de famílias, e sistemas individuais (fossas sépticas, filtros biológicos e valas de infiltração) para famílias isoladas no meio rural.

Em especial, SDM (s.d. - Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico Econômico) indica a importância da implantação de redes de esgoto nos municípios de Gravatal (incluindo as Termas do Gravatal), Imaruí, Pedras Grandes, Rio Fortuna, São Martinho e São Ludgero. Destaca ainda a necessidade de ampliação da rede de esgoto de Orleans.

Além da implantação das redes de esgoto sanitário, deve-se prever uma forma de tratamento do esgoto coletado, para então evitar a emissão de efluentes domésticos brutos diretamente nos cursos d'água.

Pode-se destacar pelo menos 20 tipos possíveis de tratamento, onde o processo dominante pode ser aeróbio ou anaeróbio, e ainda ambos processos podem ser utilizados de forma combinada. Segundo ABES (1999) não existe um sistema de tratamento de esgotos que possa ser considerado como o mais adequado para qualquer situação. Deve ser realizada uma análise de custo/benefício (respeitados os aspectos ambientais) que mais se adapte ao caso em análise. A escolha do número de estações de tratamento não é algo tão fácil como aparenta e constitui uma decisão importante, principalmente no que se refere a otimização de custos.

No Brasil são difundidas uma série de opções tecnológicas, tais como reatores anaeróbios de manta de lodo de fluxo ascendente, decanto-digestores seguidos de filtros anaeróbios, lagoas de estabilização, algumas formas de disposição controlada no solo, entre outras. A decisão final sobre a tecnologia de tratamento vai depender fundamentalmente da população contribuinte e da eficiência global requerida.

Usualmente, no caso de grandes estações de tratamento, destacam-se os seguintes processos biológicos de tratamento: filtros biológicos, lagoas de estabilização, e lodos ativados.

O quadro 3.8.16 apresenta um comparativo entre estes três processos biológicos de tratamento, levantando algumas vantagens e desvantagens de cada sistema.

Quadro 3.8.16 – Análise comparativa entre processos de tratamento biológico

Processo biológico de tratamento	Vantagens	Desvantagens
Filtros biológicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ simplicidade e segurança; ▪ boa resistência a choques de cargas e de vazões; ▪ operação fácil e de baixo custo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ custo inicial elevado; ▪ grande perda de carga.
Lagoas de estabilização	<ul style="list-style-type: none"> ▪ processo de baixo custo de implantação e de operação; ▪ tecnologia simplificada (prescinde de equipamentos e de energia elétrica e a operação é simplificada); ▪ eficiência de tratamento satisfatória; ▪ possibilidade de receber sobrecargas hidráulicas e orgânicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necessidade de grandes áreas, devido ao elevado tempo de detenção; ▪ Processo sujeito às variações climáticas mais intensas (temperaturas elevadas favorecem o aparecimento de algas cianofíticas, com riscos ambientais e possibilidade de mau-cheiro).
Lodos Ativados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ maior eficiência de tratamento; ▪ maior flexibilidade de tratamento; ▪ menor área ocupada em comparação com os filtros biológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operação mais delicada; ▪ Necessidade de completo controle de laboratório; ▪ Maior custo de operação em relação à filtração biológica; ▪ Consumo energético significativo.

FONTE: Adaptado de ABES (1999).

Em termos financeiros, salienta-se que o custo de implantação de sistemas compostos por reatores anaeróbios, lagoas de estabilização ou disposição no solo representa cerca de R\$ 25,00 a R\$ 50,00 por pessoa, enquanto que reatores aeróbios mecanizados geralmente necessitam de R\$ 60,00 a R\$ 150,00 por pessoa atendida (ABES, 1999). Os valores apresentados referem-se ao mês de abril de 1999. Cabe aqui salientar que estes custos referem-se tão somente a implantação de ETE's, não sendo computados os custos de implantação da rede coletora.

Em recente proposta do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre para o tratamento de esgotos do município, observou-se o custo de aproximadamente US\$ 44,00 por pessoa atendida, referente a implantação da ETE por processo de lagoas de estabilização.

ii) Fiscalização dos sistemas de tratamento (medida não estrutural)

Os municípios da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar não possuem sistemas de tratamento coletivo com rede de esgoto, com exceção de Orleans e São Ludgero que tratam seus dejetos através de lagoas de estabilização. Predomina na bacia o despejo direto dos esgotos brutos nos corpos d'água ou a utilização de sistemas de tratamento individuais, tais como fossas sépticas, sumidouros e filtros anaeróbios. Porém, cabe aqui destacar a ineficiência encontrada nestes sistemas individuais, devido a vários fatores, como por exemplo: execução incorreta, falta de manutenção do sistema, etc.

Desta forma, sugere-se a fiscalização durante a execução de fossas sépticas, sumidouros e filtros, o controle das ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem pluvial e a fiscalização da limpeza periódica das fossas e sumidouros de modo a garantir sua eficiência. Para tal, as Prefeituras Municipais devem passar a exigir o dimensionamento das fossas sépticas com filtro, conforme as normas vigentes, e devem realizar a fiscalização na entrega do alvará de licença e habite-se.

iii) Implantação de programa de educação ambiental em saneamento ambiental (medida não estrutural)

A educação ambiental é uma prática necessária não somente para a minimização da carga poluidora, mas possui uma função fundamental em relação à conscientização da população para com o meio em que está inserida. Desta forma, sua importância transcende dos aspectos relativos à redução da carga poluidora proveniente dos despejos domésticos.

Ao longo do desenvolvimento do programa de educação ambiental é importante traçar-se metas, a fim de atingir-se as finalidades deste programa de educação não formal junto a comunidade. Devem ser respeitadas as fases integrantes do processo de conscientização, sendo elas, sensibilização, mobilização, informação e ação. Estas fases deverão ser desenvolvidas de maneira integrada, para que o público alvo, ao final do programa, possa pensar e agir em defesa do meio ambiente por iniciativa própria.

A realização de campanhas informativas e de esclarecimento à população quanto as questões de saneamento ambiental deve ser realizada dando ênfase aos problemas locais e regionais. Desta forma, destaca-se a importância do envolvimento dos Conselhos Municipais de Saúde nas questões de saneamento ambiental.

Em especial, deve-se destacar os seguintes deveres da comunidade dentro do programa de educação ambiental:

- reduzir a utilização de produtos de limpeza não biodegradáveis;
- evitar o desperdício de água durante a utilização de vasos sanitários;
- pressionar o poder público para a implementação do tratamento dos despejos domésticos, através de redes separadoras e estações de tratamento de esgoto sanitário.

É importante salientar que o Núcleo de Apoio Técnico do Comitê Tubarão já discute a implantação de uma campanha de educação ambiental na área de saneamento. A campanha seria veiculada por meio de cartilhas técnico-informativas sobre sistemas primários de tratamento de esgotos a nível de unidades residenciais. Até o momento não existem maiores detalhamentos sobre esta proposta, mas em especial deve-se incentivar esta iniciativa.

O quadro 3.8.17 apresenta um resumo das medidas mitigadoras comentadas, bem como uma estimativa preliminar dos custos das medidas.

Quadro 3.8.17 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da carga poluidora dos despejos domésticos

Carga Poluidora	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo	Custo estimado
Despejos domésticos	S.B. do Baixo Tubarão;	Implantação de redes coletoras e tratamento de esgotos nos municípios da bacia	Prefeituras Municipais	Permanente	R\$ 62.650.000,00 ¹
	S.B. do rio D'Una e Complexo Lagunar.	Fiscalização dos sistemas de tratamento	Prefeituras Municipais e FATMA	Permanente	-
		Implantação de programa de educação ambiental em saneamento ambiental	Prefeituras Municipais, SDM, Comitê da Bacia, FATMA, CASAN, ONG's	Temporário	R\$ 31.170,00 ² (verba)

1. Estimado com base no que sugere ABES (1999):

- Custo/habitante de R\$ 160,00/Hab, calculado para um horizonte de 20 anos, considerando uma taxa de crescimento populacional de 1,34% ao ano

2. Considerando a seguinte discriminação:

- Concepção técnica e arte final do material: R\$ 18.000,00
- Impressão de 10.000 cartilhas (21 x 30 cm, 20 páginas): R\$ 7.720,00
- Impressão de 10.000 cartazes tamanho (42 x 30 cm): R\$ 2.450,00
- Custos adicionais de envio ou diversos: R\$ 3.000,00

Obs.: Alguns dos custos estimado pode variar consideravelmente devido a particularidades locais

3.8.4.2 Resíduos sólidos

a) Caracterização da carga poluidora gerada pela disposição inadequada de resíduos sólidos

A disposição inadequada dos resíduos hospitalares e domésticos contribuem para a degradação da qualidade dos recursos hídricos. Especificamente na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar não existia nenhum aterro sanitário de resíduos sólidos licenciado pela FATMA até 1995 (FATMA, 1995). O diagnóstico realizado no item de Uso Múltiplo das Águas, contido no item 3.6 deste Plano (2001), indicou que a situação não se alterou e que os depósitos existentes de resíduos sólidos ainda não encontram-se dentro das normas técnicas elaboradas para evitar a contaminação ambiental, consistindo de simples lixões a céu aberto.

O chorume produzido pela decomposição dos resíduos sólidos possui uma elevada carga orgânica, com DBO variando de 30 a 150 vezes a DBO do esgoto doméstico (8.000 a 40.000 mg/L). Além disto, a lixiviação destes depósitos de resíduos sólidos pelas águas da chuva contribuem para o enriquecimento do chorume com substâncias químicas nocivas, normalmente presentes nos resíduos sólidos, como é o caso de metais pesados e outras substâncias tóxicas.

O resíduo hospitalar ainda apresenta como agravante a presença de organismos patogênicos, como vírus de hepatite, vírus da poliomielite, salmonelas, etc. Cabe aqui salientar que os municípios de Armazém, Laguna, Pedras Grandes, Lauro Müller, São Ludgero, Orleans e Imbituba apresentam agravantes quanto a contaminação de águas superficiais por possuírem depósitos municipais de resíduos sólidos nas proximidades de cursos d'água, conforme pode ser observado na prancha 3.1.1 no Anexo Cartográfico. Nos demais municípios da bacia não há registros de depósitos de resíduos sólidos nas proximidades de cursos d'água; no entanto, as águas sub-superficiais e subterrâneas são afetadas.

b) Medidas mitigadoras para redução da carga poluidora gerada pela disposição inadequada de resíduos sólidos

As estratégias mais eficientes para a preservação dos recursos naturais, são aquelas que promovem a redução, ou se possível, a eliminação da carga poluente. A minimização da carga poluidora pode ser efetuada também através de outras práticas, tais como a reutilização e reciclagem, ambas visando diminuir a quantidade de resíduos a serem dispostos adequadamente, reduzindo os impactos ambientais causados pela disposição. A reutilização é das duas a mais vantajosa, tanto em termos ambientais quanto econômicos, pois não submete os resíduos a tratamento que altere suas características físico-químicas. A prática da reciclagem, ao contrário, por prever este tipo de tratamento, requer tecnologia apropriada e custos mais elevados.

A minimização da carga poluidora passa, no entanto, necessariamente por um processo de reeducação ambiental, buscando-se reciclar hábitos e conceitos já impregnados no dia-a-dia das pessoas. A figura 3.8.5 apresenta esquematicamente as opções de manejo dos resíduos sólidos. A escolha da melhor opção para determinada situação, está condicionada a um estudo prévio de viabilidade técnica e econômica, bem como das vantagens ambientais a serem oferecidas.

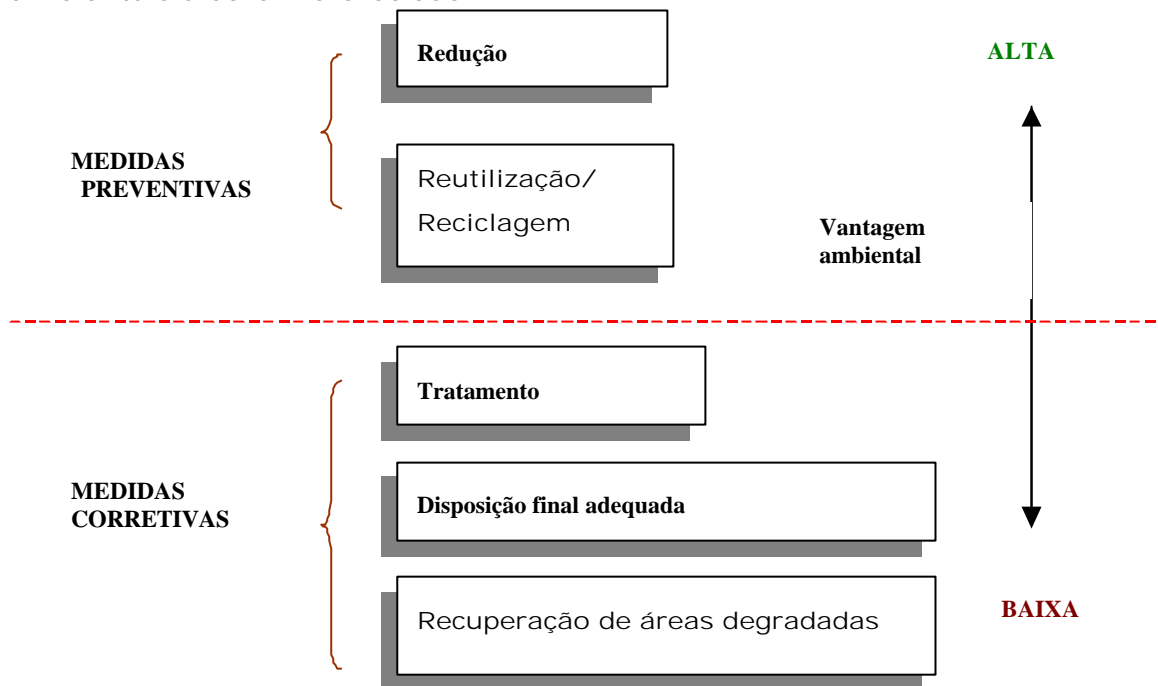


Figura 3.8.5 – Hierarquia de gerenciamento ambiental de resíduos sólidos. Modificado de Cetesb (2001).

Para fins de reduzir a carga poluidora proveniente da inadequada disposição de resíduos sólidos existente na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, propõe-se as seguintes medidas mitigadoras:

- i) Implantação de aterros sanitários (medida estrutural)

A implantação de um aterro sanitário engloba o planejamento, projeto, operação, encerramento e o monitoramento após o encerramento. Estes procedimentos deverão ser acompanhados pelo órgão ambiental fiscalizador, FATMA. Na implantação de um novo aterro sanitário deverá buscar-se a seleção de áreas propícias para disposição dos resíduos, levando-se em conta as características físicas (solos, relevo, geologia, recursos hídricos), bióticas (flora, fauna) e antrópicas (uso do solo, proximidades do aglomerado urbano, geração de emprego, legislação) da região. Basicamente na seleção de áreas para instalação de aterros sanitários, estas devem possibilitar: menor geração de impactos ao ambiente; maior tempo de vida útil e baixos custos de instalação e operação.

Em linhas gerais, o princípio básico que deverá nortear a concepção de qualquer projeto de saneamento de área degradada por resíduos sólidos é o de estabelecer, no local afetado, as condições mínimas exigidas para um aterro sanitário, ainda que a condição locacional seja totalmente adversa. Estas condições pressupõem a minimização ou supressão de impactos negativos sobre o meio antrópico e o meio natural, com especial destaque à não poluição das águas subterrâneas e superficiais.

Na implantação de aterros sanitários nos municípios da bacia, deve-se incluir ações relacionadas com a solução dos depósitos irregulares existentes, cessando a contaminação dos recursos hídricos por chorume, oriundo destes locais não controlados, concentrando-se nos seguintes aspectos:

- recuperar os passivos ambientais de resíduos sólidos;
- estimular a disposição controlada de resíduos industriais;
- estimular a disposição controlada de resíduos da atividade construtiva;
- disciplinar e estimular a implantação de aterros sanitários.

A recuperação de lixões já existentes pode-se dar de duas formas distintas: na remediação com uso e na remediação sem uso.

A remediação com uso aplica-se àqueles municípios onde as condições hidrogeológicas permitirem. Neste caso deve-se adotar ações emergenciais no sentido de atenuar os impactos já causados pela disposição dos resíduos, transformando o lixão em aterro. Estas medidas incluem:

- movimentação e conformação dos resíduos;
- cobertura dos resíduos antigos com solo;
- delimitação da área de disposição dos resíduos;
- cercamento da área;
- retirada de catadores do local (se existirem);
- implantação da drenagem superficial (diques, tubulações ou canaletas);

- separação das águas percoladas pelo aterro (chorume) das superficiais;
- execução da drenagem de águas superficiais de áreas do lixão já coberto;
- drenagem de gases do lixão, coleta e tratamento do lixiviado;
- implantação de projeto paisagístico (arborização);
- cuidados para evitar a contaminação das águas subterrâneas (impermeabilização do fundo quando da disposição de resíduos em nova vala).

A remediação sem uso é recomendada quando o local não poderá mais receber os resíduos, devidos a falta de condições para a disposição adequada. Sendo assim, a remediação poderá ser executada da seguinte forma: remoção dos resíduos (só é válido para pequenos lixões) com aterramento em outro local (aterro sanitário); bioremediação (aceleração da decomposição dos resíduos pela recirculação dos lixiviados e com reaberturas das células); e concepção anaeróbia tradicional ou aterramento celular.

Quanto aos resíduos hospitalares, as ações devem ser concentradas na fiscalização dos processos de segregação, acondicionamento e transporte, especialmente nos estabelecimentos de saúde. A questão da segregação merece especial enfoque porque a quantidade de resíduos sólidos de saúde considerados perigosos, e que portanto merecem tratamento diferenciado, é muito pequena. O problema é que a deficiência nos procedimentos de separação acaba permitindo a contaminação de resíduos comuns e, conseqüentemente, aumentando a massa de resíduos perigosos.

Sugere-se para os resíduos patogênicos a esterilização dentro do estabelecimento gerador. Esses procedimentos são simples e poderiam ser implementados na maioria dos hospitais, ambulatórios e postos de saúde.

No que tange à destinação final, entende-se que, em função das pequenas quantidades envolvidas, a co-disposição deveria ser evitada. As técnicas de incineração, desde que compatíveis com os padrões de emissões atmosféricas, e as técnicas de disposição com maceração, como as valas sépticas, são procedimentos viáveis e aconselhados.

As ações sugeridas para a gestão dos resíduos sólidos provenientes dos serviços de saúde são as seguintes:

- Criar dispositivo legal, restrito a grandes geradores (hospitais), que vede o transporte de resíduos patogênicos sem que estes tenham sido esterilizados (pré-asepsia) no próprio estabelecimento gerador.
- Criar dispositivo legal que vede a co-disposição de resíduos perigosos provenientes dos serviços de saúde com resíduos sólidos domiciliares e afins, exigindo um sistema específico de confinamento, tratamento ou incineração comprovadamente seguros sanitária e ambientalmente.

Quanto aos resíduos da operação de um aterro sanitário, as emissões líquidas são a principal fonte de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A emissão de lixiviados constitui-se num dos principais impactos que evoluem e modificam com o tempo. As medidas sugeridas para minimizar este efluente são quanto à redução máxima de sua produção e à drenagem e tratamento com eficácia.

O tratamento do lixiviado (chorume) consiste na coleta deste através da massa de resíduos, conduzindo-se a drenos internos, reduzindo-se as pressões atuantes no interior do aterro e conseqüentemente o seu potencial de migração e a possibilidade de instabilização do maciço. Esta coleta dos líquidos pode ser feita através de drenos de brita com tubo perfurado, direcionando o lixiviado até o local de acumulação. Após a coleta, o tratamento poderá ser efetuado das seguintes formas:

- recirculação ou irrigação - consiste na infiltração e percolação dos líquidos, através da massa de resíduos num sistema de recirculação de lixiviados;
- digestão anaeróbia - tratamento através de lagoas anaeróbias
- lagoas de estabilização - baseia-se na biodegradação da matéria orgânica por bactérias anaeróbias e aeróbias;
- tratamento físico – evaporação natural, floculação e sedimentação, filtração e osmose reversa ou ultrafiltração;
- tratamento químico - coagulação e precipitação, carvão ativado, troca iônica e oxidação química;
- tratamento conjunto em ETEs - tratamento conjunto com os esgotos domésticos, se existir nas proximidades do aterro uma Estação de Tratamento de Esgotos;
- outros processos – lodos ativados, lagoas aeradas, rotator biológico de contato e tratamento em banhados construídos.

O projeto de um aterro sanitário é uma atividade contínua, alterada quando a capacidade de disposição dos resíduos é atingida, passando então ao encerramento do aterro. Deve fazer parte do plano de encerramento de um aterro os seguintes itens: projeto de cobertura final, sistema de controle e drenagem das águas pluviais, controle da emissão de gases, controle e tratamento do lixiviado e um sistema de monitoramento ambiental. Sendo assim, praticamente todos os passivos de resíduos sólidos urbanos mais complexos e com maior repercussão sobre os recursos hídricos passariam a ser totalmente controlados. Além disso, é importante destacar que uma vez saneados, os lixões deixam de ser alvo de depósitos clandestinos, especialmente de resíduos industriais.

Para a correta e adequada disposição dos resíduos sólidos é necessário uma equipe treinada e o equipamento adequado. O pessoal deverá ser qualificado e treinado constantemente, podendo variar sua composição de acordo com o tamanho do aterro. Quanto aos equipamentos, estes são imprescindíveis para a realização das atividades de compactação e remoção de solo, abertura e manutenção de acessos. O quadro 3.8.18 apresenta uma equipe básica e os equipamentos necessários para a implantação/operação de um aterro sanitário, sujeitos a alteração conforme o tamanho e área destinada ao aterro sanitário.

Quadro 3.8.18 - Pessoal e equipamentos necessários para a implantação/operação de um aterro sanitário

Pessoal		Custo estimado
Engenheiro responsável		4.462,03
Encarregado operacional pelas obras		3.201,02
Funcionário na portaria, com condições de identificar os resíduos		1.903,64
Balanceteiro (para pesagem dos resíduos)		1.903,64
Operador de máquinas pesadas	R\$/mes*	1.903,64
Motoristas		1.903,64
Operários (manutenção, limpeza, abertura de valas)		715,00
Segurança		745,69
Cozinheira		745,69
Equipamentos		
Trator de esteira	R\$/dia	65,00
Escavadeira hidráulica	R\$/h	85,00
Retroescavadeira	R\$/dia	360,00
Caminhão basculante	R\$/dia	136,00
Motoniveladora	R\$/h	85,00
Carro-pipa	R\$/dia	136,00

Obs.: com encargos sociais (175,57%)

O tipo, o número e a potência dos equipamentos utilizados variam de acordo com o tamanho do aterro e da disponibilidade dos municípios; o número e a equipe de funcionários pode ser variável.

base de preços Dez. 2001

O quadro 3.8.19 apresenta alguns custos unitários que podem ser tomados como referência para atividades relacionadas a limpeza pública. Estes custos foram obtidos a partir de documentos fornecidos pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre e outras informações de apropriações de custo contidas em alguns Planos Diretores de Limpeza Pública. Foi tomado como base os valores de mercado para julho de 1998.

Quadro 3.8.19 – Referências de custos unitários por atividades de limpeza pública.

Atividade		Valores* *
Coleta regular	R\$/t	27,00 a 45,00
Varrição	R\$/km.dia	34,00 a 50,00
Capina	R\$/km.dia	35,00 a 60,00
Roçada	R\$/m ²	0,25 a 2,00
Processamento (triagem e compostagem)*	R\$/t	40,00 a 70,00
Disposição final em aterro sanitário	R\$/t	14,50 a 20,00
Outros serviços	%/total	5 a 10
Incidência dos custos administrativos e indiretos	%/total	10 a 25

Obs.: * custos de processamento já descontados das receitas com recicláveis e composto;

** valores com base em julho de 1998.

FONTE: PDRS (1998).

ii) Implantação de programa de educação ambiental (medida não estrutural)

Projetos de educação ambiental, direcionados às mais variadas facções da sociedade, visam fazer com que as pessoas avaliem a sua postura perante a conservação do ambiente natural, conscientizá-las do seu papel na melhoria da qualidade de vida, e participá-las deste processo juntamente com os órgãos governamentais.

No que se refere à diminuição da carga poluidora dos recursos hídricos causada por resíduos sólidos, é papel da comunidade:

- reduzir a geração de resíduos sólidos, através de uma reciclagem dos padrões de consumo estabelecido, em que ocorre a supervalorização das embalagens dos produtos (quanto mais melhor). Esta medida refere-se também a uma reavaliação da necessidade de aquisição de bens e produtos, bem como da adoção da prática de reutilização;
- incentivar a produção de produtos e materiais não tóxicos ao meio ambiente, evitando-se o consumo destes;

- pressionar o poder público na adoção de métodos adequados de disposição final dos resíduos sólidos (aterros sanitários), bem como na implantação de usinas de reciclagem;
- separar os resíduos sólidos nas próprias residências, nas categorias “lixo orgânico” e “lixo seco”, o que vem a facilitar o trabalho de reciclagem nas usinas;
- criar o programa de “empresas amigas do meio ambiente” , na tentativa de induzir e estimular os usuários a consumirem produtos fabricados por empresas ecologicamente corretas;
- fiscalizar as empresas geradoras de resíduos sólidos tóxicos, a fim de verificar a correta disposição dos mesmos pela própria empresa.

A fim de atingir os objetivos traçados acima, a estratégia é a elaboração de campanhas de reeducação ambiental, cujo público alvo deve ser o mais abrangente possível, iniciando com alunos de ensino médio e fundamental, donas de casa e população em geral.

Para tanto, sugere-se a utilização de meios de comunicação de amplo alcance, tais como rádios e emissoras de TV, devendo ser portanto, um projeto a nível regional, articulando-se diferentes municípios.

- iii) Implantação de sistemas de coleta seletiva e usina de reciclagem (medida estrutural / não estrutural)

A realização da coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos é de suma importância na melhoria das condições dos sítios de disposição (aterros sanitários), reduzindo a carga orgânica, em consequência da diminuição da quantidade de rejeitos. A segregação dos resíduos recicláveis também reduz a área (espaço) necessário para disposição dos resíduos orgânicos em aterros sanitários.

A coleta seletiva envolve fundamentalmente a sensibilização da comunidade para a necessidade de alterar seus hábitos de consumo, repensando sua relação com os resíduos sólidos e seus desperdícios cotidianos. A comunidade e as administrações municipais deverão avaliar a importância desta coleta seletiva, visando inclusive a comercialização do material reciclável.

A implantação da coleta seletiva pressupõe um trabalho de educação ambiental prévio, trabalhando junto as escolas, associações de bairros, órgãos públicos e empresas privadas, que participem no planejamento da forma de organização do acondicionamento dos resíduos, da frequência da coleta e da destinação final.

A forma de organização do sistema de coleta seletiva pode ser definida em categorias, que estabeleçam uma planificação diferente da coleta convencional, podendo ser:

- Setorização por itinerários – quando os setores de coleta constituem espaços homogêneos que compreendem uma ou mais viagens, mas perfazendo um itinerário, entendido como a atuação de um veículo por jornada de trabalho da guarnição.
- Setorização por bairros – quando os setores de coleta compreendem um ou mais bairros, sendo que esta definição é justificada pela facilidade de divulgação à comunidade dos dias e horários da coleta seletiva.
- Sem setorização – quando não existe uma organização clara de setores, sendo que o planejamento dos serviços é feito empiricamente pelo condutor do veículo, à revelia da administração municipal.

A freqüência da coleta geralmente é semanal. A frota de veículos envolvido na coleta dos resíduos deve passar por uma avaliação revisando os seguintes itens: idade média da frota e capacidade da frota em relação a população do município (kg/hab).

Nos municípios onde será implantado a coleta seletiva a administração pública, deverá calcular as quantidades geradas e ter condições de extrapolar para futuras demandas, considerando-se as variações sazonais. Simultaneamente a implantação da coleta seletiva, justifica-se a implantação de usina(s) de reciclagem na bacia. Quanto a resíduos radioativos, deve-se encaminhar o mesmo a Comissão Nacional de Energia Nuclear. O quadro 3.8.20 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

Com relação a custos de implantação e operação de um sistema de coleta seletiva, sabe-se que tem um custo consideravelmente mais elevado. Segundo Aguiar (1999), experiências em Goiânia (GO) chegam a taxas de apenas R\$ 25,00/t, enquanto que em Santos (SP) o custo da coleta seletiva atinge R\$295,00/t.

iv) Implementação da Política Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos

Programas institucionais na forma de leis, orientam e permitem a efetiva fiscalização da gestão dos resíduos a nível de município.

No estado de Santa Catarina, a Secretaria do Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SDM - tem uma proposta de Anteprojeto de Lei para a Política Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos para o Estado. Nesta proposta, além da definição e classificação dos resíduos, são objetivos específicos:

Art. 3º Proposta de Anteprojeto de Lei (SDM, s.d)

“ preservar a saúde pública;*

** proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente;*

** estimular a recuperação de áreas degradadas;*

** disciplinar o gerenciamento dos resíduos;*

** estimular a implantação, em todos os municípios catarinenses, dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos;*

** gerar benefícios sociais e econômicos;*

** estimular a criação de linhas de crédito para auxiliar os municípios na elaboração de projetos e implantação de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos licenciáveis pelo órgão ambiental estadual;*

** implementar a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, incentivando a cooperação entre municípios e a adoção de soluções conjuntas, mediante planos regionais.*

entre outros...”

Ressalta-se que, na medida em que tem por objetivo *“incentivo a cooperação entre municípios”*, assume realisticamente que a gestão dos resíduos sólidos, de forma consorciada entre os municípios, tem maior viabilidade.

Além disso, a Proposta de Anteprojeto da Política Estadual de Resíduos Sólidos, prevê programas de não geração, minimização, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos, bem como preconiza a adoção de sistemas de gestão ambiental.

Do que, fica clara a importância da implementação da política de estadual de gestão de resíduos sólidos para o controle da carga poluidora gerada pela má disposição dos resíduos sólidos.

Quadro 3.8.20 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da carga poluidora do chorume de lixões

Carga Poluidora	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo	Custo estimado
Chorume gerado nos lixões	Armazém, Laguna, Pedras Grandes, Lauro Müller, São Ludgero, Orleans e Imbituba. (depósitos municipais de resíduos sólidos próximos de cursos d'água)	Implantação de aterros sanitários	Prefeituras Municipais	Permanente	Implantação ¹ : R\$ 7,00 a 8,00/ m ³ de volume útil Operação ¹ : R\$ 1,50/ mês/ m ³ de volume útil
		Implantação de programa de educação ambiental	Prefeituras Municipais, SDM, Comitê da Bacia, FATMA, ONG's	Temporário	R\$ 31.170,00 ² (verba)
		Implantação de sistemas de coleta seletiva e usina de reciclagem	Prefeituras Municipais	Permanente	Implantação da estrutura ³ : R\$ 53.600,00/un Custo da coleta: R\$ 90,00/ton
		Implementação da Política Estadual de Gestão dos Resíduos Sólidos	SDM, AL do Estado, Poder Executivo Estadual	Permanente	-

1. Considera a seguinte situação:

- Estimativa com base num aterro convencional, com aproximadamente 45.000 m³ de volume útil,
- Considera custos de desapropriação, cercamento, edificações, limpeza do terreno, terraplanagem, Acessos, Drenagem superficial, drenagem subterrânea, impermeabilização, tubos e brita para drenos de gases e de percolado.
- Não considera o custo do tratamento do chorume, cuja lagoa deve custar entre R\$ 15.000,00 e R\$ 50.000,00 para um aterro do porte mencionado
- Custo de Operação leva em conta (de acordo com o custo unitário mencionado no quadro 3.8.23): 1 encarregado, 1 segurança, 2 operadores de máquinas, 2 motoristas, 5 operários; 1 trator de esteira, 1 retroescavadeira, 2 caminhões basculantes.
- Considera que o atual custo da coleta não se altera, portando não perfazendo custo adicional.

2. Considerando a mesma discriminação do programa previsto para o saneamento básico:

Concepção técnica e arte final do material: R\$ 18.000,00
 Impressão de 10.000 cartilhas (21 x 30 cm, 20 páginas): R\$ 7.720,00
 Impressão de 10.000 cartazes tamanho (42 x 30 cm): R\$ 2.450,00
 Custos adicionais de envio ou diversos: R\$ 3.000,00

3. Os custos da estrutura de um sistema de coleta seletiva são extremamente variáveis, o valor orçado se refere a *uma usina* operando com 6 catadores e que possui uma área construída de 100 m², sendo que a produção é de 1,0 t/dia de resíduo separado. Os custos de implantação se referem ao galpão de reciclagem, bancadas e prensa.

Obs.: Alguns dos custos estimado pode variar consideravelmente devido a particularidades locais

3.8.4.3 Dejetos animais

a) Caracterização da carga poluidora gerada pela criação animal

Dentre as diversas criações de animais existentes na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, cabe aqui destacar a atividade de suinocultura, concentrada principalmente na sub-bacia do rio Braço do Norte e sub-bacia dos Formadores do Tubarão, como uma das principais fontes poluidoras de recursos hídricos da bacia (FATMA, 1995).

Conforme apresentado no item 3.6.2, a população atual de suínos é estimada em torno de 420.000 cabeças, o que equivale a uma carga poluidora em torno de 62 t DBO₅/dia. Toda esta carga poluidora é lançada no rio Tubarão através de seus afluentes, e contribuem sensivelmente para a desoxigenação dos cursos hídricos e eutrofização das lagoas.

Além da carga poluidora em si, um grave problema associado a má disposição dos dejetos animais ou a sua destinação aos cursos d'água é a proliferação de insetos. Pragas como a infestação de "borrachudos" (*Simulium sp*) são freqüentemente notadas em regiões com produção agropecuária intensiva, como na região do município de Braço do Norte.

b) Medidas mitigadoras para redução da carga poluidora dos dejetos Animais

Para fins de reduzir a carga poluidora proveniente da suinocultura na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, propõe-se a implantação de sistemas de manejo adequado e utilização de dejetos de suínos. Desta forma, apresenta-se as seguintes medidas de mitigação:

i) Incentivo a implantação de esterqueiras (medida estrutural)

GOSMANN et al. (1997) salienta que os sistemas de estocagem de dejetos suínos, tais como bioesterqueira e esterqueira convencional, já são utilizados no estado de Santa Catarina. Contudo, existe uma carência de informações sobre as vantagens e desvantagens destes sistemas, porque os resultados obtidos pelo do autor mostraram muita semelhança de comportamento nos dois sistemas, durante a armazenagem dos dejetos suínos, sendo que a esterqueira apresentou uma vantagem financeira, correspondendo a um custo 20% menor em relação a bioesterqueira.

O objetivo da utilização de esterqueiras é a aplicação do esterco no solo e a sua conseqüente valorização como fertilizante agrícola para várias culturas. Este procedimento pode então contribuir para a redução da poluição ambiental presente nas regiões de maior concentração de suínos, bem como no aumento da produtividade agrícola.

Salienta-se que as esterqueiras não têm a finalidade de tratamento, constituindo-se em sistemas de armazenagem de dejetos de suínos do momento da produção até o seu lançamento ao solo, como fertilizantes agrícolas. Desta forma, para fins de re-utilizar os resíduos gerados pelos suínos, e conseqüentemente minimizar a carga poluidora que atinge os recursos hídricos da bacia, deve-se incentivar a implantação de esterqueiras.

Além da utilização de esterqueiras, o uso de separadores de sólidos de dejetos suínos também é uma possibilidade a ser cogitada. Uma das formas de aproveitamento dos dejetos, evitando o seu despejo em rios e córregos, é através da separação das fases sólida e líquida. Segundo VEIGA et al. (1999), a parte sólida separada pode, então, ser utilizada como complemento alimentar de bovinos de corte, aves e peixes, para a formação de compostos, para a minhocultura e como adubo orgânico. A parte líquida separada, por outro lado, pode ser utilizada como fertilizante. Porém, salienta-se que o uso de separadores de sólidos de dejetos suínos não é tão disseminado como o uso de esterqueiras.

- ii) Aplicação do resíduo das esterqueiras em lavouras como adubo orgânico (medida não estrutural)

Conforme abordado anteriormente, os dejetos de suínos armazenados nas esterqueiras, do momento da produção até o seu lançamento ao solo, podem ser utilizados como fertilizantes agrícolas.

Cabe aqui salientar que associações de criadores, conjuntamente com as prefeituras municipais, deverão dispor de um equipamento de distribuição de esterco.

- iii) Liberação da exploração suinícola somente após aprovação de projeto técnico (medida não estrutural)

Através da aprovação prévia de projeto técnico poderá ser constatado a previsão de algum tipo de tratamento e/ou destino adequado para os dejetos de suínos, como por exemplo a utilização de esterqueiras e a aplicação posterior do resíduo gerado nas mesmas para uso agrícola.

Desta forma, pode-se atingir um nível de controle e regulamentação das atividades de suinocultura na instância municipal.

- iv) Incentivo à implantação de sistemas de tratamento de dejetos suínos (medida estrutural)

A implantação de sistemas de tratamento dos efluentes da suinocultura também pode ser considerada uma medida mitigadora possível de ser aplicada. Observa-se a existência de diversos estudos e aplicações práticas a respeito deste tipo de tratamento, como por exemplo através da utilização de lagoas de estabilização, conforme estudado por CAMPOS et al. (1999).

O custo com o tratamento dos efluentes poderia ser dividido entre criadores que, estando localizados em uma mesma região, poderiam conduzir seus efluentes até a estação de tratamento "coletiva". O quadro 3.8.21 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

- v) Medidas para o controle da praga do borrachudo - educação ambiental

As medidas mitigadoras para o controle da praga do borrachudo, passam basicamente pela divulgação de uma campanha de educação ambiental específica, tal qual o Programa de Controle do Borrachudo promovido pelo Governo do Estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura (por meio da EPAGRI e CIDASC), Secretaria de Estado da Saúde, Secretaria de Estado da Educação e Desporto e EMBRAPA.

As medidas sugeridas na campanha são as seguintes:

- "não lançar nos riachos ou sangas e rios os dejetos animais e humanos, nem permitir que vazamentos das esterqueiras, fossa sépticas e água usada na cozinha escurram para esses cursos d'água";
- "proteger as matas que margeiam os rios - que abrigam pássaros e outros insetos que se alimentam também do borrachudo";
- "enterrar ou queimar animais mortos e restos de animais";
- "inseticidas biológicos - BTI - serão utilizados somente quando os níveis de matéria orgânica na água forem bem baixos, ou seja, quando não houver dejetos na água".

- vi) Incentivo à programas de melhorias tecnológicas e validação de sistemas de destinação de dejetos animais

A melhoria das tecnologias disponíveis para a destinação final dos dejetos animais, bem como sua validação, é de fundamental importância para que possa ser mantida a atividade agropecuária, não só na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar mas também em todo o estado. Obviamente, se esta constatação é válida para a atividade agropecuária em geral, é também válida para o caso da região da bacia onde concentra-se a produção suína.

Neste contexto, se insere um projeto em desenvolvimento pelas seguintes instituições: UFSC, EPAGRI, EMBRAPA E UNOESC. Denominado "VALIDAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA O MANEJO, TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DOS DEJETOS DE SUÍNOS EM SANTA CATARINA - PEQUENAS E MÉDIAS PRODUÇÕES", consiste de um projeto em que lê-se nos objetivos:

"Validação de tecnologias direcionadas às pequenas e às médias propriedades produtoras de suínos em Santa Catarina, objetivando o estabelecimento de modelos de gestão de seus dejetos para redução da poluição ambiental e apoiar a implantação da sustentabilidade na cadeia produtiva da suinocultura no Estado."

Tem por ações concretas e específicas o desenvolvimento de seis práticas em busca dos objetivos, quais sejam:

Ação 1: Seleção de 4 propriedades produtores com área disponível para disposição dos dejetos onde será aplicado o modelo integrado de gestão ambiental;

Ação 2: Seleção de 2 propriedades para implantação de 2 plataformas para compostagem e transformação de dejetos líquidos de suínos em fertilizantes orgânicos.

Ação 3: Seleção de 2 unidades produtoras de suínos de médio porte para implantação e validação de sistemas completos de tratamento, armazenamento, geração de energia e valorização dos dejetos;

Ação 4: Seleção e Validação de unidade compacta para o tratamento de dejetos suínos;

Ação 5: Implantação de 2 unidades de produção de suínos criados em sistemas de cama sobrepostas (deep bedding);

Ação 6: Realização de seminários e cursos para a capacitação profissional de técnicos e produtores, com elaboração de manuais de gestão ambiental voltados para pequenas e médias propriedades suinícolas que incorporem as tecnologias validadas.

O projeto será desenvolvido em três regiões do estado, onde concentra-se a produção suína, sendo que um dos municípios atingidos é Braço do Norte (sub-bacia do rio Braço do Norte).

Assim, dada a problemática associada aos dejetos da suinocultura na região, cabe ao Plano da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, reforçar a importância do programa e sugerir apoio, visto que insere-se como uma medida mitigadora. No item de Planos de Ações de Apoio, haverá também a previsão de uma ação específica para que o programa possa ter continuidade na região.

Quadro 3.8.21 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da carga poluidora da suinocultura

Carga Poluidora	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo	Custo estimado
Efluentes da suinocultura (principalmente provenientes das lavagens)	S.B. do rio Braço do Norte;	Incentivo a implantação de esterqueiras	Associações de Criadores, Prefeituras Municipais, FATMA	Permanente	-
	S.B. dos Formadores do Tubarão.	Aplicação do resíduo das esterqueiras em lavouras como adubo orgânico	COPAGRO, Associações de Criadores	Permanente	-
		Liberação da exploração suínica somente após aprovação de projeto técnico	Prefeituras Municipais, FATMA	Permanente	-
		Incentivo a implantação de sistemas de tratamento de dejetos suínos	COPAGRO, Associações de Criadores, Prefeituras Municipais, FATMA	Permanente	-
		Medidas para o controle da praga do borrachudo - educação ambiental	Associações de criadores, FATMA, SDM, Comitê Tubarão	Temporárias	R\$ 31.170,00 ¹
		Incentivo à programas de melhorias tecnológicas e validação de sistemas de destinação de dejetos animais	UFSC, EPAGRI, EMBRAPA E UNOESC, Associações de criadores, FATMA e Prefeituras Municipais	Temporárias	R\$ 1.600.000,00 ²

1. Considerando a mesma discriminação do programa previsto para o saneamento básico e resíduos sólidos. OBS.: propositalmente, o custo global é mantido o mesmo, prevendo que ocorram em cada tema um "módulo" de educação ambiental.

Concepção técnica e arte final do material: R\$ 18.000,00
 Impressão de 10.000 cartilhas (21 x 30 cm, 20 páginas): R\$ 7.720,00
 Impressão de 10.000 cartazes tamanho (42 x 30 cm): R\$ 2.450,00
 Custos adicionais de envio ou diversos: R\$ 3.000,00

2. Custo total do projeto, fornecido pela UFSC, a ser financiado pelo FUNCITEC (Governo Estadual) e a FINEP (Governo Federal).

Obs.: Alguns dos custos estimado pode variar consideravelmente devido a particularidades locais

3.8.4.4 Cultura do arroz irrigado

a) Caracterização da carga poluidora proveniente da cultura do arroz irrigado

Nas lavouras de arroz são utilizados intensamente herbicidas, inseticidas e fungicidas (FATMA, 1995). O uso destes agrotóxicos, em especial de herbicidas e inseticidas, diretamente na água de irrigação, associado a um manejo incorreto da água após o uso do agrotóxico, faz com que uma grande carga do mesmo atinja os corpos d'água comprometendo a qualidade dos recursos hídricos.

Além disto, a utilização inadequada de adubos e corretivos do solo também é responsável por aumentar a carga poluidora que atinge os corpos d'água.

Cabe aqui destacar que a cultura irrigada de arroz concentra-se na sub-bacia do Baixo Tubarão, sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar, bem como uma pequena porção da sub-bacia do rio Capivari.

b) Medidas mitigadoras para redução da carga poluidora proveniente da cultura do arroz irrigado

Para fins de reduzir a carga poluidora proveniente da rizicultura na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, propõe-se as seguintes medidas:

i) Utilização adequada de adubos e corretivos do solo (medida não estrutural)

A utilização adequada de adubos e corretivos de solo refere-se basicamente a determinação adequada da dose e do momento de aplicação dos mesmos.

A dosagem correta de adubos e corretivos de solo é imprescindível para evitar desperdícios dos mesmos e um conseqüente carreamento do excedente para os cursos d'água. De forma semelhante, a aplicação de adubos e corretivos do solo no momento adequado, ou seja, no momento de maior absorção dos mesmos pela planta, também reduz a carga poluidora gerada.

ii) Minimização do uso de agrotóxicos (medida não estrutural)

Através da minimização do uso dos agrotóxicos pode-se reduzir a carga poluidora gerada pela rizicultura na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Para fins desta minimização, deve-se procurar realizar um controle integrado de plantas daninhas, moléstias e pragas, utilizando controle cultural, preventivo e biológico quando possível. Quando necessário o uso de produtos químicos, deve-se optar por aqueles menos tóxicos e de menor persistência no ambiente, dentre os recomendados para o problema. Neste sentido, a implementação de pesquisas visando o desenvolvimento de manejo integrado de pragas e doenças deve ser incentivada.

Em termos de plantas daninhas na rizicultura, propõe-se:

- incentivar a utilização do sistema pré-germinado (em substituição ao sistema tradicional), pois o mesmo diminui a incidência de plantas daninhas (controle cultural);
- iniciar a irrigação o mais cedo possível, através do manejo correto de água (controle cultural);
- realizar a rotação de culturas periodicamente, principalmente para a recuperação de áreas altamente infestadas por arroz vermelho; pode-se utilizar culturas alternativas como o milho, sorgo, trigo, soja, feijão e forrageiras desde que sejam satisfeitas as suas exigências culturais (controle cultural e preventivo);
- evitar o uso de sementes contaminadas com sementes de daninhas, devendo sempre ser o primeiro passo de qualquer prevenção (controle preventivo);
- utilizar variedades de rápido desenvolvimento, que sejam competitivas com as plantas daninhas (controle cultural);
- não utilizar baixa densidade de semeadura, o que diminui a competitividade do arroz com as plantas daninhas (controle cultural);
- sempre considerar: a limpeza dos equipamentos de uso agrícola, cuidados na movimentação e no manejo de animais de pastejo, limpeza de canais de irrigação e drenagem, de linhas de cercas e de beiras de estradas, e uso de esterco bem curtido (controle preventivo).

Salienta-se que embora seja possível o controle biológico de plantas daninhas, este não é muito utilizado no caso do arroz irrigado, principalmente devido a alta especificidade de controle fornecido pelo método e a falta de alternativas geradas pela pesquisa.

No entanto, destaca-se a existência de alguns estudos sobre controles biológicos para a cultura de arroz. Em algumas áreas de Santa Catarina, produtores de arroz estão aproveitando o período de entressafra para criação de aves, especialmente marrecos. Estas aves alimentam-se de sementes de arroz vermelho e de outras espécies existentes no solo, reduzindo a sua infestação (ARROZ IRRIGADO, 1997).

Para fins de exemplificação, COPAGRO (2001b) apresenta um estudo sobre a colocação de marrecos nas áreas de lavoura de arroz, após a colheita, com o objetivo de eliminar o arroz vermelho e outras plantas daninhas prejudiciais a cultura, bem como perdas na colheita. Os marrecos passam, então, a ser responsáveis pelo consumo de diversas sementes invasoras. Próximo da época de plantio, a área sofre um preparo do solo para fins de uniformizar o mesmo para o plantio de mudas.

Em termos de moléstias na rizicultura, principalmente quanto ao brusone¹, propõe-se:

- manter a lâmina d'água em altura adequada e uniforme em toda a lavoura, na medida do possível (controle cultural);
- evitar a aplicação de doses exageradas de nitrogênio, que estimulam a ocorrência de brusone (controle cultural);
- não realizar semeaduras tardias, que também aumentam a incidência de brusone (controle cultural);
- incentivar a utilização de variedades resistentes (controle cultural).

Com relação a pragas, pode-se recomendar:

- aplicação de inseticidas apenas quando as populações atingem níveis de dano econômico;
- utilização de produtos seletivos, que não eliminem os inimigos naturais;

1. A brusone é a doença do arroz mais expressiva no Brasil, causando perdas significativas no rendimento das cultivares suscetíveis quando as condições de ambiente são favoráveis. A brusone ocorre desde o estágio de plântula até a fase de maturação da cultura. Os sintomas nas folhas iniciam-se com a formação de pequenas lesões necróticas, de coloração marrom, que evoluem, aumentando de tamanho, tornando-se elípticas, com margem marrom e centro cinza ou esbranquiçado. Em condições favoráveis, as lesões coalescem, causando morte das folhas e, muitas vezes, da planta inteira. No Brasil, a brusone é transmitida pela semente infectada, sendo esta uma das fontes primárias de inóculo, porém as sementes infectadas não provocam epidemia em condições de plantios bem conduzidos.

- realizar a eliminação de restos culturais, principalmente em lavouras que foram infestadas anteriormente por “percevejo do colmo” e “broca do colmo”, podendo ser implementada através de pastoreio, destruição de taipas e pelo preparo de verão (controle cultural);
- utilizar armadilhas luminosas, como por exemplo chama de lampião, sobre canais e açudes, principalmente para captação do “cascudo preto”.

Por fim, cabe ainda salientar que a utilização adequada de agrotóxicos também pode ser responsável por uma minimização de seu uso, através de:

- determinação adequada da dose e do momento de aplicação do agrotóxico;
- aplicação do agrotóxico em condições climatológicas adequadas.

Neste sentido, o treinamento dos agricultores quanto ao uso correto de agrotóxicos, bem como a fiscalização deste uso constituem importantes ações na busca da minimização do uso. O cumprimento das normas que institui o Receituário Agrônomo no controle do uso de agrotóxicos também deve ser exigido.

SDM (s.d. Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico Econômico) ainda propõe a criação de leis municipais regulamentando o uso de agrotóxicos, para fins de reduzir o uso indiscriminado dos mesmos.

iii) Gerenciamento das embalagens de agrotóxicos (medida não estrutural)

As embalagens de agrotóxicos formam um conjunto de resíduos sólidos perigosos, originados no meio rural, sob o qual tradicionalmente se tem má gestão, quer pela falta de ação dos fabricantes e informações sobre procedimentos adequados, quer pela ausência da autoridade pública que se dedica quase exclusivamente aos resíduos sólidos urbanos, sem considerar a necessidade de equacionar as operações também no meio rural e finalmente, quer pela falta de cuidados do produtor rural, cuja promiscuidade com agrotóxicos é notória.

Recentemente, alguns passos normativos vêm sendo consolidados dando formato técnico e legal para os procedimentos a serem empregados nos diversos estágios da gestão deste tipo de embalagem:

- A NBR 10.004 (ABNT, 1987), pela qual se classifica os resíduos em classes segundo sua periculosidade, enquadra essas embalagens descartadas após o uso, como resíduos Classe I - perigosos;
- A NBR 13.968 (ABNT, 1997) estabelece procedimentos para a adequada lavagem das embalagens de agrotóxicos, reconhecida tecnicamente como “tríplice lavagem”, cujo objetivo final é o de reduzir os conteúdos tóxicos remanescentes nas embalagens após a utilização dos produtos contidos;
- A Lei Federal nº 7.802/89, chamada de Lei dos Agrotóxicos, no seu Artigo 6º refere-se às embalagens vazias, indicando o enterro nos solos da propriedade rural, como o método de destinação final a ser utilizado.
- A Lei Estadual no 11.069/98, que dispõe sobre o controle, comércio, uso, consumo, transporte e armazenamento de agrotóxicos, seus componentes e afins no território do Estado de Santa Catarina, segundo a qual, Art. 13 §2º, Os fabricantes são responsáveis pelo recolhimento periódico das embalagens. Menciona também (Art. 8 § único) que o rótulo das embalagens de agrotóxicos e produtos afins comercializados no estado devem conter, além das informações exigidas pela legislação maior vigente, a numeração de registro do agrotóxico no cadastro da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura.

Além destes recursos regulativos, a técnica da tríplice lavagem é estimulada através de programas de orientação aos produtores agrícolas. A intensificação da orientação dos produtores agrícolas para esta forma de manejo certamente ofereceria resultados rápidos e práticos no controle desses resíduos.

Existem três tipos predominantes e mais usuais de embalagens de agrotóxicos: latas, vidros e plásticos. Estes três materiais são passíveis de reciclagem, principalmente os vidros e as latas, sendo a reciclagem das embalagens plásticas um pouco mais complexa, devido às baixas temperaturas utilizadas nos processos de recuperação.

As atitudes de participação da fonte geradora no momento do descarte das embalagens é o primeiro e fundamental requisito para se estabelecer um programa de gestão adequada deste tipo de resíduo. Após o uso e antes da separação da embalagem para armazenamento temporário, deve-se executar a tríplice lavagem da embalagem.

Desta forma, as tarefas da segregação, encargos de quem gera as embalagens vazias de agrotóxicos, são:

- Tríplice lavagem;
- Seleção por matéria-prima da embalagem;
- Armazenagem primária;
- Transporte primário.

A tríplice lavagem é um procedimento fixado pela NBR 13.968/97 e consiste na lavagem interna da embalagem por três vezes consecutivas, vertendo, em todas elas, o líquido gerado no próprio tanque pulverizador que vinha sendo abastecido, quando se deu origem ao recipiente a ser descartado. A tríplice lavagem remove a maior parte deste resíduo, significando, além da diluição de seu poder tóxico, economia para o produtor que a pratica (ponto relevante para a estimulação na adoção do método).

Após a tríplice lavagem, sugere-se ainda que o gerador separe as embalagens vazias de agrotóxicos, em função dos materiais em que são feitas, como plásticos, vidros e latas, já que cada um deles será submetido a um processo específico de preparação para o transporte e reciclagem.

Na propriedade rural, as embalagens vazias e tríplice lavadas deverão ser armazenadas em local coberto, limpo, seco, fora de áreas de riscos de inundações, longe de depósitos de alimentos, até que chegue o momento do transporte primário para a retirada da propriedade.

Ainda sob responsabilidade do gerador, as embalagens usadas deverão ser acondicionadas nas caixas que vieram e transportadas até uma estação ou ponto de concentração, onde serão cadastradas e acumuladas junto com as embalagens similares de outros produtores e finalmente serão preparadas para o transporte até o fornecedor.

Em síntese, os programas destinados à gestão das embalagens de agrotóxicos podem ser assim descritos:

- Intensificar a orientação para a utilização de técnicas de tríplice lavagem das embalagens nos locais de aplicação.
- Estruturação de entrepostos para o recebimento de embalagens objetivando facilitar o encaminhamento destas aos fabricantes, segundo as exigências da legislação vigente.

Salienta-se que em um primeiro momento as medidas estratégicas apresentadas para a gestão das embalagens de agrotóxicos deverão ser divulgadas pelas Prefeituras Municipais aos agricultores da região, visando a conscientização da população rural para as questões ambientais envolvidas. Posteriormente, as medidas passarão por um processo de entendimento e assimilação pelo público alvo atingido.

Caberá às cooperativas de agricultores existentes, e às por serem constituídas, e às Prefeituras Municipais as campanhas subseqüentes de engajamento da população rural no sistema proposto.

O quadro 3.8.22 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

Quadro 3.8.22 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da carga poluidora da irrigação do arroz

Carga Poluidora	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo
Efluentes contaminados com: agrotóxicos, adubos e corretivos do solo	S.B. do Baixo Tubarão;	Utilização adequada de adubos e corretivos do solo	Epagri, Prefeituras Municipais, Cooperativas de Agricultores	Permanente
	S.B. do rio D'Una e Complexo Lagunar;	Minimização do uso de agrotóxicos	Epagri, Prefeituras Municipais, FATMA, Cooperativas de Agricultores	Permanente
	S.B. do rio Capivari.	Gerenciamento das embalagens de agrotóxicos	Fabricantes dos Agrotóxicos, sob fiscalização de todas as partes envolvidas: Epagri, Prefeituras Municipais, Cooperativas de Agricultores, FATMA	Permanente

3.8.4.5 Cultura do arroz irrigado, demanda hídrica

a) Caracterização da demanda hídrica para a cultura do arroz irrigado

Conforme salientado no item 3.6, o uso da água para irrigação na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar está basicamente associado ao cultivo do arroz, sendo pouco expressivos os volumes demandados para a irrigação de outras culturas (soja, milho, hortaliças e frutíferas) na região, seja pela baixa área irrigada destes cultivos, seja por seu baixo consumo unitário (em geral, menos de ¼ do que corresponde ao arroz).

A demanda atual de água para a rizicultura na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, conforme apresentado no capítulo 3.6, é estimada em aproximadamente 214 milhões de metros cúbicos ao ano (nos meses de plantio, novembro a março). Desta forma, constitui-se na atividade que consome a maior quantidade de água na bacia.

b) Medidas mitigadoras para redução da demanda hídrica para a cultura do arroz irrigado

Conforme abordado no item 3.6, o *cenário desejável* prognosticado para as demandas hídricas é constituído pela manutenção da tendência histórica de desenvolvimento dos setores, bem como pela melhoria na eficiência dos sistemas produtivos.

Em especial, tendo em vista o que representa em termos relativos, o consumo de água para o cultivo do arroz irrigado, entende-se que um "cenário desejável" para toda a bacia só poderá ser alcançado com a melhoria da eficiência produtiva deste grande consumidor. Desta forma, para fins de reduzir a demanda hídrica da cultura de arroz na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, ou melhor, para fins de melhorar a eficiência dos processos produtivos na rizicultura, propõe-se as seguintes medidas:

- i) Incentivo a adoção do sistema pré-germinado, cuja demanda hídrica média é menor (medida estrutural / não estrutural)

Conforme pôde ser observado no item 3.6, o consumo de água na rizicultura depende do solo, do clima e, principalmente, do sistema utilizado para o plantio (tradicional ou pré-germinado).

Segundo COPAGRO (2001a), o sistema tradicional apresentou um consumo médio de 10.354 m³/ha/safra (dados de 1986), enquanto o sistema pré-germinado apresentou um consumo médio de 5.707 m³/ha/safra (dados de 1997). Estes valores correspondem a um consumo de 0,80 l/s/ha para o sistema tradicional e 0,44 l/s/ha para o sistema pré-germinado (considerando-se um tempo de inundação dos campos de cinco meses). Vale ressaltar que, em que pese os dados de consumo de água fornecidos pela COOPAGRO pareçam baixos (comumente são referidos valores em torno de 15.000 m³/ha/safra), a melhoria do processo produtivo que permita um ganho de eficiência em torno de 20% representaria uma diminuição de aproximadamente 15% na demanda consuntiva total da bacia.

Salienta-se, no entanto, alguns pontos críticos do sistema pré-germinado que também devem ser considerados. Para o preparo do solo, aplica-se uma lâmina d'água em torno de 4,5 cm sobre a superfície, mais a lâmina necessária para saturar o solo (principalmente em função da profundidade do lençol freático).

Esta lâmina necessária para a saturação do solo normalmente demanda uma quantidade significativa de água. Além disto, outra etapa crítica de demanda de água no sistema pré-germinado refere-se a necessidade de reposição de água após a aplicação do herbicida pós-plantio do arroz (ARROZ IRRIGADO, 1997).

- ii) Adensamento superficial para reduzir perdas de água por infiltração (medida estrutural)

No preparo do solo, deve-se realizar um adensamento subsuperficial para reduzir desperdícios de água por infiltração, de forma a melhorar a eficiência da produção.

- iii) Manejo adequado da irrigação (medida não estrutural)

A quantidade de água exigida para o cultivo de arroz consiste no somatório da água necessária para saturar o solo, formar uma lâmina, compensar a evapotranspiração e repor as perdas por percolação vertical, as perdas laterais e as perdas dos canais de irrigação. Esta quantidade depende principalmente das condições climáticas, do manejo da cultura, das características físicas do solo, das dimensões e revestimento dos canais, do ciclo evolutivo da cultivar, da localização da fonte e da profundidade do lençol freático. Como manejo adequado da irrigação, entende-se a determinação e o controle corretos das etapas de início e suspensão da irrigação, o controle contínuo da altura da lâmina de água, etc. Evita-se, desta forma, desperdícios de água durante a irrigação. O quadro 3.8.23 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

Quadro 3.8.23 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da demanda hídrica da irrigação do arroz

Demanda Hídrica	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo
214.550.654 m ³ /ano	S.B. do Baixo Tubarão; S.B do rio D'Una e Complexo Lagunar; S.B. do rio Capivari.	Incentivo a adoção do sistema pré-germinado, cuja demanda hídrica média é menor	Epagri, Prefeituras Municipais, Cooperativas de Agricultores	Permanente
		Adensamento superficial para reduzir perdas de água por infiltração	Epagri, Cooperativas de Agricultores	Periódico
		Manejo adequado da irrigação	Epagri, Prefeituras Municipais, Cooperativas de Agricultores	Permanente

3.8.4.6 Atividade industrial

a) Caracterização da carga poluidora proveniente da atividade industrial

A emissão de efluentes industriais nos cursos d'água contribui significativamente para a degradação da qualidade dos recursos hídricos. Na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar destacam-se como principais fontes poluidoras industriais: mineradoras de carvão, fecularias, cerâmicas/olarias e termoelétricas.

A água utilizada no sistema de resfriamento das usinas, pode ser considerada como o principal efluente do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, em termos quantitativos. Captada em dois pontos, um no rio Capivari e outro no rio Tubarão, o retorno se dá no rio Tubarão.

Do ponto de vista qualitativo, a maior degradação ocorre pela lixiviação dos depósitos de cinzas de carvão. As cinzas possuem características alcalinas e, de acordo com os resultados apresentados pela ELETROSUL em 1990, os elevados índices de pH, propiciam a precipitação da maioria dos metais presentes em sua composição, como belênio, zinco, manganês, arsênio, entre outros. Os resíduos sólidos provenientes tanto das bacias de sedimentação de cinzas, quanto das bacias de sedimentação de finos podem contaminar em maior ou menor grau as águas superficiais e sub-superficiais, devido a composição química das cinzas e do carvão, às condições de lixiviação e à eficiência dos sistemas de tratamento destes efluentes.

Por outro lado, também deve-se aqui salientar a carga poluidora proveniente da atividade de mineração de carvão, associada a existência de depósitos desordenados de descarte de material. A emissão de efluentes da mineração de carvão concentra-se na sub-bacia dos Formadores do Tubarão, principalmente nos municípios Lauro Müller e Orleans, afetando diretamente as águas dos rios desta sub-bacia.

Já na cidade de Tubarão, uma área de aproximadamente 110 ha é utilizada para servir de depósito dos rejeitos oriundos do Lavador Central de Capivari (desativado). Esta região é conhecida atualmente como Banhado da Estiva dos Pregos e é de propriedade da COCALIT – Coque Catarinense Ltda., que explora o carvão residual contido nestes rejeitos. A exemplo das demais atividades e áreas degradadas pelo carvão e seus subprodutos, esta apresenta elevada acidez, alta concentração de sólidos dissolvidos, sulfatos e metais como ferro, chumbo, cobre, zinco, manganês, entre outros.

O processo poluidor da água originado pela lavra e beneficiamento dos rejeitos de carvão desenvolvem-se sob dois aspectos: acidez elevada (a oxidação do material piritoso gera uma carga de acidez com o conseqüente abaixamento do pH das águas, ocasionando a solubilização de uma ampla gama de metais pesados), e arraste de sólidos (a erosão dos solos, os depósitos de rejeito e o processo de beneficiamento geram arrastes de sólidos).

Desta forma, os depósitos de carvão mineral são considerados de modo geral altamente causadores de degradação ambiental, pois a lixiviação dos mesmos produz um efluente com baixo pH e alta concentração de metais como ferro, manganês, zinco, cobre, entre outros.

As fecularias, por outro lado, produzem efluentes constituídos pelas águas utilizadas na lavagem do descascamento da mandioca e águas de extração de amido, possuindo uma elevada concentração de matéria orgânica (DBO_5), sólidos e cianetos. A maior parte das fecularias e dos engenhos de farinha lançam seus efluentes diretamente nos cursos d'água. Além disto, lagoas e rios recebem indiretamente este tipo de poluente, podendo desencadear o processo de eutrofização.

A bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar é atingida pela carga poluidora das fecularias principalmente nos municípios de Treze de Maio, Braço do Norte, São Ludgero e na região de Siqueiro, onde estas atividades afetam diretamente a lagoa do Imaruí.

Por fim, os efluentes das cerâmicas e olarias são provenientes da água de lavagem de moinhos e tanques usados na preparação do esmalte, na preparação de corantes e da água utilizada em limpezas diversas na fábrica. Em todas estas formas, estão presentes óxidos metálicos de chumbo, berílio, zinco, cálcio, alumínio, silício, zircônio, potássio, titânio, magnésio e outros poluentes das matérias-primas utilizadas na fabricação de vidrados sob a forma de sólidos em suspensão.

b) Medidas mitigadoras para redução da carga poluidora proveniente da atividade industrial

i) Tratamento dos efluentes industriais (medida estrutural)

Para tratamento das águas residuárias do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, principalmente para tratamento da água utilizada para arraste de cinzas das termoelétricas que caracteriza-se por um elevado pH e pela presença de metais pesados como belênio, zinco, manganês e arsênio, podem ser estudadas várias possibilidades: implantação de uma estação de tratamento de esgotos, recirculação das águas residuárias, etc.

Em se tratando de águas residuárias industriais, salienta-se que deve-se sempre realizar o levantamento perfeito das cargas e da natureza e tipo de efluente, pois pode ocorrer a presença de substâncias refratárias ao tratamento ou de substâncias inibidoras ou tóxicas (ABES, 1999).

Desta forma, deve-se definir alguns parâmetros adicionais para comporem o elenco de análises e determinações com amostras dos esgotos que terão acesso ao tratamento, entre os quais pode-se destacar os metais pesados.

O tratamento dos despejos depende essencialmente da condição de serem biologicamente inativos ou suscetíveis de tratamento biológico. Os sais provenientes da atividade de mineração, por exemplo, pertencem ao grupo de substâncias biologicamente inativas.

Além disto, segundo IMHOFF & IMHOFF (1996) a recirculação das águas servidas freqüentemente é uma solução tanto para a questão da disposição dos despejos quanto do abastecimento de água. Para tornar possível a recuperação de água pode-se utilizar sistemas de lagoas de acumulação, coagulantes, cloro e filtros.

Em especial, observa-se que a nova unidade (UTLC 7) do Complexo Termoelétrico Jorge de Lacerda está utilizando uma tecnologia baseada em sistema fechado, o que dispensa o arraste hidráulico das cinzas e diminui enormemente a quantidade de água necessária a produção de energia, diminuindo conseqüentemente a geração de efluentes. Desta forma, sugere-se a implantação desta nova tecnologia menos poluidora em todas as usinas do Complexo, para fins de reduzir o efluente industrial.

- ii) Implantação de programas de educação ambiental (medida não estrutural)

Semelhante ao programa de educação ambiental em saneamento, destacado como medida mitigadora da carga poluidora gerada pelo despejo de efluentes domésticos.

Por outro lado, para fins de reduzir a carga poluidora proveniente dos efluentes da mineração, propõe-se as seguintes medidas:

- iii) Recuperação das áreas degradadas pelas atividades de mineração do carvão (medida estrutural)

As áreas degradadas devido às atividades de mineração podem ser divididas em dois grupos: áreas de operação e áreas de depósitos de carvão ou rejeitos, sendo estas últimas também chamadas de áreas de descarte.

Quanto a recuperação das áreas de operação, destaca-se a importância dos seguintes locais (SDM, s.d.):

- Banhado da Estiva: recuperação de 110 ha a cargo da COCALIT, conforme plano de trabalho aprovado pela Fatma;
- Eletrosul: 156,5 ha de áreas de deposição de cinzas, resíduos perigosos e de carvão mineral, cujo controle ambiental é de responsabilidade da Eletrosul;
- Nascentes do rio Tubarão: onde ocorre significativa exploração e beneficiamento de carvão mineral.

Já quanto a recuperação de áreas de depósitos de carvão ou rejeitos, salienta-se a relevância das seguintes áreas (SDM, s.d.):

- Lavador do Capivari: cerca de 83 ha de área de depósito de carvão, cuja recuperação é de responsabilidade da União;
- Companhia Carbonífera Metropolitana: cerca de 3,5 ha de área de deposição de rejeito localizada no banhado da Estiva;
- Outras áreas exploradas e onde ocorrem deposição de rejeitos.

A recuperação das áreas de depósitos de rejeitos é de fundamental importância para o alcance dos objetivos de qualidade ambiental na região sul do estado de Santa Catarina. As técnicas de recuperação dos depósitos de rejeitos têm como objetivo evitar o contato do rejeito com os recursos hídricos, sendo que este contato pode ocorrer através de:

- precipitação direta na superfície;
- afloramento de águas subterrâneas;
- inundação total ou parcial da área devido a cheias de cursos d'água próximos.

Como passos básicos a serem tomados para aplicação das técnicas de recuperação, tem-se:

- interceptação das águas superficiais a montante do depósito desviando-as por meio de valas ou muretas;
- execução de serviços de terraplanagem e compactação;
- cobertura da área com camada de solo;
- controle da drenagem superficial;
- implantação de cobertura vegetal.

Salienta-se que todo o processo de revegetação da área deve ser executado de acordo com os critérios já apontados no capítulo 3.1.

- iv) Implantação de sistemas de drenagem das águas de chuvas nos arredores das áreas de mineração (medida estrutural)

Para fins de evitar o contato das águas das chuvas com os rejeitos de carvão mineral, sugere-se a implantação de sistemas de drenagem pluvial no entorno das áreas de mineração.

Como exemplos destes sistemas tem-se: a construção de canais de desvio, bem como a implantação de diques de isolamento de áreas degradadas. Salienta-se que para a implantação de alguns diques de isolamento em torno da área de rejeitos de carvão mineral no banhado da estiva dos Pregos/SC, estão sendo utilizados rejeitos de cinzas volantes provenientes do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, pelas empresas Coque Catarinense Ltda – COCALIT e Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.

- v) Adoção de processo de lavra com recuperação simultânea da área lavrada (medida estrutural)

Sugere-se aqui a execução de cobertura do depósito com argila e revegetação, concomitantemente com o processo de lavra, visando principalmente controlar a erosão nos taludes e dar estabilidade ao isolamento realizado.

- vi) Construção de bacias de decantação e adoção de circuito fechado (medida estrutural)

Caso possível, a implantação de bacias de acumulação, bem como a utilização de um sistema de circuito fechado podem representar formas de minimizar o despejo da carga poluente nas áreas adjacentes à mineração.

Por sua vez, para reduzir a carga poluidora proveniente do despejo dos efluentes de fecularias, propõe-se as seguintes medidas:

- vii) Instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca (medida estrutural)

A instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca (raspa), através de peneiras ou balaios dispostos na saída da água do lavador, pode minimizar a carga poluidora das fecularias.

Posteriormente, o material coletado nas peneiras ou balaios pode ser utilizado como adubo orgânico na agricultura.

- viii) Construção de sistemas para absorção da água das prensas (medida estrutural)

A água proveniente das prensas constitui-se em um resíduo licoroso altamente nocivo a vegetação e animais.

- ix) Adequação das fecularias à legislação vigente (medida estrutural / não estrutural)

As fecularias, principalmente aquelas com transformação média superior a 5 toneladas de matéria-prima/dia, devem se adequar a legislação vigente mediante licenciamento ambiental.

Por fim, para reduzir a carga poluidora proveniente do despejo dos efluentes de cerâmicas e olarias, propõe-se a seguinte medida:

- x) Tratamento dos efluentes de cerâmicas e olarias (medida estrutural)

A água de lavagem de moinhos e tanques usados na preparação do esmalte, na preparação de corantes e da água utilizada em limpezas diversas podem conter óxidos metálicos de chumbo, berílio, zinco, cálcio, alumínio, silício, zircônio, potássio, titânio, magnésio e outros poluentes sob a forma de sólidos em suspensão. Para o tratamento destes efluentes industriais deve ser incentivada a implantação de estações de tratamento industriais, principalmente no caso de grandes cerâmicas.

Como medida de mitigação de caráter geral para minimizar a carga poluidora gerada por efluentes industriais, destaca-se:

- xi) Planejamento da implantação de novas indústrias, através da observação de diretrizes de zoneamento (medida não estrutural)

A definição de diretrizes de zoneamento para a implantação de indústrias diversas deve fazer parte de legislação dos municípios que compõem a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. O quadro 3.8.24 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

Quadro 3.8.24 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da carga poluidora da indústria

Carga Poluidora	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo
Principalmente efluentes do arraste de cinzas das termoelétricas	Sub-bacia do Baixo Tubarão, município de Capivari de Baixo	Tratamento dos efluentes industriais	Complexo Termelétrico sob fiscalização da FATMA	Permanente
		Implantação de programas de educação ambiental	Pref. Municipais, SDM, Comitê da Bacia, FATMA, Complexo Termelétrico	Temporário ¹
Efluentes da mineração de carvão, caracterizados por um baixo pH e alta concentração de metais como ferro, manganês, zinco, cobre.	Orleans, Lauro Müller e Tubarão.	Recuperação das áreas degradadas pelas atividades de mineração do carvão	Mineradoras, Pref. Municipais, FATMA	Temporário
		Implantação de sistemas de drenagem das águas de chuvas nos arredores das áreas de mineração	Mineradoras, Pref. Municipais	Permanente
		Adoção de processo de lavra com recuperação simultânea da área lavrada	Mineradoras sob fiscalização da FATMA	Permanente
		Construção de bacias de decantação e adoção de circuito fechado	Mineradoras	Permanente
Efluentes com uma elevada concentração de matéria orgânica (DBO ₅), sólidos e cianetos.	Treze de Maio, Braço do Norte, São Ludgero e na região de Siqueiro.	Instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca	Fecularias, Pref. Municipais	Permanente
		Construção de sistemas para absorção da água das prensas	Fecularias	Permanente
		Adequação das fecularias à legislação vigente	Fecularias, Pref. Municipais, FATMA	Temporário
Efluentes com óxidos metálicos	-	Tratamento dos efluentes de cerâmicas e olarias	Cerâmicas e olarias, Pref. Municipais	Permanente
Diversos	-	Planejamento da implantação de novas indústrias, através da observação de diretrizes de zoneamento	Pref. Municipais, FATMA	Permanente

1. O custo desta medida pode ser quantificado nos mesmos termos do que foi realizado para os temas de resíduos sólidos, saneamento, etc. Desta forma uma campanha pode ser implementada com a verba de R\$31.170,00, com a seguinte concepção básica:

- Concepção técnica e arte final do material: R\$ 18.000,00
- Impressão de 10.000 cartilhas (21 x 30 cm, 20 páginas): R\$ 7.720,00
- Impressão de 10.000 cartazes tamanho (42 x 30 cm): R\$ 2.450,00
- Custos adicionais de envio ou diversos: R\$ 3.000,00

3.8.4.7 Atividade industrial, demandas hídricas

a) Caracterização da demanda hídrica na indústria

Conforme apresentado no item 3.6, o cadastro primário de usuários de água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar não apresenta “grandes consumidores” industriais de água, com exceção do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda (destacado na demanda hídrica industrial). Cabe aqui destacar que as usinas do complexo utilizam-se de água para diferentes finalidades: água de circulação, água de serviço e água de arraste hidráulico. Destas, a água de serviço é a única que representa um consumo consuntivo, ou seja, refere-se a um uso que retira a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente.

O *cenário desejável* prognosticado para as demandas hídricas (no item 3.6) é constituído pela manutenção da tendência histórica de desenvolvimento dos setores, bem como pela melhoria na eficiência dos sistemas produtivos. Tendo em vista que o consumo de água para o Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda é o segundo maior da bacia (somente após o consumo da rizicultura), acredita-se que um “cenário desejável” para a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar somente poderá ser alcançado através da melhoria da eficiência produtiva deste Complexo.

b) Proposição de medidas mitigadoras para redução da demanda hídrica na indústria

Para reduzir a demanda hídrica do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, propõe-se as seguintes medidas:

- i) Adotar a tecnologia utilizada na nova unidade 7 (UTLC 7) em todo Complexo

O quadro 3.8.25 apresenta as demandas do Complexo Termoelétrico Jorge de Lacerda, em termos das águas de circulação, de serviço e de arraste.

Quadro 3.8.25 – Demandas Hídricas do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda

Usina	Água de Circulação (l/s)/MW	Água de Serviço (l/s)/MW	Água de Arraste Hidráulico Cinza (l/s)/MW	TOTAL (l/s)/MW
UTLA 1 e 2	40,83	2,36	0,78	43,97
UTLA 3 e 4	33,46	1,79	1,39	36,64
UTLB 5 e 6	30,53	0,19	1,25	31,97
UTLC 7	Zero (Sistema Fechado)	0,58	Zero (Sistema Fechado)	0,58

Salienta-se que os valores apresentados no quadro 3.8.30, são válidos para as usinas operando com 100% de carga. No entanto, as usinas operam com um Fator de Carga médio anual de 50%, ou seja, para o consumo anual os valores representam 50% das vazões anteriormente mencionadas.

Pode-se observar que a usina denominada UTLB 5 e 6 apresenta um consumo de *água de serviço* por unidade de energia gerada significativamente menor que as demais usinas do Complexo, ou seja, apresenta o menor consumo consuntivo por unidade de energia gerada. No entanto, considerando-se simultaneamente os consumos consuntivos (água de serviço) e também os não consuntivos (água de circulação e água de arraste), constata-se que a mais nova usina do Complexo, a UTLC 7, representa a menor demanda hídrica por unidade de energia gerada (cerca de 1% das demandas das demais usinas).

O quadro 3.8.26 apresenta um resumo das medidas mitigadoras recém comentadas.

Quadro 3.8.26 – Resumo das medidas mitigadoras para redução da demanda hídrica do Complexo Termoeletrico Jorge Lacerda

Demanda Hídrica	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Prazo
29.999.318* m ³ /ano	Sub-bacia do Baixo Tubarão, município de Capivari de Baixo	Adotar a tecnologia utilizada na nova unidade 7 (UTLC 7) em todo Complexo	Complexo Termoeletrico - GERASUL	Permanente

*considerada a demanda consuntiva da Usina Termelétrica Jorge Lacerda

3.8.5 Definição de medidas mitigadoras dos impactos em componentes naturais e antrópicos associados aos recursos hídricos

O conjunto de informações aqui apresentadas tem por finalidade sugerir medidas mitigadoras para as alterações dos meios natural e antrópico, decorrentes do uso e ocupação do solo, as quais desencadeiam impactos negativos que refletem sobre os recursos hídricos da bacia. Cada um destes impactos estão discriminados a seguir. No quadro 3.8.27, é apresentado um quadro resumo, dos impactos identificados e das medidas mitigadoras propostas, bem como estimativas de custo.

3.8.5.1 Supressão da mata ciliar ao longo da maior parte dos cursos d'água da bacia

Conforme já mencionado no capítulo 3.1 (uso do solo e cobertura vegetal), a grande maioria dos cursos d'água situados na bacia, carecem de vegetação marginal (mata ciliar) ao longo de toda a sua extensão, exceto nas nascentes e encostas mais íngremes. O fato observado encontra explicação em causas econômicas e culturais, de modo que a mata marginal foi ao longo do tempo substituída por culturas agrícolas e pastagens.

A partir da devastação da mata ciliar, as conseqüências mais significativas são:

- Erosão da margem dos cursos d'água causada pela inexistência de cobertura vegetal. A vegetação colabora no processo de estabilização do solo através do sistema radicular, aumentando a coesão do solo. A ausência de vegetação ribeirinha reduz os obstáculos à lixiviação.
- Alterações das características físicas (temperatura/turbidez/velocidade das correntes/iluminação solar) do corpo d'água, com conseqüências sobre a composição e abundância das comunidades aquáticas.
- Eliminação de habitats marginais protegidos pela vegetação, onde uma infinidade de espécies animais encontra abrigo, alimento e local de procriação.
- Ocorrência de enchentes nas áreas ribeirinhas.

Mitigação

A retomada da cobertura vegetal marginal aos cursos d'água decorre do cumprimento de algumas etapas básicas, a saber:

Zoneamento ecológico e aplicação da legislação específica

O zoneamento é um instrumento que apresenta uma proposta de organização do espaço físico-territorial, de modo a orientar as formas de uso, com base nas potencialidades e condicionantes dos recursos naturais presentes.

Consiste em subdividir a área total em unidades menores que têm em comum determinadas características fisionômicas e/ou estruturais que as fazem diferentes das outras contíguas. Para tanto, avalia-se de forma integrada as variáveis ambientais que diferenciam cada zona e indicam a fragilidade/grau de alteração atual dos recursos bióticos, físicos e antrópicos presentes.

A partir do zoneamento, é possível definir as áreas prioritárias para implantação *do programa de recomposição vegetação ciliar*.

Ressalta-se que aliado ao zoneamento, deve-se levar em consideração o que rege a legislação específica (*Código Florestal Federal e Resolução do Conama*), a qual orienta para a extensão mínima da faixa de preservação marginal aos corpos d' água, com base na largura do leito.

Análise prévia da cobertura vegetal original

Visto que as áreas a serem revegetadas encontram-se disseminadas por toda a bacia, a tarefa consiste numa investigação das espécies vegetais com ocorrência natural nas áreas em questão. Com isso, objetiva-se direcionar o processo de sucessão, conduzindo a cobertura vegetal até próximo do original (anterior a ocupação humana na região).

Para tanto, pode-se utilizar pesquisa de campo em áreas próximas vegetadas (em ambientes semelhantes), bem como de dados secundários, tais como levantamentos florísticos realizados para região e informações fitogeográficas.

Na escolha das espécies deve-se levar em consideração, além da ocorrência natural, outros aspectos, que foram apontados no *programa de recomposição da cobertura vegetal* (item 3.1.6).

Aplicação do programa de recomposição da cobertura vegetal

Os passos sugeridos na execução do programa encontram-se no item 3.1.6.

Educação ambiental

De acordo com Nunes (1985), *educação ambiental* é um processo que consiste em reconhecer valores e explicar conceitos com o objetivo de fomentar as atitudes necessárias para compreender e apreciar as inter-relações entre o homem, sua cultura e seu meio físico.

Sugere-se, pois, envolver a comunidade do entorno das áreas a serem recuperadas através programas que visem conscientizar e orientar as ações dos moradores, prevenindo atos de vandalismo à vegetação.

A tarefa de esclarecimento da importância da vegetação ribeirinha e das consequências de sua devastação, pode ser atribuído aos meios de comunicação local (rádio, jornal). É interessante, acima de tudo, contar com a participação das escolas da comunidade, através de palestras e trabalhos realizados em aula, visto que atinge uma parcela da população de grande interesse na manutenção da vegetação implantada, a médio e longo prazo.

Responsabilidade

A responsabilidade de planejamento, execução e fiscalização do programa de recuperação da mata ciliar fica a cargo das prefeituras municipais, onde haja problemas relacionados com a devastação da vegetação marginal, Comitê da Bacia e FATMA, SDA/EPAGRI.

Prazo

Permanente.

3.8.5.2 Ocorrência de erosão

O processo de desagregação dos sedimentos do solo, liberando partículas menores e mais soltas, embora ocorra com certo equilíbrio na natureza, tem sido induzido e acelerado pelas atividades humanas. A erosão de natureza antrópica decorre da ocupação do território, através do uso e ocupação do solo sem planejamento.

Apesar de acelerado pelas atividades antrópicas, o processo é também comandado por diversos fatores naturais, tais como a frequência e intensidade das chuvas, a topografia e tipo de solo, de modo que algumas áreas tornam-se naturalmente mais propensas à ação da erosão.

Na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, foram identificadas as seguintes causas da erosão:

- Desmatamentos: a malha superficial das raízes colabora na formação do solo e aumenta a resistência à erosão. Além disso, a cobertura vegetal atenua o impacto da gota de chuva sobre o solo, especialmente se densa e formada por vários estratos. A derrubada da cobertura vegetal tem espaço especialmente nos principais centros urbanos e áreas destinadas ao uso agrícola e agropecuário.
- Produção agrícola em áreas declivosas: em locais de relevo acentuado na região central da bacia.
- Criação de gado bovino: a pecuária extensiva desenvolvida às margens dos cursos d'água (município de Jaguaruna, Rio Fortuna, Pedras Grandes, Gravatal, São Bonifácio, etc), acentua a erosão das margens, já desvegetadas, através do pisoteio dos animais, ocasionado o desprendimento das partículas sólidas.
- Ocorrência de estradas não pavimentadas sem sistema de drenagem: proporcionam o escoamento superficial das águas pluviais, sobre o solo exposto, que acabam por provocar erosão em suas margens. Outro aspecto da urbanização que contribui para a formação da erosão é o traçado das ruas perpendicular às curvas de nível, em encostas com declividade superior a 10%.
- Reflorestamento desordenado: a prática de plantio de espécies exóticas, quando realizada em etapas, torna-se responsável pela perda de grande quantidade de solo fértil, tendo em vista que expõe o solo desnudo, após a eliminação da cobertura vegetal original. Este fato torna-se ainda mais problemático quando associado a queimadas.
- Exploração do carvão mineral: o processo de lavra a céu aberto, desenvolvido na SB do rio Tubarão (formadores), em especial no município de Lauro Müller e Orleans, acaba por eliminar por completo a cobertura vegetal existente e descaracterizar estruturalmente o solo do local, sem definição de horizontes, cores e textura (Citadini-Zannete & Boff, 1992). Assim, resta uma mistura dos horizontes do solo com a rocha matriz (estéreis de mineração). O solo solto resultante da exploração favorece a erosão, agravando-se o problema pela forte declividade das pilhas de estéreis.
- Extração de saibro: ocorrente nas SB do rio Tubarão (formadores), rio Braço do Norte e rio Capivari, com destaque para os municípios de Pedras Grandes, Orleans, São Bonifácio, São Ludgero, Santa Rosa de Lima.

- Ocupação urbana de áreas naturais: tais como planícies de inundação e áreas de banhado, com ocorrência em Capivari de Baixo e São Ludgero.
- Ocupação de encostas muito íngremes: as áreas com declividade acentuada (acima de 45°), encontradas especialmente nas escarpas da Serra Geral (SB do rio Braço do Norte e do rio Tubarão (formadores) e a NE da bacia (SB do rio D'Una e Complexo Lagunar) e com cobertura de solos de pequena espessura não devem ser ocupadas, pois apresentam alto potencial erosivo.

O maior impacto da erosão sobre os recursos hídricos é o assoreamento dos corpos hídricos. Como conseqüências deste fenômeno, ressalta-se para a perda de capacidade de armazenamento de água e ocorrência de enchentes. Além disso, a sedimentação das partículas sólidas transportadas, modifica o substrato do curso d'água, alterando o habitat de muitas espécies aquáticas.

Mitigação

- *Medidas de caráter corretivo*

Diagnóstico da área problema

O conhecimento do estado da erosão e de seu impacto ambiental, bem como o prognóstico de sua evolução, é fundamental para a definição das ações governamentais que visam estabelecer prioridades para as áreas de aplicação de investimentos em obras corretivas. Este diagnóstico foi realizado e é apresentado no item 3.3 Potencial erosivo.

Após a análise e diagnóstico das áreas afetadas, avalia-se as condições atuais do solo, o tipo de erosão (se laminar, por ravinas ou por voçorocas), e define-se o nível de abordagem (se local ou regional), bem como os profissionais necessários a compor a equipe técnica.

Aplicação do programa de recomposição da cobertura vegetal

Os passos sugeridos na execução do programa de recomposição da cobertura vegetal encontra-se já descrito no item 3.1.6.

Entretanto, se a área em questão apresenta-se propícia ao uso agrícola, recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas sugeridas adiante, feito a descompactação (se necessário) e a reposição da camada de solo. Neste caso, é imprescindível avaliar a capacidade de uso do solo, a fim de evitar-se futuros problemas com erosão.

Visto que foram identificadas em campo situações com inícios de boçorocamento (como por exemplo no trecho entre Pedras Grandes e São Ludgero), descreve-se sucintamente abaixo as diretrizes para concepção de projetos de contenção de Boçorocas, extraído de SÃO PAULO (1989).

A obra em questão deve contemplar os seguintes aspectos:

- disciplinamento das águas superficiais – envolve a captação e condução da água pluvial (com canais ou tubulações dimensionados a partir do cálculo de vazão das águas pluviais), desde a cabeceira da boçoroca até local adequado para a descarga. A energia da água da chuva deve ser diminuída nos pontos de descarga, ou ainda ao longo da obra de condução, através de *septos transversais, bacias de impacto* ou *de mergulho, vertedores*, etc.
- disciplinamento das águas subterrâneas – consiste em tratar as águas sub-superficiais (lençol freático ou suspenso), responsáveis pelo desenvolvimento lateral da boçoroca. O tratamento é realizado através de drenos enterrados.
- estabilização dos taludes da boçoroca – consiste em obras que visem a proteção dos taludes da boçoroca e das obras de represamento contra a erosão promovida pela água e por possíveis escorregamentos. As obras são normalmente implementadas por serviços de terraplanagem e de cobertura vegetal (taludes e área lateral da boçoroca).

No planejamento da implantação das obras deve-se ter o cuidado de evitar o período com maior precipitação pluviométrica do ano. Salienta-se também para a necessidade de inspeções técnicas periódicas, a fim de efetuar-se a desobstrução de tubos e canais, reconstrução parcial de partes destruídas, remoção de solo escorregado, etc.

- [Medidas de caráter preventivo](#)

Aplicação de Zoneamento

Constitui-se em instrumento que visa nortear o poder público na prevenção de processos erosivos para conservação dos recursos hídricos, de forma a orientar a ocupação rural com base na melhor capacidade de uso do solo, como também a ocupação urbana e implantação de obras civis. Isto porque, dentre as principais causas da erosão está a ocupação do solo de forma desordenada, com implantação de áreas urbanas e culturas agrícolas em locais não apropriados.

Com o zoneamento tem-se individualizadas as áreas mais susceptíveis à erosão, e delimitadas as sub-bacias mais afetadas, as quais deverão ter atendimento especial, de acordo com um planejamento regional.

Através da identificação da capacidade de uso dos diferentes tipos de solo, é possível prever os riscos de desencadeamento e evolução dos processos erosivos, e com isso evitar a erosão.

Adoção de técnicas conservacionistas

Após definidas as classes de suscetibilidade à erosão (áreas de risco alto, moderado e baixo), e delimitadas as áreas em que ocorrem na bacia, com base no zoneamento efetuado, pode-se sugerir técnicas de conservação do solo apropriadas para cada situação.

Assim, não é recomendada a qualquer tipo de ocupação, em especial exploração agrícola, nas áreas com alto risco de erosão (onde predominam o relevo acentuado, com declividade maior que 12%, e de solos com pequena profundidade). As áreas tidas como de baixo risco (solos com baixa declividade e resistentes à erosão), possibilitam o cultivo agrícola com utilização de práticas simples de conservação do solo. Em áreas consideradas de risco moderado (declividades até 12%), é possível o cultivo do solo, desde que com adoção de técnicas conservacionistas mais complexas, as quais devem adequar-se às características físicas e químicas do solo, declividade, tipo de cultura, etc. Ainda assim, é básico observar-se a capacidade de utilização do solo, optando-se pela fruticultura, lavoura, pastagem ou reflorestamento.

São exemplos de algumas destas técnicas de cultivo, segundo SÃO PAULO (1989):

- utilização de plantas de cobertura, para culturas perenes: mantém o solo coberto durante o período de chuvas, reduzindo o efeito erosivo nesta época do ano;
- plantio direto, para culturas anuais: mantém o solo totalmente coberto, protegendo-o contra a erosão por restos culturais que permitem a incorporação de matéria orgânica no solo;
- rotação de culturas associada à faixas de cultura: a disposição alternada de diferentes culturas diminui consideravelmente a ação erosiva das enxurradas e mantém o solo coberto em grande parte do ano;

- utilização de cordões de vegetação, para culturas anuais: intercepta a velocidade das enxurradas, facilita a infiltração das águas e a deposição do solo parcialmente erodido;
- utilização de quebra ventos, para culturas anuais: intercepta a ação dos ventos, controlando a erosão eólica;
- construção de terraços: prática que visa interceptar a água das enxurradas, forçando sua infiltração e drenando o excesso. Vários tipos de terraços são propostos, para cada situação, sendo que os modelos tipo Magnum e Nichols apresentados no item 3.1.6.3.

Embora já abordados no capítulo 3.3.4.2, vale a pena retomar algumas medidas que proporcionam resistência ao solo em áreas de cultivo:

- manutenção da cobertura vegetal (viva ou morta) pelo maior tempo possível;
- manutenção de uma superfície de solo rugosa, para reduzir a velocidade de escoamento superficial da água da chuva;
- evitar-se o tráfego excessivo de máquinas pesadas, quando do plantio, a fim de manter-se uma boa estruturação do solo;
- eliminação de queimadas;
- rotação de culturas;
- adubação orgânica, colaborando na melhoria da agregação do solo.

Desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de legislação específica para controle e prevenção à erosão

A prevenção dos problemas erosivos num município está atrelada não apenas à observância de cuidados técnicos, como também torna-se indispensável embasar-se em normas e dispositivos legais específicos.

Estas normas devem estar gravadas nos planos diretores municipais, visando principalmente a não ocupação ou ocupação racional do uso do solo em áreas críticas ou impróprias à ocupação urbana. Deve abranger medidas e ações de planejamento urbano, de disciplinamento legal do uso e ocupação do solo, e de desenvolvimento de um código de obras específico.

Integração dos municípios

Sendo a bacia hidrográfica a referência para implantação de programas de controle da erosão, faz-se necessário articular os municípios envolvidos com o problema, possibilitando a realização de um programa em comum. Desta forma, ganha-se forças na busca de recursos junto aos governos estadual e federal.

Educação ambiental

É de fundamental importância para o sucesso de um programa de controle à erosão, a elaboração de projeto de educação ambiental junto aos proprietários rurais.

Este tem a finalidade de apresentar ao agricultor a necessidade de utilização de técnicas (sugeridas acima) adequadas a cada situação (tipo de solo, topografia, etc), e os benefícios advindos destas.

Responsabilidade

Prefeituras municipais e empresas mineradoras

Prazo

Permanente.

3.8.5.3 Contaminação da água por poluentes atmosféricos de termelétricas

A Usina Termelétrica Jorge Lacerda, localizada no município de Capivari de Baixo, por utilizar carvão mineral como matéria prima, é responsável por causar grandes prejuízos ambientais (com impacto sobre a biodiversidade) no local da extração do carvão.

Alem disso, de acordo com a FATMA (1995), geram poluentes atmosféricos, principalmente de origem sulfurosa. A poluição do ar é decorrente da introdução de qualquer componente que venha a alterar as propriedades da atmosfera.

Desta forma, contribuem para a poluição dos rios Capivari e Tubarão e, conseqüentemente, para o Complexo Lagunar, em especial na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, através da acidificação destes corpos d'água.

O efeito da chuva ácida é facilmente visível nos meios aquáticos (lagos, rios ou banhados), para onde a chuva drena, ocasionando a morte dos organismos mais sensíveis e, conseqüentemente, desequilíbrios na teia alimentar.

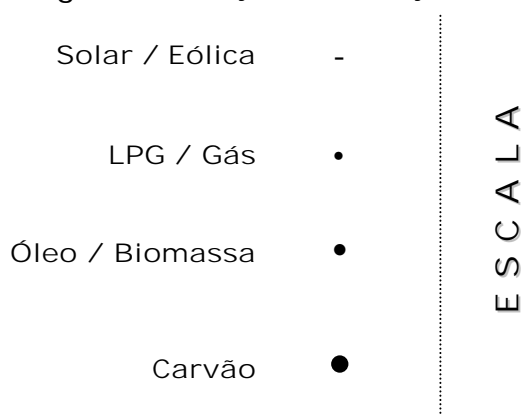
Mitigação

Sugere-se monitorar a os poluentes permanentemente, na fonte poluidora, a partir de projeto, de acordo com o que regula a legislação (CONAMA Nº 3/90), através de análises das emissões. Devem ser previstas revisões das normas de operação e manutenção, trocas adequadas de componentes e até mesmo modificações no projeto, se necessário.

Entretanto, outras opções de geração de energia são possíveis atualmente com impactos mínimos ou nulos para o ambiente. São as chamadas *fontes de energia limpa*, como o caso da energia eólica (termossolar ou fotovoltaica) e da energia solar. Destaca-se que a última tem a vantagem de permitir outros usos na área de instalação dos geradores, como agricultura e pecuária.

É preciso, pois, incentivar a pesquisa e a produção de energia de fontes limpas, como também o consumo proveniente destas fontes. Carece ainda de políticas de conservação de energia que estimulem um consumo mais eficiente.

É apresentado abaixo uma escala relativa do impacto dos diferentes tipos de energia, em relação à formação de chuva ácida.



FONTE: Green Building Digest (1995)

Figura 3.8.6 – Impacto causado pelos diferentes tipos de energia

3.8.5.4 Ocorrência de inundações

Sob este aspecto, de acordo com uma relação causa-efeito, o recurso hídrico é abordado como o *gerador* do impacto negativo, ao contrário dos itens anteriores, em que foram enfocados impactos *sobre* o recurso hídrico.

No entanto, buscando-se na origem as causas do fenômeno, as inundações apresentam-se como conseqüência de alterações antrópicas, tais como:

- Ocupação urbana/industrial das zonas ribeirinhas, com conseqüente eliminação da mata ciliar – destacando-se os municípios de Armazém, Grão Pará, Braço do Norte, São Ludgero, Tubarão.
- Avanço das áreas de pastagens e rizicultura sobre as zonas ribeirinhas e áreas de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres (banhados) – especialmente São Ludgero, Treze de Maio e Tubarão.
- Retificação dos cursos d'água – com destaque para o município de Tubarão (rio Tubarão) e Gravatal (rio Capivari).
- Extração de areia, o que provoca uma mudança drástica no leito do rio – ao longo do rio Capivari, salientando-se o município de Armazém.
- Devido a problemas no sistema de drenagem pluvial, associado ao aumento de áreas impermeabilizadas (urbanização crescente das cidades – vários municípios disseminados por toda bacia, com grande destaque para o município de Tubarão, que apresenta 06 pontos críticos de alagamento. Outros municípios apresentam pontos com ocorrência de alagamentos, ainda que pouco críticos, tais como: Imaruí, Laguna, São Bonifácio, Grão Pará, Braço do Norte, São Ludgero, Lauro Müller, Orleans, Sangão e Treze de Maio.

Os rios que são críticos por apresentarem-se suscetíveis às cheias são: rio Capivari (municípios de São Martinho, Armazém, Gravatal e Capivari de Baixo), rio Tubarão (Capivari de Baixo e Tubarão), rio Pequeno (Grão Pará), rio Braço Esquerdo (Grão Pará), rio Braço do Norte (Braço do Norte e São Ludgero), rio do Salto (Treze de Maio), rio Cachoeira e Córrego Berlim (São Ludgero).

Mitigação

As enchentes urbanas, com causa na ocupação das planícies de inundação dos rios, podem ser sugeridas uma série de medidas mitigadoras, todas de caráter preventivo, discriminadas abaixo.

Elaboração de mapa de inundações detalhado aliado a um sistema de previsão em tempo real de cheias

Conforme mencionado no capítulo 3.2.2.3, a confecção de mapa de inundações, e a implantação de postos fluviométricos e telemétricos equipados com linígrafos, ao longo dos rios Tubarão, Capivari e Braço do Norte, possibilita o controle do nível da água nestes rios e a previsão das áreas a serem afetadas com a cheia. Esta medida diferencia-se das demais por cumprir o papel de possibilitar a tomada de decisões com antecedência, através de um plano de evacuação da área a ser afetada, retirando-se a população em tempo hábil. Conforme já apresentado no item 3.2.2 já foi elaborado o mapa de inundações para o município de Tubarão, o qual servirá de subsídio para o planejamento da ocupação urbana em área ribeirinhas.

Zoneamento da área urbana e aquisição das áreas inundáveis pelo poder público

O zoneamento da área urbana visa orientar a ocupação futura do solo na região, com base nas limitações impostas pela área de inundação do rio. Sugere-se, a partir daí, a compra das áreas de inundação, coibindo a ocupação do espaço por invasores através de uma fiscalização intensiva.

A partir da compra destas áreas, é possível investir-se em projetos de renaturalização dos rios, nos trechos em que encontram-se canalizados. Esta medida visa a regeneração da biota nas áreas de inundação do rio, bem como evita problemas com cheias a jusante da área canalizada. São problemáticos os trechos em que não existem áreas marginais à disposição, casos em que se devem considerar a necessidade de proteção da população ribeirinha. É também uma restrição significativa, o custo econômico envolvido na execução da medida.

A regulamentação do uso do solo urbano, no que diz respeito às enchentes, deve ser contemplada em Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU).

Recomposição da mata ciliar

Tendo a vegetação ciliar, dentre outras, a função de manter estável o nível da água, além de freiar a erosão da margem do curso d'água, e com isso evitar o assoreamento, é de fundamental importância a recomposição desta vegetação nos locais onde fora afetada.

Os passos sugeridos para a execução do programa, são abordados no capítulo 3.1.6, e farão parte de uma das ações do Plano Setorial de Conservação Ambiental.

Obras de engenharia

Estas são medidas estruturais que visam possibilitar a convivência da população ribeirinha com o rio, através da modificação deste, como por exemplo, a construção de barragens, diques, canais e desvios, reservatórios e bacias de amortecimento.

Sugere-se a adoção de tais medidas apenas em casos extremos, em que não seja possível evitar-se a ocupação das áreas inundáveis, ou ainda que esta já esteja estruturada. Como desvantagens destas medidas, estão as alterações das condições de vida à biota aquática, e os altos custos investidos.

Quanto aos problemas causados por alagamentos em alguns municípios, decorrentes da precariedade dos sistemas de drenagem urbana, segue abaixo as medidas sugeridas:

Manutenção do sistema de drenagem pluvial

Esta é uma atividade que deve ser realizada periodicamente.

Construção de valos de infiltração

Consiste na construção de valas de drenagem laterais, paralelas às ruas, com a finalidade de armazenar a água da chuva oriunda das áreas adjacentes e permitir a infiltração ao longo do tempo.

Aumentar as superfícies permeáveis

A medida tem a intenção de permitir que a água infiltre no solo mais rapidamente, diminuindo o escoamento da água da chuva na superfície, tais como superfícies gramadas. Além disso, pode-se optar pela utilização de pavimentos permeáveis: pavimentos de concreto ou asfalto em que o material fino é retirado da mistura, ou blocos de concreto vazados.

Responsabilidade

Prefeituras municipais

Prazo

Permanente

3.8.5.5 Aumento das áreas urbanizadas

As conseqüências da urbanização que mais interferem na drenagem urbana são as alterações do escoamento superficial direto. Essas alterações podem ser dramáticas como mostra a figura 3.8.7, obtida por LEOPOLD (1965) que relaciona o crescimento das vazões máximas de cheia, com a área urbanizada da bacia e a área servida por obras de drenagem.

Para o caso extremo, verifica-se que o pico da cheia numa bacia urbanizada pode chegar a ser seis vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais.

Este comportamento para a vazão máxima pode ser facilmente entendido: a urbanização implica no aparecimento de áreas impermeabilizadas (pátios, estacionamentos, telhados, ruas pavimentadas etc.). O volume de água da chuva que era infiltrado no solo e absorvido pelas plantas, passa a ser desviado para os canais de drenagem, provocando o aumento das vazões e, conseqüentemente, exigindo maior capacidade das canalizações de esgoto pluvial.

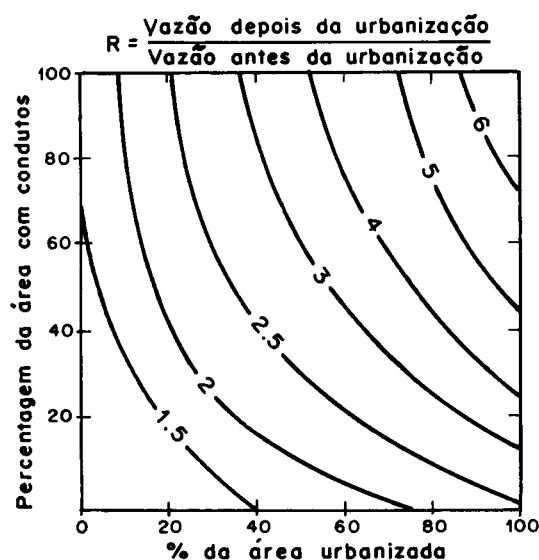


Figura 3.8.7 - Efeito da urbanização sobre a vazão máxima (em TUCCI 1997)

Em que pese esta situação de prejuízo para os sistemas de drenagem ser problemática, a inexistência de sistemas drenagem pluvial na área urbana, em boa parte dos municípios da Bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar faz com que o problema seja agravado.

Mitigação

No item 3.2.2 (Enchentes), uma série de medidas estruturais e não estruturais foram elencadas para a mitigação dos problemas gerados na drenagem urbana pelo aumento da urbanização e conseqüente aumento das áreas impermeabilizadas. Estas medidas aplicam-se totalmente neste ponto, sendo que são apresentadas a seguir.

Medidas de controle distribuído

(i) *Planos de infiltração*: existem vários tipos, de acordo com a sua disposição local. Em geral, estas áreas são gramados laterais, que recebem a precipitação de áreas impermeáveis, como residências ou edifícios. Durante precipitações intensas, estas áreas podem ficar submersas, se a sua capacidade for muito inferior à intensidade da precipitação. Caso a drenagem transporte muito material fino, a capacidade de infiltração pode ser reduzida com o tempo, necessitando limpeza periódica do plano para manter sua capacidade de funcionamento.

(ii) *Valos de infiltração*: estes são dispositivos de drenagem lateral, muitas vezes utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros. Estes valos concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para uma infiltração ao longo do seu comprimento. Após uma precipitação intensa, o nível sobe e, como a infiltração é mais lenta, mantém-se com água durante algum tempo. Portanto, o seu volume deve ser o suficiente para não ocorrer alagamento. Este dispositivo funciona, na realidade, como um reservatório de detenção, à medida que a drenagem que escoar para o valo é superior à capacidade de infiltração. Nos períodos com pouca precipitação ou de estiagem, ele é mantido seco. Este dispositivo permite, também, a redução da quantidade de poluição transportada a jusante.

(iii) *Pavimentos permeáveis*: o pavimento permeável pode ser utilizado em passeios, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego. Em ruas de grande tráfego, este pavimento pode ser deformado e entupido, tornando-se impermeável. Este tipo de pavimento pode ser de concreto ou de asfalto e é construído da mesma forma que os pavimentos tradicionais, com a diferença que o material fino é retirado da mistura. Além destas superfícies tradicionais, existem os pavimentos construídos com módulos de blocos de concretos vazados.

Armazenamento: o armazenamento pode ser efetuado em telhados, em pequenos reservatórios residenciais, em estacionamentos em áreas esportivas, entre outros. O armazenamento em telhados apresenta algumas dificuldades, que são a manutenção e o reforço das estruturas. Devido as características de clima brasileiro e ao tipo de material usualmente utilizado nas coberturas, esse tipo de controle dificilmente seria aplicável à nossa realidade.

O armazenamento no lote pode ser utilizado para amortecer o escoamento, em conjunto com outros usos, como abastecimento de água, irrigação de grama e lavagem de superfícies ou de automóveis. Para o lote padrão mínimo das cidades brasileiras, que é 300 m², observa-se que é necessário, em média 1,54 m³ de volume de detenção para um tempo de retorno de 2 anos, variando, para 67% dos casos entre 1,31 e 1,87 m³. A vazão específica para este tamanho de lote é de 5,15 l/m², podendo chegar a 6,66 l/m² para lotes de 600 m².

Medidas de Controle no Loteamento

A medida de controle de escoamento na microdrenagem tradicionalmente utilizada consiste em drenar a área desenvolvida, através de condutos pluviais, até um coletor principal ou riacho urbano. Esse tipo de solução acaba transferindo para jusante o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, já que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições preexistentes. Desta forma, acaba provocando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem.

Como foi apresentado anteriormente, a impermeabilização e a canalização produzem aumento na vazão máxima e no volume de escoamento superficial. Para que este acréscimo de vazão máxima não seja transferido a jusante, utiliza-se o amortecimento do volume gerado, através de dispositivos como: tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou enterrados, entre outros. Estas medidas são denominadas de controle a jusante (downstream control). O objetivo das bacias ou reservatórios de detenção é minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica.

As seguintes vantagens e desvantagens (Urbonas e Stahre, 1993) deste sistema se referem a: custos reduzidos, se comparados a um grande número de controles distribuídos; custo menor de operação e manutenção; facilidade de administrar a construção; dificuldade de achar locais adequados; custo de aquisição da área; reservatórios maiores têm oposição por parte da população.

Este controle tem sido utilizado quando existem restrições, por parte da administração municipal, ao aumento da vazão máxima devido ao desenvolvimento urbano, e, assim, já foi implantado em muitas cidades de diferentes países. O critério normalmente utilizado é que a vazão máxima da área, com o desenvolvimento urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima das condições preexistentes para um tempo de retorno escolhido. As referidas restrições por parte da administração municipal se refere a determinação da vazão máxima de contribuição por lote, sendo que são implementadas através do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município.

Medidas de controle na macrodrenagem

O controle do impacto do aumento do escoamento devido à urbanização, na macrodrenagem, tem sido realizado, na realidade brasileira, através da canalização. O canal é dimensionado para escoar uma vazão de projeto para tempos de retorno que variam de 25 a 100 anos.

No primeiro estágio a bacia não está totalmente urbanizada, e as inundações ocorrem no trecho urbanizado, onde algumas áreas não estão ocupadas, porque inundam com frequência.

Com a canalização deste trecho, as inundações deixam de ocorrer. Nas áreas que, antes, eram o leito maior do rio e sofriam freqüentes inundações, existiam favelas, ou eram desocupadas. Estas áreas tornam-se valorizadas, pela suposta segurança do controle de enchentes. O loteamento destas áreas leva a uma ocupação nobre de alto investimento.

Com o desenvolvimento da bacia de montante e o respectivo aumento da vazão máxima, que não é controlada pelo poder público, voltam a ocorrer inundações no antigo leito maior. Nesta etapa, não existe mais espaço para ampliar lateralmente o canal, sendo necessário aprofundá-lo, aumentando os custos em escala quase exponencial, já que é necessário estruturar as paredes do canal.

Este processo, encontrado em muitas cidades brasileiras, pode ser evitado através do uso combinado das medidas mencionadas dentro do planejamento urbano. Para o planejamento de controle da bacia, quando a mesma ainda está no primeiro estágio, pode-se utilizar o seguinte:

- combinar estas áreas, para atuarem como bacias de detenção urbanas;
- regulamentar a microdrenagem para não ampliar a enchente natural, tratando cada distrito ou sub-bacia de acordo com sua capacidade e transferência a jusante. Nesse caso, é estudada cada sub-bacia e definido o risco de inundação que cada empreendedor deve manter nas condições naturais;
- utilizar parques e as áreas mencionadas acima para amortecer e preservar os hidrogramas entre diferentes sub-bacias ;
- prever subsídios de impostos para as áreas de inundações e a troca de solo criado por compra de áreas de inundações;
- nenhuma área desapropriada pelo poder público pode ficar sem implantação de infra-estrutura pública, parque ou área esportiva; caso contrário, será invadida.

Elaboração de Planos Diretores Municipais de Drenagem Urbana

O Plano Diretor de Drenagem Urbana de um município é o instrumento de gestão necessário para o controle dos efeitos da urbanização, no que se refere a impermeabilização da superfície do terreno, sobre os recursos hídricos. Alguns dos elementos básicos do Plano de Drenagem Urbana são destacados a seguir:

Abrangência: a regulamentação se refere as bacias com potencial de desenvolvimento urbano e constantes do Plano de Desenvolvimento Urbano da cidade.

Módulo de regulamentação: o módulo de regulamentação definido aqui é o distrito. O distrito deve considerar a administração municipal e as condições de escoamento. Cada sub-bacia pode ter vários distritos, delimitados pela administração de municípios que envolvam uma mesma bacia.

Condições de desenvolvimento: em cada sub-bacia existem as seguintes condições:

- situação atual;
- loteamentos e densificações aprovadas;
- áreas sem ocupação definida ou sem aprovação para ocupação. Nesta fase deve-se procurar identificar as áreas que poderão ser utilizadas para parques ou áreas de preservação natural.

Estas condições caracterizam os três cenários básicos urbanos. O primeiro caracteriza a situação atual, ou seja, que o custo do controle é do poder público. O segundo caracteriza o cenário do controle a nível de densificação, ou seja na aprovação a nível de construção e, terceiro o controle é a nível de loteamento. Os dois últimos podem ser realizados a custo dos investidores, enquanto que o primeiro exige investimento público.

Avaliações: para a macrodrenagem das sub-bacias, devem ser quantificadas as vazões de cheia para um tempo de retorno adequado ao controle e ao tipo de drenagem. Nessa avaliação devem-se considerar os cenários da bacia mencionados no item anterior, ou seja:

- condições de drenagem para o cenário de ocupação atual;
- com a densificação controlada para não ampliar as cheias naturais e;
- com os novos loteamentos também não ampliando as cheias naturais.

Regulamentação: com base nos elementos desenvolvidos nos itens anteriores, será possível definir a capacidade dos principais troncos do sistema de drenagem secundária e macrodrenagem. Com base nesses elementos podem-se estabelecer critérios limites para a drenagem urbana na aprovação das construções, baseados em:

- vazão máxima de saída do lote ou loteamento menor ou igual as condições de pré-desenvolvimento;
- taxa de impermeabilização e controles específicos do lote.

Dentro dos cenários citados é necessário estabelecer a regulamentação e prever controles para o problemas identificados, ou seja: (i) áreas invadidas; (ii) loteamentos clandestinos; (iii) passeios e ruas na fase de densificação. Para o controle devem-se simular os diferentes cenários com as condições mencionadas, para sub-bacias pré-definidas que englobem os distritos.

As medidas públicas do plano devem-se concentrar no seguinte: (i) regulamentar a aprovação da densificação e de novos loteamentos; (ii) prever áreas públicas de amortecimentos para a impermeabilização dos passeios e ruas, além das áreas em que o controle é presumidamente difícil devido as ações ilegais.

Elaboração de um Manual de Drenagem Urbana

O Manual de Drenagem Urbana tem como objetivo orientar os projetistas sobre as restrições e métodos aceitos no dimensionamento da drenagem na cidade e deve conter o seguinte:

Concepção e princípios do Plano Diretor de Drenagem Urbana: os principais elementos que norteiam o desenvolvimento do Plano Diretor e os princípios básicos tais como: o controle distribuído na bacia hidrográfica, sem transferência para jusante, a previsão dos cenários futuros e seus impactos caso não houvesse controle distribuído sobre a bacia.

A regulamentação por distritos de drenagem: identificar claramente a regulamentação exigida em cada distrito de drenagem, tais como: densificação permitida, critérios quanto a vazão de saída do desenvolvimento e incentivos existentes para controle de enchentes, condições de manutenção dos sistemas;

Projeto e critérios: o manual deve procurar orientar sobre as alternativas potenciais disponíveis sobre o controle da vazão e os principais cuidados, especificando os critérios e os métodos básicos aceitos para a avaliação da regulamentação. Isto envolve, entre outros: (i) o tempo de retorno para o qual a vazão não pode ser ampliada; (ii) tempo de retorno de segurança das obras; (iii) controle sobre erosão, a jusante de obras de retenção, se o canal for sem revestimento; (iv) critério para a manutenção.

Na figura 3.8.8 é apresentada a correlação entre as diversas medidas mitigadoras sugeridas.

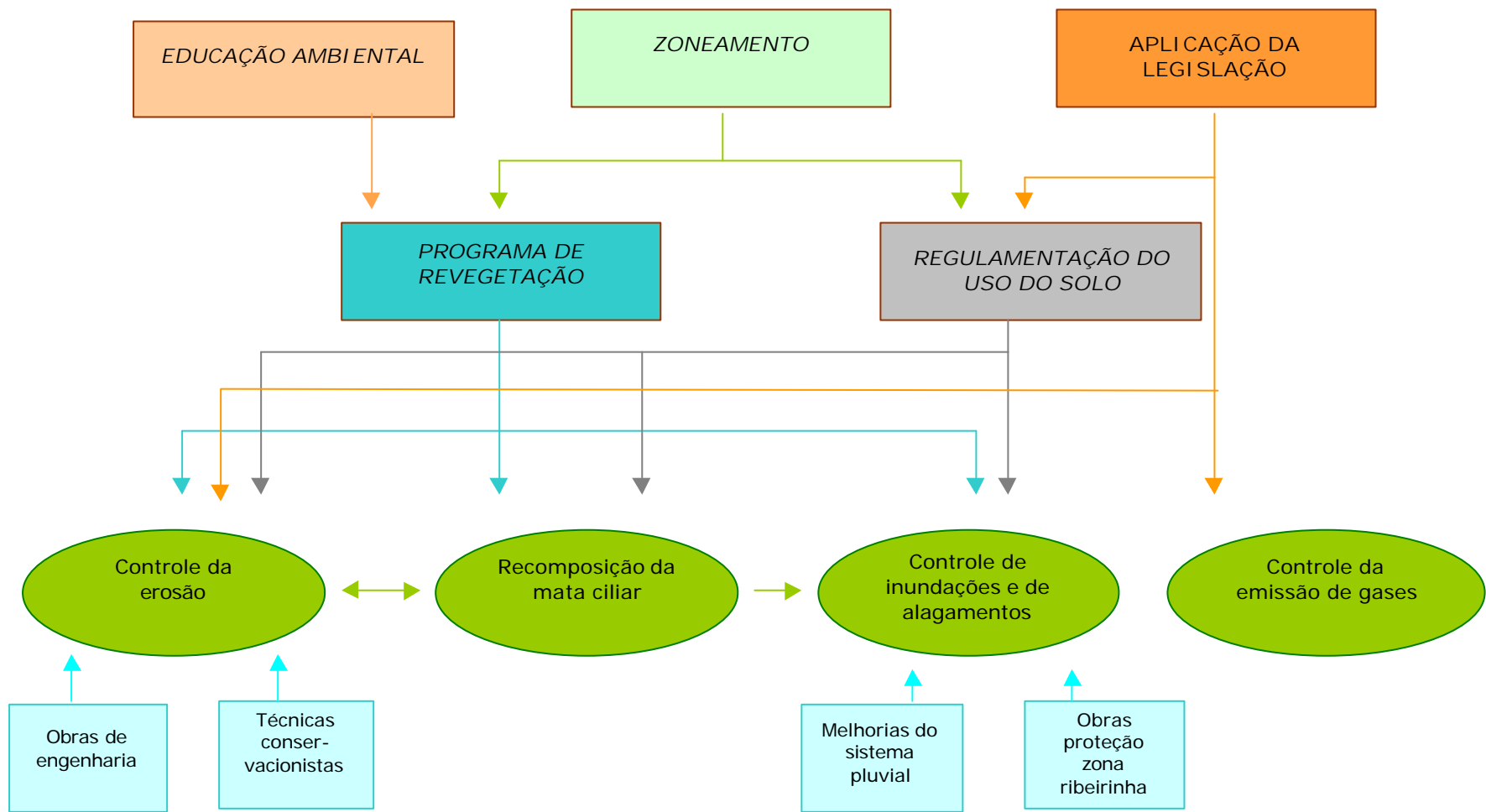


Figura 3.8.8- Medidas mitigadoras sugeridas

Quadro 3.8.27 - Síntese dos impactos identificados e medidas mitigadoras propostas

Impacto	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Custo estimado
Supressão da mata ciliar ao longo da maior parte dos cursos d'água da bacia	Ao longo dos cursos d'água, especialmente no médio baixo curso do rio Tubarão	Zoneamento ecológico e aplicação da legislação específica	Prefeituras Municipais	
		Aplicação do programa de recomposição da cobertura vegetal		R\$ 20.000,00 / ha ¹
		Educação ambiental		R\$ 31.170,00 ²
Erosão	Topos de morro e áreas agrícolas sem manejo conservacionista, distribuídas pela bacia	Aplicação do programa de recomposição da cobertura vegetal	Prefeituras Municipais	R\$ 20.000,00 / ha ¹
		Aplicação de Zoneamento de restrição à ocupação de áreas críticas	Prefeituras Municipais	
		Adoção de técnicas conservacionistas	Prefeituras Municipais e EPAGRI	
		Desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de legislação específica para controle e prevenção à erosão	Prefeituras Municipais, SDM e FATMA	
		Educação ambiental	Prefeituras Municipais e FATMA	R\$ 31.170,00 ²
Contaminação da água por poluentes atmosféricos de termelétricas	foz do rio Capivari	Monitoramento da qualidade do ar e incentivo a pesquisa de formas alternativas de energia	Complexo termelétrico, GERASUL e FATMA	
Ocorrência de inundações	Parte dos nove municípios da bacia que sofrem com inundações, em especial Tubarão: Braço do Norte, Tubarão, Capivari de Baixo, São Martinho, Armazém, Gravatal, Grão Pará, São Ludgero, Treze de Maio	Elaboração de mapa de inundações aliado a um sistema de previsão em tempo real de cheias	Prefeituras Municipais	
		Recomposição da mata ciliar	Prefeituras Municipais, FATMA	R\$ 20.000,00/ha ¹
		Obras de engenharia	Prefeituras Municipais	canais ³ : R\$ 1,7 milhão/km a R\$ 50 milhões/km dragagem ³ : R\$ 45,50/m ³ interceptores pluviais ⁵ : R\$ 500,00/ ha drenado
		Manutenção do sistema de drenagem pluvial	Prefeituras Municipais	limpeza, desobst. boca de lobo ⁴ : R\$ 4,93/un limpeza e desobstrução de rede ⁴ : R\$ 3,70/m
		Construção de valos de infiltração	Proprietários e Prefeituras Municipais	R\$ 180,00/1000 m ³ de volume útil ⁵
		Aumentar as superfícies permeáveis	Proprietários e Prefeituras Municipais	pavimento ⁴ : R\$ 22,26 /m ²

Quadro 3.8.27 - Síntese dos impactos identificados e medidas mitigadoras propostas, cont.

Impacto	Principal local de ocorrência	Medidas Mitigadoras	Responsabilidade	Custo estimado
Aumento das áreas urbanizadas	Áreas urbanas dos 21 municípios da bacia	Aplicação de medidas de controle distribuído: Planos de infiltração, Valos de infiltração, Pavimentos permeáveis, Armazenamento	Prefeituras Municipais e Proprietários, fiscalização no momento da aprovação dos projetos	Pavimentos permeáveis ⁴ : R\$ 22,26 / m ² Valos de infiltração ⁵ : R\$ 180,00/1000 m ³ de volume útil,
		Aplicação de medidas de controle no loteamento: amortecimento do volume gerado, através de dispositivos como: tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou enterrados, entre outros.	Proprietários sob fiscalização da Prefeituras Municipais	Reservatório de detenção ³ : R\$ 37,50/ m ³ de volume útil
		Regulamentar a microdrenagem para não ampliar a enchente natural	Prefeituras Municipais	
		Utilizar parques e as áreas mencionadas acima para amortecer e preservar os hidrogramas entre diferentes sub-bacias	Prefeituras Municipais	
		Prever subsídios de impostos para as áreas de inundações e a troca de solo criado por compra de áreas de inundações	Prefeituras Municipais	
		Elaboração de Planos Diretores Municipais de Drenagem Urbana	Prefeituras Municipais	
		Elaboração de um Manual de Drenagem Urbana	Prefeituras Municipais	Sub-produto do Plano Diretor de Drenagem Urbana

1. custo estimado com base no Plano de Recomposição da mata ciliar, proposto no capítulo 4 deste Plano. Considera: treinamento de pessoal, coleta de sementes, viveiragem, plantio e monitoramento.

2. custo estimado para as campanhas já propostas nos temas do item 3.8.4

3. Adaptado de ASSEMAE (1998)

4. Composições atualizadas de FRANARIN (2002)

5. Adaptado de Ellis (1996), convertendo U\$ 1,00 = R\$ 2,50

Obs.: Alguns dos custos estimado pode variar consideravelmente devido a particularidades locais

3.8.6 Cenários Alternativos de Desenvolvimento

A configuração de diferentes cenários alternativos de desenvolvimento visa, essencialmente, estabelecer referenciais que orientem a avaliação da evolução da degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, através da projeção dos parâmetros mais representativos de desenvolvimento das fontes poluidoras.

Para tanto, foram estabelecidos quatro cenários alternativos de desenvolvimento, dentro dos quais buscou-se encontrar soluções que compatibilizassem o crescimento econômico, social e ambiental. Os cenários estabelecidos foram:

- Cenário 1: sem intervenções – projeção da tendência atual de crescimento das atividades econômicas sem medidas de intervenção que reduzam a geração de carga poluidora dessas atividades;
- Cenário 2: intervenções moderadas – projeção da tendência atual de crescimento das atividades econômicas, mas adotando medidas de intervenção que reduzam, de forma moderada, a geração de carga poluidora dessas atividades;
- Cenário 3: intervenções severas – projeção da tendência atual de crescimento das atividades econômicas, mas adotando medidas severas de intervenção que reduzam, de forma drástica, a geração de carga poluidora dessas atividades;
- Cenário 4: manutenção da situação atual – projeção da tendência atual de crescimento das atividades econômicas, mas adotando medidas de intervenção que anulem o aumento da geração de carga poluidora dessas atividades.

Os cenários têm como objetivo servir de instrumento de análise para a gestão e planejamento das ações de intervenção necessárias para compatibilizar as atividades econômicas geradores de fontes poluidoras com o desenvolvimento social e ambiental na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Para cada um dos cenários de desenvolvimento, foram avaliados os três horizontes temporais apresentados no item 3.6.8, ou seja, as projeções de curto (2003), médio (2010) e longo prazo (2020).

As taxas utilizadas para as projeções de crescimento dos diferentes setores, bem como as respectivas fontes, foram as taxas tendências de desenvolvimento econômico, apresentadas no quadro 3.8.28.

Quadro 3.8.28 – Taxas para projeção do crescimento dos setores

Setor	Taxa (% a. a.)	Fonte
População	1,34	Taxa de crescimento populacional verificada nas contagens populacionais do IBGE de 1996 - 2000
Criação de Suínos	2,2	Taxa de crescimento da produção verificada nos censos agropecuários de 1996 e 2000
Criação de Bovinos	1,1	Taxa de crescimento verificada no censo agropecuário no período de 1985 a 1996
Criação de Aves	5,4	Taxa de crescimento verificada no censo agropecuário no período de 1985 a 1996
Irrigação	2,3	Taxa de crescimento da produção, verificada no período de 1986 a 1997, conforme dados da COPAGRO
Indústria	1,26	Taxa de crescimento médio do setor, na bacia, no período de 1985 a 1999 conforme dados da FIESC
Mineração	3,1	Taxa de crescimento conforme FIESC de 1990 Santa Catarina em Dados

A seguir, serão descritas as fontes poluidoras consideradas na elaboração e quantificação dos cenários, e, em seguida, serão descritos os quatro cenários, em função do percentual de contribuição de cada fonte poluidora na carga total que chega aos cursos d'água principais da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

3.8.6.1 Fontes de poluição consideradas no estudo

Praticamente todas as atividades humanas, em uma bacia hidrográfica, são fontes de poluição. A poluição difusa, definida como aquela proveniente de diversas fontes distribuídas espacialmente, inclui atividades agrícolas, escoamento superficial de áreas urbanas e industriais, esgoto doméstico, aterros sanitários, atividades de mineração e modificações hidrológicas.

O conceito de conservação do sistema aquático não significa que a água tem boa qualidade para consumo humano, pois muitas vezes o manancial possui naturalmente condições impróprias para o consumo humano.

A seguir são comentadas algumas fontes de poluição, para as quais foi dada atenção especial na avaliação da poluição difusa na bacia.

Esgoto Doméstico

Os esgotos domésticos são constituídos essencialmente de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais, águas de infiltração, e eventualmente, uma parcela não significativa de despejos industriais, tendo características bem definidas.

Os esgotos domésticos ou domiciliares provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas, ou qualquer dispositivo de utilização de água para fins domésticos. Compõem-se essencialmente de água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes, águas de lavagem.

Devido à grande quantidade de matéria orgânica contida no esgoto doméstico, seu lançamento *in natura* causa a depleção do oxigênio contido nos corpos d'água. Isto ocorre porque os microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica consomem oxigênio dissolvido.

Criação de Animais

Conforme levantamento, existem hoje aproximadamente 422 mil cabeças de suíno, 214 mil cabeças de gado e 4.800 mil aves na bacia, gerando cargas poluidoras.

Essa criação intensiva de animais representa uma importante fonte de esterco e água servida. Estes materiais podem ou não representar problema de poluição, depende da forma com que os mesmos são estocados, transportados ou dispostos, uma vez que estes materiais podem ser aproveitados em áreas de cultivo.

A poluição ocorre pela liberação de nutrientes na água (nitrogênio e fósforo), pela elevada carga de matéria orgânica que contém e pela contaminação dos mananciais por microrganismos patogênicos presentes nestes dejetos animais.

Drenagem Urbana

O esgoto pluvial é proveniente da drenagem da água resultante de uma precipitação. Se essa água não for drenada pode originar locais de inundação, causar prejuízos e trazer riscos para a saúde pública.

A qualidade da água resultante de áreas urbanizadas depende de diversos fatores, e pode sofrer contaminações de diversas naturezas. A falta de planejamento e infra-estrutura pode comprometer a qualidade da água de drenagem, pois esta está associada ao sistema de coleta e tratamento de esgotos cloacais, à frequência da limpeza das ruas, ao estágio de desenvolvimento da bacia e às características de urbanização.

Além da contaminação da água pluvial pelo despejo do esgoto doméstico, existem outros contaminantes que afetam a qualidade do recurso:

- contaminação aérea devido às partículas lançadas na atmosfera, como por exemplo, cinzas;
- contaminação devido à lavagem de superfícies como telhados, passeios, ruas e outras que estão contaminadas com metais, graxas e óleos, além do lixo e sedimentos que são transportados para o sistema de drenagem;
- deposição de lixo no sistema de drenagem, inicialmente nas nascentes dos corpos d'água e que vão sendo arrastados ao longo da rede de drenagem até o ponto de saída a jusante.

Um problema verificado na maioria das cidades da região em estudo é a deficiência ou ausência de rede coletora de esgoto doméstico. No início da urbanização as cidades utilizam um sistema de fossas sépticas e, à medida que a cidade vai crescendo, esse sistema passa a não suportar mais o volume gerado, e então o excedente é transferido para a rede de esgotamento pluvial.

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

O lixo, disposto inadequadamente, sem qualquer tratamento, pode poluir o solo, alterando suas características físicas, químicas e biológicas, constituindo-se num problema de ordem estética e, ainda mais numa ameaça à saúde pública.

Por conter substâncias de alto teor energético e, por oferecer disponibilidade simultânea de água, alimento e abrigo, o lixo é preferido por inúmeros organismos vivos, a ponto de algumas espécies o utilizarem como nicho ecológico.

Os seres vivos que habitam o lixo podem ser classificados em dois grupos: o primeiro (macrovetores) onde encontram-se ratos, baratas, moscas, suínos, cães e, infelizmente, o próprio homem; o segundo onde estão os vermes, fungos, bactérias e vírus, sendo esse último de maior importância epidemiológica por serem patogênicos. Estes, quando em contato com o homem, são responsáveis pelo surgimento de doenças respiratórias, epidérmicas, intestinais e outras enfermidades lesivas e até letais, como a cólera, o tifo, a leptospirose, etc.

Diariamente o lixo é coletado na zona urbana e transportado para as áreas de destino final, onde, na maioria das vezes, é lançado indiscriminadamente a céu aberto, sem qualquer forma de tratamento. Este comportamento contribui para a formação de um equilíbrio cíclico entre o produtor e os consumidores naturais. O perigo maior reside na possível quebra desse equilíbrio, onde uma possível interdição no processo de coleta e disposição por determinado período poderia ativar o mecanismo de deslocamento (principalmente de ratos), provocando uma dispersão em massa em todas as direções em busca de alimentos, atingindo plantações, núcleos habitados.

Irrigação e erosão do solo

Um dos impactos ambientais diretos de áreas irrigadas é, sem dúvida, a deterioração da qualidade da água. As águas de irrigação, mesmo as de boa qualidade, representam uma contribuição importante dos elementos sódio (Na) e cloro (Cl) ao binômio solo-água. A salinização dos solos e das águas nas áreas irrigadas é um problema de preocupação mundial.

O escoamento superficial em áreas agrícolas carrega uma expressiva quantidade de nutrientes. Os principais nutrientes agrícolas ligados à poluição de corpos d'água são: nitrogênio (N) e fósforo (P). Estes e outros elementos constituintes dos fertilizantes comerciais são transportados para os corpos d'água através do processo de lixiviação ou através de arraste de partículas.

Dos fatores que mais influenciam a erosão (transporte de sólidos), pode-se citar: intensidade de vento e chuva, tipo de solo, declividade do terreno e cobertura do solo. Os três primeiros estão relacionados com o clima e com a formação geológica do local, enquanto que o último (cobertura do solo) é diretamente afetado pela ação do homem. Portanto, o problema de erosão do solo surge ou é potencializado pela ação antrópica.

Ações como a conversão de florestas ou pastagens em solo cultivado, no qual se utilize preparo intensivo do solo, plantio alinhado no sentido da maior declividade e uso de terras marginais tendem a potencializar o problema.

Mineração

Os problemas de poluição hídrica, nas regiões carboníferas, se devem, na maior parte, à oxidação da pirita (FeS_2 – sulfeto de ferro) que ocorre associado ao carvão e que, quando exposto ao ar e à umidade, se oxida gerando ácido sulfúrico e composto de ferro que acabam sendo, de alguma forma, carregados até os cursos d'água. Desse modo, a oxidação da pirita é responsável pela geração de acidez.

Águas ácidas representam um sério problema ambiental. Seu impacto está relacionado ao fato de que a maior parte dos organismos se encontra adaptados às águas tamponadas por carbonatos e não conseguem tolerar forte acidez.

A maior parte dos metais tóxicos se torna móveis em condição de baixo pH. No caso da drenagem de mineração, o pH é baixo, ocorrendo a solubilização de metais, principalmente cromo, cobre, ferro, manganês e zinco na forma de sulfatos.

Atividades Industriais

Na indústria, de um modo geral, a água pode ser matéria-prima que se junta a outras para criar produtos acabados, ou ser utilizada como meio de transporte, como agentes de limpeza em sistemas de refrigeração, como fonte de vapor e geração de energia.

Os efluentes industriais, extremamente diversos, provêm de qualquer utilização da água para fins industriais e adquirem características próprias em função do tipo de produto fabricado, do processo industrial empregado e do nível de tecnologia que empregada.

Dependendo do ramo de atividade da indústria, existem parâmetros de maior importância a serem considerados em seus efluentes. Assim sendo, cada indústria deve ser considerada isoladamente.

Considerações sobre a situação atual

As atividades geradoras de poluição estão comprometendo, em especial, a qualidade da água para seu uso mais nobre, ou seja, o consumo humano. Em virtude do uso da água para outros fins, à montante dos pontos de captação para abastecimento, alguns municípios da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar já apresentam comprometimento da qualidade da água, conforme mostra o quadro 3.8.29.

Quadro 3.8.29 – Comprometimento da qualidade da água para abastecimento humano

Município	Manancial de abastecimento	Problemas de qualidade da água
Imbituba	Rio D'una	Agrotóxicos provenientes de grandes áreas de cultivo de arroz à montante do ponto de captação
Gravatal	Córrego São Miguel	Cultivo de fumo e criação de suínos e gado à montante do ponto de captação
São Bonifácio	Córrego João Roesner	O córrego atravessa áreas de pastagem
Grão Pará	Rio Mussolini	Presença de coliformes fecais e totais devido à agropecuária desenvolvida à montante
Santa Rosa de Lima	Córrego da CASAN	Desativação do ponto de captação devido ao comprometimento pelo cultivo de cana-de-açúcar e criação de suínos à montante
Rio Fortuna	Rio Fortuna (em períodos de estiagem)	Contaminação por dejetos suínos
Braço do Norte	Rio Braço do Norte	Comprometimento pela suinocultura
São Ludgero	Rio Bom Retiro	Criação de gado bovino e suinocultura à montante
Orleans	Rio Novo	Água ainda apresenta boa qualidade apesar da criação de gado bobino e da suinocultura à montante
Jaguaruna	Lagoa do Arroio Corrente (alimentado pelo freático)	Pecuária no entorno do Arroio
Treze de Maio	Rio Coruja	À montante, uso agropecuário e residencial
Tubarão	Rio Tubarão	O ponto de captação encontra-se comprometido por dejetos suínos provenientes do Braço Norte

Fonte dos dados: itens 3.6.3 a 3.6.7

A captação de água já vem sendo realizada em mananciais de menor disponibilidade hídrica, embora existam rios com maior capacidade. Isto ocorre devido à qualidade da água nos maiores mananciais já estar comprometida.

A confirmação deste cenário pode levar à escassez de água própria para potabilização. O crescimento da população demanda aumento na disponibilidade de água para abastecimento, ao mesmo tempo em que o crescimento de atividades econômicas geradoras de poluição, sem controle de despejos, reduziria a qualidade da água.

A disponibilidade hídrica para abastecimento humano nas várias sub-bacias seria comprometida por agrotóxicos e sólidos provenientes do cultivo de arroz, pelos coliformes fecais e pela matéria orgânica da criação de animais e do esgoto doméstico e por metais solubilizados pela acidez da drenagem de minas de carvão.

A maioria das cidades utiliza um sistema de fossas sépticas e sumidouros que, no entanto, não atinge toda a população. O funcionamento de tais sistemas não é fiscalizado, de modo que não há garantia de eficiência na remoção de cargas.

Com exceção dos municípios de Orleans e São Ludgero que tratam parte de seus efluentes em lagoas de estabilização, os demais municípios lançam seus efluentes *in natura* na rede pluvial, já que não há rede separadora.

A inexistência da rede coletora separadora pode gerar ou acentuar diversos problemas nas áreas urbanas, dentre eles, podemos citar:

- Não há tratamento do efluente, uma vez que ele é lançado diretamente no corpo receptor juntamente com a drenagem pluvial;
- Os tubos da rede de drenagem são maiores que os necessários para a drenagem do esgoto, pois são dimensionados para vazões mais altas. Esse fato faz com que em períodos secos, resulte em uma pequena lâmina de água no interior da tubulação provocando mau cheiro, como é a situação atualmente observada no município de Rio Fortuna;
- A falta de limpeza e manutenção sistemática de fossas sépticas não permite um funcionamento adequado do sistema unitário.
- Crescimento das cidades, não aliado ao planejamento da drenagem urbana, pode gerar diversos pontos da rede onde os canais são insuficientes. Para eventos frequentes de chuva, podem ocorrer alagamentos, e sendo o sistema misto, há grande risco da transmissão de doenças de veiculação hídrica. Cabe ressaltar que para a atual urbanização, já existem diversos municípios com locais críticos de alagamentos.

Atualmente, apenas três municípios realizam a coleta seletiva de lixo. Os municípios de São Martinho, Anitápolis e Pedras Grandes fazem a compostagem dos resíduos orgânicos contidos no lixo e utilizam o composto como adubo em hortas. Os demais municípios dispõem seus resíduos sólidos urbanos em lixões a céu aberto.

A inadequada disposição do lixo demandaria e, conseqüentemente, degradaria áreas cada vez maiores à medida que a população vai crescendo e o volume de lixo gerado aumenta proporcionalmente. Os diversos pontos de disposição do lixo consistiriam em fontes de poluição difusa, cada vez mais difíceis de serem controladas.

Devido ao crescimento da população da bacia, e conseqüente aumento da demanda de energia, e avaliando-se o índice de crescimento do complexo Termelétrico Jorge Lacerda, considera-se, também, que com o crescimento da mineração aumentaria as áreas degradadas gerando, assim, mais poluição.

3.8.6.2 Cenário 1: sem intervenções

Nesse cenário de crescimento econômico tendencial sem intervenções, foi considerado que não serão adotadas medidas de controle para os problemas atualmente existentes. Tais problemas continuariam existindo, e tenderiam a agravar-se devido ao crescimento populacional e ao crescimento das atividades produtivas nos diversos municípios que fazem parte da bacia.

As taxas de crescimento populacional e as taxas de crescimento das atividades produtivas geradoras de poluição utilizadas para estabelecimento deste cenário são aquelas apresentadas no quadro 3.8.28.

Mesmo sem futuras intervenções, nem toda a carga poluidora gerada na bacia contribui diretamente para a poluição dos corpos d'água. Pois, além das medidas atuais de redução de poluição, como fossa séptica, estações de tratamento de esgotos, existe a ação natural de autodepuração dessas cargas, como a decomposição da carga orgânica por bactérias e a decantação da carga inorgânicas nas regiões onde a velocidade de escoamento é baixa.

O quadro 3.8.30 mostra o percentual de carga, para cada atividade poluidora, que chegaria aos corpos d'água.

Quadro 3.8.30 – Percentual de carga que chega aos corpos d'água para cada atividade poluidora no cenário 1

Atividade	Taxa de Contribuição (%)
Humano	80
Suíno	90
Bovino	40
Aves	20
Indústria	90
Mineração	80
Efluente dos Resíduos Sólidos Urbanos	60
Irrigação	90

A seguir, serão detalhadas as taxas de contribuição adotadas para cada atividade poluidora.

Esgoto Doméstico

Conforme apresentado no quadro 3.8.30, estima-se que 80% da carga proveniente do esgoto doméstico chega aos cursos d'água.

Considerou-se que somente 20% da carga orgânica deste efluente é depurada nas fossas sépticas, pois estas não recebem manutenção adequada e não atendem a toda a população, de modo que sua eficiência não pode ser garantida.

Criação de aves, gado bovino e suíno

As diferentes porcentagens de carga que chegam ao curso d'água (quadro 3.8.35), para as diferentes criações, devem-se ao modo como os animais são criados.

Os suínos são criados confinados, de modo que a maior parte dos dejetos acumulados nas pocilgas (90%) é despejada diretamente nos rios mais próximos.

O gado é criado em pastagens, de modo que a maior parte de seus dejetos fica retida no pasto ou se perde no percurso e apenas 40% chega ao curso d'água.

Da carga gerada pela criação de aves, apenas 20% constitui poluição, pois a criação em confinamento e o aproveitamento na agricultura do esterco produzido pelas aves permitem que se considere um abatimento de 80%.

Irrigação

Considerou-se, conforme quadro 3.8.35, que 90% da carga de sólidos gerada pela irrigação do arroz chega aos rios, pois a velocidade da água que arrasta os sólidos é baixa visto que o cultivo ocorre em áreas planas, permitindo a deposição de parte da carga orgânica.

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

Apenas parte da carga proveniente da decomposição do lixo chega aos cursos d'água. Tal consideração justifica-se pelo fato de ter sido utilizado para a estimativa da carga a precipitação média anual que é sempre maior do que a precipitação em época de estiagem, de modo que a carga estaria superestimada. Sendo que a precipitação em épocas de estiagem corresponde a algo em torno de 60% da precipitação média, é coerente estimar a carga que consegue chegar aos rios como sendo 60% da carga gerada pela decomposição do lixo.

O lixo continuaria, neste cenário, sendo disposto inadequadamente, sem qualquer tratamento. Sendo o lixo uma fonte contínua de agentes patogênicos, aumentaria a ameaça à saúde pública representada por esta forma de disposição dos resíduos.

Mineração

Considera-se, neste cenário, que 80% da carga de sólidos gerada na bacia, pela mineração, atinge os corpos d'água e que a carga restante perde-se durante o transporte da fonte aos corpos d'água.

Existem hoje grandes áreas degradadas pela mineração que, neste cenário, não seriam recuperadas e continuariam gerando contaminação dos cursos hídricos.

Indústria

A carga orgânica gerada pela indústria que afeta os cursos d'água é 90%, conforme quadro 3.8.30. Esta porcentagem de carga de contribuição foi considerada porque, segundo FATMA (1995), a maioria das feculárias lança seus efluentes diretamente nos cursos d'água, sem tratamento algum.

3.8.6.3 Cenário 2: intervenções moderadas

Nesse cenário é prevista a adoção de medidas mitigadoras que alcancem taxas crescentes de abatimentos da poluição ao longo do tempo para cada uma das principais atividades geradoras de poluição.

A utilização de taxas crescentes de abatimento pretende amenizar a situação de poluição apresentada pelo cenário 1, em que a população e as atividades produtivas apresentam crescimento e os percentuais de carga que chegam aos cursos d'água permanecem constantes.

Neste cenário, como no cenário 1, as taxas de crescimento populacional e as taxas de crescimento das atividades produtivas geradoras de poluição são aquelas apresentadas no quadro 3.8.28.

O quadro 3.8.31 mostra o percentual de carga, para cada atividade poluidora, que chegaria aos corpos d'água após a adoção de medidas moderadas de controle de poluição.

Quadro 3.8.31 - Percentual de carga que chega aos corpos d'água para cada atividade poluidora no cenário 2

Atividade	Taxa de Contribuição 2003 (%)	Taxa de Contribuição 2010 (%)	Taxa de Contribuição 2020 (%)
Humano	80	40	20
Suíno	90	60	40
Bovino	40	40	40
Aves	20	20	20
Indústria	90	40	20
Mineração	80	40	20
Efluente dos Resíduos Sólidos Urbanos	60	40	20
Irrigação	90	70	40

Conforme mostra o quadro acima, para o ano de 2003, foi considerada a mesma percentagem de carga chegando aos cursos d'água que chega hoje para todos os setores que geram cargas poluentes. Essa consideração justifica-se pelo fato de que, sendo um cenário de medidas moderadas, não existe tempo hábil para efetivar as medidas de controle de poluição.

Esgoto Doméstico

O cenário considera a adoção de medidas mitigadoras que alcancem taxas crescentes de abatimentos da poluição causada pelos esgotos domésticos ao longo do tempo.

No ano de 2010, 60% da carga orgânica proveniente do esgoto doméstico seria lançada nos corpos d'água, enquanto os outros 40% deveriam ser abatidos por tratamentos capazes de reduzir a carga orgânica.

Para o ano de 2020, apenas 20% da carga orgânica do esgoto doméstico poderia ser lançada nos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por tratamento, os demais 80%.

Criação de aves, gado bovino e suíno

As diferentes porcentagens de carga que chegam ao curso d'água (quadro 3.8.31), para as diferentes criações, devem-se ao modo como os animais são criados e a medidas mitigadoras que devem ser adotadas.

O cenário considera a adoção de medidas mitigadoras que alcancem taxas crescentes de abatimentos da poluição causada pelos dejetos suínos ao longo do tempo. No ano de 2010, 60% da carga orgânica proveniente do efluente gerado na suinocultura seria lançado nos corpos d'água, enquanto os outros 40% deveriam ser reduzidos antes de serem lançados. Para o ano de 2020, apenas 40% da carga orgânica proveniente do efluente gerado na suinocultura poderia ser lançado nos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, através de medidas de controle, os demais 60%.

Os percentuais de contribuição de carga para a criação de bovinos e aves permanecem constantes ao longo do horizonte temporal enquanto o percentual de contribuição de carga proveniente da criação de suínos deve ser reduzido, conforme descrito em parágrafo anterior. Isso acontece porque, considerando um cenário de intervenções moderadas, o controle da poluição gerada pela criação de suínos (confinamento) é mais fácil do que o controle das cargas geradas pelo gado que é criado solto em pastagens. A constância do percentual de abatimento da carga gerada pelos dejetos de aves deve-se ao fato desta ser consideravelmente menor do que aquela gerada pela criação de gado e pela suinocultura.

Irrigação

O cenário pressupõe a adoção de intervenções que promovam taxas crescentes, no tempo, de abatimento da carga de sólidos gerada pela cultura do arroz irrigado.

No ano de 2010, 70% da carga de sólidos proveniente das atividades de mineração seria lançada nos corpos d'água, enquanto os outros 30% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas mitigadoras.

Para o ano de 2020, apenas 40% da carga de sólidos da cultura de arroz irrigado poderia chegar aos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por intervenções, os demais 60%.

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

No cenário 2, considera-se a adoção de intervenções moderadas que produzam abatimentos crescentes na geração de carga orgânica proveniente da decomposição do lixo.

No ano de 2010, 40% da carga orgânica gerada pela decomposição do lixo seria lançada nos corpos d'água, enquanto os demais 60% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas mitigadoras.

Para o ano de 2020, apenas 20% da carga orgânica gerada pela decomposição do lixo poderia chegar aos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por intervenções, os demais 80%.

A construção de aterros sanitários, além de permitir a redução de carga orgânica do percolado via tratamento, também eliminaria a ameaça à saúde pública representada pela disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos.

Mineração

Considerou-se, neste cenário, a adoção de medidas mitigadoras que promovam abatimentos crescentes no percentual da carga de sólidos gerada pela mineração, partindo de 80% em 2003 até atingir 20% em 2020.

Indústria

Devido à elevada concentração de matéria orgânica no efluente das fecularias, julga-se necessária maior redução nas percentagens de carga lançadas nos cursos d'água.

Considerou-se, no cenário 2, a adoção de medidas de controle de poluição pelas emissões da indústria de modo a obter percentuais de contribuição de carga orgânica decrescentes no tempo.

No ano de 2010, 40% da carga orgânica gerada pela indústria poderia ser lançada nos corpos d'água, enquanto os demais 60% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas de intervenção na fonte.

Para o ano de 2020, apenas 20% da carga orgânica gerada pela indústria de fécula seria lançada aos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por intervenções, os demais 80%.

3.8.6.4 Cenário 3: intervenções severas

Nesse cenário é prevista a adoção de medidas severas e factíveis de intervenção na poluição gerada na bacia de modo a reduzir a carga poluente lançada nos corpos d'água, mesmo com o crescimento da população e das atividades produtivas.

Pressupõe-se a adoção de medidas mitigadoras que alcancem taxas crescentes de abatimentos da poluição ao longo do tempo para cada uma das atividades geradoras de poluição.

Estas taxas de abatimento de poluição implicam na intervenção com medidas mais severas do que aquelas abordadas no cenário 2 de modo a reduzir o grau de poluição verificado naquele cenário.

Neste cenário, como nos cenários anteriores, as taxas de crescimento populacional e as taxas de crescimento das atividades produtivas geradoras de poluição são aquelas apresentadas no quadro 3.8.28.

O quadro 3.8.32 mostra o percentual de carga, para cada atividade poluidora, que chegaria aos corpos d'água após a adoção de medidas severas de controle de poluição. Poderia se imaginar uma taxa de contribuição nula ou próxima de zero em 2020, devido ao fato de se tratar de medidas severas, porém, isso seria inviável, tanto pelo ponto de vista técnico quanto pelo econômico.

Quadro 3.8.32 - Percentual de carga que chega aos corpos d'água para cada atividade poluidora no cenário 3

Atividade	Taxa de Contribuição 2003 (%)	Taxa de Contribuição 2010 (%)	Taxa de Contribuição 2020 (%)
Humano	70	30	10
Suíno	80	40	20
Bovino	30	25	20
Aves	15	10	10
Indústria	80	30	10
Mineração	70	30	10
Efluente dos Resíduos Sólidos Urbanos	50	20	10
Irrigação	80	50	30

Esgoto Doméstico

O cenário considera a adoção de intervenções severas que resultem na redução da quantidade de carga orgânica lançada nos rios proveniente do esgoto doméstico, mesmo com o crescimento da população.

Para o ano de 2003 considera-se que algumas intervenções já teriam sido adotadas no sentido de que, neste ano, apenas 70% da carga orgânica gerada pelo esgoto doméstico alcance os corpos d'água. Dessa forma, para este ano, já se considera o abatimento de 30%.

No ano de 2010, 30% da carga orgânica proveniente do esgoto doméstico seria lançada nos corpos d'água, enquanto os outros 70% deveriam ser abatidos por tratamento capaz de reduzir a carga orgânica.

Para o ano de 2020, apenas 10% da carga orgânica do esgoto doméstico poderia ser lançada nos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por tratamento, os 90% restantes.

Criação de aves, gado bovino e suíno

O cenário prevê a adoção de medidas severas de intervenção na poluição gerada pelos dejetos animais de modo a reduzir a carga orgânica lançada nos corpos d'água, mesmo com o crescimento do número de cabeças criadas.

As diferentes porcentagens de carga que chegam ao curso d'água (quadro 3.8.32), para as diferentes criações, devem-se ao modo como os animais são criados e à intensificação das medidas de controle que devem ser adotadas.

O cenário considera a adoção de intervenções severas que alcancem taxas crescentes de abatimentos da poluição causada pelos dejetos suínos ao longo do tempo. Já em 2003, deveria se realizado um abatimento de 20% na carga orgânica gerada pela suinocultura, de modo que somente 80% da carga gerada por esta atividade econômica fosse lançada nos rios da bacia hidrográfica. No ano de 2010, 40% da carga orgânica proveniente do efluente gerado na suinocultura seria lançado nos corpos d'água, enquanto os outros 60% deveriam ser reduzidos antes de serem lançados. Para o ano de 2020, apenas 20% da carga orgânica proveniente do efluente gerado na suinocultura poderia ser lançado nos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, através de medidas de controle, os demais 80%.

Os percentuais de contribuição de carga para a criação de bovinos e aves também teriam suas contribuições em carga orgânica reduzidas, apesar da maior dificuldade de intervenção nestas atividades.

O lançamento de carga orgânica da criação de aves passaria de 15% (2003) a 10% (2010) do total produzido pela atividade, através de medidas de intervenção, mantendo-se em 10% até 2020.

Irrigação

O cenário pressupõe a adoção de intervenções severas que promovam taxas crescentes, no tempo, de abatimento da carga de sólidos gerada pela mineração.

Em 2003, 80% da carga de sólidos gerada pela atividade chegariam aos corpos d'água, sendo os demais 20% retidos através de medidas de controle.

No ano de 2010, 50% da carga de sólidos proveniente do cultivo do arroz irrigado seria lançada nos corpos d'água, enquanto os outros 50% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas mitigadoras.

Para o ano de 2020, apenas 30% da carga de sólidos da irrigação poderia chegar aos corpos d'água, de modo que seria necessário reter, por intervenções, os demais 70%.

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

No cenário 3, considera-se a adoção de intervenções severas que produzam abatimentos crescentes na geração de carga orgânica proveniente da decomposição do lixo.

Até o ano de 2003, algumas medidas mitigadoras já devem ter sido tomadas de modo que apenas 50% da carga orgânica gerada pela decomposição do lixo atinja os cursos d'água.

No ano de 2010, 20% da carga orgânica gerada pela decomposição do lixo seria lançada nos corpos d'água, enquanto os demais 80% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas mitigadoras.

Para o ano de 2020, apenas 10% da carga orgânica gerada pela decomposição do lixo poderia chegar aos corpos d'água, o que corresponde a tratar todo o percolato de aterros sanitários.

Mineração

Considerou-se, neste cenário, a adoção de medidas mitigadoras que promovam abatimentos crescentes no percentual da carga de sólidos gerada pela mineração que atingem os cursos d'água. Para tanto, é necessário que já em 2003 algumas medidas tenham sido tomadas de forma que somente 70% da carga gerada pela atividade seja lançada nos cursos d'água da bacia.

Para 2010 a carga de sólidos lançada pela mineração seria o correspondente a 30% da carga total gerada pela atividade chegando este percentual a em 2020.

Indústria

Considerou-se, no cenário 3, a adoção intervenções severas como forma reduzir a carga orgânica lançada pela indústria, mesmo considerando o crescimento da atividade.

Para o ano de 2003, pressupõe-se que algumas medidas de controle já tenham sido tomadas de modo que apenas 80% da carga da indústria tenha os corpos hídricos como receptores finais.

No ano de 2010, 30% da carga orgânica gerada pela indústria poderia ser lançada nos corpos d'água, enquanto os demais 70% deveriam ser abatidos pela adoção de medidas de intervenção na fonte.

Para o ano de 2020, apenas 10% da carga orgânica gerada pela indústria de fécula seria lançada aos corpos d'água, de modo que seria necessário eliminar, por intervenções, os demais 90%.

3.8.6.5 Cenário 4: manutenção da situação atual

Nesse cenário é prevista a adoção de medidas de intervenção na poluição gerada na bacia capazes de manter o atual estágio de carga poluente lançada nos corpos d'água, apesar do crescimento da população e das atividades produtivas.

Neste cenário, como nos cenários anteriores, as taxas de crescimento populacional e as taxas de crescimento das atividades produtivas geradoras de poluição são aquelas apresentadas no quadro 3.8.28.

O quadro 3.8.33 mostra o percentual de carga, para cada atividade poluidora, que chegaria aos corpos d'água após a adoção de medidas de controle de poluição.

Quadro 3.8.33 - Percentual de carga que chega aos corpos d'água para cada atividade poluidora no cenário 4

Atividade	Taxa de Contribuição 2003 (%)	Taxa de Contribuição 2010 (%)	Taxa de Contribuição 2020 (%)
Humano	77	70	61
Suíno	84	72	58
Bovino	39	36	32
Aves	17	12	07
Indústria	87	79	70
Mineração	73	59	43
Efluente dos Resíduos Sólidos Urbanos	58	53	46
Irrigação	84	72	57

3.8.7 Estimativa da Produção de Resíduos em cada Cenário

No presente item foram quantificadas as cargas poluidoras produzidas pelos diversos efluentes gerados pela atividade humana e que têm como destino final os corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, para cada um dos quatro cenários descritos no item 3.8.6.

Para cada tipo de efluente foi estimada a carga de maior significância em termos de quantidade. Os efluentes foram divididos em dois grupos: os que geram carga orgânica, quantificada pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), e os que geram carga de sólidos, quantificados pelos sólidos totais (ST).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção de oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Sob o ponto de vista sanitário, um elevado valor de DBO pode indicar um incremento na micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis podendo, ainda, obstruir filtros de areia utilizados nas estações de tratamento.

Os sólidos, em geral, são compostos por argila, areia, matéria orgânica, sais minerais e metais. São importantes para acompanhar a eficiência de técnicas de manejo adequado do solo e a redução dos lançamentos de efluentes industriais ou provenientes de criadores agropecuários. Sob o ponto de vista sanitário, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes; podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição anaeróbia.

As cargas poluidoras quantificadas pela DBO foram: esgotos domésticos, efluentes da criação de animais e efluentes líquidos provenientes da decomposição dos resíduos sólidos urbanos. As cargas provenientes da mineração, da irrigação e da drenagem urbana serão quantificadas em termos de sólidos totais. Os resíduos industriais serão avaliados sob o ponto de vista de DBO e ST, pois diferentes atividades das indústrias condicionam ao tipo de carga gerada. Ambas avaliações serão realizadas para cada cenário definido no item 3.8.6.

A seguir, será descrita a quantificação da carga poluidora em cada um dos quatro cenários de desenvolvimento alternativos.

3.8.7.1 Produção de resíduos para o Cenário 1: sem intervenções

Neste cenário, descrito no item 3.8.6.2, considerou-se que não serão adotadas medidas de controle para os problemas de poluição atualmente existentes e que as atividades geradoras de poluição, bem como a população, crescem conforme as taxas apresentadas no mesmo item.

Esgoto Doméstico

A estimativa das cargas produzidas pelo esgoto doméstico foi realizada a partir de uma taxa de contribuição *per capita* de 54 g/dia/hab, conforme adotado no item 3.6.3.

A carga orgânica total é estimada pelo produto entre número de habitantes e carga produzida por habitante, para cada município da bacia.

Conforme apresentado no quadro 3.8.30, estima-se que somente 80% da carga proveniente do esgoto doméstico chega aos cursos d'água.

O volume de esgoto tratado na cidade de São Ludgero (6 l/s) foi considerado com eficiência de 80%, típica de lagoas de estabilização, sendo que o volume restante recebeu o mesmo abatimento dos demais municípios (20%). O percentual de esgoto tratado nesta cidade vai diminuindo de um horizonte temporal para outro em virtude do crescimento populacional e da constância do volume tratado, pois se considera que não há intervenção (ampliação da capacidade de tratamento). A redução de carga orgânica resultante do tratamento de efluentes domésticos no município de Orleans foi desconsiderada em virtude do volume tratado ser insignificante se comparado com o efluente que não recebe tratamento.

O quadro 3.8.34 mostra a DBO produzida pela população de cada cidade, sub-bacia e o total para toda a bacia ao final de cada ano em análise.

O gráfico 3.8.46 apresenta a evolução temporal do aumento de DBO gerada pelo esgoto doméstico produzido na bacia quando não são adotadas medidas de controle de poluição.

Quadro 3.8.34 – Produção de DBO proveniente do esgoto doméstico (cenário 1)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	211.24	216.94	238.13	272.03
Imbituba	562.92	578.10	634.56	724.91
Laguna	749.66	769.88	845.07	965.38
Sub-total	1523.82	1564.93	1717.76	1962.32
SB do rio Capivari				
Armazém	108.33	111.25	122.11	139.50
Gravatal	156.28	160.49	176.17	201.25
São Bonifácio	50.74	52.11	57.20	65.34
São Martinho	51.62	53.02	58.19	66.48
Sub-total	366.97	376.87	413.67	472.57
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	50.93	52.30	57.41	65.59
Braço do Norte	390.59	401.13	440.30	502.99
Grão Pará	91.68	94.15	103.34	118.06
Rio Fortuna	68.05	69.89	76.72	87.64
Santa Rosa de Lima	31.65	32.50	35.67	40.75
São Ludgero	87.73	100.75	122.25	143.31
Sub-total	720.63	750.72	835.70	958.33
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	214.48	220.26	241.77	276.20
Orleans	315.69	324.21	355.87	406.54
Pedras Grandes	77.59	79.69	87.47	99.92
Sub-total	607.76	624.16	685.11	782.66
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	292.64	300.53	329.88	376.85
Jaguaruna	230.26	236.47	259.57	296.52
Sangão	128.13	131.59	144.44	165.00
Treze de Maio	105.90	108.75	119.38	136.37
Tubarão	1408.68	1446.69	1587.97	1814.05
Sub-total	2165.61	2224.04	2441.23	2788.80
TOTAL	5384.79	5540.72	6093.47	6964.68

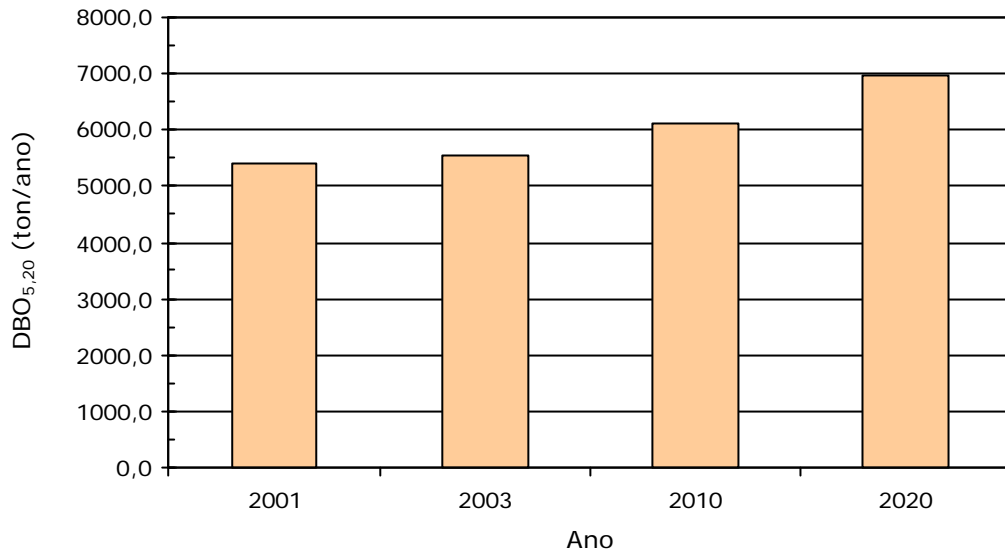


Gráfico 3.8.46 – DBO de esgoto doméstico para diferentes anos (cenário 1)

Criação de aves, bovinos e suínos

As cargas de DBO para os resíduos da criação de suínos, bovinos e aves formam obtidas a partir de Imhoff (1986), e consideradas conforme segue:

- Suínos: DBO equivalente a três vezes a produção humana (162 g/dia/hab);
- Bovinos: produção de DBO equivalente a seis vezes a produção humana (324 g/dia/hab);
- Aves: produção de DBO aproximadamente 1/6 a 1/7 da produção humana (0,15 g/dia/hab).

Os quadros 3.8.35 a 3.8.38 fornecem as estimativas de produção de DBO para as atividades de criação animal para os diferentes cenários temporais em análise.

O gráfico 3.8.47 mostra o crescimento da DBO gerada pela criação de animais ao longo do tempo.

Quadro 3.8.35 – Estimativa de DBO para criação de animais (situação atual)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	104.68	589.17	13.73	707.58
Imbituba	65.94	180.46	21.00	267.40
Laguna	13.84	182.69	2.21	198.74
Sub-total	184.45	952.32	36.94	1173.72
SB do rio Capivari				
Armazém	1141.66	519.54	11.97	1673.18
Gravatal	66.47	552.08	20.92	639.47
São Bonifácio	373.32	618.07	12.60	1003.99
São Martinho	290.78	611.31	21.39	923.48
Sub-total	1872.23	2301.01	66.88	4240.12
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	148.90	465.99	13.76	628.65
Braço do Norte	7618.12	750.29	90.80	8459.21
Grão Pará	3132.83	662.54	181.77	3977.14
Rio Fortuna	1114.79	839.41	36.01	1990.21
Santa Rosa de Lima	307.33	310.22	11.32	628.87
São Ludgero	2108.35	277.15	404.90	2790.40
Sub-total	14430.32	3305.60	738.55	18474.47
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	436.54	400.19	156.44	993.17
Orleans	3967.22	1024.37	978.50	5970.09
Pedras Grandes	464.32	284.49	65.96	814.76
Sub-total	4868.08	1709.05	1200.90	7778.02
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	9.53	37.84	0.20	47.57
Jaguaruna	397.05	464.67	462.73	1324.45
Sangão	321.80	201.56	60.44	583.80
Treze de Maio	240.70	314.52	237.48	792.70
Tubarão	118.62	837.94	33.30	989.87
Sub-total	1087.70	1856.54	794.15	3738.39
TOTAL	22442.78	10124.52	2837.42	35404.72

Quadro 3.8.36 –Estimativa de DBO para criação de animais (Cenário 1 - 2003)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	109.33	602.20	15.25	726.79
Imbituba	68.87	184.46	23.33	276.66
Laguna	14.45	186.73	2.46	203.64
Sub-total	192.66	973.39	41.04	1207.09
SB do rio Capivari				
Armazém	1192.45	531.03	13.30	1736.78
Gravatal	69.42	564.30	23.24	656.96
São Bonifácio	389.92	631.75	14.00	1035.67
São Martinho	303.71	624.83	23.77	952.31
Sub-total	1955.51	2351.91	74.30	4381.72
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	155.52	476.30	15.28	647.11
Braço do Norte	7957.00	766.89	100.88	8824.77
Grão Pará	3272.19	677.20	201.93	4151.31
Rio Fortuna	1164.38	857.98	40.00	2062.36
Santa Rosa de Lima	321.00	317.08	12.58	650.66
São Ludgero	2202.14	283.29	449.81	2935.23
Sub-total	15072.24	3378.73	820.47	19271.43
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	455.96	409.04	173.79	1038.80
Orleans	4143.70	1047.03	1087.03	6277.76
Pedras Grandes	484.97	290.78	73.27	849.03
Sub-total	5084.63	1746.85	1334.10	8165.58
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	9.95	38.68	0.22	48.85
Jaguaruna	414.71	474.95	514.05	1403.71
Sangão	336.12	206.02	67.14	609.28
Treze de Maio	251.41	321.48	263.82	836.71
Tubarão	123.90	856.48	37.00	1017.37
Sub-total	1136.09	1897.61	882.23	3915.93
TOTAL	23441.12	10348.49	3152.13	36941.75

Quadro 3.8.37 –Estimativa de DBO para criação de animais (Cenário 1 - 2010)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	127.32	650.13	22.04	799.49
Imbituba	80.20	199.14	33.72	313.06
Laguna	16.83	201.59	3.55	221.97
Sub-total	224.36	1050.86	59.30	1334.52
SB do rio Capivari				
Armazém	1388.66	573.30	19.22	1981.18
Gravatal	80.85	609.21	33.58	723.64
São Bonifácio	454.08	682.03	20.23	1156.34
São Martinho	353.69	674.56	34.34	1062.59
Sub-total	2277.28	2539.09	107.37	4923.75
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	181.12	514.21	22.08	717.41
Braço do Norte	9266.29	827.92	145.77	10239.98
Grão Pará	3810.62	731.09	291.79	4833.50
Rio Fortuna	1355.97	926.26	57.80	2340.04
Santa Rosa de Lima	373.82	342.32	18.17	734.31
São Ludgero	2564.49	305.83	649.99	3520.32
Sub-total	17552.30	3647.63	1185.62	22385.55
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	530.98	441.60	251.14	1223.72
Orleans	4825.52	1130.36	1570.82	7526.70
Pedras Grandes	564.77	313.92	105.89	984.58
Sub-total	5921.28	1885.88	1927.84	9735.00
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	11.59	41.76	0.32	53.66
Jaguaruna	482.95	512.75	742.84	1738.54
Sangão	391.42	222.42	97.02	710.87
Treze de Maio	292.78	347.07	381.23	1021.07
Tubarão	144.28	924.64	53.46	1122.39
Sub-total	1323.03	2048.64	1274.87	4646.53
TOTAL	27298.24	11172.10	4555.01	43025.35

Quadro 3.8.38 –Estimativa de DBO para criação de animais (Cenário 1 - 2020)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	158.28	725.29	37.29	920.86
Imbituba	99.70	222.16	57.05	378.91
Laguna	20.92	224.90	6.01	251.82
Sub-total	278.90	1172.35	100.34	1551.59
SB do rio Capivari				
Armazém	1726.26	639.57	32.52	2398.35
Gravatal	100.50	679.64	56.82	836.96
São Bonifácio	564.48	760.87	34.23	1359.58
São Martinho	439.67	752.55	58.11	1250.33
Sub-total	2830.91	2832.63	181.68	5845.21
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	225.15	573.65	37.37	836.17
Braço do Norte	11519.00	923.64	246.65	12689.28
Grão Pará	4737.01	815.61	493.72	6046.34
Rio Fortuna	1685.62	1033.35	97.80	2816.77
Santa Rosa de Lima	464.70	381.89	30.75	877.34
São Ludgero	3187.94	341.19	1099.81	4628.93
Sub-total	21819.41	4069.33	2006.09	27894.83
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	660.07	492.65	424.94	1577.66
Orleans	5998.65	1261.04	2657.86	9917.54
Pedras Grandes	702.07	350.21	179.16	1231.45
Sub-total	7360.79	2103.90	3261.95	12726.65
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	14.40	46.59	0.54	61.53
Jaguaruna	600.36	572.02	1256.90	2429.28
Sangão	486.58	248.13	164.17	898.88
Treze de Maio	363.95	387.19	645.05	1396.19
Tubarão	179.36	1031.54	90.46	1301.36
Sub-total	1644.66	2285.47	2157.11	6087.24
TOTAL	33934.67	12463.69	7707.17	54105.53

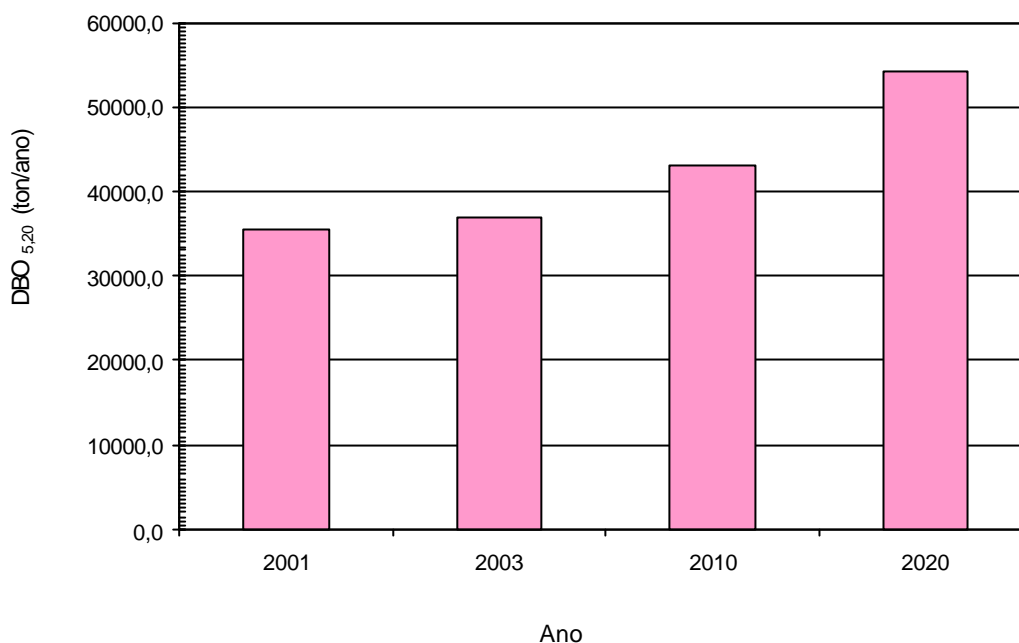


Gráfico 3.8.47 – DBO da criação de animais para diferentes anos (Cenário 1)

Conforme se pode observar, a criação de animais representa um grande gerador de carga orgânica na bacia. Para a situação atual, por exemplo, a produção de DBO é cerca de 850% maior que o gerado pelos resíduos humano, o equivalente a uma população de aproximadamente 3.269.150 habitantes na bacia.

Drenagem Urbana

A drenagem urbana é responsável por uma parcela insignificante das cargas geradas na bacia, principalmente quando se considera que as cidades não possuem um sistema de tratamento de seus esgotos, e os mesmos encontram-se combinados na rede coletora (sistema misto), onde as maiores cargas são provenientes do esgoto doméstico.

A estimativa das cargas provenientes da drenagem urbana foi realizada pelo método simplificado apresentado por Schueler (1987), considerando-se apenas a água proveniente da drenagem pluvial. Ao se considerar somente a água proveniente da drenagem urbana para a estimativa da DBO, é possível quantificar a parcela realmente produzida na drenagem; enquanto se fossem consideradas as cargas totais (esgoto pluvial + esgoto doméstico), a DBO da drenagem urbana resultaria em valor muito baixo face ao resultado global.

A metodologia apresenta algumas simplificações, mas permitem uma primeira avaliação empírica da carga existente na bacia.

A carga é estimada em função da concentração média da substância para uma amostra de diversas cidades, durante em evento chuvoso.

Para a estimativa das cargas, foi considerada a precipitação média de cada sub-bacia, adotando-se um coeficiente de escoamento de 0,90 para a proporção de precipitação que produz escoamento superficial, visto que o mesmo encontra-se na ordem de 0,8 a 0,95, ou seja de 5 a 20% dos eventos de chuva possuem precipitação pequena para não produzirem escoamento superficial.

O coeficiente de escoamento de eventos chuvosos adotado foi o sugerido por Tucci (2000), calculado para uma série de 12 cidades brasileiras, localizadas nas regiões sul e sudeste. O coeficiente combina a percentagem de área impermeável, que foi estimada através da metodologia sugerida por Campana e Tucci (1994), que relaciona a densidade populacional com área impermeável.

Os quadros 3.8.39 a 3.8.42 mostram a produção anual de DBO e sólidos totais estimados para cada uma das cidades, para as sub-bacias e para toda a bacia.

O gráfico 3.8.48 mostra a evolução temporal da produção de sólidos e DBO na bacia.

As cargas resultantes da drenagem urbana, tanto em termos de matéria orgânica como de sólidos totais, apresentam ordem de grandeza (kg/ano) muito inferior à apresentada pelas demais fontes de poluição (ton/ano). Em virtude da pouca significância das cargas provenientes da drenagem urbana frente às demais cargas, optou-se por não apresentar as cargas resultantes da drenagem urbana para os demais cenários de desenvolvimento.

Irrigação

Na ausência de dados coletados para determinação da carga de sólidos gerada pela irrigação, buscou-se estabelecer uma taxa de produção de sólidos apenas com as informações existentes no diagnóstico ambiental (SDM, 1998, vol 6), conforme descrito a seguir.

Quadro 3.8.39 – Estimativa de DBO e ST para drenagem urbana (atual)

Municípios	DBO _{5,20} (Kg/ano)	ST (Kg/ano)
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar		
Imaruí	10.21	5.40
Imbituba	87.39	46.18
Laguna	87.93	46.47
Sub-total	185.52	98.05
SB do rio Capivari		
Armazém	7.66	4.05
Gravatal	10.46	5.53
São Bonifácio	1.99	1.05
São Martinho	2.52	1.33
Sub-total	22.63	11.96
SB do rio Braço do Norte		
Anitápolis	3.44	1.82
Braço do Norte	58.50	30.91
Grão Pará	8.67	4.58
Rio Fortuna	2.85	1.50
Santa Rosa de Lima	1.41	0.74
São Ludgero	19.97	10.55
Sub-total	94.83	50.12
SB Formadores Tubarão		
Lauro Muller	22.88	12.09
Orleans	35.62	18.83
Pedras Grandes	2.99	1.58
Sub-total	61.50	32.50
SB Baixo Tubarão		
Capivari de Baixo	43.69	23.09
Jaguaruna	5.01	2.65
Sangão	3.87	2.05
Treze de Maio	5.05	2.67
Tubarão	197.04	104.14
Sub-total	254.66	134.59
TOTAL	619.14	327.22

Quadro 3.8.40– Estimativa de DBO e ST para drenagem urbana (cenário 1 - 2003)

Municípios	DBO _{5,20} (Kg/ano)	ST (Kg/ano)
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar		
Imaruí	10.49	5.54
Imbituba	89.74	47.43
Laguna	90.30	47.72
Sub-total	190.53	100.69
SB do rio Capivari		
Armazém	7.87	4.16
Gravatal	10.74	5.68
São Bonifácio	2.05	1.08
São Martinho	2.59	1.37
Sub-total	23.24	12.28
SB do rio Braço do Norte		
Anitápolis	3.53	1.86
Braço do Norte	60.07	31.75
Grão Pará	8.91	4.71
Rio Fortuna	2.92	1.55
Santa Rosa de Lima	1.45	0.76
São Ludgero	20.51	10.84
Sub-total	97.39	51.47
SB Formadores Tubarão		
Lauro Muller	23.50	12.42
Orleans	36.59	19.34
Pedras Grandes	3.07	1.62
Sub-total	63.15	33.38
SB Baixo Tubarão		
Capivari de Baixo	44.86	23.71
Jaguaruna	5.15	2.72
Sangão	3.98	2.10
Treze de Maio	5.18	2.74
Tubarão	202.36	106.95
Sub-total	261.53	138.22
TOTAL	635.85	336.04

Quadro 3.8.41 – Estimativa de DBO e ST para drenagem urbana (cenário 1 - 2010)

Municípios	DBO _{5,20} (Kg/ano)	ST (Kg/ano)
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar		
Imaruí	11.51	6.08
Imbituba	98.51	52.06
Laguna	99.12	52.38
Sub-total	209.14	110.53
SB do rio Capivari		
Armazém	8.64	4.56
Gravatal	11.79	6.23
São Bonifácio	2.24	1.19
São Martinho	2.84	1.50
Sub-total	25.51	13.48
SB do rio Braço do Norte		
Anitápolis	3.87	2.05
Braço do Norte	65.94	34.85
Grão Pará	9.78	5.17
Rio Fortuna	3.21	1.70
Santa Rosa de Lima	1.59	0.84
São Ludgero	22.51	11.90
Sub-total	106.90	56.50
SB Formadores Tubarão		
Lauro Muller	25.80	13.63
Orleans	40.16	21.22
Pedras Grandes	3.37	1.78
Sub-total	69.32	36.64
SB Baixo Tubarão		
Capivari de Baixo	49.25	26.03
Jaguaruna	5.65	2.99
Sangão	4.37	2.31
Treze de Maio	5.69	3.01
Tubarão	222.12	117.39
Sub-total	287.07	122.71
TOTAL	697.94	339.85

Quadro 3.8.42 – Estimativa de DBO e ST para drenagem urbana (cenário 1 - 2020)

Municípios	DBO _{5,20} (Kg/ano)	ST (Kg/ano)
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar		
Imaruí	13.15	6.95
Imbituba	112.53	59.47
Laguna	113.23	59.84
Sub-total	238.91	126.26
SB do rio Capivari		
Armazém	9.87	5.21
Gravatal	13.47	7.12
São Bonifácio	2.56	1.36
São Martinho	3.24	1.71
Sub-total	29.14	15.40
SB do rio Braço do Norte		
Anitápolis	4.42	2.34
Braço do Norte	75.33	39.81
Grão Pará	11.17	5.90
Rio Fortuna	3.67	1.94
Santa Rosa de Lima	1.81	0.96
São Ludgero	25.72	13.59
Sub-total	122.12	64.54
SB Formadores Tubarão		
Lauro Muller	29.47	15.57
Orleans	45.88	24.25
Pedras Grandes	3.85	2.03
Sub-total	79.19	41.85
SB Baixo Tubarão		
Capivari de Baixo	56.26	29.73
Jaguaruna	6.45	3.41
Sangão	4.99	2.64
Treze de Maio	6.50	3.44
Tubarão	253.75	134.10
Sub-total	327.94	173.32
TOTAL	797.31	421.38

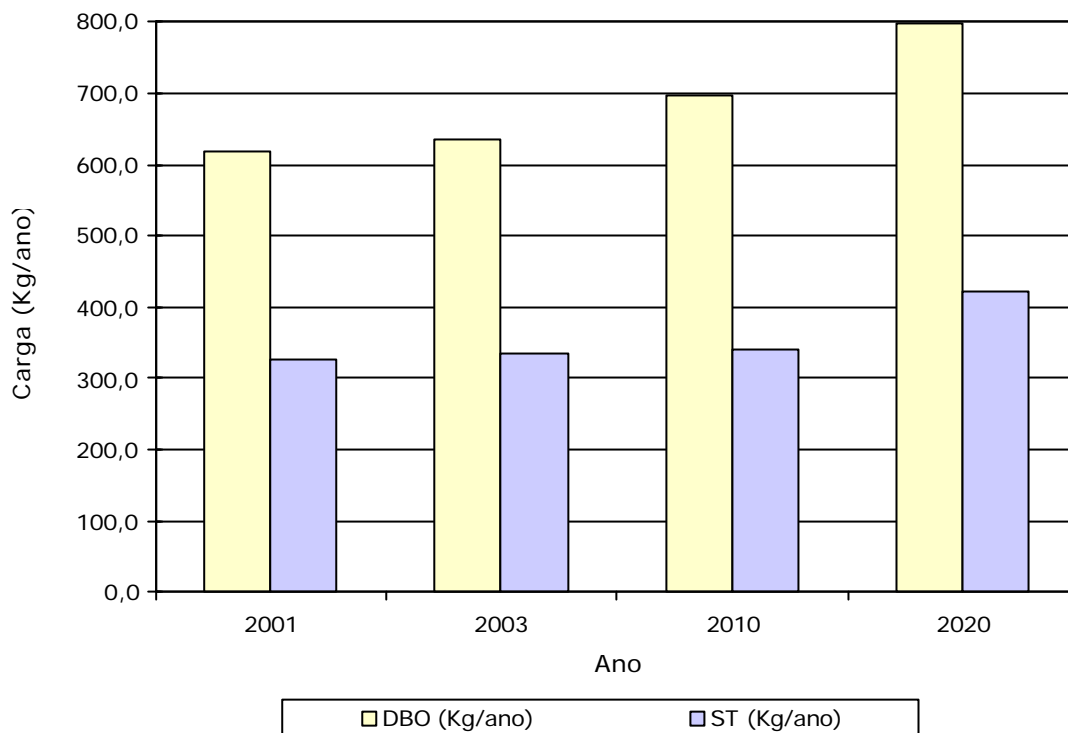


Gráfico 3.8.48 – DBO e ST para diferentes anos (cenário 1)

Localizou-se um posto de amostragem (SL77) considerado sem contaminação, conforme descrito no mencionado relatório. Este posto foi considerado sem contaminação por sólidos. À jusante deste posto, foi amostrado o ponto SL79, localizado no rio Chicão, à montante da confluência com o rio Duna. A diferença de concentração de sólidos totais entre os dois pontos foi atribuída somente à área irrigada existente em ambas as margens do rio Chicão, embora o posto SL79 receba também contribuição da área que é drenada para o rio Chicão. Essa área drenada para o rio Chicão é recoberta por mata nativa, de modo que ela não representa contribuição em termos de sólidos totais. Com a vazão média entre os dois pontos amostrados, e a concentração calculada para a contribuição de sólidos totais provenientes da área irrigada, obteve-se a carga de sólidos gerada pela irrigação daquela área. A área de cultivo de arroz foi estimada através do mapa de uso do solo.

Com a área de cultivo de arroz e a carga de sólidos foi possível estimar a taxa de sólidos gerada por área de arroz irrigado (444 ton/ano.km²).

Na estimativa das cargas totais foi considerado somente o período de inundação dos campos que é de cerca de 5 meses ao ano (novembro a março).

O quadro 3.8.43 e o gráfico 3.8.49 mostram a evolução dos sólidos produzidos na bacia pela prática da cultura de arroz irrigado.

Quadro 3.8.43 – Estimativa de ST decorrentes da irrigação do arroz (cenário 1)

Municípios	Sólidos Totais (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	4337.33	4539.14	5322.34	6681.27
Imbituba	3496.50	3659.19	4290.56	5386.05
Laguna	449.55	470.47	551.64	692.49
Sub-total	8283.38	8668.79	10164.55	12759.81
SB do rio Capivari				
Gravatal	499.50	522.74	612.94	769.44
Sub-total	499.50	522.74	612.94	769.44
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2364.30	2474.31	2901.24	3642.00
Jaguaruna	5827.50	6098.65	7150.94	8976.75
Treze de Maio	774.23	810.25	950.05	1192.63
Tubarão	6077.25	6360.02	7457.41	9361.47
Sub-total	15043.28	15743.22	18459.63	23172.85
TOTAL	23826.15	24934.76	29237.12	36702.10

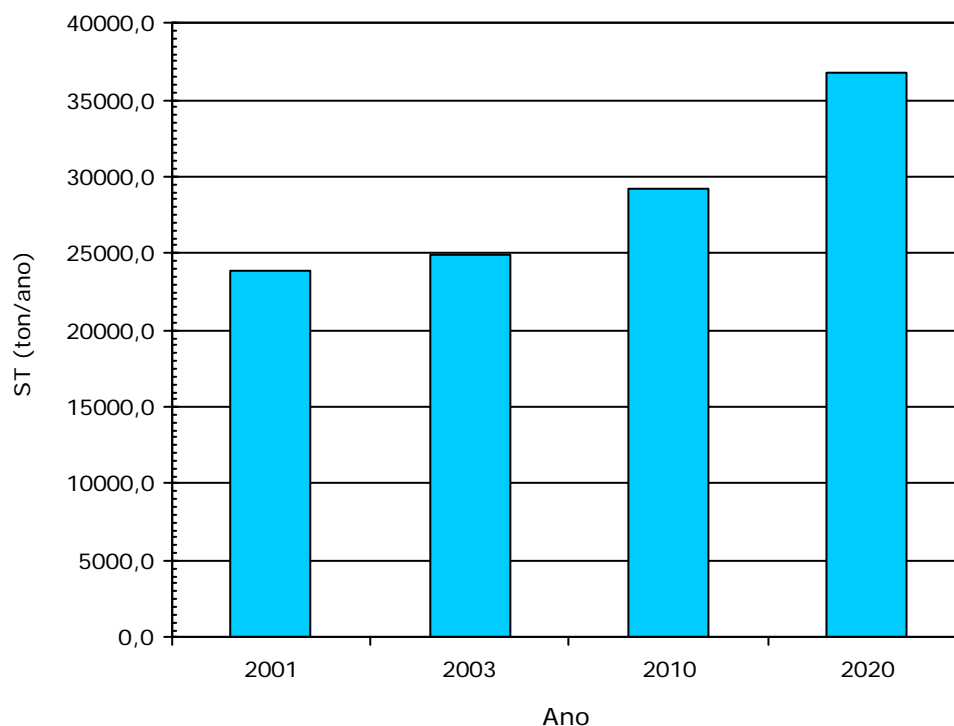


Gráfico 3.8.49 – ST da irrigação para diferentes anos (cenário 1)

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

Para estimar a produção de lixo calculou-se a taxa de produção mensal por habitante com base na produção de lixo mensal (item 3.6.3 a 3.6.7) e na população urbana de cada município. Desse modo, para cada cidade, obteve-se uma contribuição *per capita* diferente. Com esta contribuição *per capita*, calculou-se a massa de lixo gerada anualmente em cada cidade e, através do peso específico aparente converteu-se a massa em volume de lixo produzido anualmente. O peso específico aparente utilizado no cálculo foi de 192 kg/m^3 , sugerido por Bidone (1999) como média representativa do peso específico aparente dos resíduos sólidos brasileiros.

Sendo a quantidade de lixo gerada função da população, as projeções de aumento temporal da produção foram realizadas sobre as populações projetadas, considerando-se constante a taxa *per capita* de contribuição.

No gráfico 3.8.50 e no quadro 3.8.44 estão apresentados os volumes estimados da produção anual de lixo.

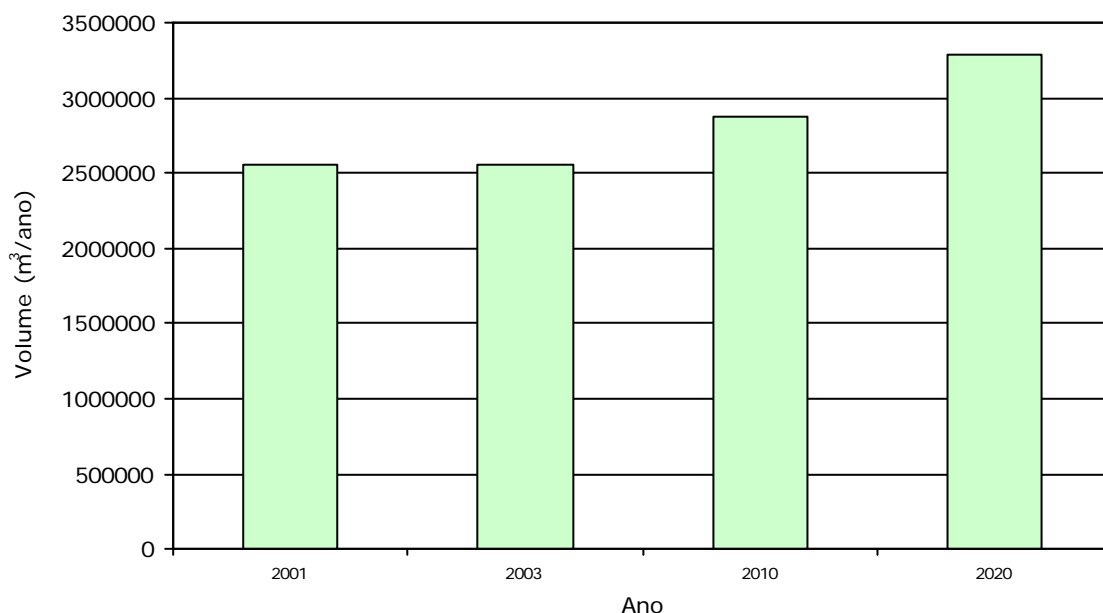


Gráfico 3.8.50 – Volume de lixo gerado na bacia

Quadro 3.8.44 – Estimativa de volume de lixo

Municípios	Volume (m ³ /ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	37500.00	37500.00	42272.64	48291.24
Imbituba	525000.00	525000.00	591816.95	676077.38
Laguna	375000.00	375000.00	422726.40	482912.41
Sub-total	937500.00	937500.00	1056815.99	1207281.03
SB do rio Capivari				
Armazém	67500.00	67500.00	76090.75	86924.23
Gravatal	75750.00	75750.00	85390.73	97548.31
São Bonifácio	15000.00	15000.00	16909.06	19316.50
São Martinho	6750.00	6750.00	7609.08	8692.42
Sub-total	165000.00	165000.00	185999.61	212481.46
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	1125.00	1125.00	1268.18	1448.74
Braço do Norte	202500.00	202500.00	228272.25	260772.70
Grão Pará	86250.00	86250.00	97227.07	111069.85
Rio Fortuna	22500.00	22500.00	25363.58	28974.74
Santa Rosa de Lima	33750.00	33750.00	38045.38	43462.12
São Ludgero	165000.00	165000.00	185999.61	212481.46
Sub-total	511125.00	511125.00	576176.08	658209.62
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	75000.00	75000.00	84545.28	96582.48
Orleans	262500.00	262500.00	295908.48	338038.69
Pedras Grandes	3750.00	3750.00	4227.26	4829.12
Sub-total	341250.00	341250.00	384681.02	439450.29
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	313419.74	321875.66	353308.79	403611.41
Jaguaruna	135000.00	135000.00	152181.50	173848.47
Sangão	45000.00	45000.00	50727.17	57949.49
Treze de Maio	36000.00	36000.00	40581.73	46359.59
Tubarão	63750.00	63750.00	71863.49	82095.11
Sub-total	593169.74	601625.66	668662.68	763864.07
TOTAL	2548044.74	2556500.66	2872335.38	3281286.47

A estimativa dos efluentes provenientes dos lixões foi estimada a partir dos volumes de resíduos sólidos anteriormente calculados e considerando-se que estes estão dispostos em camadas com espessura média de 1,00 m. As áreas cobertas por este volume de lixo foram calculadas e considerou-se o efluente gerado pela precipitação média anual para cada sub-bacia sobre estas áreas.

Não sendo conhecidas metodologias para estimar a carga de DBO em lixões, utilizou-se a metodologia utilizada para cálculo do lixiviado em aterros sanitários (Lima, 1995). A DBO em aterro sanitário varia de acordo com a idade das células (30 a 150 vezes a DBO do esgoto doméstico) segundo Bidone (1999). Optou-se por utilizar uma DBO de 25.000 mg/l compatível com a DBO de células de aterro sanitários novas.

A produção do efluente dos depósitos de lixo foi estimada considerando-se apenas o volume de lixo gerado em um ano para cada cidade, visto que a decomposição da matéria orgânica nos lixões se processa em pouco tempo e gera efluente de elevada concentração.

No quadro 3.8.45 podem ser vistas as produções anuais de DBO para as cidades, o valor acumulado por sub-bacia e o resultante para toda a bacia para cada horizonte temporal.

O gráfico 3.8.51 mostra a evolução da DBO para os efluentes de resíduos sólidos para os diferentes horizontes temporais em estudo.

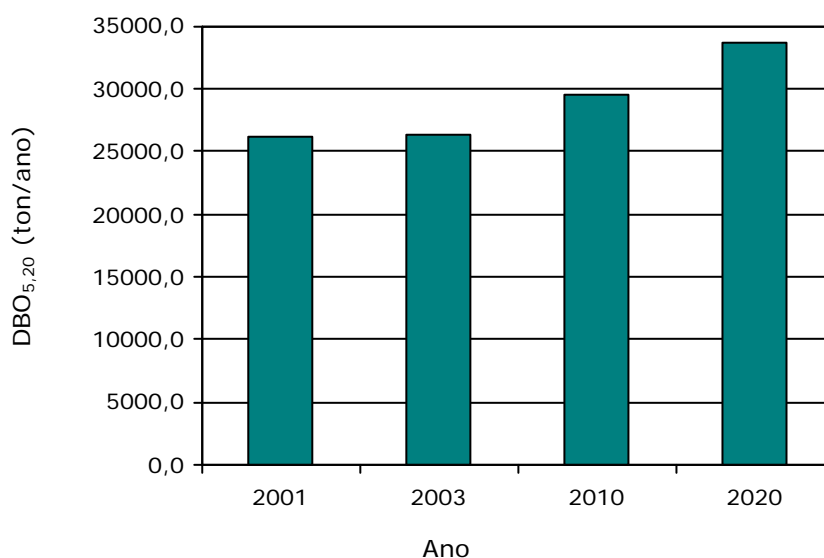


Gráfico 3.8.51 – DBO dos efluentes de resíduos sólidos na bacia (cenário 1)

Quadro 3.8.45 – Estimativa de DBO gerada pela decomposição do lixo (cenário 1)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	373.65	373.65	421.20	481.17
Imbituba	5231.05	5231.05	5896.80	6736.37
Laguna	3736.46	3736.46	4212.00	4811.69
Sub-total	9341.16	9341.16	10530.01	12029.23
SB do rio Capivari				
Armazém	643.07	643.07	724.92	828.13
Gravatal	721.67	721.67	813.52	929.35
São Bonifácio	142.91	142.91	161.09	184.03
São Martinho	64.31	64.31	72.49	82.81
Sub-total	1571.96	1571.96	1772.02	2024.32
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	12.25	12.25	13.81	15.77
Braço do Norte	2204.46	2204.46	2485.03	2838.83
Grão Pará	938.94	938.94	1058.44	1209.13
Rio Fortuna	244.94	244.94	276.11	315.43
Santa Rosa de Lima	367.41	367.41	414.17	473.14
São Ludgero	1796.23	1796.23	2024.84	2313.12
Sub-total	5564.23	5564.23	6272.39	7165.43
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	903.59	903.59	1018.59	1163.61
Orleans	3162.56	3162.56	3565.06	4072.64
Pedras Grandes	45.18	45.18	50.93	58.18
Sub-total	4111.33	4111.33	4634.58	5294.43
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2957.61	3037.40	3334.02	3808.71
Jaguaruna	1273.94	1273.94	1436.07	1640.53
Sangão	424.65	424.65	478.69	546.84
Treze de Maio	339.72	339.72	382.95	437.48
Tubarão	601.58	601.58	678.15	774.70
Sub-total	5597.49	5677.29	6309.89	7208.26
TOTAL	26186.16	26265.96	29518.89	33721.66

Mineração

Na ausência de dados coletados para determinação da carga de sólidos gerada pela mineração, buscou-se estabelecer uma taxa de produção de sólidos apenas com as informações existentes no Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Laguna (SDM, 1998), conforme descrito abaixo.

No referido relatório, consta que o ponto de amostragem RR03 (rio Rocinha) localiza-se à montante da poluição provocada pela mineração, sendo considerado um ponto de branco, ou seja, de referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação naquela sub-bacia. Consta também o ponto de amostragem RR04 na foz do rio Rocinha (à montante de RR03), que sofre influência da mineração de carvão e esgoto doméstico. Considera-se que a diferença de concentração de sólidos totais entre os dois pontos deve-se a uma área de deposição de rejeitos do beneficiamento do carvão na margem esquerda do rio Rocinha, com 2 km² de extensão bem como aos despejos domésticos das cidades vizinhas. No entanto, para fins de quantificação da carga de sólidos, a contribuição do esgoto doméstico é insignificante frente à carga gerada pela mineração. Conhecendo a vazão média do curso d'água nos dois pontos amostrados estabeleceu-se a carga em sólidos gerada para a área de deposição de rejeitos. Da divisão desta carga pela área do depósito de rejeitos obteve-se a taxa de 16.060 ton/ano.km² que, multiplicada pela área de mineração, indicada no mapa de ocupação do solo, fornece uma estimativa da carga de sólidos gerada pela mineração na bacia.

A ausência de dados para estimativa da carga gerada pela mineração para cada sub-bacia restringiu o estudo à estimativa de carga total gerada na bacia.

O quadro 3.8.46 mostra a produção de sólidos totais gerados na bacia.

Quadro 3.8.46 – Sólidos Totais gerados pela mineração na bacia (cenário 1)

Ano	ST (ton/ano)
2001	149679.20
2003	159103.15
2010	197010.53
2020	267347.48

Para a estimativa temporal das cargas provenientes da mineração, foram utilizadas as taxas de crescimento apontadas no estudo realizado pela FIESC (1990), que prevê um crescimento de 3,1% a.a. na produção de carvão mineral.

O gráfico 3.8.52 mostra a evolução da carga de sólidos gerados na bacia para os três anos em análise.

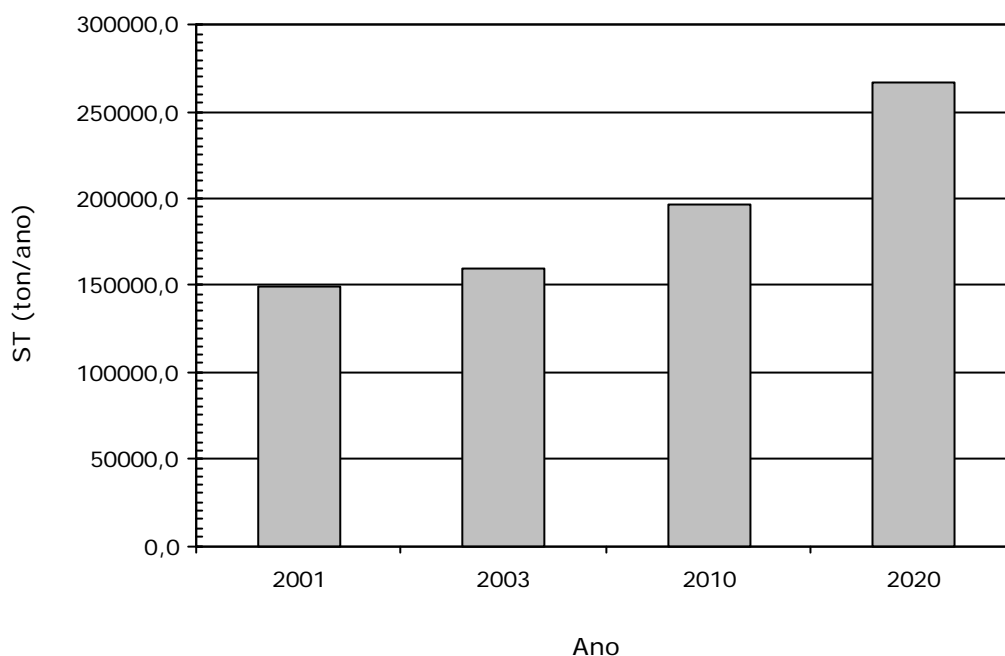


Gráfico 3.8.52 – Sólidos gerados na bacia pela mineração (cenário 1)

Indústria

Na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, desenvolvem-se variadas atividades industriais, destacando-se em número de estabelecimentos, a indústria moveleira, a de cerâmicas e as fecularias. Sob o ponto de vista de geração de poluição nos cursos d'água, as indústrias moveleira e de cerâmica pouco contribuem se comparadas com as fecularias, de modo que a poluição gerada por atividades industriais se restringirá a carga de contribuição das fecularias.

Segundo dados da FATMA (1988), as fecularias produzem diariamente 68.038 kg de DBO na bacia do rio Tubarão. A carga gerada pelas fecularias foi dividida por sub-bacia conforme porcentagem da produção total de mandioca que cada sub-bacia produz, considerando que a produção de mandioca de cada sub-bacia é processada dentro da própria sub-bacia.

Na estimativa das cargas totais, provenientes da indústria de fécula, foi considerado somente o período de safra da mandioca que é de cerca de 3 meses ao ano.

O quadro 3.8.47 mostra a evolução das cargas geradas pela indústria em cada sub-bacia e na bacia como um todo caso não haja intervenções no sentido de controlar a carga orgânica lançada nos rios por estas indústrias.

Quadro 3.8.47 – DBO gerada pela indústria na bacia (cenário 1)

Sub-bacia	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Comp.Lagunar	763.27	782.62	854.32	968.27
SB do rio Capivari	451.48	462.93	505.34	572.74
SB do rio Braço do Norte	472.71	484.70	529.10	599.68
SB Formadores Tubarão	214.56	220.01	240.16	272.19
SB Baixo Tubarão	3685.59	3779.06	4125.24	4675.50
TOTAL	5587.62	5729.32	6254.15	7088.39

O gráfico 3.8.53 ilustra a evolução das cargas provenientes da indústria sobre a DBO da bacia.

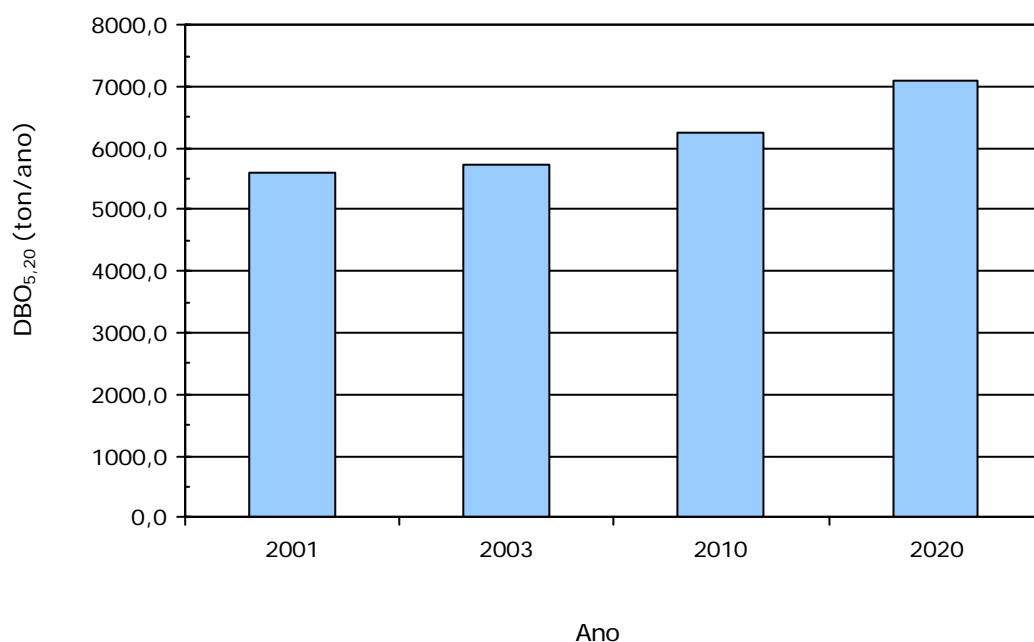


Gráfico 3.8.53 – DBO gerada na bacia pela indústria (cenário 1)

3.8.7.2 Produção de Resíduos para o Cenário 2: intervenções moderadas

Neste cenário, descrito no item 3.6.8.3, considerou-se que serão adotadas medidas de controle para os problemas de poluição atualmente existentes e que as atividades geradoras de poluição, bem como a população, crescem conforme as taxas apresentadas no mesmo item.

Esgoto Doméstico

A estimativa da carga orgânica produzida pelo esgoto doméstico foi realizada do mesmo modo descrito no item 3.8.7.1.

O gráfico 3.8.54 mostra a evolução temporal do aumento de DBO produzido na bacia quando são adotadas medidas moderadas de controle de poluição.

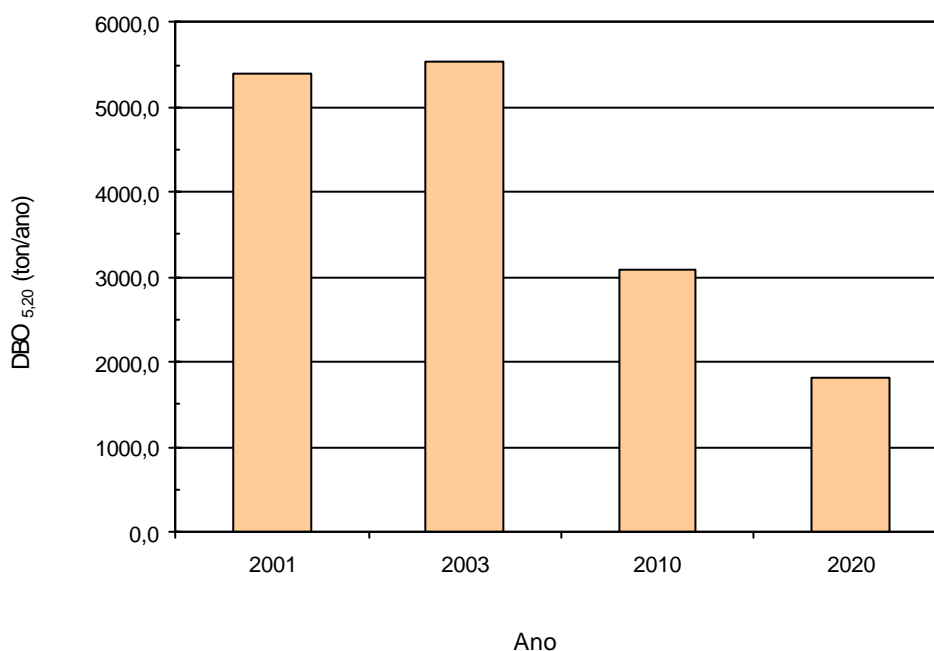


Gráfico 3.8.54 – DBO de esgoto doméstico para diferentes anos (cenário 2)

O quadro 3.8.48 mostra a DBO produzida pela população de cada cidade, sub-bacia e o total para toda a bacia ao final de cada ano em análise.

Quadro 3.8.48 – Produção de DBO proveniente do esgoto doméstico (cenário 2)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	211.24	216.94	119.06	68.01
Imbituba	562.92	578.10	317.28	181.23
Laguna	749.66	769.88	422.53	241.35
Sub-total	1523.82	1564.93	858.88	490.58
SB do rio Capivari				
Armazém	108.33	111.25	61.06	34.87
Gravatal	156.28	160.49	88.08	50.31
São Bonifácio	50.74	52.11	28.60	16.34
São Martinho	51.62	53.02	29.10	16.62
Sub-total	366.97	376.87	206.84	118.14
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	50.93	52.30	28.71	16.40
Braço do Norte	390.59	401.13	220.15	125.75
Grão Pará	91.68	94.15	51.67	29.51
Rio Fortuna	68.05	69.89	38.36	21.91
Santa Rosa de Lima	31.65	32.50	17.84	10.19
São Ludgero	87.73	100.75	99.21	103.82
Sub-total	720.63	750.72	455.93	307.58
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	214.48	220.26	120.89	69.05
Orleans	315.69	324.21	177.93	101.63
Pedras Grandes	77.59	79.69	43.73	24.98
Sub-total	607.76	624.16	342.56	195.66
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	292.64	300.53	164.94	94.21
Jaguaruna	230.26	236.47	129.78	74.13
Sangão	128.13	131.59	72.22	41.25
Treze de Maio	105.90	108.75	59.69	34.09
Tubarão	1408.68	1446.69	793.98	453.51
Sub-total	2165.61	2224.04	1220.61	697.20
TOTAL	5384.79	5540.72	3084.82	1809.17

Criação de aves, bovinos e suínos

As cargas de DBO para os resíduos da criação de suínos, bovinos e aves foram estimadas do mesmo modo que no item 3.8.7.1.

Os quadros 3.8.49 a 3.8.51 fornecem as estimativas de produção de DBO para as atividades de criação animal para os diferentes cenários temporais em análise.

O gráfico 3.8.55 mostra o crescimento da DBO ao longo do tempo para o setor agropecuário.

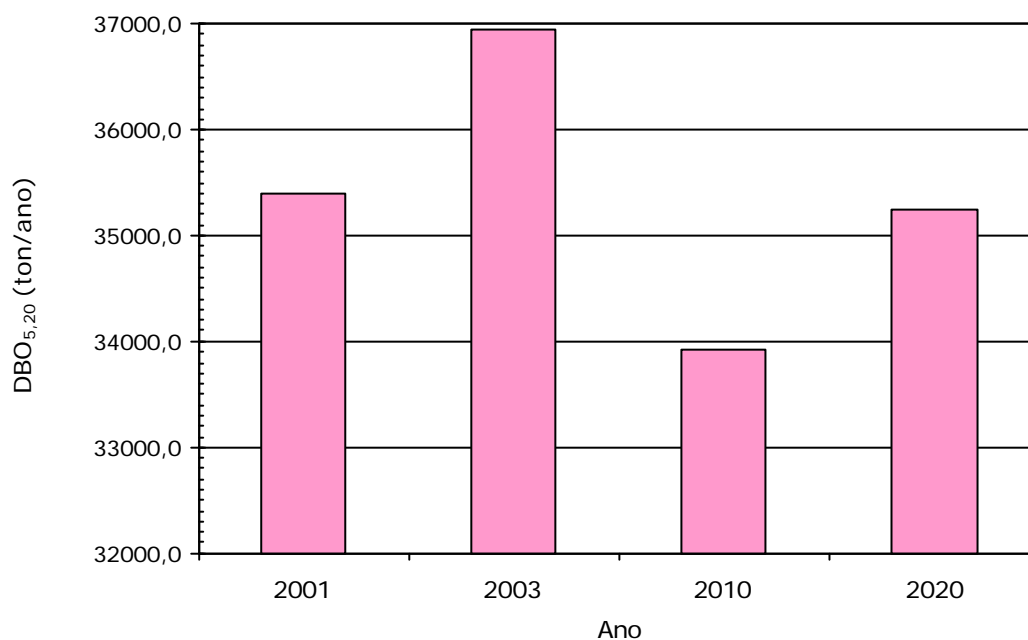


Gráfico 3.8.55 – DBO da criação de animais para diferentes anos (cenário 2)

O cenário temporal mostrado neste gráfico indica que mesmo com as medidas mitigadoras adotadas para o abatimento da poluição esta apresenta pequeno incremento (1327 ton/ano) entre os anos de 2010 e 2020.

A situação pode ser melhor explicada pelo gráfico 3.8.58 que apresenta a subdivisão por tipo de criação.

Quadro 3.8.49 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 2 - 2003)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	109.33	602.20	15.25	726.79
Imbituba	68.87	184.46	23.33	276.66
Laguna	14.45	186.73	2.46	203.64
Sub-total	192.66	973.39	41.04	1207.09
SB do rio Capivari				
Armazém	1192.45	531.03	13.30	1736.78
Gravatal	69.42	564.30	23.24	656.96
São Bonifácio	389.92	631.75	14.00	1035.67
São Martinho	303.71	624.83	23.77	952.31
Sub-total	1955.51	2351.91	74.30	4381.72
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	155.52	476.30	15.28	647.11
Braço do Norte	7957.00	766.89	100.88	8824.77
Grão Pará	3272.19	677.20	201.93	4151.31
Rio Fortuna	1164.38	857.98	40.00	2062.36
Santa Rosa de Lima	321.00	317.08	12.58	650.66
São Ludgero	2202.14	283.29	449.81	2935.23
Sub-total	15072.24	3378.73	820.47	19271.43
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	455.96	409.04	173.79	1038.80
Orleans	4143.70	1047.03	1087.03	6277.76
Pedras Grandes	484.97	290.78	73.27	849.03
Sub-total	5084.63	1746.85	1334.10	8165.58
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	9.95	38.68	0.22	48.85
Jaguaruna	414.71	474.95	514.05	1403.71
Sangão	336.12	206.02	67.14	609.28
Treze de Maio	251.41	321.48	263.82	836.71
Tubarão	123.90	856.48	37.00	1017.37
Sub-total	1136.09	1897.61	882.23	3915.93
TOTAL	23441.12	10348.49	3152.13	36941.75

Quadro 3.8.50 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 2 - 2010)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	84.88	650.13	22.04	757.05
Imbituba	53.47	199.14	33.72	286.32
Laguna	11.22	201.59	3.55	216.36
Sub-total	149.57	1050.86	59.30	1259.74
SB do rio Capivari				
Armazém	925.77	573.30	19.22	1518.29
Gravatal	53.90	609.21	33.58	696.69
São Bonifácio	302.72	682.03	20.23	1004.98
São Martinho	235.79	674.56	34.34	944.70
Sub-total	1518.19	2539.09	107.37	4164.65
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	120.74	514.21	22.08	657.04
Braço do Norte	6177.53	827.92	145.77	7151.22
Grão Pará	2540.41	731.09	291.79	3563.30
Rio Fortuna	903.98	926.26	57.80	1888.05
Santa Rosa de Lima	249.21	342.32	18.17	609.70
São Ludgero	1709.66	305.83	649.99	2665.49
Sub-total	11701.53	3647.63	1185.62	16534.79
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	353.99	441.60	251.14	1046.73
Orleans	3217.02	1130.36	1570.82	5918.19
Pedras Grandes	376.52	313.92	105.89	796.32
Sub-total	3947.52	1885.88	1927.84	7761.24
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	7.72	41.76	0.32	49.80
Jaguaruna	321.97	512.75	742.84	1577.55
Sangão	260.95	222.42	97.02	580.39
Treze de Maio	195.18	347.07	381.23	923.48
Tubarão	96.19	924.64	53.46	1074.30
Sub-total	882.02	2048.64	1274.87	4205.52
TOTAL	18198.83	11172.10	4555.01	33925.94

Quadro 3.8.51 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 2 - 2020)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	70.35	725.29	37.29	832.93
Imbituba	44.31	222.16	57.05	323.52
Laguna	9.30	224.90	6.01	240.20
Sub-total	123.95	1172.35	100.34	1396.65
SB do rio Capivari				
Armazém	767.23	639.57	32.52	1439.32
Gravatal	44.67	679.64	56.82	781.12
São Bonifácio	250.88	760.87	34.23	1045.98
São Martinho	195.41	752.55	58.11	1006.07
Sub-total	1258.18	2832.63	181.68	4272.49
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	100.07	573.65	37.37	711.09
Braço do Norte	5119.56	923.64	246.65	6289.84
Grão Pará	2105.34	815.61	493.72	3414.67
Rio Fortuna	749.16	1033.35	97.80	1880.31
Santa Rosa de Lima	206.53	381.89	30.75	619.17
São Ludgero	1416.86	341.19	1099.81	2857.85
Sub-total	9697.52	4069.33	2006.09	15772.94
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	293.36	492.65	424.94	1210.95
Orleans	2666.07	1261.04	2657.86	6584.96
Pedras Grandes	312.03	350.21	179.16	841.41
Sub-total	3271.46	2103.90	3261.95	8637.32
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	6.40	46.59	0.54	53.53
Jaguaruna	266.83	572.02	1256.90	2095.75
Sangão	216.26	248.13	164.17	628.56
Treze de Maio	161.76	387.19	645.05	1193.99
Tubarão	79.72	1031.54	90.46	1201.72
Sub-total	730.96	2285.47	2157.11	5173.54
TOTAL	15082.08	12463.69	7707.17	35252.94

Conforme mostra o gráfico 3.8.56, à medida que são adotadas medidas moderadas para abatimento crescente da poluição gerada pela suinocultura, a quantidade das cargas geradas pela criação de aves e bovinos, que tem percentual constante de abatimento, continua crescendo pelo aumento das populações. Desse modo, quando são tomadas medidas para restringir apenas o despejo de efluentes da suinocultura, os despejos da criação de aves e bovinos fazem com que a carga total da bacia receba um pequeno acréscimo.

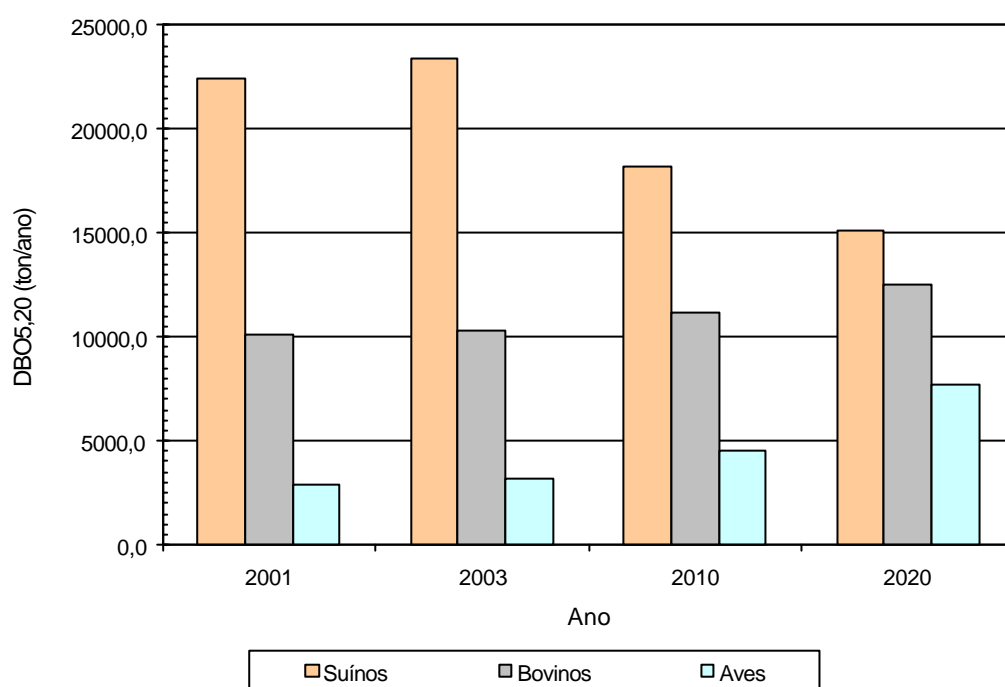


Gráfico 3.8.56 – DBO para as diferentes criações de animais (cenário 2)

Irrigação

A determinação da carga de sólidos gerada pela irrigação foi realizada com a mesma taxa de produção de sólidos calculada no item 3.8.7.1 (444 ton/ano.km²), sendo a área de cultivo projetada com a taxa de crescimento mostrada no quadro 3.8.28.

O gráfico 3.8.57 e o quadro 3.8.52 a evolução dos sólidos produzidos na bacia pela prática da cultura de arroz irrigada.

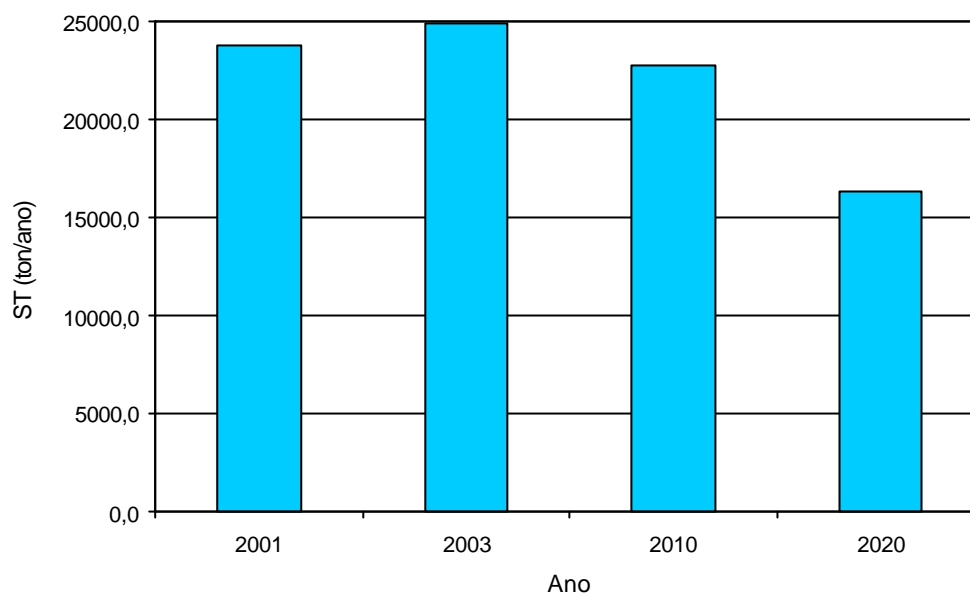


Gráfico 3.8.57– ST da irrigação para diferentes anos (cenário 2)

Quadro 3.8.52 – Estimativa de ST decorrentes da irrigação do arroz (cenário 2)

Municípios	Sólidos Totais (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	4337.33	4539.14	4139.60	2969.45
Imbituba	3496.50	3659.19	3337.10	2393.80
Laguna	449.55	470.47	429.06	307.77
Sub-total	8283.38	8668.79	7905.76	5671.03
SB do rio Capivari				
Gravatal	499.50	522.74	476.73	341.97
Sub-total	499.50	522.74	476.73	341.97
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2364.30	2474.31	2256.52	1618.67
Jaguaruna	5827.50	6098.65	5561.84	3989.67
Treze de Maio	774.23	810.25	738.93	530.06
Tubarão	6077.25	6360.02	5800.20	4160.65
Sub-total	15043.28	15743.22	14357.49	10299.04
TOTAL	23826.15	24934.76	22739.98	16312.04

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

O volume de lixo e a carga orgânica gerada pela decomposição deste lixo foram estimados de modo similar ao item 3.8.7.1, coincidindo nas quantidades anuais geradas no cenário 1.

O volume de lixo gerado anualmente é idêntico ao apresentado o apresentado no quadro 3.8.44 (item 3.8.7.1), porém, com a adoção de medidas mitigadoras, este volume de lixo deixará de constituir ameaça à saúde pública.

O quadro 3.8.53 apresenta as produções anuais de DBO para as cidades, o valor acumulado por sub-bacia e o resultante para toda a bacia para cada horizonte temporal.

O gráfico 3.8.58 mostra a evolução da DBO para os efluentes de resíduos sólidos para os diferentes horizontes temporais em estudo.

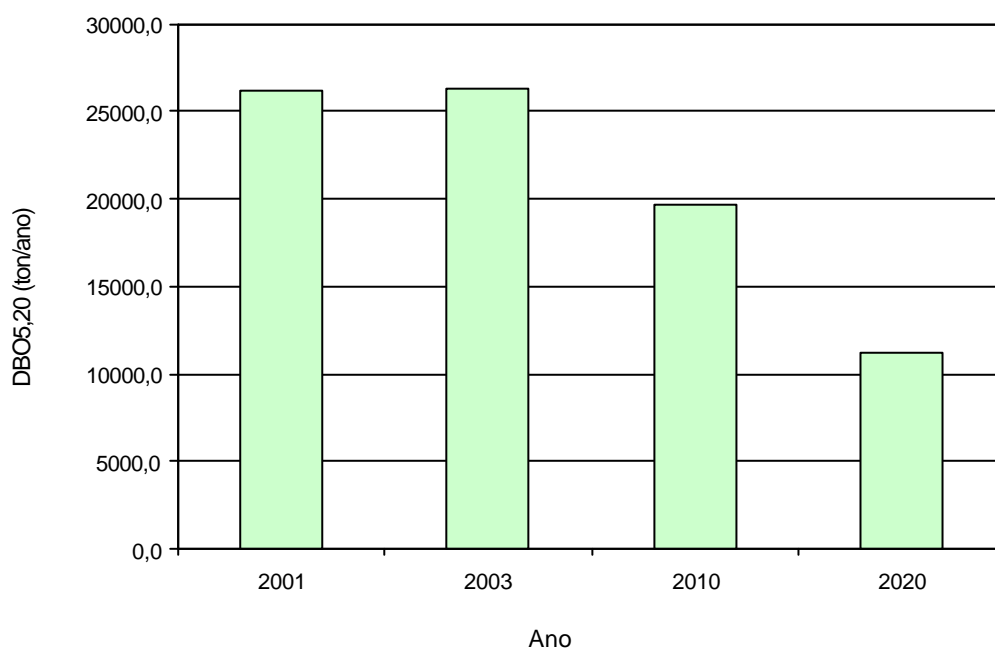


Gráfico 3.8.58 – DBO dos efluentes de resíduos sólidos na bacia (cenário 2)

Quadro 3.8.53 – Estimativa de DBO gerada pela decomposição do lixo (cenário 2)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	373.65	373.65	280.80	160.39
Imbituba	5231.05	5231.05	3931.20	2245.46
Laguna	3736.46	3736.46	2808.00	1603.90
Sub-total	9341.16	9341.16	7020.01	4009.74
SB do rio Capivari				
Armazém	643.07	643.07	483.28	276.04
Gravatal	721.67	721.67	542.35	309.78
São Bonifácio	142.91	142.91	107.40	61.34
São Martinho	64.31	64.31	48.33	27.60
Sub-total	1571.96	1571.96	1181.35	674.77
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	12.25	12.25	9.20	5.26
Braço do Norte	2204.46	2204.46	1656.68	946.28
Grão Pará	938.94	938.94	705.62	403.04
Rio Fortuna	244.94	244.94	184.08	105.14
Santa Rosa de Lima	367.41	367.41	276.11	157.71
São Ludgero	1796.23	1796.23	1349.89	771.04
Sub-total	5564.23	5564.23	4181.59	2388.48
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	903.59	903.59	679.06	387.87
Orleans	3162.56	3162.56	2376.71	1357.55
Pedras Grandes	45.18	45.18	33.95	19.39
Sub-total	4111.33	4111.33	3089.72	1764.81
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2957.61	3037.40	2222.68	1269.57
Jaguaruna	1273.94	1273.94	957.38	546.84
Sangão	424.65	424.65	319.13	182.28
Treze de Maio	339.72	339.72	255.30	145.83
Tubarão	601.58	601.58	452.10	258.23
Sub-total	5597.49	5677.29	4206.59	2402.75
TOTAL	26186.16	26265.96	19679.26	11240.55

Mineração

A determinação da carga de sólidos gerada pela mineração foi realizada com a mesma taxa de contribuição calculada no item 3.7.1 de 16.060 ton/ano.km².

O quadro 3.8.54 mostra a produção de sólidos totais gerados na bacia.

Quadro 3.8.54 – Sólidos Totais gerados pela mineração na bacia (cenário 2)

Ano	ST (ton/ano)
2001	149679.20
2003	159103.15
2010	98505.27
2020	66836.87

O gráfico 3.8.59 mostra a evolução da carga de sólidos gerados na bacia para os três anos em análise.

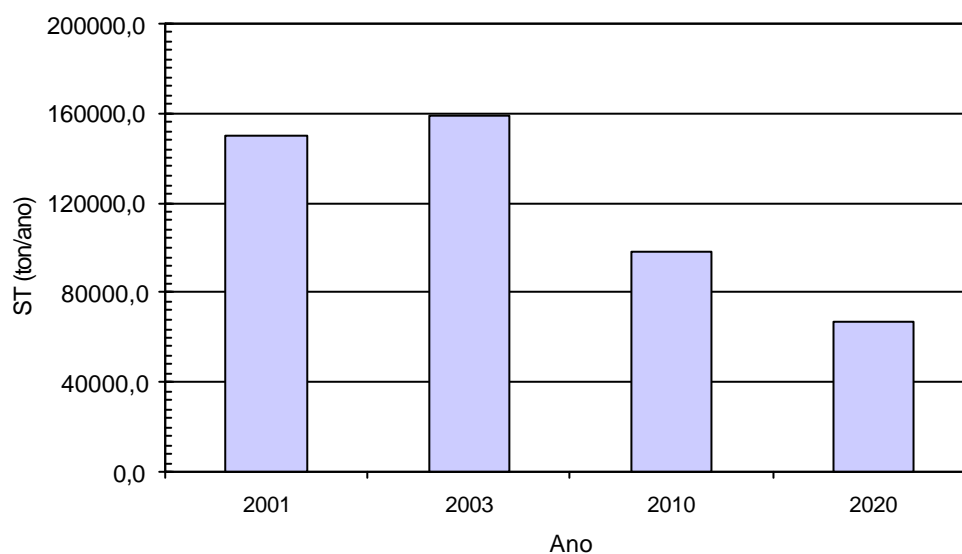


Gráfico 3.8.59 – Sólidos gerados na bacia pela mineração (cenário 2)

Indústria

A carga gerada pelas feculárias foi estimada da mesma forma que no item 3.8.7.1.

O quadro 3.8.55 mostra a evolução das cargas geradas pela indústria em cada sub-bacia e na bacia com a adoção de medidas de controle de emissão de carga orgânica por parte das feculárias.

Quadro 3.8.55 – DBO (ton/ano) gerada pela indústria na bacia (cenário 2)

Sub-bacia	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Comp.Lagunar	763.27	782.62	379.70	430.34
SB do rio Capivari	451.48	462.93	224.59	254.55
SB do rio Braço do Norte	472.71	484.70	235.16	266.52
SB Formadores Tubarão	214.56	220.01	106.74	120.98
SB Baixo Tubarão	3685.59	3779.06	1833.44	2078.00
TOTAL	5587.62	5729.32	2779.62	3150.39

O gráfico 3.8.60 ilustra a evolução das cargas provenientes da indústria sobre a DBO da bacia.

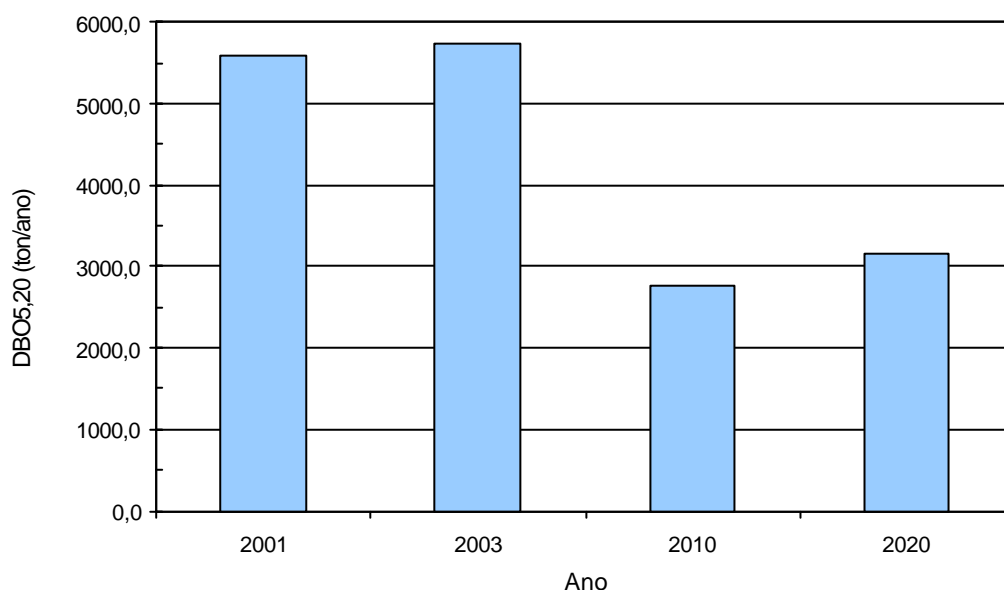


Gráfico 3.8.60 – DBO gerada na bacia pela indústria (cenário 2)

Os dados mostram que, mesmo com os abatimentos crescentes decorrentes da adoção de intervenções moderadas, a carga produzida pela atividade industrial volta a apresentar pequeno crescimento entre os anos de 2010 e 2020. Tal crescimento ocorre porque o crescimento da atividade industrial supera os abatimentos de carga orgânica, no período 2010 a 2020.

3.8.7.3 Produção de Resíduos para o Cenário 3: intervenções severas

Neste cenário, descrito no item 3.6.8.4, considerou-se que serão adotadas medidas mais severas do que aquelas adotadas no cenário 2 para controle dos problemas de poluição.

Esgoto Doméstico

A estimativa da carga orgânica produzida pelo esgoto doméstico foi realizada do mesmo modo descrito no item 3.8.7.1.

O volume de esgoto tratado na cidade de São Ludgero foi considerado com eficiência de 80%, típica de lagoas de estabilização, sendo que o volume restante recebeu o mesmo abatimento crescente dos demais municípios.

O quadro 3.8.56 mostra a DBO produzida pela população de cada cidade, sub-bacia e o total para toda a bacia ao final de cada ano em análise.

O gráfico 3.8.61 mostra a evolução temporal do aumento de DBO produzido na bacia quando não são adotadas medidas severas de controle de poluição.

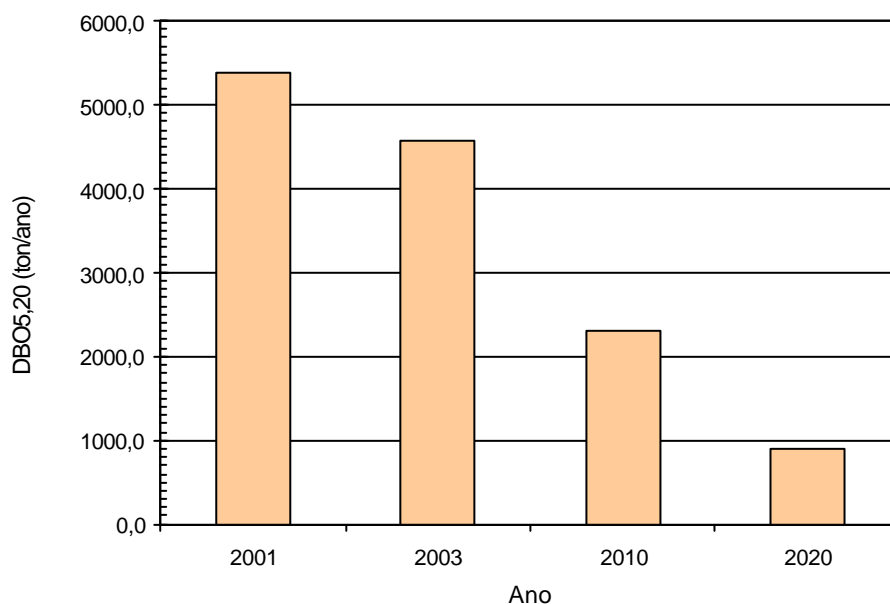


Gráfico 3.8.61 – DBO de esgoto doméstico para diferentes anos (cenário 3)

Quadro 3.8.56 – Produção de DBO proveniente do esgoto doméstico (cenário 3)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	211.24	189.83	89.30	34.00
Imbituba	562.92	505.84	237.96	90.61
Laguna	749.66	673.65	316.90	120.67
Sub-total	1523.82	1369.32	644.16	245.29
SB do rio Capivari				
Armazém	108.33	97.34	45.79	17.44
Gravatal	156.28	140.43	66.06	25.16
São Bonifácio	50.74	45.60	21.45	8.17
São Martinho	51.62	46.39	21.82	8.31
Sub-total	366.97	329.76	155.13	59.07
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	50.93	45.77	21.53	8.20
Braço do Norte	390.59	350.99	165.11	62.87
Grão Pará	91.68	82.38	38.75	14.76
Rio Fortuna	68.05	61.15	28.77	10.95
Santa Rosa de Lima	31.65	28.44	13.38	5.09
São Ludgero	87.73	89.75	52.17	46.44
Sub-total	720.63	658.48	319.71	148.31
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	214.48	192.73	90.66	34.52
Orleans	315.69	283.68	133.45	50.82
Pedras Grandes	77.59	69.73	32.80	12.49
Sub-total	607.76	546.14	256.92	97.83
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	292.64	262.97	123.71	47.11
Jaguaruna	230.26	206.91	97.34	37.07
Sangão	128.13	115.14	54.16	20.63
Treze de Maio	105.90	95.16	44.77	17.05
Tubarão	1408.68	990.53	595.49	226.76
Sub-total	2165.61	1670.71	915.46	348.60
TOTAL	5384.79	4574.40	2291.38	899.11

Criação de aves, bovinos e suínos

As cargas de DBO para os resíduos da criação de suínos, bovinos e aves foram estimadas do mesmo modo que no item 3.8.7.1.

Os quadros 3.8.57 a 3.8.59 fornecem as estimativas de produção de DBO para as atividades do setor agropecuário, para os diferentes cenários temporais em análise.

O gráfico 3.8.62 mostra o crescimento da DBO ao longo do tempo para a criação de animais.



Gráfico 3.8.62 – DBO da criação de animais para diferentes anos (cenário 3)

Irrigação

A determinação da carga de sólidos gerada pela irrigação foi realizada com a mesma taxa de produção de sólidos encontrada no item 3.8.7.1 (444 ton/ano.km²).

O gráfico 3.8.63 e o quadro 3.8.60 a evolução dos sólidos produzidos na bacia pela prática da cultura de arroz irrigado.

Quadro 3.8.57 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 3 - 2003)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	97.19	451.65	11.44	560.28
Imbituba	61.22	138.34	17.50	217.06
Laguna	12.85	140.05	1.84	154.74
Sub-total	171.25	730.04	30.78	932.07
SB do rio Capivari				
Armazém	1059.96	398.27	9.97	1468.20
Gravatal	61.71	423.22	17.43	502.36
São Bonifácio	346.60	473.81	10.50	830.91
São Martinho	269.97	468.62	17.82	756.42
Sub-total	1738.23	1763.93	55.73	3557.89
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	138.24	357.22	11.46	506.93
Braço do Norte	7072.89	575.16	75.66	7723.71
Grão Pará	2908.62	507.90	151.44	3567.96
Rio Fortuna	1035.00	643.48	30.00	1708.49
Santa Rosa de Lima	285.33	237.81	9.43	532.58
São Ludgero	1957.46	212.46	337.35	2507.28
Sub-total	13397.55	2534.05	615.35	16546.94
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	405.30	306.78	130.34	842.42
Orleans	3683.29	785.27	815.27	5283.83
Pedras Grandes	431.09	218.08	54.96	704.13
Sub-total	4519.67	1310.14	1000.57	6830.38
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	8.84	29.01	0.17	38.02
Jaguaruna	368.64	356.21	385.54	1110.39
Sangão	298.77	154.52	50.36	503.64
Treze de Maio	223.47	241.11	197.86	662.45
Tubarão	110.13	642.36	27.75	780.24
Sub-total	1009.86	1423.21	661.67	3094.73
TOTAL	20836.55	7761.37	2364.10	30962.02

Quadro 3.8.58 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 3 - 2010)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	56.59	406.33	11.02	473.94
Imbituba	35.64	124.46	16.86	176.97
Laguna	7.48	125.99	1.77	135.25
Sub-total	99.71	656.79	29.65	786.15
SB do rio Capivari				
Armazém	617.18	358.31	9.61	985.10
Gravatal	35.93	380.76	16.79	433.48
São Bonifácio	201.82	426.27	10.12	638.20
São Martinho	157.19	421.60	17.17	595.97
Sub-total	1012.12	1586.93	53.69	2652.74
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	80.50	321.38	11.04	412.92
Braço do Norte	4118.35	517.45	72.89	4708.69
Grão Pará	1693.61	456.93	145.90	2296.44
Rio Fortuna	602.65	578.91	28.90	1210.47
Santa Rosa de Lima	166.14	213.95	9.09	389.18
São Ludgero	1139.77	191.14	325.00	1655.92
Sub-total	7801.02	2279.77	592.81	10673.60
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	235.99	276.00	125.57	637.56
Orleans	2144.68	706.47	785.41	3636.56
Pedras Grandes	251.01	196.20	52.94	500.15
Sub-total	2631.68	1178.68	963.92	4774.28
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	5.15	26.10	0.16	31.41
Jaguaruna	214.65	320.47	371.42	906.53
Sangão	173.97	139.01	48.51	361.49
Treze de Maio	130.12	216.92	190.61	537.65
Tubarão	64.13	577.90	26.73	668.76
Sub-total	588.01	1280.40	637.43	2505.84
TOTAL	12132.55	6982.56	2277.50	21392.62

Quadro 3.8.59 –Estimativa de DBO para criação de animais (cenário 3 - 2020)

Municípios	DBO _{5,20} (ton/ano)			
	Suíno	Bovino	Aves	Total
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	35.17	362.65	18.64	416.46
Imbituba	22.16	111.08	28.53	161.76
Laguna	4.65	112.45	3.00	120.10
Sub-total	61.98	586.17	50.17	698.32
SB do rio Capivari				
Armazém	383.61	319.79	16.26	719.66
Gravatal	22.33	339.82	28.41	390.56
São Bonifácio	125.44	380.44	17.12	522.99
São Martinho	97.70	376.27	29.05	503.03
Sub-total	629.09	1416.32	90.84	2136.24
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	50.03	286.83	18.68	355.54
Braço do Norte	2559.78	461.82	123.32	3144.92
Grão Pará	1052.67	407.81	246.86	1707.34
Rio Fortuna	374.58	516.67	48.90	940.16
Santa Rosa de Lima	103.27	190.95	15.37	309.59
São Ludgero	708.43	170.59	549.90	1428.93
Sub-total	4848.76	2034.66	1003.05	7886.47
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	146.68	246.33	212.47	605.48
Orleans	1333.03	630.52	1328.93	3292.48
Pedras Grandes	156.02	175.11	89.58	420.70
Sub-total	1635.73	1051.95	1630.98	4318.66
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	3.20	23.29	0.27	26.76
Jaguaruna	133.41	286.01	628.45	1047.87
Sangão	108.13	124.07	82.08	314.28
Treze de Maio	80.88	193.60	322.52	597.00
Tubarão	39.86	515.77	45.23	600.86
Sub-total	365.48	1142.74	1078.55	2586.77
TOTAL	7541.04	6231.84	3853.59	17626.47

Quadro 3.8.60 – Estimativa de ST decorrentes da irrigação do arroz (cenário 3)

Municípios	Sólidos Totais (ton/ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	4337.33	4034.79	2956.86	2227.09
Imbituba	3496.50	3252.61	2383.65	1795.35
Laguna	449.55	418.19	306.47	230.83
Sub-total	8283.38	7705.59	5646.97	4253.27
SB do rio Capivari				
Gravatal	499.50	464.66	340.52	256.48
Sub-total	499.50	464.66	340.52	256.48
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2364.30	2199.39	1611.80	1214.00
Jaguaruna	5827.50	5421.02	3972.74	2992.25
Treze de Maio	774.23	720.22	527.81	397.54
Tubarão	6077.25	5653.35	4143.00	3120.49
Sub-total	15043.28	13993.98	10255.35	7724.28
TOTAL	23826.15	22164.23	16242.84	12234.03

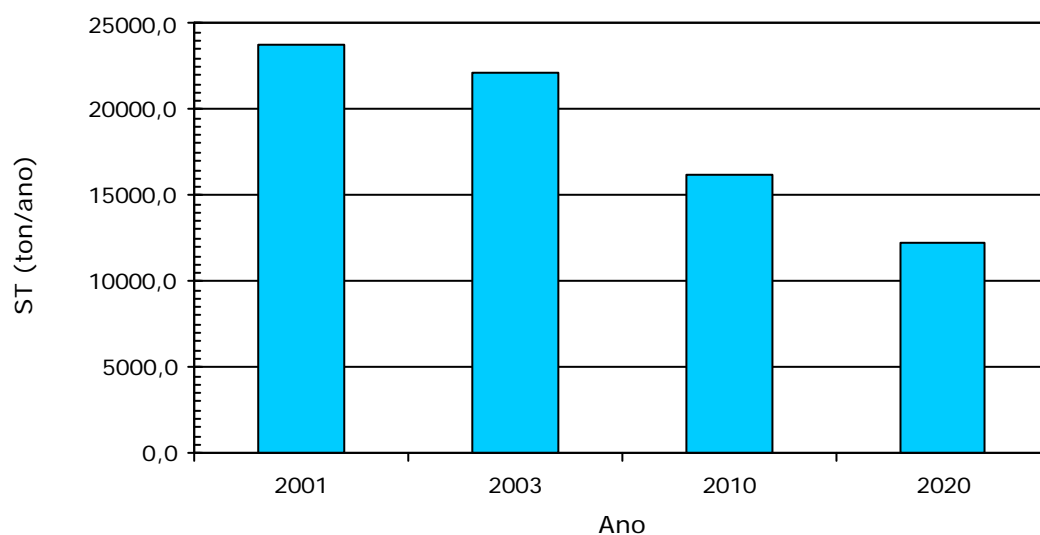


Gráfico 3.8.63 – ST da irrigação para diferentes anos (cenário 3)

Resíduos Sólidos Urbanos e seus Efluentes

O volume de lixo e a carga orgânica gerada pela decomposição deste lixo foram estimados do mesmo modo que no item 3.8.7.1, coincidindo nas quantidades anuais geradas nos cenários 1 e 2.

O quadro 3.8.61 apresenta as produções anuais de DBO para as cidades, o valor acumulado por sub-bacia e o resultante para toda a bacia para cada horizonte temporal.

O gráfico 3.8.64 mostra a evolução da DBO para os efluentes de resíduos sólidos para os diferentes horizontes temporais em estudo.

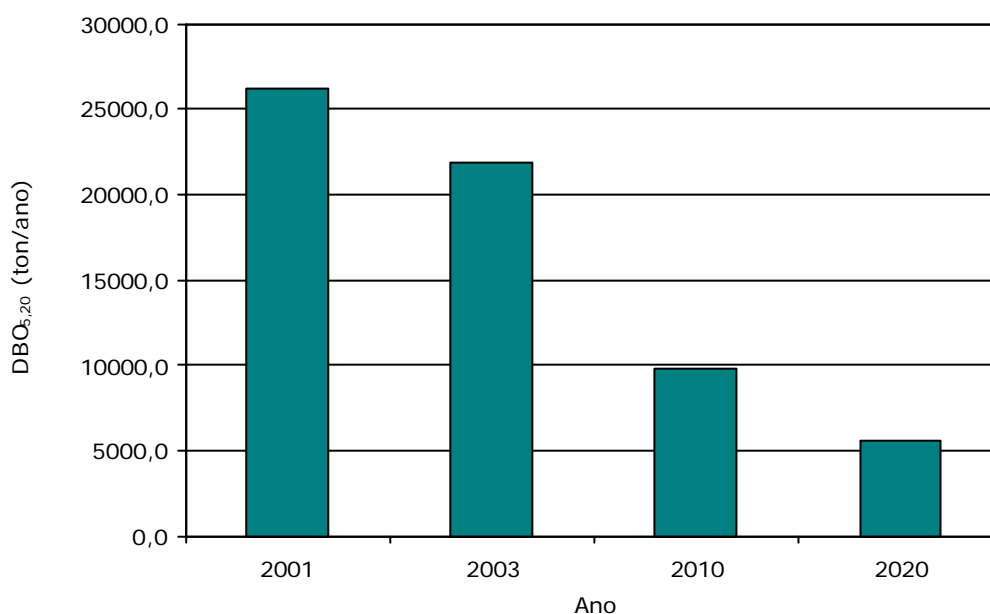


Gráfico 3.8.64 – DBO dos efluentes de resíduos sólidos para diferentes anos

Mineração

A determinação da carga de sólidos gerada pela mineração foi realizada com a mesma taxa de contribuição calculada no item 3.7.1 de 16.060 ton/ano.km².

O quadro 3.8.62 mostra a produção de sólidos totais gerados na bacia.

Quadro 3.8.61 – Estimativa de DBO gerada pela decomposição do lixo (cenário 3)

Municípios	Volume (m ³ /ano)			
	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar				
Imaruí	373.65	311.37	140.40	80.19
Imbituba	5231.05	4359.21	1965.60	1122.73
Laguna	3736.46	3113.72	1404.00	801.95
Sub-total	9341.16	7784.30	3510.00	2004.87
SB do rio Capivari				
Armazém	643.07	535.90	241.64	138.02
Gravatal	721.67	601.39	271.17	154.89
São Bonifácio	142.91	119.09	53.70	30.67
São Martinho	64.31	53.59	24.16	13.80
Sub-total	1571.96	1309.97	590.67	337.39
SB do rio Braço do Norte				
Anitápolis	12.25	10.21	4.60	2.63
Braço do Norte	2204.46	1837.05	828.34	473.14
Grão Pará	938.94	782.45	352.81	201.52
Rio Fortuna	244.94	204.12	92.04	52.57
Santa Rosa de Lima	367.41	306.18	138.06	78.86
São Ludgero	1796.23	1496.86	674.95	385.52
Sub-total	5564.23	4636.86	2090.80	1194.24
SB Formadores Tubarão				
Lauro Muller	903.59	752.99	339.53	193.94
Orleans	3162.56	2635.47	1188.35	678.77
Pedras Grandes	45.18	37.65	16.98	9.70
Sub-total	4111.33	3426.11	1544.86	882.41
SB Baixo Tubarão				
Capivari de Baixo	2957.61	2531.17	1111.34	634.78
Jaguaruna	1273.94	1061.61	478.69	273.42
Sangão	424.65	353.87	159.56	91.14
Treze de Maio	339.72	283.10	127.65	72.91
Tubarão	601.58	501.32	226.05	129.12
Sub-total	5597.49	4731.07	2103.30	1201.38
TOTAL	26186.16	21888.30	9839.63	5620.28

Quadro 3.8.62 – Sólidos Totais gerados pela mineração na bacia (cenário 3)

Ano	ST (ton/ano)
2001	149679.20
2003	139215.26
2010	73878.95
2020	33418.43

O gráfico 3.8.65 mostra a evolução da carga de sólidos gerados na bacia para os três anos em análise.

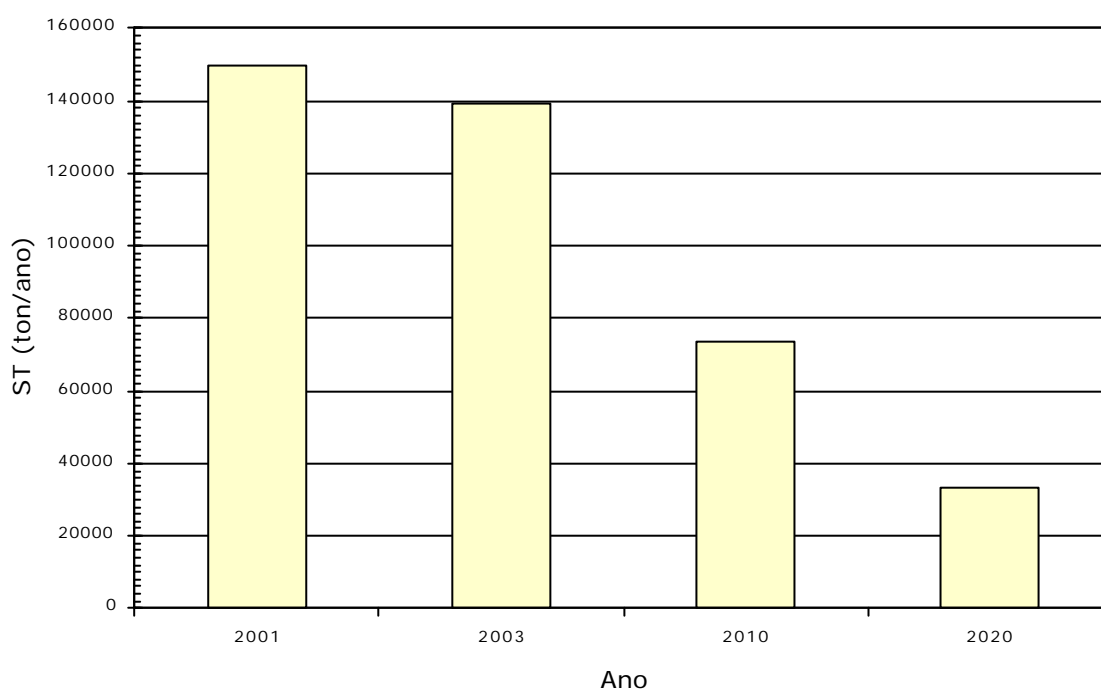


Gráfico 3.8.65 – Sólidos gerados na bacia pela mineração (cenário 3)

Indústria

A carga gerada pelas feculárias foi estimada da mesma forma que no item 3.8.7.1.

O quadro 3.8.63 mostra a evolução das cargas geradas pela indústria em cada sub-bacia e na bacia com a adoção de medidas de controle de emissão de carga orgânica pelas feculárias.

Quadro 3.8.63 – DBO (ton/ano) gerada pela indústria na bacia (cenário 3)

Sub-bacia	2001	2003	2010	2020
SB do rio D'Una + Comp.Lagunar	763.27	695.67	284.77	322.76
SB do rio Capivari	451.48	411.49	168.45	190.91
SB do rio Braço do Norte	472.71	430.84	176.37	199.89
SB Formadores Tubarão	214.56	195.56	80.05	90.73
SB Baixo Tubarão	3685.59	3359.16	1375.08	1558.50
TOTAL	5587.62	5092.73	2084.72	2362.80

O gráfico 3.8.66 ilustra a evolução das cargas provenientes da indústria sobre a DBO da bacia.

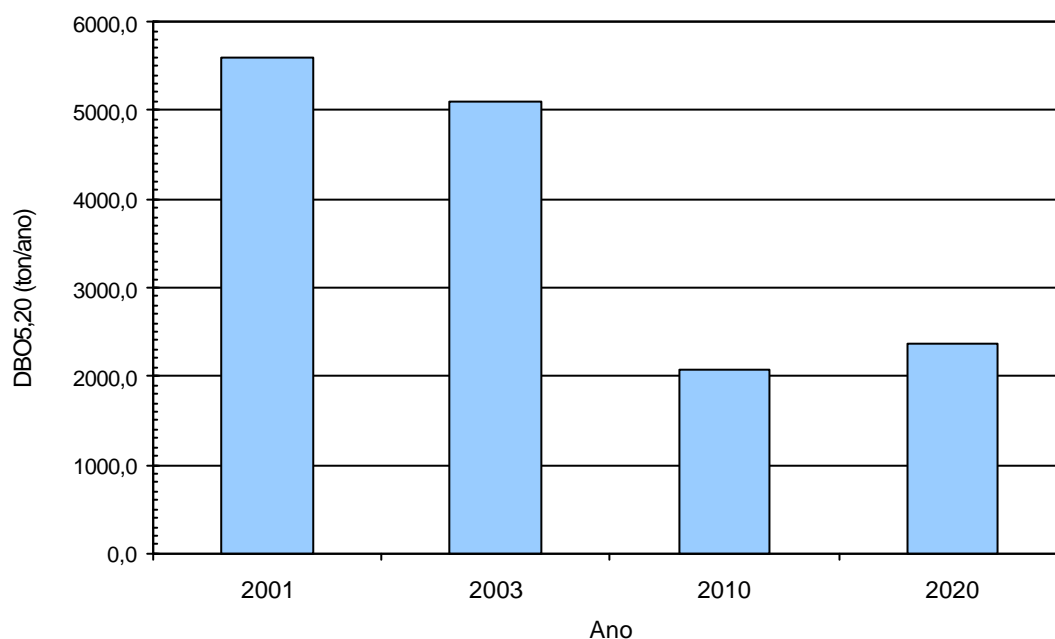


Gráfico 3.8.66 – DBO gerada na bacia pela indústria (cenário 3)

3.8.7.4 Produção de Resíduos para o Cenário 4: manutenção da situação atual

Neste cenário, descrito no item 3.6.8.5, considerou-se que serão adotadas medidas tais que o aumento da população e das atividades econômicas não produzam aumento na carga de poluentes na bacia.

Dessa forma, nos três horizontes de tempo, a carga de poluentes, tanto DB quanto ST, permanecem constantes e iguais as cargas atuais, já apresentadas nos cenários anteriores.

3.8.7.5 Resumo da Produção de Cargas para os Quatro Cenários

O gráfico 3.8.67 ilustra a produção de carga orgânica na bacia para cada atividade, em cada um dos cenários alternativos.

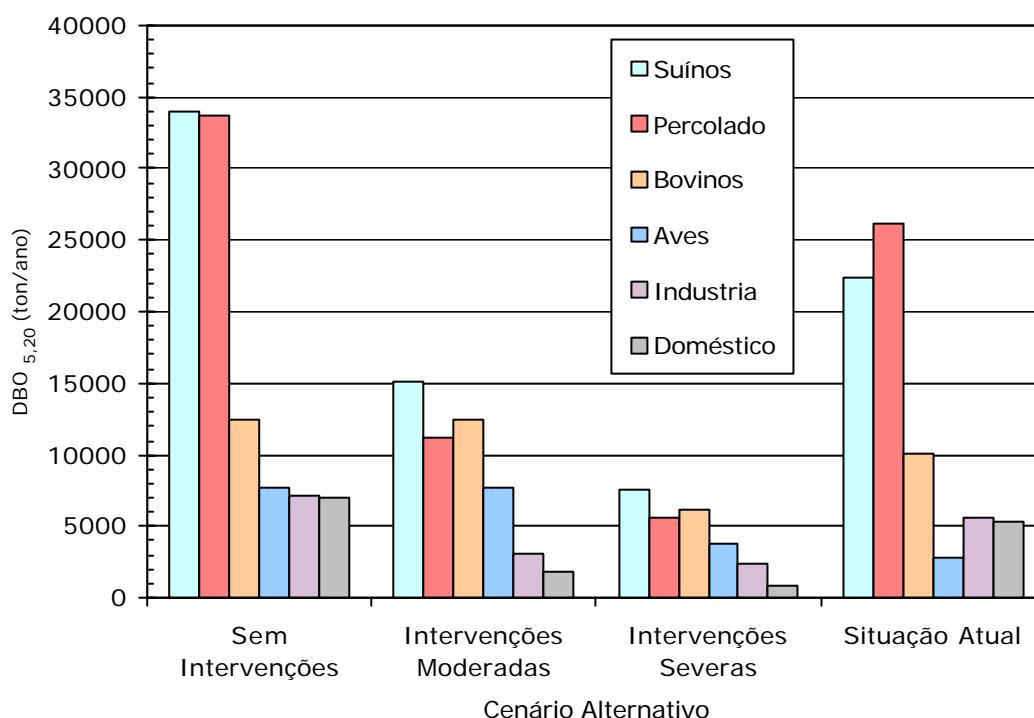


Gráfico 3.8.67 - DBO para cada cenário (2020)

Os gráficos 3.8.68 a 3.8.71 ilustram a produção de carga orgânica estimada em cada sub-bacia, para os parâmetros analisados, em cada um dos cenários alternativos.

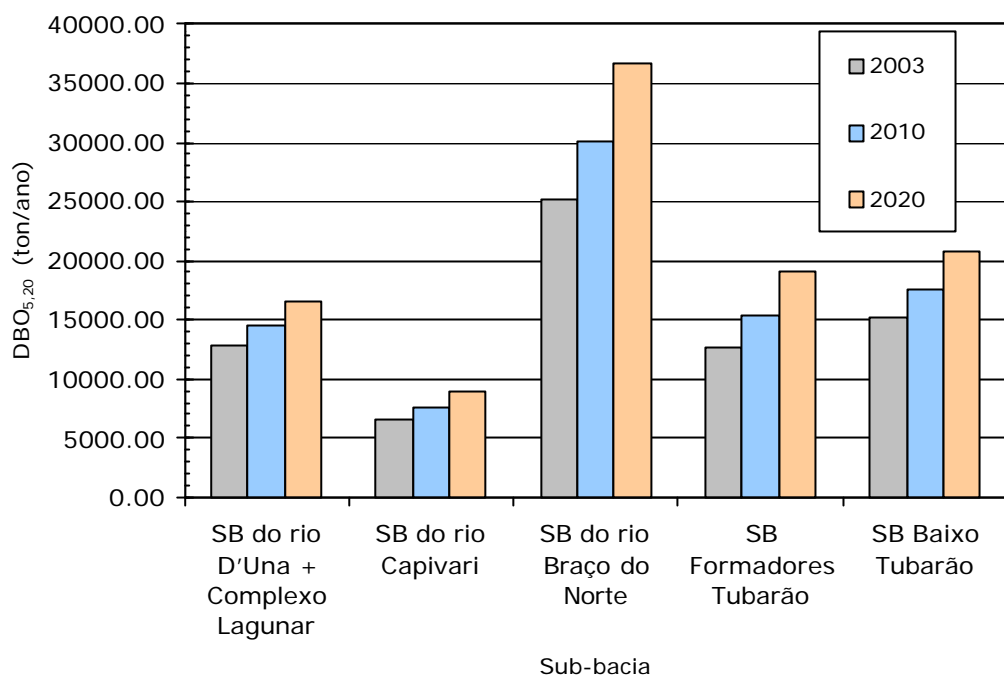


Gráfico 3.8.68 – DBO total por sub-bacia para o cenário sem intervenções

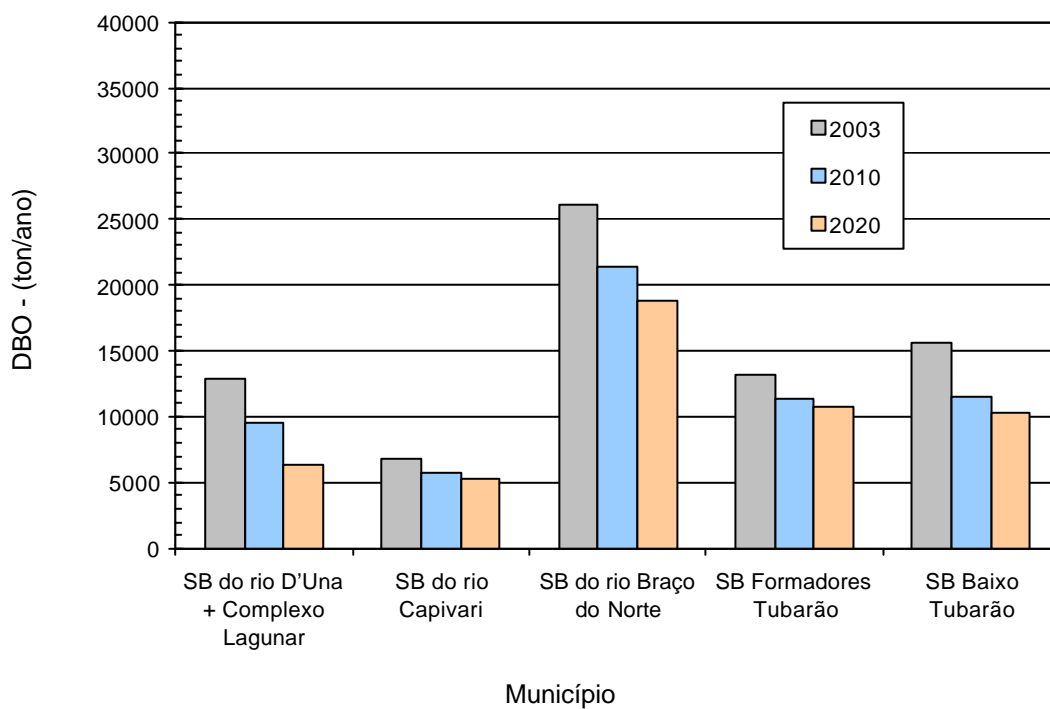


Gráfico 3.8.69 - DBO total por sub-bacia para o cenário com intervenções moderadas

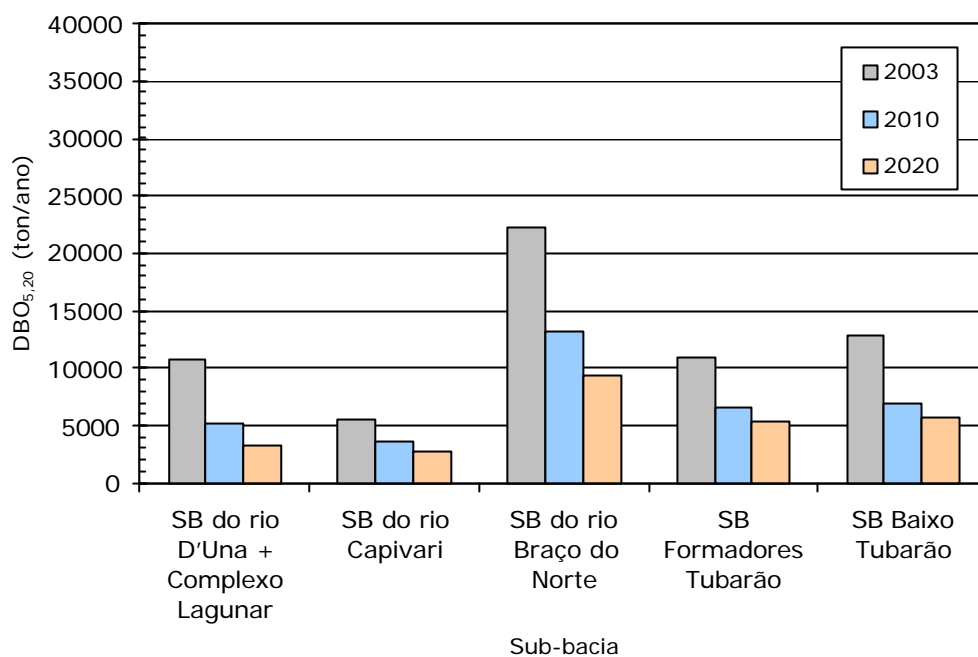


Gráfico 3.8.70 - DBO total por sub-bacia para o cenário com intervenções severas

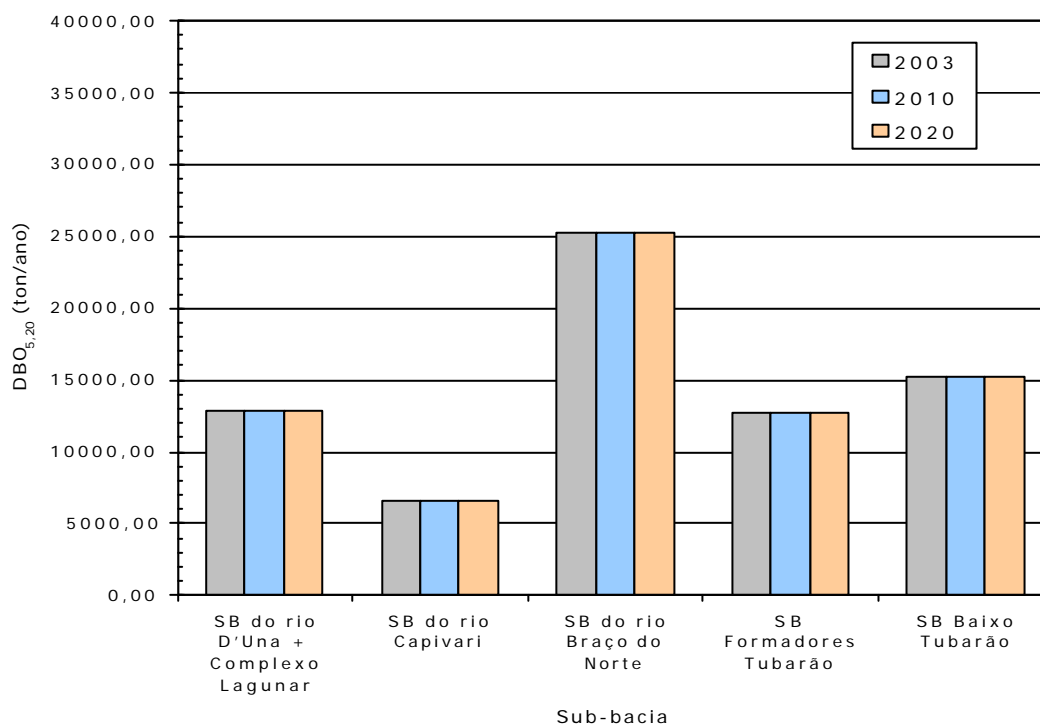


Gráfico 3.8.71 - DBO total por sub-bacia para o cenário manutenção da situação atual

O gráfico 3.8.72 ilustra a produção de carga orgânica na bacia para cada cenário alternativo.



Gráfico 3.8.72 – Carga orgânica total produzida na bacia

O gráfico 3.8.73 ilustra a produção de sólidos totais na bacia para cada cenário alternativo.

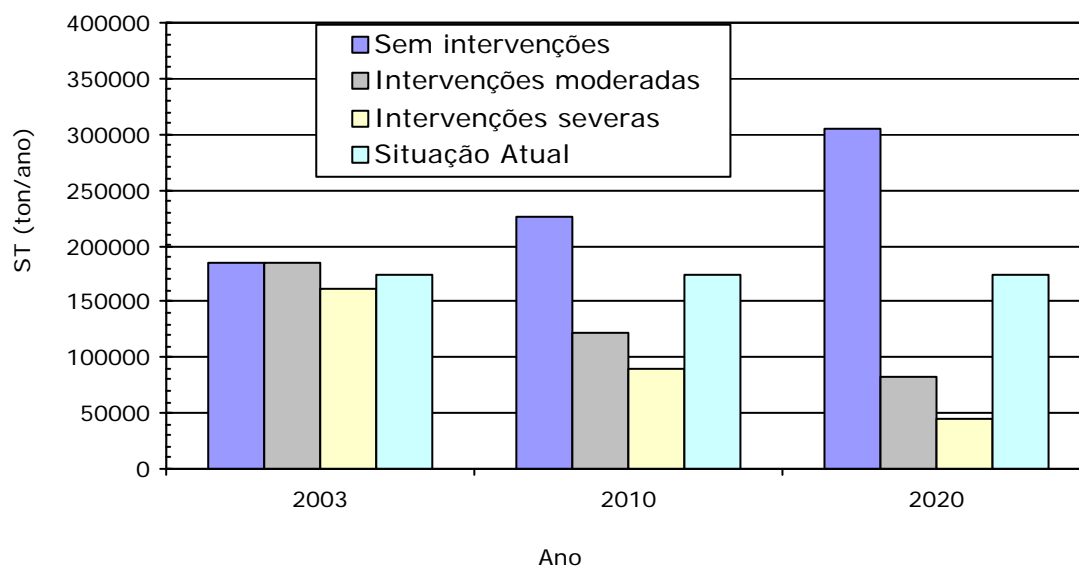


Gráfico 3.8.73 – Carga de sólidos total produzida na bacia

3.8.8 Análise integrada das intervenções para compatibilização das disponibilidades e demandas hídricas

3.8.8.1 Introdução

Na busca pela compatibilização das demandas e disponibilidades hídricas, após o levantamento de conflitos e riscos potenciais, foram elencadas uma série de medidas mitigadoras/ alternativas de intervenção, para a melhoria do quadro atual de utilização dos recursos hídricos (itens 3.8.2 a 3.8.5 deste Tomo). Num segundo momento, foram propostos “cenários alternativos de desenvolvimento” (itens 3.8.6 e 3.8.7), para cada um dos quais, foram estipuladas taxas de restrição aos despejos dos efluentes nos cursos d’água. Para restringir os despejos de efluentes nos cursos d’água, devem ser adotadas medidas mitigadoras/ alternativas de intervenção propostas.

Este item tem por objetivo realizar a integração das alternativas de intervenção a cada um dos cenários de desenvolvimento propostos. De acordo com o que será detalhado no item 3.8.9, cada um dos cenários alternativos de desenvolvimento resultará num enquadramento qualitativo dos cursos d’água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. Decidir qual dos cenários alternativos será adotado cabe a sociedade da bacia, mobilizada pelo Comitê Tubarão.

O parâmetro de qualidade utilizado no enquadramento dos cursos d’água segundo as classes da Resolução 020/86 do CONAMA foi a DBO. A ampliação da análise para outros parâmetros de qualidade da água não foi possível, porque não havia possibilidade de estimar a carga anual, por setor de atividade.

Desta forma, atingir um ou outro cenário, por simplificação, implica na redução da DBO presente nos cursos d’água. Esta redução é que está relacionada a aplicação das medidas mitigadoras já propostas, de modo que nos itens a seguir, 3.8.8.3 a 3.8.8.6, estas medidas serão sistematicamente integradas aos cenários de desenvolvimento propostos, tomando por base os diversos setores de atividade. A integração das demais medidas mitigadoras: (i) para redução da carga poluidora e, (ii) para aumento das disponibilidades hídricas, será feita separadamente, nos itens 3.8.8.6 e 3.8.8.7.

3.8.8.2 Medidas mitigadoras de curto prazo, aplicáveis a todos os cenários

Algumas medidas devem ser adotadas, independentemente do horizonte temporal, visando atingir os objetivos propostos com a máxima eficiência das intervenções, sob o ponto de vista qualitativo e econômico.

As medidas sugeridas devem ser iniciadas imediatamente após a vigência deste Plano, e assegurada a sua continuidade, para que futuramente a situação da bacia não retroceda ao cenário atual. Estas medidas se aplicam a todos os cenários de intervenção propostos.

As intervenções imediatas e contínuas estão citadas abaixo:

- Programas de educação ambiental nas escolas, promovendo junto aos alunos a consciência ambiental;
- Programas de educação ambiental visando conscientizar e preparar a população sobre a necessidade de medidas de mitigação;
- Programa voltado aos produtores rurais, visando orientá-los quanto à disposição correta de embalagens de agrotóxicos, à correta utilização de fertilizantes e agrotóxicos, à adequada disposição de resíduos orgânicos provenientes da criação de animais;
- Convênios entre prefeituras e universidades no sentido de desenvolver novas tecnologias de tratamento, utilização e destino dos resíduos gerados pela criação de animais e indústrias;
- Programa de educação ambiental sobre coleta seletiva e reutilização de resíduos objetivando reduzir o volume de resíduo a ser disposto;

Enfim, da série de medidas que serão propostas a seguir, relacionadas a manutenção de um determinado “cenário de desenvolvimento” deve-se notar que, dependem da atuação das prefeituras municipais. Para tanto, as prefeituras deverão despertar para o problema levantado e para as soluções propostas.

3.8.8.3 Medidas necessárias para o alcance do cenário com intervenções moderadas

a) Horizonte Temporal: 2003

Tratando-se de um cenário com intervenções moderadas, considera-se curto o período de tempo até 2003, de modo que serão propostas, principalmente, medidas não estruturais para redução de cargas. As medidas estruturais propostas se fazem necessárias não para este horizonte temporal, mas sim para possibilitar os abatimentos necessários para atingir o cenário proposto nos horizontes temporais seguintes (2010 e 2020).

As medidas abaixo propostas servirão como base para as medidas de intervenção a serem adotadas nos demais horizontes temporais (2010 e 2020).

Esgoto Doméstico:

Faz-se necessária a elaboração de leis municipais que exijam que todas as novas residências adotem sistemas individuais de tratamento, como fossas sépticas e sumidouros.

Com o objetivo de orientar a população sobre a necessidade de limpeza e manutenção de fossas sépticas e sumidouros, bem como fiscalizar o funcionamento destes sistemas, as municipalidades devem preparar e qualificar pessoal para exercer estas atividades.

Visando um futuro tratamento dos efluentes domésticos, as administrações municipais devem providenciar projeto e execução de rede coletora de esgoto nas zonas urbanas. Com o mesmo objetivo de tratar os esgotos domésticos, as ligações clandestinas devem ser identificadas e adequadas ao novo sistema coletor.

Criação de aves, gado bovino e suínos

A intervenção da secretaria de agricultura dos municípios junto aos criadores no sentido de incentivar a busca e aperfeiçoamento das técnicas de criação e manejo dos resíduos gerados possibilitaria futuras reduções de carga e evitaria custos desnecessários com tratamento.

Incentivo ao desenvolvimento de atividades econômicas que contemplem o aproveitamento dos resíduos gerados pela criação de animais, de modo a reduzir as quantidades que, futuramente, passarão por processo de tratamento para redução de carga orgânica.

Elaboração de um regulamento municipal que estabeleça as condições para liberação de atividades de criação, condicionando as mesmas à aprovação de projeto técnico que as enquadre na regulamentação municipal.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

A redução do volume de resíduos a ser disposto pode ser alcançada através da coleta seletiva e reutilização de resíduos.

Com o mesmo objetivo de reduzir volume de resíduos a ser disposto, as indústrias devem ser incentivadas a reciclar e reutilizar embalagens.

Indústria:

As indústrias devem ser orientadas a otimizar seus processos, quanto à geração de cargas poluentes, de modo a preparar estas indústrias para posteriores exigências de enquadramento.

b) Horizonte Temporal : 2010

Considera-se que neste horizonte temporal as medidas propostas para 2003 já teriam sido implantadas. A seqüência do processo deve ser dada através da implementação das medidas de redução das cargas lançadas nos cursos d'água, conforme descrito abaixo:

Esgoto Doméstico:

Neste ano, os municípios já deverão ter implantado o sistema coletor de esgoto doméstico, conforme proposição para metas após 2003.

Considera-se que o esgoto passe por um tratamento com eficiência de 90% na redução de matéria orgânica, atendendo a aproximadamente 65% da população urbana.

Para alcançar os abatimentos propostos neste cenário, as propriedades rurais devem dispor seus efluentes domésticos em fossas sépticas ou sumidouros.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Sendo pouco difundidas as medidas para redução de carga orgânica proveniente da criação de aves e bovinos, considera-se que não serão adotadas medidas de mitigação para esta carga, neste cenário.

No entanto, apenas 60% da carga gerada pela criação de suínos deve chegar aos cursos d'água para que se alcance o cenário proposto. Para atingir a meta, o suinocultor pode fazer uso de esterqueiras de modo a utilizar o resíduo como fertilizante agrícola.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

Os resíduos sólidos constituem uma das maiores fontes de geração de carga orgânica nas bacias, já que não é dado um destino adequado aos mesmos. Mesmo com a implantação da coleta seletiva, ainda haveria um grande volume de resíduos orgânicos a ser disposto, tornando necessária a construção de aterros sanitários nos municípios.

Somente a construção dos aterros sanitários permite a coleta e o tratamento adequado do chorume, rico em matéria orgânica e altamente poluente. Com a construção dos aterros e tratamento do chorume, deve-se alcançar uma redução da carga orgânica de modo que apenas 40% da carga alcance os cursos d'água.

Indústria:

Devem ser implementadas mudanças no processo produtivo das fecularias, de forma lançar somente 60% da carga orgânica gerada pela atividade nos rios da bacia. Este objetivo pode ser alcançado através de medidas como a instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca e construção de sistemas para absorção da água das prensas.

c) Horizonte Temporal : 2020

Considera-se que, neste horizonte temporal, as medidas propostas até 2010 já tenham sido implementadas. As intervenções propostas para 2020 devem dar continuidade a essas medidas, atingindo assim, os objetivos propostos.

Esgoto Doméstico:

Para se alcançar o cenário proposto para este horizonte temporal, o tratamento de esgoto doméstico, proposto para o ano de 2010, deve ser ampliado de modo que 90% da população urbana dos municípios tenha seu esgoto tratado, com eficiência de 90% na remoção de matéria orgânica.

Campanhas de esclarecimento às comunidades rurais, quanto à necessidade da limpeza e manutenção de suas fossas sépticas, devem ser constantemente realizadas. Desta forma pode-se garantir que o sistema de tratamento individual continue sendo eficiente.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Considera-se que neste cenário não serão implantadas quaisquer medidas de controle quanto ao lançamento dos efluentes provenientes da criação de bovinos e aves. Estas cargas, além do controle ser mais difícil, boa parte não chega a atingir os cursos d'água.

No entanto, para atingir os abatimentos propostos para este horizonte temporal através de medidas moderadas, apenas 41% da carga proveniente da suinocultura deve atingir os cursos d'água da bacia.

De modo a alcançar a meta de somente lançar aos cursos d'água 40% da carga gerada pela atividade, os produtores devem fazer uso de esterqueiras e separadores de sólidos de dejetos suínos. Através da separação de sólidos, o criador pode ainda, gerar fontes alternativas de renda utilizando a fase líquida como fertilizante e a fase sólida como complemento alimentar para aves, peixes, bovinos de corte, minhocultura e adubo orgânico.

As prefeituras podem participar deste processo fornecendo incentivos fiscais e qualificando profissionais para orientar o criador no desenvolvimento destas novas atividades.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

A coleta seletiva, e a reciclagem de lixo devem ser intensificadas, atendendo 100% da população urbana.

Para se atingir o abatimento de cargas proposto para este horizonte temporal, o volume de lixo disposto em aterros sanitários deve permitir a coleta e tratamento do chorume, de forma que apenas 20% da carga orgânica atinja os rios da bacia. A coleta seletiva deve ser estendida às comunidades rurais, fornecendo tanques para o armazenamento, e posterior coleta do material reciclável, evitando assim, que estes sejam lançados diretamente nos rios. O resíduo orgânico pode passar por processo de compostagem e, posteriormente, ser utilizado como adubo orgânico.

Indústria:

Para se alcançar os padrões propostos para este horizonte temporal, além de mudanças no processo produtivo, propostas para o ano 2010, deve-se exigir algum tratamento dos efluentes. A utilização de um tratamento primário, por exemplo, poderia ser exigida das feculárias de maior porte como forma de atingir a redução das cargas produzidas em, no mínimo, 80%. O quadro 3.8.64 apresenta um resumo das principais medidas propostas para os cenários de intervenção moderada.

Quadro 3.8.64 – Principais medidas a serem adotadas - Intervenções Moderadas

Setor	2003	2010	2020	Estimativa de custo para 2020
Esgoto Doméstico	Tratamento individual	Tratamento de 65% do esgoto urbano	Tratamento de 90% do esgoto urbano	R\$ 56.385.000,00 ¹
Aves	Regulamento municipal para liberação das atividades	Fiscalização	Fiscalização	-
Bovinos	Regulamento municipal para liberação das atividades	Fiscalização	Fiscalização	-
Suínos	Regulamento municipal para liberação das atividades	Esterqueiras	Esterqueiras Separador de sólidos	
Resíduos sólidos	100% Coleta seletiva	100% em Aterro Sanitário	100% em Aterro sanitário	Coleta seletiva ² Estrutura = R\$ 268.000,00 Coleta = R\$ 156.046,50/mês Aterros Estrutura = R\$ 3.698.880,00 Operação = 231.180,00/ano
Indústria	Otimização Processos	Retenção da casca e água das prensas	Tratamento primário	

1. Estimado com base no que sugere ABES (1999): Custo/habitante de R\$ 160,00/Hab, calculado para um horizonte de 20 anos, considerando uma taxa de crescimento populacional de 1,34% ao ano

2) A quantificação total, assume por hipótese inicial, a instalação de 5 usinas de reciclagem na bacia. Considera-se também que do volume total resíduos sólidos gerados na bacia atualmente, 5.779,5 t/mês (0,15 t/m³), cerca de 30% seriam removidos pela coleta seletiva. Prevê-se aterros de resíduos com vida útil de 20 anos. Considera que o atual custo da coleta regular não se altera, portando não perfazendo custo adicional.

3.8.8.4 Medidas necessárias para o alcance do cenário com intervenções severas

Horizonte Temporal : 2003

A situação atual da bacia demanda medidas imediatas para a redução das cargas geradas. Mesmo que, aparentemente, seja um período de tempo muito curto, as medidas devem ser implementadas, visto que as mesmas darão suporte às que deverão ser adotadas posteriormente.

Esgoto Doméstico:

Neste cenário de intervenções severas, considera-se que, para o horizonte temporal de 2003, as áreas centrais das cidades já disponham de rede coletora separadora de esgoto. Desse modo, aproximadamente 30% do esgoto gerado nos domicílios deve passar por tratamento com eficiência mínima de 90%.

Os moradores das áreas rurais devem dispor seus esgotos em fossas sépticas ou sumidouros, e orientados quanto a sua adequada manutenção para o eficiente funcionamento.

Conjuntamente com as medidas estruturais, deve ser exigida a utilização de fossas sépticas nas novas edificações, bem como a manutenção das já existentes e controle das ligações clandestinas no esgoto pluvial.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Até 2003, propõe-se que as atividades que envolvam a criação de aves, gado bovino e suínos devam implementar medidas de controle que minimizem as cargas lançadas aos corpos d'água. Desse modo, seriam atingidos os abatimentos propostos para este horizonte temporal no cenário de intervenções com medidas severas.

Somente 30% da carga gerada pela criação de gado pode ser lançada aos corpos d'água neste horizonte temporal. O criador pode abater as cargas geradas através da utilização de esterqueiras, quando o gado é criado em confinamento. Quando o gado é criado em pastagens, os resíduos acabam infiltrando no solo após lavagem pela água das chuvas, sendo mínima a carga que atinge os corpos d'água.

A avicultura também deve desenvolver técnicas para reduzir em 5% a carga orgânica lançada nos rios. Embora, normalmente, os resíduos gerados por esta criação sejam removidos com a cama de serragem (a seco), a lavagem periódica das instalações é responsável pelo lançamento do efluente rico em matéria orgânica. O acondicionamento adequado destes resíduos, e sua posterior utilização como fertilizante agrícola devem alcançar os abatimentos propostos para este horizonte temporal.

A implantação de esterqueiras e posterior utilização dos resíduos gerados pela suinocultura como fertilizante agrícola, possibilitaria que somente 80% da carga gerada pela atividade chegasse aos cursos d'água da bacia.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

A redução da carga orgânica gerada pela decomposição dos resíduos sólidos, proposta para este horizonte temporal, pode ser alcançada através da coleta seletiva e da reutilização e reciclagem de embalagens. A utilização da matéria orgânica, após compostagem, como adubo orgânico em hortas domésticas, aliada à reciclagem e à reutilização, possibilitaria que somente 50% da carga gerada pela decomposição dos resíduos sólidos urbanos atingissem os rios da bacia, conforme proposto neste cenário para este horizonte temporal.

Indústria:

A instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca constituiu uma mudança no processo produtivo que pode levar à redução de 20% da carga orgânica lançada nos cursos d'água, conforme prevê o cenário com intervenções severas para este horizonte temporal.

Horizonte Temporal: 2010

Considera-se que neste horizonte temporal já estariam sendo tomadas medidas de intervenção para reduzir as cargas lançadas nos cursos d'água, conforme descrito abaixo:

Esgoto Doméstico:

Até o final deste ano, os municípios já deverão ter implantado o sistema coletor de esgoto doméstico em pelo menos 78% da cidade, estendendo a rede coletora já implantada em 2003. Este esgoto coletado deve passar por um processo de tratamento com uma eficiência de 90% na redução de matéria orgânica. Os municípios devem continuar exigindo a utilização do tratamento individual nas residências. As propriedades rurais devem dispor seus efluentes domésticos em fossas sépticas ou sumidouro, com a devida orientação sobre manutenção e limpeza dos mesmos.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Para atingir os abatimentos propostos para este horizonte temporal com intervenções severas, devem ser reduzidas as cargas geradas pela criação de aves, suínos e bovinos.

A meta para o final deste ano, com relação à bovinocultura, é de que os criadores consigam reduzir a 25% a carga orgânica lançada aos cursos d'água. Esta meta pode ser alcançada com o incentivo ao aumento da utilização de esterqueiras, caso o gado seja criado confinado. Quando o gado é criado em pastagens, a redução das cargas lançadas pode ser alcançada evitando a ocupação das margens dos rios pela criação. A redução da carga gerada pela criação de aves pode ser atingida pela continuidade e aumento da utilização dos resíduos como fertilizante agrícola natural. Desse modo, seria alcançada a meta proposta de somente lançar 10% da carga gerada pela atividade nos rios da bacia.

O uso de esterqueiras e separadores de sólidos de dejetos suínos pode reduzir a 40% a carga gerada pela suinocultura que chega aos cursos d'água. Através da separação de sólidos, a fase líquida pode ser utilizada como fertilizante e a fase sólida como complemento alimentar para aves, peixes, bovinos de corte, minhocultura e adubo orgânico. Cabe à administração pública dar incentivos econômicos para a expansão destas atividades econômicas que utilizam os resíduos gerados pela suinocultura.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

Para se atingir o abatimento de cargas proposto para este horizonte temporal, o volume de lixo disposto em aterros sanitários deve permitir a coleta e tratamento do chorume de forma que apenas 20% da carga orgânica chegue aos cursos d'água da bacia.

Indústria:

A redução da carga orgânica gerada pelas feculárias a 30%, conforme proposto para este horizonte temporal, pode ser alcançada através de medidas como a instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca e construção de sistemas para absorção da água das prensas.

Horizonte Temporal: 2020

Considera-se que neste horizonte temporal, as medidas propostas até 2010 já tenham sido implementadas, de forma a atingir a adequada eficiência com as intervenções propostas para serem alcançadas até o final do ano 2020.

Esgoto Doméstico:

Para atingir as reduções de cargas propostas para este horizonte temporal, no cenário de intervenções severas, a totalidade do esgoto gerado nas áreas urbanas deve passar por tratamento. A eficiência de remoção de matéria orgânica deste tratamento deve ser de, no mínimo, 90% de modo que somente 10% da matéria orgânica, proveniente do esgoto doméstico, atinja os rios da bacia.

Na zona rural, todas as residências devem dispor seus efluentes em fossas sépticas ou sumidouros. Os municípios devem prosseguir exigindo a adoção de fossas sépticas, o adequado funcionamento das mesmas, e a fiscalização das ligações clandestinas deve ser intensificada.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Para atingir os abatimentos propostos para este horizonte temporal, intervenções severas devem ser adotadas para reduzir as cargas orgânicas geradas pela criação de aves, suínos e bovinos.

O avicultor deve continuar mantendo a mesma taxa de abatimento de cargas, proposto como meta para 2010. Para que apenas 20% da carga gerada pela bovinocultura chegue aos cursos d'água, deve-se intensificar as medidas mitigadoras propostas para 2010 bem como implantar sistemas de tratamento, como lagoas de estabilização, para os casos em que o gado é criado confinado. Para que apenas 20% da carga gerada pela suinocultura seja lançada aos cursos d'água, deve-se fazer uso de esterqueiras e separadores de sólidos de dejetos suínos, conforme anteriormente citado, para pequenos produtores; para os produtores com maiores rebanhos deve ser exigido, se necessário, tratamento dos resíduos em lagoas de estabilização, por exemplo. O incentivo a atividades econômicas que utilizem os resíduos da suinocultura é essencial para a redução das cargas geradas pela atividade, especialmente aquela gerada por pequenos criadores.

Neste cenário severo de intervenções, pressupõe-se inclusive a melhoria das tecnologias de tratamento dos resíduos e efluentes da agropecuária, de modo que as taxas de redução de contribuição sejam atingidas. Neste cenário se insere o programa de validação de tecnologias para destinação de resíduos da suinocultura, detalhado no item 3.8.4.3, b. Obviamente, para surtir efeito neste horizonte de prazo, este programa deveria ser concluído no máximo até 2010.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

Para se atingir o abatimento de cargas proposto para este horizonte temporal, todos os resíduos sólidos devem passar por seleção (lixo seco e lixo orgânico). A totalidade dos resíduos orgânicos deve ser disposta em aterros sanitários e o chorume gerado conduzido a tratamento com eficiência de 90% na remoção de matéria orgânica. Nas comunidades rurais devem ser fornecidos tanques para armazenamento do material reciclável, e realizadas campanhas de orientação para compostagem dos resíduos orgânicos e aproveitamento do composto como adubo orgânico nas lavouras.

Indústria:

Mudanças no processo produtivo, como instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca e sistemas de absorção da água das prensas, aliados ao tratamento do efluente final permitiriam que apenas 10% da carga gerada pelas fecularias que atinja os cursos d'água da bacia. O quadro 3.8.65 apresenta um resumo das principais medidas propostas para os cenários de intervenção severa.

Quadro 3.8.65 – Principais medidas a serem adotadas - Intervenções Severas

Setor	2003	2010	2020	Estimativa de custo para 2020
Esgoto Doméstico	Tratamento de 30% do esgoto urbano	Tratamento de 78% do esgoto urbano	Tratamento de 100% do esgoto urbano	R\$ 62.650.000,00
Aves	Adequada disposição dos resíduos	Adequada disposição dos resíduos	Adequada disposição dos resíduos	
Bovinos	Esterqueiras para o gado confinado	Esterqueiras para o gado confinado	Esterqueiras para o gado confinado	
Suínos	Esterqueiras	Esterqueiras Separador de sólidos	Esterqueiras Separador de sólidos Tratamento primário	
Resíduos sólidos	Compostagem e reciclagem	100% em Aterro sanitário	100% em Aterro sanitário	Coleta seletiva Estrutura = R\$ 268.000,00 Coleta = R\$ 156.046,50/mês Aterros Estrutura = R\$ 3.698.880,00 Operação = 231.180,00/ano
Indústria	Retenção da casca da mandioca	Retenção da casca e água das prensas	Retenção da casca e água das prensas Tratamento primário	

3.8.8.5 Medidas necessárias para a manutenção do cenário atual

a) Horizonte Temporal : 2003

As intervenções necessárias a manutenção da carga poluidora atual nos cursos d'água são consideravelmente menores que as previstas para os cenários de melhoria (intervenções severas e moderadas).

Esgoto Doméstico:

Para que a taxa de contribuição dos esgotos doméstico seja reduzida de 80% para 77% em 2003, é necessário que aproximadamente 20% do esgoto gerado nos domicílios passe por tratamento com eficiência mínima de 90%. Para o caso dos moradores das áreas rurais devem dispor seus esgotos em fossas sépticas ou sumidouros, e orientados quanto a sua adequada manutenção para o eficiente funcionamento.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

A intervenção para 2003, neste setor é pequena, devendo restringir-se a redução percentual de 15%, 2,5% e 7% nas cargas lançadas nos cursos d'água provenientes da criação de aves, gado bovino e suínos, respectivamente. Sendo que uma campanha de educação ambiental, voltada para o aproveitamento dos resíduos, como fertilizantes por exemplo, deve ser suficiente.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

A redução necessária na carga poluidora dos resíduos sólidos para que seja atingido este cenário de curto prazo, se fará com a implantação da coleta seletiva. O recolhimento de pelo menos 30% do resíduo total gerado, com o reaproveitamento de pelo menos 15% na reciclagem, fornece garantias que o volume de lixo depositado seja suficientemente menor.

Indústria:

Para que se mantenha a carga poluidora atual em 2003, considerando o crescimento tendencial do setor, é necessário o tratamento de apenas 3,5% das cargas geradas. Desta forma, acredita-se que aqui também cabe a melhoria do sistema produtivo pela simples implementação de educação ambiental junto as fecularias.

b) Horizonte Temporal: 2010

Esgoto Doméstico:

A redução necessária da carga poluidora neste setor deverá chegar em 2010 a 12,5%, já sendo necessária a implantação de tratamento de esgotos em 30% dos domicílios, considerada a eficiência já mencionada de 90%.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

A manutenção da mobilização em torno da educação ambiental, bem como o início do uso de esterqueiras e separadores de sólidos de dejetos suínos, certamente permitirá a redução geral em torno de 20% nas cargas produzidas. Neste caso, de acordo com o que foi anteriormente mencionado, o incentivo a atividades econômicas que utilizem os resíduos da suinocultura é essencial para a redução das cargas geradas pela atividade, especialmente aquela gerada por pequenos criadores.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

Neste horizonte de prazo do cenário de manutenção das condições atuais, é necessária a redução em 12% da carga proveniente dos depósitos de lixo a céu aberto. Neste caso, mesmo prevendo a redução de volume de lixo depositado, obtida com a coleta seletiva, já deverão ser instalados aterros sanitários, com tratamento adequado do percolado para que seja atingido o referido abatimento na carga proveniente deste setor.

Indústria:

Prevê-se a redução da carga proveniente das feculárias até 59% de contribuição. Para tanto, já serão necessários a instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca.

c) Horizonte Temporal: 2020

Esgoto Doméstico:

Para atingir as reduções de cargas propostas para este horizonte temporal, no cenário de manutenção da situação atual, cerca de 35% do esgoto gerado nas áreas urbanas deve passar por tratamento. A eficiência de remoção de matéria orgânica deste tratamento deve ser de, no mínimo, 90% de modo que os rios da bacia sejam atingidos com no máximo 61% da matéria orgânica, proveniente do esgoto doméstico, atinja os rios da bacia.

Criação de aves, gado bovino e suínos:

Os abatimentos propostos para este horizonte temporal, devem ser tais que o setor de agropecuária reduza sua contribuição atual em até 64%, para o caso da suinocultura, passando dos atuais 90% para 58% de contribuição (ver quadro 3.8.33). Neste caso, a redução para a bovinocultura e avicultura também são elevadas, atingindo 20% e 35%, respectivamente. Para tanto, haverá a necessidade de destinação adequada dos efluentes gerados, utilizando-se de separadores de sólidos e esterqueiras.

Efluente dos Resíduos Sólidos:

Dadas as taxas de crescimento tendenciais da geração de resíduos sólidos, há necessidade, neste horizonte de prazo como foi para 2010, da implantação de aterros sanitários, bem como tratamento do percolado gerado. A taxa de contribuição dos efluentes de resíduos sólidos não pode ultrapassar os 46%, representando uma redução do que é atualmente em torno de 23%. Neste caso, conta-se também com a redução de volume proporcionada pela coleta seletiva e reaproveitamento.

Indústria:

Da elevada carga proveniente da indústria de fecularias, é necessária uma redução de aproximadamente 25% para que se configure a manutenção da situação atual em 2020. Para tanto, será necessária a instalação de sistemas de retenção da casca da mandioca, bem como sistemas de absorção da água das prensas. O tratamento do efluente final também não deve ser descartado. O quadro 3.8.66 apresenta um resumo das principais medidas propostas para o cenário de Manutenção da Situação Atual.

Quadro 3.8.66 – Principais medidas a serem adotadas - Manutenção do Cenário Atual

Medida	2003	2010	2020	Estimativa de custo para 2020
Esgoto Doméstico	Tratamento de 20% do esgoto urbano	Tratamento de 30% do esgoto urbano	Tratamento de 35% do esgoto urbano	R\$ 21.927.500,00
Aves	Educação Ambiental	Adequada disposição dos resíduos	Adequada disposição dos resíduos	
Bovinos	Educação Ambiental	Educação Ambiental	Esterqueiras para o gado confinado	
Suínos	Educação Ambiental	Separador de sólidos	Esterqueiras Separador de sólidos	
Resíduos sólidos	Coleta seletiva	Aterros sanitário (não necessariamente em toda a bacia)	Aterro sanitário não necessariamente em toda a bacia)	Coleta seletiva Estrutura = R\$ 268.000,00 Coleta = R\$ 156.046,50/mês Aterros Estrutura = R\$ 3.698.880,00 Operação = 231.180,00/ano
Indústria	Educação Ambiental	Retenção da casca e água das prensas	Retenção da casca e água das prensas	

3.8.8.6 Medidas adicionais que permitam a redução dos poluentes em geral lançados nos cursos d'água

Simultaneamente a tomada de medidas que reduzam a carga de matéria orgânica que atinge os cursos d'água, e permitam a realização dos cenários alternativos de desenvolvimento propostos com base na DBO, outras medidas já levantadas neste estudo, devem ser tomadas, de modo que o cenário de desenvolvimento desejado seja mantido.

Estas medidas estão relacionadas a atividades que potencialmente geram outros tipos de poluentes, tais como:

(i) os poluentes contidos em herbicidas, inseticidas e fungicidas utilizados nas lavouras de arroz;

(ii) metais como belênio, zinco, manganês, arsênio, entre outros, precipitados do lixiviado das cinzas do carvão utilizado na termelétrica;

(iii) a elevada acidez, alta concentração de sólidos dissolvidos, sulfatos e metais como ferro, chumbo, cobre, zinco, manganês, entre outros, presente nos depósitos de resíduo de carvão identificados na bacia e;

(iv) os óxidos metálicos de chumbo, berílio, zinco, cálcio, alumínio, silício, zircônio, potássio, titânio, magnésio e outros poluentes das matérias-primas utilizadas na fabricação de vidrados sob a forma de sólidos em suspensão, da indústria cerâmica e olarias.

Desta forma, é de fundamental importância que todas as respectivas medidas mitigadoras identificadas para a redução da carga poluidora proveniente destas atividades, sejam iniciadas no horizonte de curto prazo deste plano. Buscando sistematizar esta abordagem, no quadro 3.8.67, estas medidas mitigadoras, são elencadas e hierarquizadas.

Quadro 3.8.67 – Hierarquização das intervenções para obtenção de melhorias

Setor	Prioridade de intervenção no Setor	Ordem das intervenções / (Prioridade de implantação da medida)
Irrigação	1	Utilização adequada de adubos e corretivos do solo (1) Minimização do uso de agrotóxicos (1) Gerenciamento das embalagens de agrotóxicos (1)
Indústria (termoelétrica)	1	Tratamento dos efluentes industriais (2) Implantação de programas de educação ambiental (1)
Indústrias (mineração)	1	Recuperação das áreas degradadas pelas atividades de mineração do carvão (1) Implantação de sistemas de drenagem das águas de chuvas nos arredores das áreas de mineração (1) Adoção de processo de lavra com recuperação simultânea da área lavrada (2) Construção de bacias de decantação e adoção de circuito fechado (1)
Indústrias (cerâmicas)	2	Tratamento dos efluentes de cerâmicas e olarias (2)
Indústrias em geral	1	Planejamento da implantação de novas indústrias, através da observação de diretrizes de zoneamento (1)

3.8.8.7 Intervenções que permitam a efetivação dos cenários de desenvolvimento pelo aumento das disponibilidades hídricas

As propostas de enquadramento foram realizadas com base na vazão que permanece 90% do tempo nos cursos d'água. Ou seja, a vazão de diluição, considerada para a estimativa da concentração de matéria orgânica nos pontos de controle foi a Q_{90} . Esta decisão foi tomada porque a utilização das vazões mínimas $Q_{7,10}$ e Q_{95} criariam cenários muito restritivos, impedindo a utilização do recurso hídrico como diluidor de efluentes, uma realidade não viável técnica e economicamente no horizonte de prazo deste Plano.

Por outro lado, pode ser possível alcançar um determinado cenário de desenvolvimento, administrando-se a "outra extremidade" do balanço qualitativo, ou seja, aumentando as disponibilidades. Neste contexto é que insere-se a integração, aos cenários de desenvolvimento, além das medidas de redução da carga poluidora, das medidas alternativas de incremento das disponibilidades hídricas. O objetivo a ser alcançado com a adoção destas alternativas, é aumentar os valores das vazões mínimas $Q_{7,10}$ e Q_{95} , de tal forma que se aproximem do valor atual da Q_{90} , garantindo assim a vazão de diluição utilizada no enquadramento por um tempo maior.

A adoção integral das medidas a seguir descritas, no prazo de 20 anos (cenário de longo prazo deste Plano), favorece a concretização de qualquer um dos cenários de desenvolvimento propostos, na medida em que aumentam as disponibilidades mínimas.

1. Implantação de uma rede de monitoramento hidrológico (refletindo-se na redução de perdas em fenômenos hidrológicos extremos e melhor aproveitamento da disponibilidade);
2. Recuperação da cobertura vegetal (refletindo-se num aumento das vazões mínimas, visto que é proporcionado uma "regularização" natural das mesmas);
3. Reuso das águas (o reuso das águas proporciona um aumento da disponibilidade dos mananciais pela redução das demandas para atividades que toleram água de qualidade inferior);
4. Gestão de demandas hídricas ou diminuição das demandas pelo aumento da eficiência das atividades produtivas.

No que se refere a última medida mencionada acima, vale ressaltar que, as duas maiores demandas hídricas consuntivas, na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, se referem ao uso para a irrigação e para a indústria. No caso da indústria, especificamente para a operação do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda.

Do ponto de vista dos usos não consuntivos, destaca-se fundamentalmente, o potencial uso para a navegação (essencialmente num trecho do Baixo Tubarão) e o uso para a geração de energia, com a Pequena Central Hidrelétrica projetada para Capivari de Baixo. As intervenções cabíveis, para gestar a demanda hídrica destes dois usos não consuntivos, responsáveis por 74% das demandas totais na bacia (considerando, obviamente que pudessem ser somadas), se referem simplesmente a restrição da atividade. Ao que tudo indica, a navegação só ocorrerá na sub-bacia do Baixo Tubarão quando as vazões no rio Tubarão se aproximarem das vazões médias. Para o caso da PCH Capivari, possivelmente esta não poderá operar com 100% da carga.

A primeira demanda consuntiva a ser gestada, é o caso da rizicultura, em que uma série de medidas são aplicáveis, tais como:

- Incentivo a adoção do sistema pré-germinado, cuja demanda hídrica média é menor: segundo COPAGRO (2001a), o sistema tradicional apresentou um consumo médio de 10.354 m³/ha/safra (dados de 1986), enquanto o sistema pré-germinado apresentou um consumo médio de 5.707 m³/ha/safra (dados de 1997). Estes valores correspondem a um consumo de 0,80 l/s/ha para o sistema tradicional e 0,44 l/s/ha para o sistema pré-germinado (considerando-se um tempo de inundação dos campos de cinco meses).
- Adensamento superficial para reduzir perdas de água por infiltração: no preparo do solo, deve-se realizar um adensamento subsuperficial para reduzir desperdícios de água por infiltração, de forma a melhorar a eficiência da produção.
- Manejo adequado da irrigação (medida não estrutural): como manejo adequado da irrigação, entende-se a determinação e o controle corretos das etapas de início e suspensão da irrigação, o controle contínuo da altura da lâmina de água, perdas nos canais, etc. Evita-se, desta forma, desperdícios de água durante a irrigação, o que aumenta a eficiência do processo produtivo e demanda menos água.

Para o caso da Termelétrica Jorge Lacerda, as USINAS 1 a 6, tem uma demanda de água total, entre 32 L/s/MW a 45 L/s/MW, enquanto que a USINA 7, demanda pouco mais que 1% deste total (0,58 L/s/MW). Em verificando-se este quadro, é importante que seja levada em conta a possibilidade de alteração da tecnologia empregada nas usinas mais antigas para que a demanda do complexo possa ser melhor gestada.

3.8.9 Análise de alternativas para reenquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderantes

3.8.9.1 Princípios e conceitos do enquadramento

O *enquadramento de corpos d'água* em classes de uso preponderantes deve ser resultado de um processo de planejamento que estabeleça as prioridades de uso das águas.

No Brasil, a Resolução do CONAMA No 20/86, estabeleceu nove classes de uso preponderante: classes especial de 1 a 4, para águas doces (salinidade menor que 0,05%); classes 5 e 6 para águas salobras (salinidade entre 0,05% e 3,0%) e classes 7 e 8 para águas salinas (salinidade maior que 3,0%). O quadro 3.8.68, adaptado de Lanna (2000), ilustra bem os usos preponderantes, e as respectivas classes segundo o CONAMA.

Quadro 3.8.68 - Classes de uso preponderante das águas territoriais brasileiras - (Conama 20/86)

Usos Preponderantes		Tipos e Classes								
		Doce					Salina		Salobra	
		E	1	2	3	4	5	6	7	8
Abasteci- mento domés- tico	Sem prévia ou com simples desinfecção	X								
	Após tratamento simplificado		X							
	Após tratamento convencional			X	X					
Preservação do equilíbrio natural da biota aquática		X								
Proteção às comunidades às comunidades aquáticas			X	X			X		X	
Harmonia paisagística						X		X		X
Recrea- ção	Contato primário (natação, mergulho, etc.)		X	X			X		X	
	Contato secundário		X	X			X		X	
Irrigação	Frutas e Hortaliças consumidas cruas		X							
	Hortaliças e plantas frutíferas			X						
	Culturas arbóreas, cereais e forrageiras									
Criação natural ou intensiva (aqüicultura)			X	X			X	X		
Dessedentação de animais					X					
Navega- ção	Em geral					X				
	Comercial							X		X
Usos menos exigentes						X				

FONTE: modificado de Lanna (2000)

Obs.: E = Especial

As classes do CONAMA são estabelecidas com base em limites máximos ou mínimos para parâmetros de qualidade, tais como: coliformes fecais, coliformes totais, pH, oxigênio dissolvido, DBO₅, fósforo total, nitrogênio total, sólidos dissolvidos totais, entre outros. O princípio da resolução é de que as águas de melhor qualidade sejam utilizadas em usos nobres. Apesar disso, *“não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas”* (Art. 16).

Enfim, o enquadramento é uma diretriz estratégica para o planejamento, pois estabelece o nível de qualidade (ou classe) a ser alcançado e mantido em um segmento de curso d'água ao longo do tempo. Em função disto devem ser estabelecidos limites de lançamento.

A sistemática preconizada é que as águas sejam “enquadradas”, ouvindo entidades públicas e privadas interessadas. Isto é necessário devido às conseqüências econômicas, sociais e ambientais do enquadramento, ou seja, possíveis restrições a atividade de determinados setores econômico-sociais da bacia. Então, será necessariamente o resultado da compatibilização entre a oferta e as demandas de água, bem como dos demais elementos ambientais cujo uso afete a qualidade e a quantidade das águas.

3.8.9.2 Enquadramento legal dos cursos d'água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

No Estado de Santa Catarina, as águas interiores foram classificadas também em 4 classes, através do decreto 14.250, de 05 de junho de 1981. Quanto a definição destas classes, o decreto 14.250, estabelece o seguinte:

“Capítulo II / Seção I - Da Proteção das Águas

Subseção I - Da Classificação e Utilização dos Corpos de Água

Art. 5º As águas interiores situadas no território do Estado para efeitos deste regulamento, são classificadas segundo os seguintes usos preponderantes:

I - Classe 1 - águas destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II - Classe 2 - águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);

III - Classe 3 - águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação, de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais, e

IV - Classe 4 - águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística e ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.”

Os princípios do decreto são os mesmos estabelecidos na Resolução 20/86 CONAMA, inclusive no que se refere a forma de classificação das águas, estipulada via parâmetros de qualidade.

O enquadramento legal, propriamente dito, dos recursos hídricos de Santa Catarina foi realizado segundo a classificação estabelecida na Portaria MINTER 013/76 e regulamentado através da Portaria GAPLAN/SC 024/79, de 19 de setembro de 1979. O fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que apresenta, mas sim aquele que deveria apresentar de acordo com os usos que se pretende dar a ele. Pela Portaria do GAPLAN, os cursos d'água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão estariam classificados de acordo com as seguintes classes:

Classe 1:

- *Rio Capivari e seus afluentes, dentro da área do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro;*
- *Rio D'Una, das nascentes até a foz, na Lagoa Mirim, e seus afluentes;*
- *Rio do Meio, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, das nascentes até a foz do Rio Itiriba e seus afluentes neste trecho.*
- *Rio Espraiado ou Pequeno, afluente da margem direita do Rio Braço do Norte, os seus afluentes, das nascentes até a quota 600 (seiscentos);*
- *Rio Hipólito, afluente da margem direita do Rio Laranjeiras, e seus afluentes, das nascentes até a quota 500 (quinhentos);*
- *Rio Itiriba, afluente da margem direita do Rio do Meio, das nascentes até a foz do Rio do Meio, e seus afluentes;*
- *Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 500 (quinhentos) do divisor de águas, das nascentes dos Rios Bonito e Mãe Luzia (coincidindo com o limite dos Municípios de Siderópolis e Lauro Müller) até o Rio Hipólito no Município de Orleães;*
- *Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 600 (seiscentos), do Rio Hipólito até o Rio Espraiado ou Pequeno, na localidade de Espraiado, Município de Grão-Pará;*
- *Trechos (nascentes) dos cursos d'água da vertente Atlântica da Serra Geral, superior à quota 800 (oitocentos), do Rio Espraiado ou Pequeno, até o Rio do Salto, afluente da margem direita do Rio do Meio;*

Classe 2

- *Todos os demais cursos d'água da bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar*

A correspondência entre as classes determinadas pelo CONAMA, pela Portaria do GAPLAN e pelo Decreto Estadual é apresentada no quadro 3.8.69, resgatado do Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Quadro 3.8.69 - Uso da água segundo as classes estabelecidas pela legislação estadual de Santa Catarina e o CONAMA

USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA	DECRETO ESTADUAL 14.250/81	RESOLUÇÃO CONAMA 20/86	PORTARIA MI NTER Nº 13/76
Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção	Classe 1	Classe especial	Classe 1
Abastecimento doméstico após tratamento simplificado			
Abastecimento doméstico após tratamento convencional	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3
Abastecimento doméstico após tratamento avançado	Classe 4		Classe 4
Abastecimento industrial, irrigação	Classe 4		Classe 4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe especial	
Proteção das comunidades aquáticas		Classe 1 e 2	
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana		Classe 1 e 2	
Preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora	Classe 3		Classe 3
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		Classe 1	
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	Classe 3		
Recreação de contato primário	Classe 2	Classe 1 e 2	Classe 2
Dessedentação de animais	Classe 3	Classe 3	Classe 3

FONTE: BENDER, BORTOLUZZI, 1998, em SDM (1998).

Na prancha 3.8.1, é apresentado o enquadramento real dos cursos d'água, na situação atual de uso e ocupação da bacia. Pelo resultado obtido, é facilmente verificado que só há correspondência de classes entre o que preconiza a legislação e o que de fato existe, junto as áreas de reserva da Serra do Tabuleiro e a Serra Geral. Outros aspectos do enquadramento obtido serão tratados no item 3.8.9.5, Enquadramento da situação atual.

3.8.9.3 A participação da comunidade da bacia

Durante a fase de Diagnóstico da Dinâmica Social da Região (Tomo IV deste Plano), especificamente durante a *Estruturação do processo de mobilização social e as consultas públicas* (item 3.7.3), foi colhida por meio de consultas públicas regionalizadas, uma perspectiva inicial da sociedade da bacia, a respeito de quais usos seriam desejados.

Estas consultas descentralizadas foram cinco, uma em cada sub-bacia: *Formadores do Tubarão* (com participantes de Orleans, e Pedras Grandes, em que Lauro Müller não se fez presente), *Braço do Norte* (com participantes de Anitápolis, Santa Rosa de Lima, Rio Fortuna, Braço do Norte, Grão Pará e São Ludgero); *Capivari* (com participantes de São Bonifácio, São Martinho, Armazém e Gravatal), *Baixo Tubarão* (com participantes de Capivari de Baixo, Tubarão, Treze de Maio, Jaguaruna e Sangão) e *Complexo Lagunar* (com participantes de Imaruí, Laguna e Imbituba).

Embora, devam ser considerados incipientes, do ponto de articulação da mobilização social em torno do enquadramento dos cursos d'água, alguns resultados foram obtidos, por sub-bacia, o que é reproduzido nos gráficos abaixo. Vale ressaltar que, neste momento não será feita qualquer análise com relação a viabilidade legal das prioridades identificadas (as políticas de recursos hídricos definem prioridade 1 para o consumo humano e prioridade 2 para dessedentação de animais).

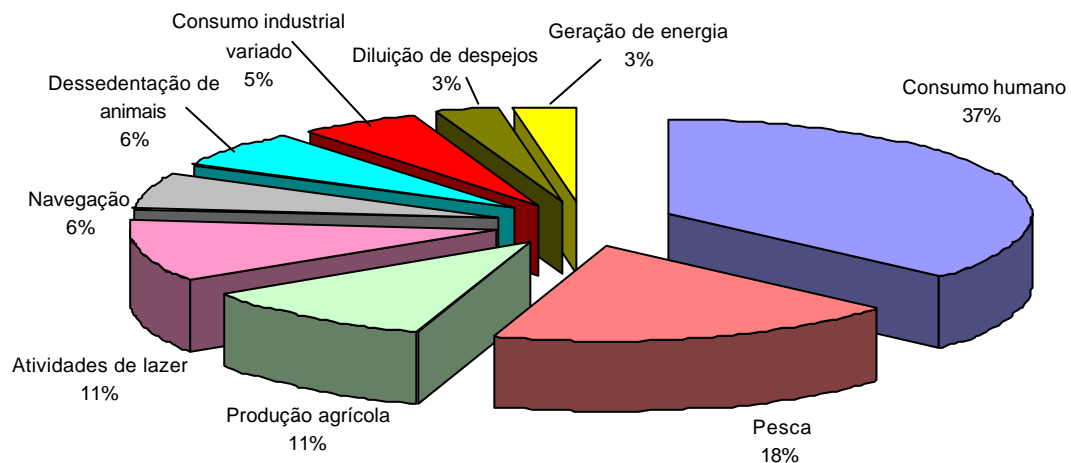


Gráfico 3.8.74 - Perspectiva inicial do desejo uso da água na sub-bacia do Coplexo Lagunar

Importante notar, no caso da sub-bacia do Complexo Lagunar que o segundo uso desejado é a pesca, certamente, decorrente da atividade pesqueiras que ocorrem nas águas salobras das lagoas.

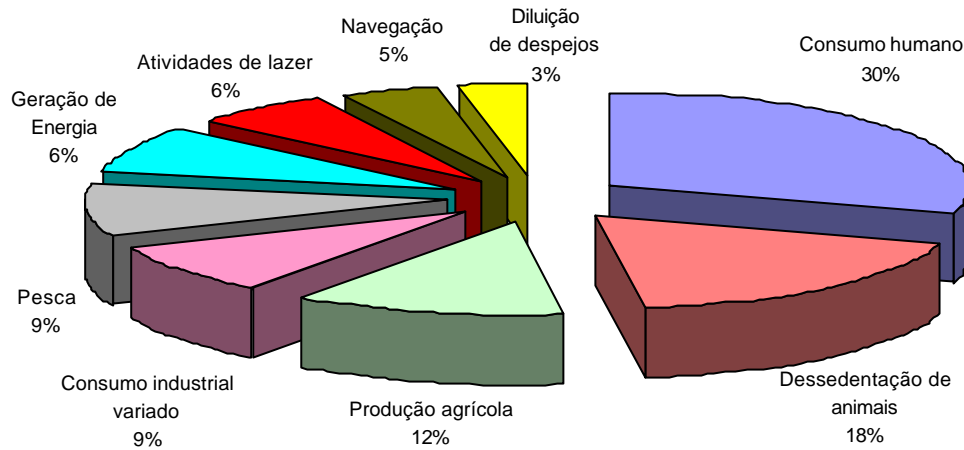


Gráfico 3.8.75 - Perspectiva inicial do desejo uso da água na sub-bacia do Baixo Tubarão

O segundo uso para a sub-bacia do Baixo Tubarão (gráfico 3.8.75) deixa de ser a pesca e passa a ser a dessedentação de animais, tendo em terceiro lugar o consumo industrial. Estas perspectivas podem ser explicadas, primeiramente porque não existe mais atividade pesqueira nos cursos d'água da sub-bacia, secundariamente pela presença industrial na região de Tubarão.

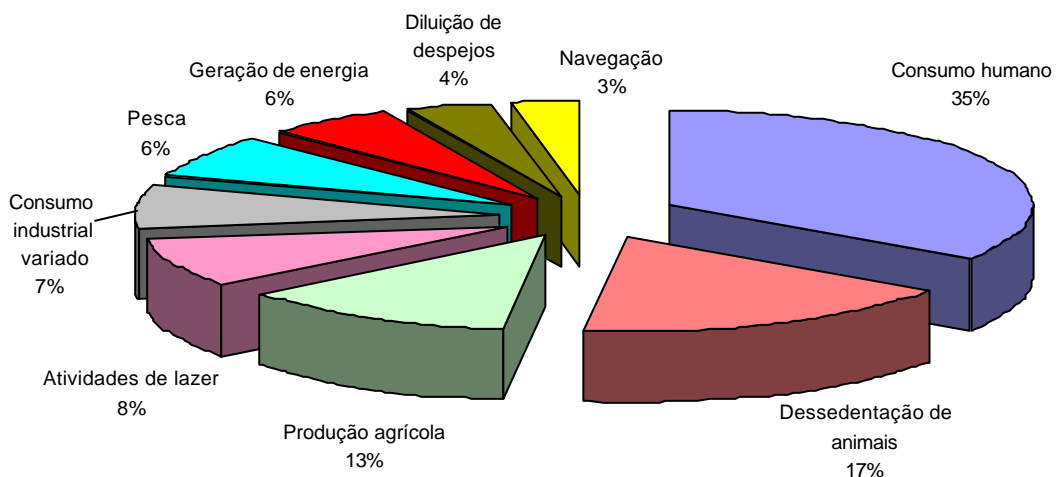


Gráfico 3.8.76 - Perspectiva inicial do desejo uso da água na sub-bacia dos Formadores do Tubarão

No caso da sub-bacia dos Formadores do Tubarão, a situação de prioridades de uso se equívale até a terceira preferência, tendo em ordem: consumo humano, dessedentação de animais e produção agrícola. O abastecimento a atividade industrial é praticamente se equívale a preferência por “atividades de lazer”.

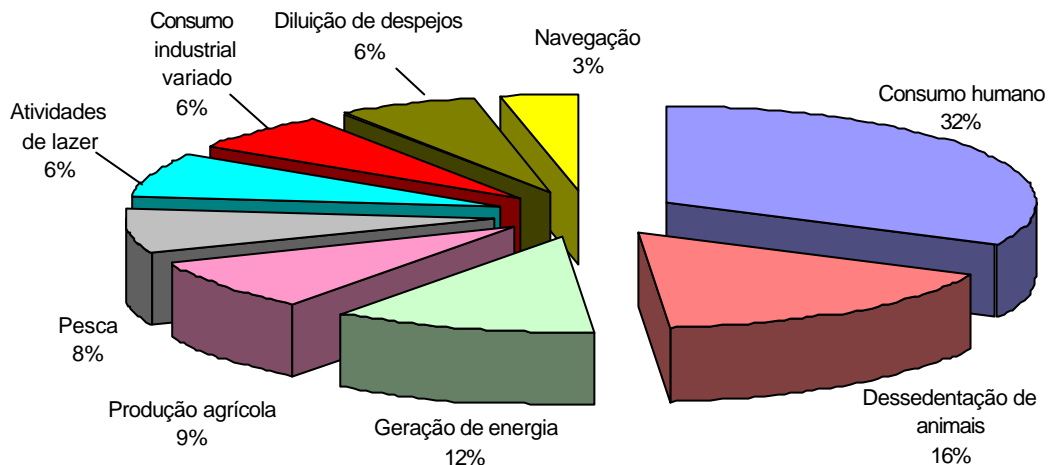


Gráfico 3.8.77 - Perspectiva inicial do desejo uso da água na sub-bacia do rio Braço do Norte

Na sub-bacia do rio Braço do Norte, o que chama a atenção é a presença da Geração de Energia em terceira prioridade. O caso da dessedentação de animais era de certa forma previsível que ocupasse uma posição importante na prioridade de uso, visto que na sub-bacia a atividade agropecuária é muito desenvolvida.

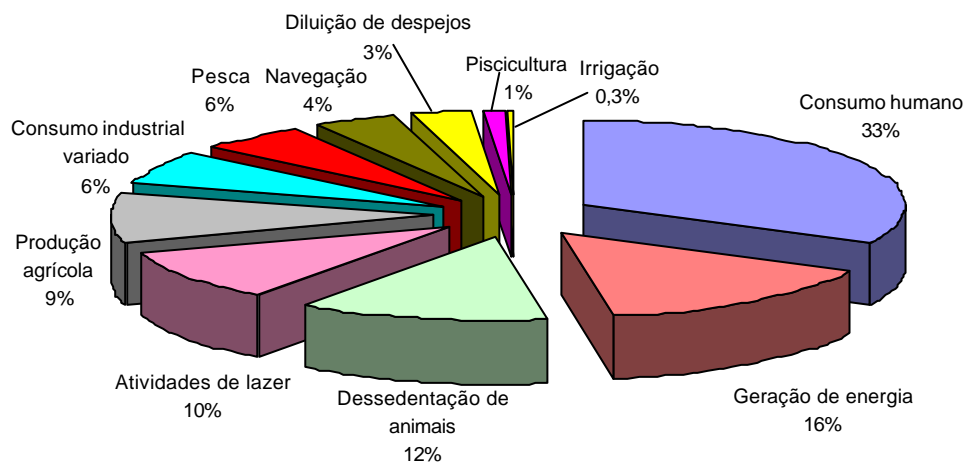


Gráfico 3.8.78 - Perspectiva inicial do desejo uso da água na sub-bacia do rio Braço do Capivari

Na sub-bacia do rio Capivari, a Geração de Energia assume a segunda prioridade de uso na consulta realizada. Esta constatação deve ser verificada, visto que o aproveitamento do recurso hídrico para a geração de energia, com a PCH Capivari, com previsão para entrar em operação, corresponde a uma das maiores demandas identificadas para toda a bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Enfim, as prioridades identificadas acima, devem ser encaradas como o início das negociações para a priorização dos usos. Vale ressaltar que, embora tenham consistido de apenas cinco consultas, um número considerável de entidades representativas, fizeram-se presentes:

“UNISUL, EPAGRI (de todas as sub-bacias), Prefeituras Municipais, CERBRANORTE, Sindicatos de Trabalhadores Rurais, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, ACIVALE (Braço do Norte), Grupo Ecológico Ativista Sul Catarinense - GEASC, COPERSUL, Jornal Folha do Vale, Pousada Cascata das Corujas, Projeto Agente Jovem (São Martinho), Conselhos Municipais (agricultura), Escolas e Casa da Cultura, CELESC, Políticos (vereadores e prefeitos), Agricultores, Pecuáristas, Delegado de Polícia, Escultor, Madeireiro, SDM, Secretarias Municipais (planejamento, meio ambiente, educação, saúde), ACIT (Tubarão), Jornal A Notícia, ADOCON (Tubarão), COOPAGRO, SAMAE's, Marinha, Rádio Garibaldi, Associação Comercial e Industrial Laguna, SINE, Jornal Imbituba News, ONGs (SALSA), Colônias de Pescadores, Conselhos Comunitário”. (maiores detalhes estão contidos no TOMO IV deste Plano).

3.8.9.4 Sistemática adotada na proposição do enquadramento

As propostas de enquadramento, apresentadas nas Pranchas 3.8.2 a 3.8.4 do anexo cartográfico deste Tomo, consistem de três alternativas propostas a sociedade da bacia e ao Comitê Tubarão. Todas se referem ao longo prazo, 2020, sendo que a primeira consiste do Cenário Sem Intervenções, a segunda do Cenário com Intervenções Moderadas e a terceira com Intervenções Severas. Os parâmetros de qualidade utilizados foram a DBO e os Sólidos Totais.

As etapas para a obtenção dos mapas, propriamente ditos, poderiam ser descritas da seguinte forma: 1º) foram estipulados três cenários alternativos de desenvolvimento; 2º) para cada cenário de desenvolvimento, foi estimada a geração de resíduos, 3º) definiu-se a utilização da vazão Q_0 como sendo a vazão de diluição, ou seja, a disponibilidade hídrica para a diluição; 4º) foram calculadas as concentrações de DBO e Sólidos Totais; 5º) de posse das concentrações calculadas, os pontos foram classificados segundo a resolução do CONAMA e transpostos para os mapas. É importante ressaltar que os mapas representam o enquadramento com base na DBO calculada para os diversos cenários.

Com relação a quarta etapa do processo apresentado acima, vale explicar que, com o propósito de classificar os cursos d'água principais, separou-se a carga gerada em cada município em:

- cargas geradas à montante da sede;
- cargas geradas à jusante da sede;
- cargas geradas na sede do município.

A carga resultante dos esgotos domésticos e a carga gerada pela indústria foram consideradas como lançadas na sede municipal. O efluente gerado pela decomposição do lixo, os efluentes da suinocultura, da criação de aves e de gado foram distribuídos proporcionalmente às áreas à montante e à jusante da sede municipal.

O Rio Tubarão, além de receber as cargas geradas na sub-bacia por ele drenada, recebe as cargas geradas nas sub-bacias dos Rios Capivari e Braço do Norte.

Conforme apresentado no capítulo 3.8.7, onde foram estimadas as cargas produzidas na bacia, os efluentes da decomposição dos resíduos sólidos urbanos representam um acréscimo significativo de concentração de matéria orgânica nos cursos d'água, caracterizando-se pelo maior efeito pontual de degradação da qualidade da água.

Consideração da autodepuração dos cursos d'água

O principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido. Este decréscimo está associado à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

O consumo de oxigênio varia ao longo do tempo, ou seja, o valor da DBO, em dias distintos é diferente. No instante do lançamento, a matéria orgânica se apresenta em sua concentração total, enquanto o oxigênio consumido é zero. Com o passar do tempo, a matéria orgânica remanescente vai se reduzindo, implicando no aumento do consumo acumulado de oxigênio. Após um período de vários dias, a matéria orgânica está praticamente toda estabilizada (DBO remanescente igual a zero), ao passo que o consumo de oxigênio está praticamente todo exercido (DBO totalmente exercida).

A taxa de mudança de concentração da matéria orgânica é proporcional à primeira potência da concentração, conforme a equação (Von Sperling, 1995):

$$L = L_0 \cdot e^{-K_1 \cdot t} \quad (1)$$

onde:

L = DBO remanescente em um tempo t qualquer (mg/L);

L_0 = DBO remanescente em $t = 0$ (mg/L);

t = tempo (dias);

K_1 = coeficiente de desoxigenação (dia^{-1});

Para o cálculo da autodepuração, foram considerados pontos sobre os cursos d'água principais, de montante para jusante, sendo que para cada cidade foram consideradas três faixa de lançamento: uma à montante da sede, um ponto na sede e uma faixa à jusante da sede. As cargas lançadas em cada uma dessas faixas, à medida que se deslocam em direção à foz, foram consideradas em processo de autodepuração pela equação acima.

O tempo, na equação (1), corresponde àquele tempo de percurso da carga em direção à foz, desde o ponto de seu lançamento até o ponto em consideração. Para a estimativa deste tempo, considerou-se a velocidade média dos rios, durante o período de estiagem de 0,10 m/s, por ser este o período mais desfavorável para a autodepuração.

O coeficiente de desoxigenação, K_1 , considerado foi de $0,5 \text{ dia}^{-1}$, coerente, conforme dados de literatura, com as características de fácil degradação dos efluentes considerados (água residuária concentrada e sem presença de substâncias inibidoras).

Alguns municípios (Anitápolis, Rio Fortuna e Grão Pará) não lançam a totalidade de seus efluentes diretamente nos cursos d'água principais, de modo que foi considerada a autodepuração desses lançamentos antes de sua chegada aos rios considerados. A mesma consideração (autodepuração prévia) foi feita para a carga que chega ao Rio Tubarão proveniente dos rios Braço do Norte e Capivari.

Mapeamento dos resultados obtidos para cada cenário

Com relação ao mapeamento, há um nível de imprecisão nos mapas de enquadramento obtidos e estes devem ser entendidos como estimativas. Entretanto, vale ressaltar que, de maneira alguma, este nível de imprecisão restringe sua utilização, no que se refere a tomada de decisão de qual cenário de desenvolvimento seria mais adequado para a bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Entende-se também que a sociedade da bacia pode optar por outro cenário de desenvolvimento, ainda não apresentado, do que, ressalta-se que o objetivo deste Plano é de apresentar alternativas, sem restringir de forma alguma a atuação dos verdadeiros interessados.

3.9.8.5 Enquadramento da situação atual

No quadro 3.8.70 são apresentadas as concentrações de DBO, calculadas para a disponibilidade em termos de Q_{90} , na situação atual de despejos de efluentes. Na prancha 3.8.1 é apresentado o enquadramento atual dos cursos d'água.

Quadro 3.8.70 – DBO situação atual nos pontos de lançamento dos municípios, diluição na Q_{90}

Municípios	DBO (ppm)		
	Montante	sede	jusante
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar			
Imarui	-	-	-
Imbituba	-	-	-
Laguna	-	-	-
SB do rio Capivari			
Armazém	3,33	7,76	5,46
Gravatal	7,57	8,59	5,66
São Bonifácio	11,07	21,35	0,59
São Martinho	2,33	5,98	4,82
SB do rio Braço do Norte			
Anitápolis	1,02	2,22	0,87
Braço do Norte	8,59	28,10	25,37
Grão Pará	5,40	19,70	8,59
Rio Fortuna	4,51	6,01	5,40
Santa Rosa de Lima	0,87	7,62	4,51
São Ludgero	25,37	24,90	19,94
SB Formadores Tubarão			
Lauro Muller	59,64	65,28	15,02
Orleans	15,02	36,90	15,32
Pedras Grandes	15,32	24,75	14,38
SB Baixo Tubarão			
Capivari de Baixo	7,81	13,58	11,79
Jaguaruna	-	-	-
Sangão	-	-	-
Treze de Maio	-	-	-
Tubarão	14,38	10,83	6,14

As maiores concentrações foram encontradas para os municípios de Braço do Norte, São Ludgero, Lauro Müller e Orleans, sendo que os cursos d'água principais, próximos as zonas urbanas dos municípios estão todos em Classe 4 (CONAMA 20/86). Esta situação apresenta-se claramente no mapa da prancha 3.8.1. Pelas estimativas obtidas, trechos de rio em Classe 1 ocorrem apenas nas áreas de reserva (Parque da Serra do Tabuleiro e os parques da Serra Geral).

Uma situação intermediária é encontrada no rio Braço do Norte até a altura de Grão Pará e Braço do Norte, quando a concentração de resíduos proveniente da suinocultura provoca piora na qualidade da água. A situação mais favorável é verificada ao longo do rio Capivari, o qual, segundo as estimativas realizadas, encontra-se em longos trechos de Classe 2 (CONAMA 20/86).

3.9.8.6 Enquadramento no Cenário Sem Intervenções

O cenário “*Sem Intervenções*” projeta a situação de longo prazo para os cursos d’água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, para um cenário tendencial de crescimento das demandas, caso não ocorra nenhuma intervenção no sentido de diminuir a carga poluidora gerada. A prancha 3.8.2 apresenta em mapa esta estimativa no quadro 3.8.71, são apresentadas as concentrações nos pontos de controle, como vazão de diluição foi considerada a Q_{90} .

Quadro 3.8.71 – DBO nos pontos de lançamento dos municípios, cenário SEM INTERVENÇÕES, diluição na Q_{90}

Municípios	DBO (ppm)		
	Montante	sede	jusante
SB do rio D’Una + Complexo Lagunar			
Imaruí	-	-	-
Imbituba	-	-	-
Laguna	-	-	-
SB do rio Capivari			
Armazém	4,42	10,42	7,34
Gravatal	10,31	11,53	7,62
São Bonifácio	14,90	27,67	0,76
São Martinho	3,07	7,86	6,34
SB do rio Braço do Norte			
Anitápolis	1,35	2,86	1,12
Braço do Norte	12,37	40,60	36,66
Grão Pará	7,33	28,35	12,37
Rio Fortuna	6,01	8,16	7,33
Santa Rosa de Lima	1,12	10,16	6,01
São Ludgero	36,66	36,21	29,00
SB Formadores Tubarão			
Lauro Muller	86,20	92,06	21,18
Orleans	21,18	54,89	22,79
Pedras Grandes	22,79	37,31	21,31
SB Baixo Tubarão			
Capivari de Baixo	10,33	17,72	15,40
Jaguaruna	-	-	-
Sangão	-	-	-
Treze de Maio	-	-	-
Tubarão	21,31	15,34	8,70

Pela estimativa de enquadramento mapeada na Prancha 3.8.2, no cenário Sem Intervenções, fora das reservas da Serra Geral e Serra do Tabuleiro, nenhum curso d'água estaria em Classe 1. Pelos valores de DBO encontrados, praticamente toda a bacia estaria enquadrada em Classe 3. O rio Tubarão, apresenta-se com o pior enquadramento, desde a confluência dos rios Hipólito e Cafundó e desde a confluência do rio Rocinha e Bonito, até a jusante de Tubarão, encontra-se em Classe 4. O rio Braço do Norte também, desde o rio Fortuna até a foz com o rio Tubarão estaria em Classe 4. O rio D'Una, numa situação intermediária, apresentando Classe 1 nas nascentes que estão dentro da Serra do Tabuleiro, Classe 2 no médio curso e Classe 3 no baixo curso, próximo a Lagoa Mirim.

No caso do rio Capivari, a degradação também é evidente, estando praticamente todo enquadrado em Classe 3. Uma situação potencialmente mais desfavorável é encontrada a jusante da sede municipal de São Bonifácio. Pela estimativa, o trecho do rio Capivari desde a sede de São Bonifácio até a confluência com o rio Canudo estaria no Cenário Sem Intervenções em Classe 4. Neste caso específico, acredita-se que a elevada DBO encontrada está relacionada com a pequena disponibilidade hídrica em termos de Q_{90} e não a carga propriamente dita, visto que a contribuição de São Bonifácio não é tão elevada.

Ressalta-se que este cenário não poderá ser escolhido, visto que causa uma piora sistemática na qualidade da água da bacia.

3.8.9.7 Enquadramento no Cenário com Intervenções Moderadas

O enquadramento dos cursos d'água, previsto para o longo prazo do cenário com Intervenções Moderadas, é apresentado na prancha 3.8.3, seguindo a mesma sistemática que foi adotada para os cenários já apresentados, no quadro 3.8.72 são apresentados os valores de DBO encontrados para os pontos de controle.

De acordo com o que foi apresentado no item 3.8.6 e discutido intensamente nos dois itens seguintes (Cenários Alternativos de Desenvolvido, Quantificação de Resíduos e Análise Integrada da Intervenções), este cenário representa um nível médio de intervenções, prevendo que em 2020, o percentual de carga que chega aos corpos d'água para cada atividade poluidora esteja num máximo de 20% para a maioria das atividades, incluindo resíduos sólidos, esgoto sanitário, indústria e mineração. O resultado apresentado na prancha 3.8.3, indica que as alterações são significativas. Principalmente na porção oeste da bacia, junto as nascentes do rio Braço do Norte e no rio D'Una, o qual passa a apresentar as nascentes em Classe 1 e seu médio curso até a foz em Classe 2, adequando-se inclusive ao atual enquadramento previsto pela Legislação.

No caso do rio Tubarão, o trecho em Classe 4 é reduzido, sendo que ainda mantém-se nas redondezas de Lauro Müller devido a carga gerada pelos resíduos da mineração. O trecho do rio Braço do Norte enquadrado em Classe 4 se refere exatamente a região em que a atividade agropecuária é intensa na criação de suínos. Neste caso, fica evidente que os 40% da carga poluidora desta atividade que atingiriam os cursos d'água, neste cenário proposto, é responsável pela sua Classe 4.

Quadro 3.8.72 – DBO nos pontos de lançamento dos municípios, cenário COM INTERVENÇÕES MODERADAS, diluição na Q₉₀

Municípios	DBO (ppm)		
	Montante	sede	jusante
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar			
Imaruí	-	-	-
Imbituba	-	-	-
Laguna	-	-	-
SB do rio Capivari			
Armazém	2,89	5,47	3,90
Gravatal	5,44	5,77	3,88
São Bonifácio	10,69	14,05	0,39
São Martinho	1,80	4,75	3,84
SB do rio Braço do Norte			
Anitápolis	1,14	1,48	0,58
Braço do Norte	6,84	19,53	17,64
Grão Pará	4,46	15,68	6,84
Rio Fortuna	4,00	4,96	4,46
Santa Rosa de Lima	0,58	6,76	4,00
São Ludgero	17,64	17,58	14,07
SB Formadores Tubarão			
Lauro Muller	50,28	48,29	11,11
Orleans	11,11	29,95	12,44
Pedras Grandes	12,44	20,68	10,97
SB Baixo Tubarão			
Capivari de Baixo	5,58	8,04	7,01
Jaguaruna	-	-	-
Sangão	-	-	-
Treze de Maio	-	-	-
Tubarão	10,97	7,70	4,36

3.8.9.8 Enquadramento no Cenário com Intervenções Severas

Na prancha 3.8.4 e no quadro 3.8.73 são apresentados, respectivamente, o mapeamento e os valores de DBO encontrados nos pontos de controle para o cenário com Intervenções Severas.

É importante ressaltar que o cenário de Intervenções Severas pressupõe uma drástica remoção das cargas poluidoras dos cursos d'água, prevendo que em 2020, para apenas 10% das cargas geradas pelo esgoto sanitário, avicultura, indústria e mineração e resíduos sólidos atingirão os cursos d'água. Além disso, apenas 20% da carga poluidora proveniente da suinocultura, bovinocultura e irrigação não seria removida.

Quadro 3.8.73 – DBO nos pontos de lançamento dos municípios, cenário COM INTERVENÇÕES SEVERAS, diluição na Q₉₀

Municípios	DBO (ppm)		
	Montante	sede	jusante
SB do rio D'Una + Complexo Lagunar			
Imaruí	-	-	-
Imbituba	-	-	-
Laguna	-	-	-
SB do rio Capivari			
Armazém	1,55	2,98	2,13
Gravatal	2,90	3,14	2,10
São Bonifácio	3,35	8,68	0,24
São Martinho	1,01	2,66	2,15
SB do rio Braço do Norte			
Anitápolis	0,57	0,70	0,27
Braço do Norte	3,45	9,81	8,86
Grão Pará	2,28	7,90	3,45
Rio Fortuna	2,02	2,54	2,28
Santa Rosa de Lima	0,27	3,41	2,02
São Ludgero	8,86	8,81	7,06
SB Formadores Tubarão			
Lauro Muller	25,14	24,54	5,65
Orleans	5,65	15,14	6,29
Pedras Grandes	6,29	10,40	5,50
SB Baixo Tubarão			
Capivari de Baixo	2,98	4,34	3,79
Jaguaruna	-	-	-
Sangão	-	-	-
Treze de Maio	-	-	-
Tubarão	5,50	3,95	3,81

O resultado desta drástica redução nas cargas poluidoras que atingem os cursos d'água, pode ser verificado no quadro acima, que apresenta os valores de DBO nos pontos de controle, bem como no mapeamento apresentado na prancha 3.8.4.

Na previsão feita para o cenário com Intervenções Severas em 2020, praticamente todos os cursos d'água estariam enquadrados em Classe 1 ou Classe 2.

A exceção para o rio Braço do Norte ocorre ainda na vizinhança de Braço do Norte, Grão Pará e São Ludgero, onde o rio principal e alguns afluentes maiores estariam em Classe 3. Para o rio Tubarão, um trecho em Classe 4 ocorre a jusante de Orleans, onde ocorre uma situação potencialmente desfavorável, qual seja: a montante, devido a atividade de mineração ocorre no rio Tubarão um trecho de Classe 3; a jusante de Orleans, a combinação das cargas da suinocultura (presente em Orleans) e a carga de esgotos sanitários e resíduos sólidos, proveniente da maior concentração urbana junto a Orleans, elevam o enquadramento a Classe 4.

A situação é amplamente favorável para o rio Capivari e para o rio D'Una. Sendo que um único trecho de Classe 3 seria verificado a jusante da sede municipal de São Boniácio. Como explicação para este trecho em Classe 3, cabe neste cenário o que foi comentado para o cenário com Intervenções Moderadas, ou seja: por estar nas nascentes do rio Capivari, a disponibilidade hídrica para a diluição da carga poluidora é pequena refletindo-se em elevadas concentrações de poluente ou, como é o caso aqui tratado, em elevados valores de DBO.

Enfim, vale ressaltar que estes mapas consistem de uma estimativa para o enquadramento dos cursos d'água em cada cenário proposto, não sendo possível, no atual estágio de conhecimento da bacia a obtenção de detalhes locais.

3.8.9.8 Enquadramento no Cenário de Manutenção das Condições Atuais

O cenário de Manutenção das condições atuais de enquadramento pressupõe um certo nível de intervenções de modo que a carga de efluentes lançados nos cursos d'água não aumente com o desenvolvimento tendencial, tal como detalhado no item 3.8.6.

Com relação as concentrações nos pontos de controle, bem como o mapa de enquadramento, estes se referem aos do cenário atual, mantido até 2020 (prancha 3.8.1).

3.8.9.9 Análise integrada das alterações obtidas em cada cenário proposto

De modo que seja permitida uma avaliação relativa dos diversos cenários de desenvolvimento propostos, são apresentados nos gráficos 3.8.79 a 3.8.81 as concentrações calculadas no pontos de controle, junto as sedes municipais.

Os gráficos abaixo representam, em termos absolutos, a comparação entre os três cenários propostos. Desde logo nota-se que o Cenário Sem Intervenções piora a condição de enquadramento dos cursos d'água até níveis elevados de DBO, que atingem até 90 mg/l, no rio Tubarão a jusante de Lauro Müller.

Outro fato que é evidenciado com a observação das concentrações calculadas ao longo dos cursos d'água principais é de que no rio Tubarão, a ordem de grandeza das concentrações encontradas é pelo menos duas vezes maior que aquela encontrada para o rio Braço do Norte e três vezes maior que aquela encontrada para o rio Capivari.

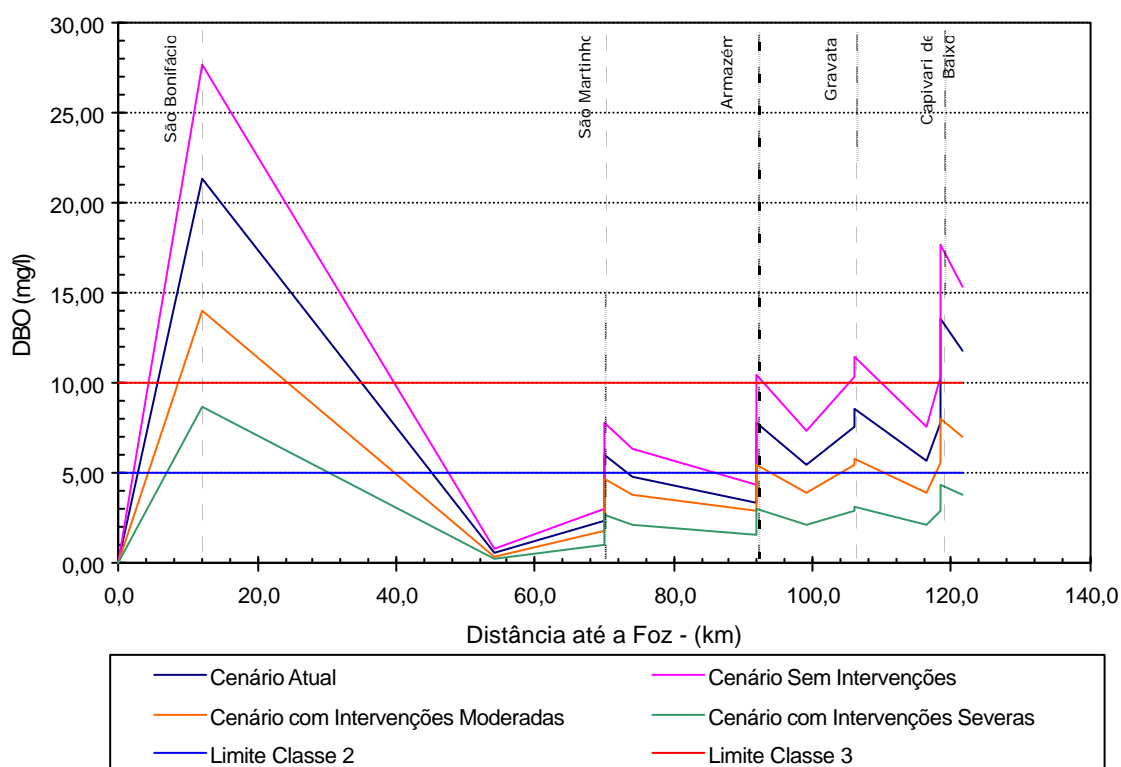


Gráfico 3.8.79– Concentração de matéria orgânica ao longo do Rio Capivari
Horizonte de Prazo: 2020, Vazão de Diluição: Q_{90}

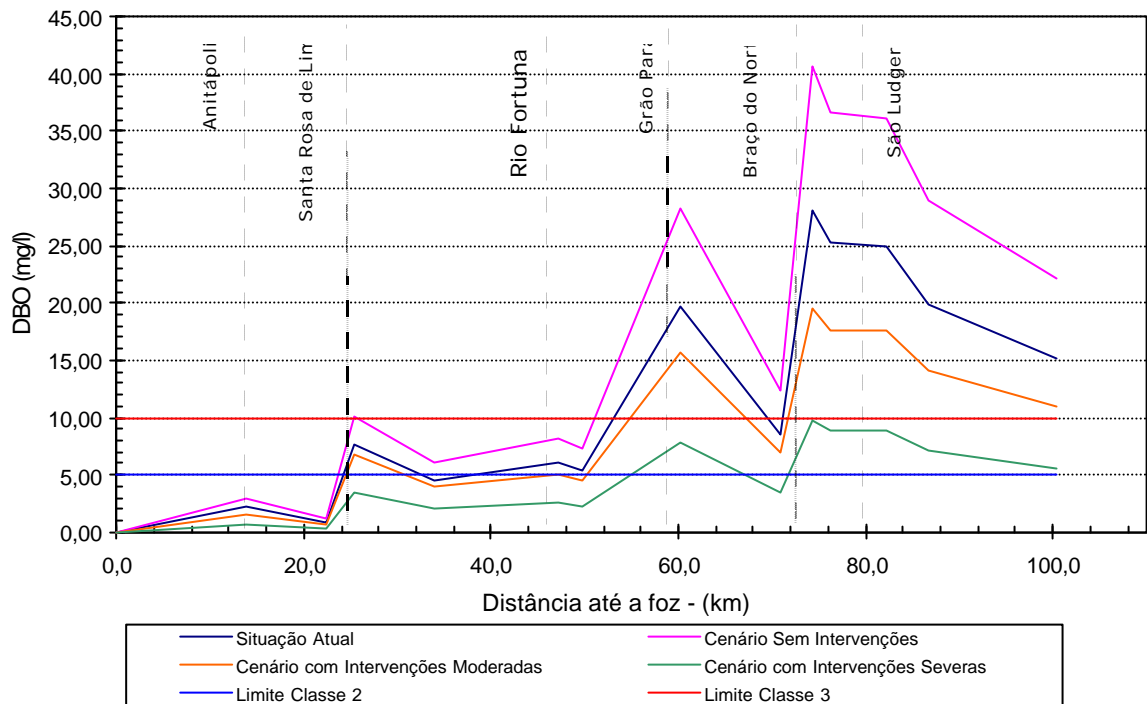


Gráfico 3.8.80 – Concentração de matéria orgânica ao longo do Rio Braço do Norte - Horizonte de Prazo: 2020, Vazão de Diluição: Q_{90}

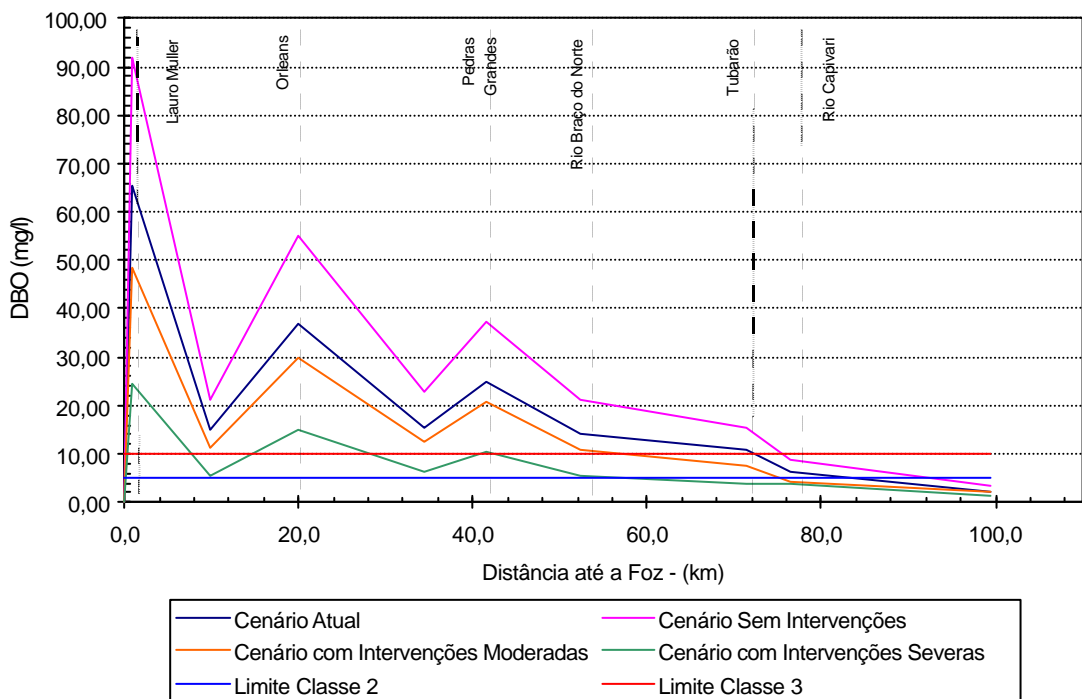


Gráfico 3.8.81 – Concentração de matéria orgânica ao longo do Rio Tubarão - Horizonte de Prazo: 2020, Vazão de Diluição: Q_{90}

Nota-se também que, as intervenções propostas no “Cenário de Intervenções Severas” parecem demasiadamente fortes. Contudo, dada a situação de degradação dos cursos d’água, encontrada na situação atual, a obtenção de uma melhoria substancial na qualidade da água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, realmente passa pela adoção de medidas estruturais de grande monta, a médio e longo prazo, tais como: (i) gerenciamento integral dos resíduos sólidos na bacia, (ii) sistemas de tratamento de esgotos sanitários, (iii) destinação adequada dos dejetos da agropecuária; (iv) recuperação das áreas degradadas pelas mineradoras e (v) redução da carga poluidora proveniente da indústria (indústria de geração de energia, fecularias, etc) e irrigação e, (vi) programas de manejo da pesca no Complexo Lagunar; entre outras.

Neste sentido, ressalta-se o que era discutido no item de “Análise Integrada das Alternativas de Compatibilização”, no que se refere a necessidade da mobilização institucional a nível de município, via prefeituras municipais. Enfim, entende-se que qualquer que seja o cenário de desenvolvimento escolhido, este só será atingido mediante o comprometimento das prefeituras municipais.

3.8.10 Análise de alternativas de suprimento aos usuários de água

Quando há abundância de água, ela pode ser tratada como bem de domínio público, porém, com o crescimento das demandas, começam a surgir conflitos entre os diversos usos e usuários da água, a qual passa a ser escassa e, então, precisa ser gerida como bem econômico, devendo ser-lhe atribuído o justo valor (Setti, 2000).

A prioridade de suprimento das demandas hídricas deve seguir o princípio geral da Lei Federal 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. O princípio geral é o de que *"a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas"* (art. 1º, IV), porém, em *"situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação dos animais"* (art. 1º, III).

Presente a escassez de águas, cumpre ao órgão federal ou estadual responsável pela outorga dos direitos de uso da água suspender parcial ou totalmente as outorgas que prejudiquem o *"consumo humano e a dessedentação de animais"*, conforme o art. 15, V, da Lei 9.433/97.

No consumo humano estará compreendido somente o uso para as necessidades mínimas de cada pessoa, isto é, água para beber, para comer e para a higiene. Não estará incluído o uso para o lazer, como piscinas, e nem para a jardinagem. Os animais têm assegurada a sua dessedentação, mas não há prioridade para a utilização de água para o abate e o processo de comercialização destes animais.

Os conflitos entre os diversos usos e usuários de água que surgem devido à escassez hídrica podem ser amenizados, conforme descrito no item 3.8.8, porém não podem ser evitados, devido à origem climática e imprevisível dos períodos de estiagem severa, de modo que períodos de escassez hídrica devem ser considerados na gestão e planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Para tanto, deverão ser atribuídas prioridades de suprimentos para cada uso de água existente na bacia, segundo suas necessidades de garantia e conforme a Lei 9.433/97. Dessa forma, foram estabelecidos três tipos de demanda, segundo a prioridade de suprimento:

- i. Demanda Primária – que abrange os usos de máxima prioridade e necessitam de uma garantia de atendimento de 100%, como o uso humano e a dessedentação de animais, segundo a Lei 9.433/97;

- ii. Demanda Secundária – que engloba os usos de significativa prioridade, mas que o não suprimento dessa demanda por um breve espaço de tempo não provoca grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Foi estabelecida uma garantia de 95% para esse tipo demanda;
- iii. Demanda Terciária – que inclui os usos de menor prioridade e cujo não suprimento por um curto espaço de tempo não provoca elevados prejuízos econômicos, sociais e ambientais. Foi estabelecida uma garantia de 90% para esse tipo demanda.

Para realizar a análise de alternativas de suprimento dos usuários de água cadastrados na bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar (item 3.6) foram feitas simulações matemáticas do sistema hídrico da bacia, visando inferir sobre a capacidade de garantia que a disponibilidade hídrica da bacia é capaz de fornecer aos diversos usuários.

A simulação matemática foi obtida através da abordagem sistêmica (Lanna, 1997) da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, de maneira que o complexo sistema hídrico da bacia foi simplificado, de tal maneira que apenas foram mantidas as informações mais relevantes para a solução da questão de prioridade de atendimento.

A figura 3.8.9 apresenta a representação esquemática do sistema hídrico da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. A complexidade desta bacia, e de qualquer outra, é muito maior do que a que pode ser representada por simples figuras. Porém, a figura 3.8.9 apresenta sistema da bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar no que mas interessa à simulação hidrológica quantitativa. Para isto, ela foi dividida em suas cinco sub-bacias (SB I a SB V, na figura), e em trechos fluviais (setas indicando a direção do fluxo), limitadas por seções denominadas de pontos de controle ou característico (PC).

Vale ressaltar que, diferente do que foi realizado no item 3.8.1, quando foram consideradas vazões mínimas disponíveis, nesta análise específica de “alternativa de suprimento aos usuários, em cada sub-bacia, foram estimadas as *vazões contribuintes naturais*. Para as vazões, foi adotada a série de vazões do posto 84580000, cuja série de dados mensais está completa no período de 1978 a 1997 (20 anos) e apresenta área de 2739 km². A vazão de cada sub-bacia foi estimada como sendo a da série mensal do posto 84580000 multiplicada pelo fator de área, obtido pela razão entre a área da sub-bacia e a área do posto. Essa metodologia foi adotada, porque não existem postos com séries longas nos exutórios das sub-bacias, e o posto 84580000 foi escolhido por apresentar uma série suficientemente longa e apresentar área na mesma magnitude das áreas das sub-bacias.

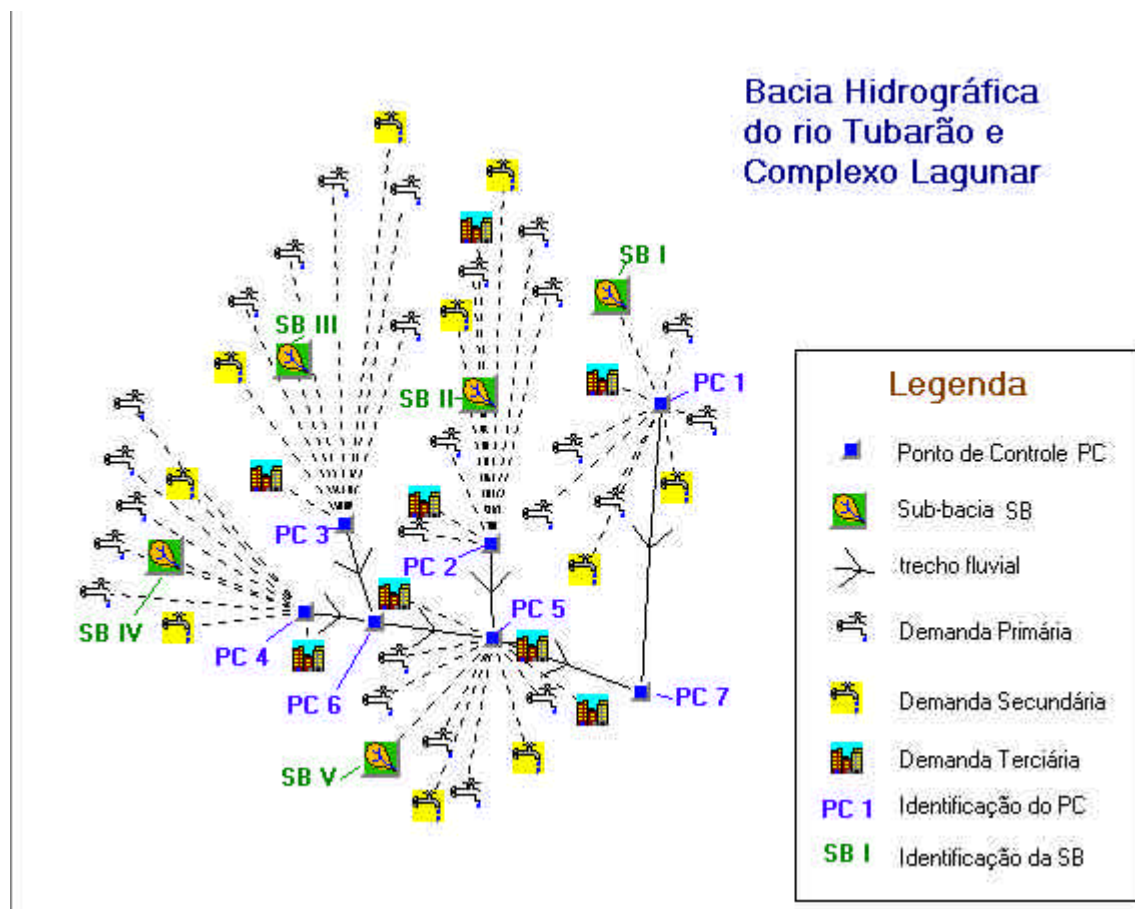


Figura 3.8.9. Representação esquemática do sistema da bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar

As classes demandas consideradas na análise foram extraídas do item 3.6 e simplificadas da seguinte forma:

1. Abastecimento urbano: demanda do consumo humano nas sedes municipais, calculada em função da população urbana e considerando uma demanda *per capita* de 200 l por habitante por dia;
2. Abastecimento rural: demanda do consumo humano nas áreas rurais, calculada em função da população rural e considerando uma demanda *per capita* de 150 l por habitante por dia;
3. Criação de bovinos: demanda da criação de bovinos, calculada em função do número de cabeças e considerando uma demanda de 40 l por cabeça por dia;
4. Criação de suínos: demanda da criação de suínos, calculada em função do número de cabeças e considerando uma demanda de 100 l por cabeça por dia;

5. Criação de aves: demanda da criação de aves, calculada em função do número de cabeças e considerando uma demanda de 0,40 l por cabeça por dia;
6. Irrigação do arroz: demanda da irrigação das plantações de arroz, calculada em função da área plantada e considerando uma demanda variável ao longo dos meses do ano, conforme mostra o quadro 3.8.74;
7. Indústrias: demanda das indústrias cadastradas (item 3.6.2);
8. Assimilação de esgotos: demanda para diluição, transporte e autodepuração dos esgotos domésticos, calculadas no item 3.6.3;
9. Geração de energia: demanda não consuntiva para geração de energia elétrica, apresentadas no item 3.6.3;
10. Aqüicultura: demanda para a carcinicultura e piscicultura, mostradas no item 3.6.3;
11. Navegação: demanda para manutenção de profundidade mínima que permita a navegação de pequenas embarcações no rio Tubarão, calculada no item 3.6.3.

Quadro 3.8.74 – Consumo de água no cultivo de arroz irrigado

Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr. a Out.	Nov.	Dez.
l/s/ha	1,74	1,45	0,58	0,0	0,58	1,45

Foi utilizado, então, o programa PROPAGAR 2000 para a realização das simulações matemáticas, visando à análise hidrológica quantitativa do sistema da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, num horizonte de 20 anos, considerando quadro cenários de desenvolvimento: atual, desejado, tendencial e crítico, descritos no item 3.6.9.

O PROPAGAR 2000 constitui-se por uma ferramenta, integrada ao SAGBAH (Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas) destinada a simular a propagação de vazões e a operação de reservatórios no âmbito de uma bacia hidrográfica, dividida ou não em sub-bacias, visando o planejamento do atendimento de demandas hídricas distribuídas ao longo dos cursos de água, de acordo com regras gerenciais e operacionais pré-estabelecidas (Viegas Filho, 2001).

Nas simulações foram consideradas como falhas o não atendimento de 100% de alguma demanda e foi denominada de falha crítica aquela em que nem 50% de alguma demanda pode ser atendida.

Os resultados das simulações mostraram que as prioridades de atendimento dos usuários de água podem ser estabelecidas conforme o quadro 3.8.75.

Um resultado bastante expressivo das simulações foi que a demanda para a navegação, na sub-bacia do Baixo Tubarão, terá uma garantia de atendimento muito baixa, entre 56,7% (cenário crítico) e 60,8% (cenários atual e desejado). Por isso, a navegação não foi considerada na classificação das prioridades de atendimento, por ser uso de baixa garantia (menor que 90%).

Outro resultado interessante é em relação à futura PCH – Capivarí, prevista entrar em funcionamento em 2003, que estará localizada no rio de mesmo nome, a cerca de 11 km da sede municipal de São Martinho. Avaliando o atendimento da demanda da PCH, foi verificada uma garantia entre 71,7% (cenário crítico) a 73,7% (cenário atual), quando considerado a máxima capacidade da usina. Porém, considerando a PCH operando com 50% de sua capacidade, teremos uma garantia superior a 95%, o que torna o empreendimento viável, no critério de análise hidrológica quantitativa. Com relação à simulação da demanda da PCH, vale ressaltar que não foi considerada a localização exata da mesma, mais a montante, na sub-bacia do Capivari, o que torna os valores de garantia citados imprecisos, porém para a análise global das demandas da sub-bacia é o suficiente.

Nos demais usos, as simulações não previram falhas. Contudo, a sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar, apresenta no cenário crítico, 5 meses (2%) em que a vazão residual (vazão contribuinte menos as demandas consuntivas) é menor que a vazão Q_{10} . Isso é bastante danoso para o equilíbrio ambiental da sub-bacia.

Outro aspecto observado foi que, a sub-bacia do Baixo Tubarão não apresentou falhas de atendimento, com exceção da navegação, devido a grande contribuição das vazões afluentes das sub-bacias à montante, que são: sub-bacia do rio Capivari, sub-bacia do rio Braço do Norte e sub-bacia dos Formadores do Tubarão. A contribuição das vazões afluentes é correspondente a quase 75% da vazão total de contribuição da sub-bacia do Baixo Tubarão.

Quadro 3.8.75 – Prioridades de suprimento hídrico para as demandas das sub-bacias

Sub-bacia	Demanda Primária (100% de garantia)	Demanda Secundária (95% de garantia)	Demanda Terciária (90% de garantia)
SB I: Rio D'Una + Complexo Lagunar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abastecimento urbano 2. Abastecimento rural 3. Criação de bovinos 4. Criação de suínos 5. Criação de aves 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irrigação do arroz 2. Indústrias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assimilação dos esgotos 2. Aqüicultura 3. Turismo
SB II: Rio Capivari	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abastecimento urbano 2. Abastecimento rural 3. Criação de bovinos 4. Criação de suínos 5. Criação de aves 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irrigação do arroz 2. Indústrias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assimilação dos esgotos 2. Geração de energia 3. Aqüicultura 4. Turismo
SB III: Rio Braço do Norte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abastecimento urbano 2. Abastecimento rural 3. Criação de bovinos 4. Criação de suínos 5. Criação de aves 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indústrias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assimilação dos esgotos 2. Aqüicultura
SB IV: Formadores do Tubarão	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abastecimento urbano 2. Abastecimento rural 3. Criação de bovinos 4. Criação de suínos 5. Criação de aves 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irrigação do arroz 2. Indústrias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assimilação dos esgotos 2. Aqüicultura
SB V: Baixo Tubarão	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abastecimento urbano 2. Abastecimento rural 3. Criação de bovinos 4. Criação de suínos 5. Criação de aves 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irrigação do arroz 2. Indústrias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Assimilação dos esgotos 2. Geração de energia 3. Aqüicultura

Porém, nas simulações onde foi considerada apenas a contribuição da própria sub-bacia do Baixo Tubarão, ou seja, a sub-bacia do Baixo Tubarão foi considerada isolada das demais, resultaram em um grande número de falhas nas demandas terciárias e secundárias, como mostra o quadro 3.8.76. Pelo quadro, observamos a grande dependência que a sub-bacia do Baixo Tubarão tem das vazões afluentes das sub-bacias a montante para atender suas demandas, principalmente, as terciárias (assimilação de esgotos, geração de energia e aquíicultura).

Quadro 3.8.76 – Falhas de atendimento na sub-bacia do Baixo Tubarão (sem considerar vazões afluentes)

Cenário	Demanda Primária		Demanda Secundária		Demanda Terciária	
	Falhas	Falhas Críticas	Falhas	Falhas Críticas	Falhas	Falhas Críticas
Atual	0,00%	0,00%	2,50%	0,00%	41,67%	7,92%
Desejado	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%	50,00%	9,17%
Tendencial	0,00%	0,00%	7,08%	0,00%	51,25%	9,58%
Crítico	0,00%	0,00%	17,8%	4,58%	64,58%	17,08%

Por fim, deve ser ressaltado que a classificação das demandas, por sub-bacia, em graus de prioridade é proposta neste estudo como uma "Alternativa de Suprimento aos Usuários". O Comitê Tubarão, bem como a sociedade da bacia pode e deve estabelecer as suas prioridades de atendimento.

3.8.11 Análise de alternativas de critérios de outorga dos direitos de uso da água

A outorga do uso da água é um dos instrumentos que podem ser aplicados ao longo da implantação de sistemas de gerenciamento de recursos hídricos. A função da outorga é de ratear a água disponível entre as demandas existentes ou potenciais, de forma que os melhores resultados sejam gerados para a sociedade. Segundo Lanna (2000), estes resultados podem estar atrelados a contribuições ao crescimento econômico (abastecimento da indústria, agropecuária, irrigação, etc.), à equidade social (abastecimento público) e à sustentabilidade ambiental (manutenção de uma vazão mínima que conserve os cursos d'água).

A exigência de outorga para todos os usos da água que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água de um corpo hídrico está prevista no Brasil desde o "Código das Águas" (Decreto Presidencial No 24.643 de 10/07/1934), sendo confirmada pela "Lei das Águas" em 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos Lei Federal 9.433 de 08/01/1997. No estado de Santa Catarina, a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual N° 9.748 de 30/11/1994), também estabelece a outorga como um instrumento da gestão dos recursos hídricos no estado, ratificando o que menciona a lei maior.

3.8.11.1 Processo de outorga de direito do uso da água e atividades a que se aplica a outorga

A primeira questão a ser levantada no caso dos processo de outorga pelo uso da água é a seguinte: a Outorga de direito de uso da água e o Licenciamento Ambiental não são o mesmo instrumento e não são concorrentes, ou seja, a utilização de um não exclui a utilização do outro.

O Licenciamento Ambiental, tal como entendido na Lei N° 6.938, de 31/10/1981 (que institui a Política Nacional do Meio Ambiente) ou Resolução do CONAMA N° 237 de 19/12/1997 (trata do Licenciamento Ambiental e dá providências), institui exclusivamente os processos de licenciamento de atividades poluidoras em geral (contidas no anexo 01 da Resolução), não se reportando em momento algum a outorga do uso da água. O Licenciamento ambiental está sob responsabilidade dos órgãos ambientais competentes, a nível Federal (IBAMA), Estadual ou Municipal, dependendo da abrangência do empreendimento, sendo que esta competência está claramente especificada na referida resolução do CONAMA, Art's. 4º, 5º e 6º. O que de fato é verdadeiro, é que não deve ser concedido licenciamento ambiental, ao empreendimento usuário de água, que não obtiver a Outorga do direito de uso da água.

A Outorga de direito de uso da água, por sua vez, consiste também de um ato administrativo, na modalidade de autorização, mediante o qual o Poder Público Outorgante, porém, faculta ao outorgado, *especificamente*, o uso de uma determinada quantidade do recurso hídrico, por um prazo determinado.

Quanto ao processo de outorga, este pode seguir, ou não, o rito do licenciamento ambiental, no sentido de que existam instrumentos tais como: uma "Outorga Prévia", "Outorga de Instalação" e "Outorga de Operação. A decisão cabe a regulamentação da lei específica e da decisão do órgão gestor do recurso. O órgão gestor do recurso, ao qual cabe a responsabilidade única e exclusiva deverá ser uma Secretaria de Estado, ou órgão sucedâneo, responsável pela Política Estadual de Recursos Hídricos.

Devem estar sujeitos a outorga, os seguintes usos dos recursos hídricos:

- derivações de captação ou parcela de água existente em um corpo hídrico, para o consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo produtivo;
- lançamento em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- usos de recursos hídricos para aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
- outros usos e ações e execução de obras ou serviços necessários a implantação de qualquer intervenção ou empreendimento, que demandem a utilização de recursos hídricos, ou que impliquem em alteração, mesmo que temporária, do regime, da quantidade ou da qualidade da água, superficial ou subterrânea, ou ainda, que modifiquem o leito e margens dos corpos de água.

Por outro lado, devem ficar isentos de outorga usos de caráter individual, ou que demandem quantidades insignificantes, bem como a exploração da água subterrânea destinada ao abastecimento familiar.

3.8.11.2 Aspectos específicos sobre a priorização dos usos da água

De acordo com o que já foi anteriormente mencionado, a Política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, determina que em caso de escassez, o uso prioritário dos Recursos Hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais (seu art. 1º, inciso III). Esta determinação é ratificada pela Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina.

A definição das prioridades de uso constitui uma etapa fundamental para o estabelecimento dos critérios de outorga, devendo portanto ser estudada de maneira integrada com a definição dos mesmos. Segundo LANNA (1999), *o estabelecimento de prioridades deve ser subsidiado por estudos técnicos mas é uma decisão política a ser tomada nas instâncias apropriadas.*

Ainda segundo a Política Estadual, Art's. 18º e 27º, fica determinado que o Plano de Bacia Hidrográfica deverá conter os planos de utilização prioritária e que tal Plano de Bacia Hidrográfica é de incumbência dos Comitês de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica. De certa forma, esta priorização é apresentada, no item 3.8.10 deste Plano - Alternativas ao suprimento dos usuários. É claro que entende-se que é uma primeira estimativa, visto que a sociedade da bacia como um todo, ou das sub-bacias, mobilizada pelo Comitê Tubarão poderá alterá-la.

Tomando por exemplo uma experiência nacional, BAHIA (1997), e uma internacional, CHACO (1990), a tomada de decisão quanto à priorização de usos em casos de escassez dos recursos hídricos, na verdade segue exatamente o que já prevê a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil):

1. *Devem ser abastecidos preferencialmente o uso humano e animal;*
2. *Devem ser respeitados os usos de água declarados prioritários, em conformidade com o que for definido no Plano Estadual de Recursos Hídricos;*
3. *Dentro da mesma prioridade devem ser preferidos aqueles que tenham repercussões mais favoráveis, de caráter social, produtivo ou ambiental;*
4. *Se a igualdade persiste, uma vez aplicadas as regras anteriores, podem ser sugeridos dois diferentes critérios de priorização: tem preferência aquele cuja solicitação chegou primeiro; ou aquele que tem o menor consumo unitário de água.*

Das experiências citadas acima pode-se observar que um critério básico é respeitado: os consumos humano e animal são preferidos frente a quaisquer outros. Entretanto poderia-se considerar também com destacada prioridade, a manutenção da vazão ecológica, de forma a atender às demandas ambientais do manancial. Em seguida deverão ser respeitadas as prioridades definidas no Plano. Entretanto, estando algumas destas dentro de um mesmo grau de prioridade, podem ser utilizados critérios de maximização de benefícios sociais, ambientais ou produtivos.

No caso de ser difícil de quantificar os benefícios de cada uso, podem ser aplicados critérios ainda mais específicos, como de prioridade por ordem de solicitação ou por minimização de consumo unitário.

Em termos de atendimento prioritário aos setores da atividade antrópica nas bacias pode-se, sugestivamente, incorporar o que é previsto em algumas legislações estaduais (BAHIA, 1997 e SÃO PAULO, 1994), quais sejam:

- os usos d'água para agricultura, abastecimentos industrial e aquícultura vêm logo depois dos usos para abastecimento humano e animal, considerados prioritários (há uma variação na ordem de prioridade entre agricultura, indústria e aquícultura).
- depois destes usos, aparecem as atividades do setor energético, mineração, de lançamento/diluição de efluentes e recreativos. Sendo que, entre estas também há uma variação de suas ordens de prioridade em cada uma das legislações.

No item de "Alternativas para Suprimento aos Usuários de Água", as demandas, classificadas em ordem de prioridade: primária, secundária e terciária, basicamente seguem o que é mencionado acima. Embora, maios uma vez deva ser ressaltado que trata-se apenas de uma proposta, a ser referendada pelo Comitê Tubarão, o qual deverá ouvir os usuários, a sociedade civil organizada e a comunidade em geral da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

3.8.11.3 Considerações especiais sobre outorga de lançamento de efluentes

A outorga para lançamento de efluentes tem por objetivo regular o destino final de efluentes de sistemas de esgoto e de outros líquidos, de qualquer natureza, onde estes são diluídos, transportados e depurados.

Este instrumento de outorga se mostra eficiente quando a capacidade de depuração do corpo d'água não é suprida pela carga de poluentes a outorgar. Entretanto, quando se ultrapassa a situação limite de assimilação, a outorga de lançamento é, de fato, incapaz de regular os usos de modo a manter a qualidade do manancial. A rigor a sua viabilidade é função do enquadramento do corpo d'água segundo a Resolução CONAMA nº 20. Ou, no caso dos estados com legislações próprias, os limites definidos nas mesmas.

Importante ressaltar que, para o caso da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, caso seja decidido pelo cenário de Intervenções Severas, a outorga de lançamento deverá estar fortemente restrita. A longo prazo, em 2020, prevê-se para este cenário, que no máximo 10% dos efluentes sanitários, industriais, de resíduos sólido, e agropecuária atinjam os cursos d'água.

Uma opção usual, referente a outorgas de lançamento, é a sua associação a um uso quantitativo de água, no qual possam ser diluídos os poluentes gerados. Segundo LANNA (1999), pode-se desenvolver o seguinte raciocínio:

- 1) *Suponha que na classe em que o corpo de água se acha enquadrado o limite de concentração de dado poluente seja C_m .*
- 2) *Como concentração é dada pelo quociente entre sua quantidade K , e um volume de diluição V , para que a concentração C_m seja alcançada, o usuário gastará um volume igual a $V = K / C_m$ para diluir sua carga K .*

Entretanto, ainda conforme LANNA (1999), o mais comum é encontrar informações referentes a vazão de lançamento de efluente Q_e (l/s) que, por sua vez, tem uma concentração C_e (mg/l). Podendo, desta forma, ser calculada uma vazão de diluição ao invés de um volume de diluição.

- 1) *Vazão lançada da substância: $Q_k = C_e \cdot Q_e$ (mg/s)*
- 2) *Vazão total para diluição: $Q = Q_k / C_m = C_e \cdot Q_e / C_m$ (l/s)*

Desta forma a vazão adicional a ser utilizada do efluente é $Q - Q_e$.

Neste procedimento o usuário solicita duas outorgas: uma para lançamento de efluentes (que deve analisar os aspectos determinados na Resolução nº 20 do CONAMA) e a outra de derivação (considerando o volume disponível para diluição), ambas consideradas em unidades de vazão.

3.8.11.4 Especificação dos critérios de outorga de uso

São dois os critérios mais usuais para outorga de direito de uso de recursos hídricos: o critério de vazão referencial e o critério de priorização de demandas.

a) Critério de Vazão referencial

Neste critério é determinada uma vazão crítica de abastecimento que é definida como a vazão de referência, sobre a qual são estabelecidos os limites de outorga. As outorgas são então distribuídas segundo as prioridades definidas no Plano de Recursos Hídricos, até que se esgote o volume a outorgar. Os usuários que até então não conseguirem outorga ficam impedidos de consumir os recursos hídricos outorgáveis. Sob o ponto de vista do atendimento da demanda, o outorgado tem suas solicitações sempre garantidas, correndo o risco destas não serem supridas apenas quando ocorrerem situações mais críticas que a da vazão referencial.

Para a definição da vazão crítica de abastecimento podem ser adotados dois padrões de referência:

- Da vazão média de 7 dias consecutivos de estiagem, para um tempo de retorno de 10 anos, no exutório (foz) da bacia em questão, a chamada $Q_{7,10}$; ou
- Das vazões que tem uma probabilidade muito grande de serem superadas, ou vazões de permanência, chamadas assim por serem obtidas através das curvas de permanência. Estas têm normalmente valores associados com a probabilidade aceita pelos outorgados de não terem suas demandas atendidas. Valores usuais são 95, 90 e 80%, resultando nas Q_{95} , Q_{90} e Q_{80} respectivamente.

Estas vazões estão regionalizadas para a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, no item 3.8.1 deste Plano (Disponibilidade Hídrica). As duas possibilidades apresentam vantagens e desvantagens, devendo ser escolhida como definitiva, aquela que onere menos os usuários da bacia.

As garantias de atendimento relacionadas a estas, podem ser estimadas numa razão igual ao complemento de suas probabilidades de ocorrência. Por exemplo, no caso da $Q_{7,10}$ há a garantia de suprimento em 99,9% dos dias, num período de dez anos. Enquanto que a vazão Q_{95} para o mesmo período de tempo, apresenta uma garantia de suprimento em 95% dos dias.

Em outras palavras, como a $Q_{7,10}$ é a média da vazão, de sete dias consecutivos de estiagem, para o tempo de retorno de 10 anos, pode-se imaginar que, na média, esta vazão não será atingida em 3,5 dias durante o período de dez anos (3652 dias). Analisando o mesmo período pelo critério da vazão de permanência em 95% do tempo, obtêm-se um total de 182,6 dias que não são atendidos.

Se por um lado a $Q_{7,10}$ garante um atendimento maior, por se tratar de uma vazão de estiagem ela é geralmente bastante restrita, e por isso apresenta severas limitações a expansão do sistema. Ao mesmo tempo, os usuários deverão observar que em 99,9% dos dias as vazões correntes são muito maiores que a de referência, e por isso é comum haver muita pressão política sobre os órgãos reguladores para que os valores da vazão de referência sejam ampliados. A utilização da vazão de permanência encontra fortes justificativas em climas onde a $Q_{7,10}$ é ínfima ou mesmo nula, como em regiões áridas ou secas.

Outro caso em que a utilização de vazões de permanência se justifica é no caso de bacias extremante disputadas, onde os usuários não vêem problemas maiores em aceitar as probabilidades de não atendimento a elas associadas. De uma maneira geral ocorre que os usuários tem vias de aumentar sua oferta através de processos mais eficientes de uso da água. Talvez um exemplo possa ser, a melhoria da eficiência de canais para irrigação, normalmente sem revestimento, e muitas vezes não compactados, este produzem muita perda por infiltração aumentando notavelmente o consumo de água.

Independente do critério utilizado para a vazão de referência, esta deve considerar a chamada vazão ecológica, que deve ser suficientemente grande para proteger o ecossistema do manancial. Normalmente esta é adotada como sendo uma percentagem da vazão de referência, embora haja grande controvérsia sobre esta questão. Em alguns estados brasileiros, a vazão ecológica equivale a totalidade da $Q_{7,10}$; a 20% da $Q_{7,10}$ ou até 80% da $Q_{7,10}$.

b) Critério de priorização de demandas

Os critérios desta classe se caracterizam pela ausência de uma vazão de referência. Parte-se do princípio que as demandas com maior prioridade, como abastecimento doméstico por exemplo, são completamente satisfeitas. Após estes usos serem supridos, a vazão remanescente é utilizada para abastecer as demandas com menores prioridades.

Seguindo a ordem de prioridades definida no Plano de Recursos Hídricos, todas as demandas vão sendo atendidas até que a vazão do manancial esteja esgotada ou até que todas as solicitações tenham sido supridas.

Para o atendimento de todas as solicitações, após esgotada a vazão do manancial, são associados níveis de garantia para cada outorga. Esta alternativa de critério não oferece a garantia de atendimento do caso do critério da vazão de referência. Ao contrário, cada usuário, em função do uso que irá exercer na bacia, recebe um *grau* de garantia. Neste caso, um uso menos prioritário pode receber uma baixa garantia de abastecimento. Entretanto todos os usuários poderão ter seu pedido de outorga aceito, mesmo que para isso tenham que aceitar menores garantias de uso. Tal processo pode servir para desestimular a instalação de usos menos prioritários no manancial, e inibir a instalação de novos usuários em bacias congestionadas.

A sistemática das outorgas, incluindo aqui as garantias associadas a estas, será orientada pelos resultados obtidos em simulações de suprimento das demandas efetivadas, relacionadas aos recursos hídricos ao longo da bacia. Vale lembrar que a vazão ecológica é aqui considerada como uma demanda, sendo assim, é suprida conforme a especificação de sua prioridade.

A utilização de critérios de priorização de demandas pode abranger diversas modalidades de aplicação, das quais se destacam dois grupos de abordagem: pelo tipo de demanda e pela garantia de suprimento.

- Pelo tipo de demanda

Nesta abordagem as demandas podem ser qualificadas segundo critérios diversos, de modo que diferentes usos tenham distintos níveis de garantia. Tais diferenças de prioridades podem ser referentes a natureza do uso, a quantidade que se consome, a expressão econômica do uso, entre outros.

- Pela natureza da demanda

A natureza e a prioridade, definida no Plano de Recursos Hídricos, da demanda são levadas em consideração para distinguir níveis de garantia. Por exemplo, o abastecimento doméstico é considerado prioritário, sendo seguido pelo atendimento da vazão ecológica, e a seguir as demais demandas.

Entretanto este critério apresenta algumas falhas, uma vez que, por exemplo, como o abastecimento doméstico pode incluir finalidades de uso como dessedentação e higiene, assim como rega de jardins e calçadas, atividades que geram maior benefício social, como indústrias e agricultura, podem ser preteridos em favor de usos menos nobres, por estes estarem associados a um usuário prioritário que tem uma definição muito abrangente.

Outro exemplo se refere a questão temporal que deve ser levada em consideração, em uma determinada estação do ano um uso pode ser mais prioritário que outro, e a legislação pode não estar prevendo tal variação temporal das prioridades, de modo que usos que gerem menos benefícios sociais têm maior prioridade.

Entretanto, a vantagem desta abordagem é que torna extremamente fácil a aplicação dos critérios, de forma que a tomada de decisões se dê mais dinamicamente.

- Pela natureza e quantidade suprida

Neste caso busca-se uma solução para o primeiro problema apresentado anteriormente. Na situação de que o abastecimento doméstico tem preferência frente a qualquer outro uso, este poderia ser abastecido de forma total, entretanto levando em consideração apenas as quantidades de água para suprir as necessidades primordiais da população.

Destaca-se que a vantagem de poder discernir sobre a relevância de diferentes usos de mesmo grau de prioridade, pode permitir que maiores volumes de água abasteçam demandas igualmente prioritárias a jusante do ponto em questão. A desvantagem, note-se, é que os critérios de discriminação devem ficar devidamente esclarecidos para tornar o processo de tomada de decisão o menos complexo possível.

- Pela expressão econômica da demanda

Partindo-se do ponto em que as necessidades ambientais e sociais se encontram devidamente priorizadas, pode-se aplicar critérios relacionados a geração de maiores benefícios econômicos para a tomada de decisão referente as garantias relacionadas aos montantes remanescentes.

- Pela garantia de suprimento

Considera-se que os usuários das demandas consideradas prioritárias têm suas necessidades atendidas com os maiores níveis de garantia.

A partir de então opera-se uma sistemática inversa à apresentada anteriormente.

São inicialmente realizados estudos hidrológicos e econômicos, que determinam diferentes montantes, estabelecidos com níveis de garantia pré-determinados, por exemplo, 80, 90 e 95% de atendimento. Assim, cada usuário pode escolher que nível de garantia ele pretende reivindicar.

Para evitar que todos usuários pretendam os maiores níveis de garantia, estes devem ser preferivelmente destinados às finalidades mais relevantes ou prioritárias, segundo o Plano de Recursos Hídricos.

Entretanto, a maior diferença em relação aos métodos anteriores, é que uma vez realizada a outorga para determinado patamar de garantia, esta deverá ser mantida, mesmo que ocorra a entrada de outros usuários na bacia.

No caso em que um novo usuário requeira outorga, deve ser realizado um novo estudo hidrológico que determinará a possibilidade de atender a demandas, nos níveis de garantia instituídos. Vale destacar que esta nova outorga só será oferecida no caso em que não comprometa as garantias dos outros usuários previamente instalados.

Enfim, expostas as alternativas existentes para a formulação da outorga, na fase C deste Plano, o tema será retomado, de modo que de forma propositiva, serão elencados critérios específicos de outorga do direito de uso da água para a bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

3.8.11.5 Documentos para formulação da outorga - MANUAL

a) Introdução

A aplicação do mecanismo de outorga de uso da água implica o desenvolvimento de uma série de documentos, que não obstante a sua simplicidade, podem gerar uma quantidade de procedimentos burocráticos indesejáveis.

O presente manual tem o objetivo de explicar, de uma maneira simples o processo da outorga, desde a solicitação inicial até a designação da vazão para o solicitante.

b) O pleito da outorga

O pleito da outorga será realizado junto ao Poder Público Outorgante. Pode-se listar os seguintes procedimentos:

I Recepção dos documentos necessários

- 1) requerimento de outorga, (ver ANEXO I, modelo fornecido pela ANA);
- 2) Identificação do requerente, (ver ANEXO II, modelo fornecido pela ANA);
- 3) Preenchimento dos formulários específicos para cada finalidade ou modalidade de uso (ver ANEXOS III a XI, modelo fornecido pela ANA);
- 4) Fotocópia autenticada da escritura pública registrada em Cartório.
- 5) Projeto executivo acompanhado da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) fornecido pelo CREA- Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura, para o estudo hidrológico, em caso de barramento. Sendo o barramento superior a 1,00 (um) metro de altura, deverão ser apresentados os cálculos estruturais do mesmo, indicando coeficiente de segurança ao deslizamento de taludes, tipo de solo, curva cota x volume, especificações do vertedouro, e demais documentos que se julgue necessário para avaliar a segurança do empreendimento.
- 6) Croquis de localização do imóvel, extraído de folha topográfica a ele correspondente, fazendo constar as coordenadas geográficas do(s) ponto(s) de captação. Caso de ser usado GPS na determinação, a precisão do mesmo não poderá ser inferior aos 10m.

- 7) Procuração com firma reconhecida quando a solicitação for feita por representante do titular do imóvel.
- 8) Anuência formalizada por instrumento público, ou carta com firma reconhecida, do titular do imóvel para terceiros ou arrendatários.
- 9) Fotocópia autenticada do contrato social ou estatuto da pessoa jurídica.
- 10) Projeto executivo do empreendimento, incluindo plantas, mapas, gráficos, ábacos, tabelas, quadros, demonstrativos e memoriais de cálculo, subscrito por técnico ou empresa, habilitado na forma da lei.

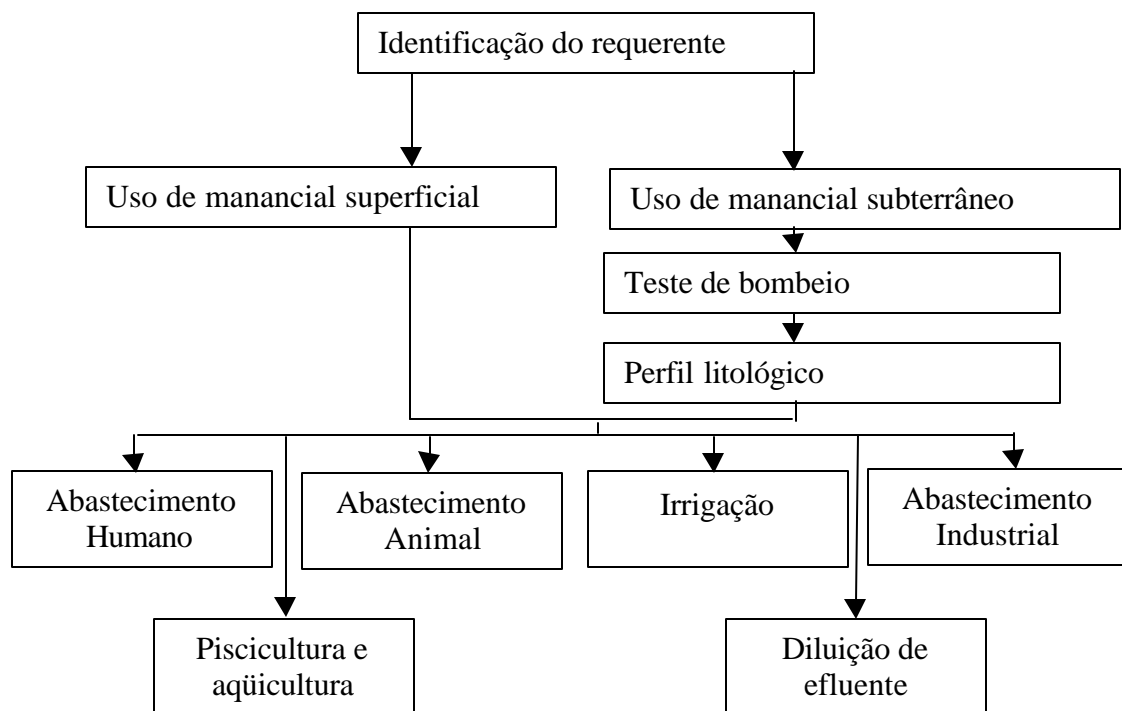


Figura 3.8.10– Descrição dos formulários a serem apresentados para avaliação da outorga

Eventuais omissões ou irregularidades serão informadas ao interessado, que deverá saná-las com a maior brevidade possível. O processo ficará interrompido, perdendo sua ordem de entrada e cabendo as infrações e penalidades correspondentes.

II Análise da adequação da demanda para o uso

O Poder público Outorgante, por meio de uma assessoria técnica adequada, respeitando as determinações ou diretrizes do Plano da Bacia, deverá decidir pela viabilidade ou não do pleito da outorga. Caso a quantidade de água solicitada seja maior ao máximo determinado para o uso, se devolverá o processo ao interessado indicando o limite a ser outorgado para o uso e características do empreendimento.

Poderá ser aprovada uma solicitação especial de maior quantidade de água que a disponibilizada neste manual para cada tipo de uso, em circunstâncias especiais devidamente fundamentadas, devendo ser a solicitude aprovada pelas 2/3 partes dos integrantes do Comitê de Bacia.

III Contraste da disponibilidade com a demanda.

Verificada a racionalidade da quantidade de água demandada, será determinada por parte do Poder Público Competente a possibilidade prática do suprimento da demanda de água no ponto de captação requerido pelo usuário.

Existindo a possibilidade da outorga da vazão solicitada, será informado o usuário, devendo este formular o pagamento da taxa correspondente para sua publicação no Diário Oficial. Após a publicação da outorga na imprensa oficial existirá um período para a contestação de outorga por parte de possíveis prejudicados.

c) Custos incorridos com a solicitação

O custeamento do processo será responsabilidade do requerente, sendo que, normalmente, é determinante no fechamento deste custo: (i) a *Finalidade do Uso*; (ii) o *Tamanho do Empreendimento* (relativizado a finalidade de uso e, (iii) o *Tipo de Manancial*.

d) Infrações e penalidades

As infrações, penalidades e circunstâncias atenuantes ou agravantes, estão especificadas na Legislação Estadual que regulamenta a Outorga de direito de uso da água.

e) Usos da água

Segundo a legislação estadual, não será objeto de outorga os usos de caráter individual para a satisfação das necessidades básicas da vida. As duas modalidades de outorga previstas são a concessão, nos casos de utilização dos recursos hídricos para fins de utilidade pública, e a autorização, nos demais casos.

A concessão de uso é o contrato administrativo pelo qual o poder público atribui a utilização exclusiva de um bem de seu domínio ao usuário, para que o explore, segundo sua destinação específica. A autorização de uso de recursos hídricos consiste em ato unilateral pelo qual o poder público outorga o direito ao uso desses recursos para fins não caracterizados como de utilidade pública, e por um prazo máximo de 10 a 30 anos, renovável por mais dois períodos iguais. Dispensa-se a outorga nos casos em que o uso da água destina-se às primeiras necessidades da vida ou em que as derivações forem feitas de pequenos reservatórios, cisternas, poços. Deverá ser solicitada a outorga em todos os outros casos.

f) Verificação de vazões para diferentes usos da água

O usuário, no momento do pleito da outorga, deverá estabelecer a quantidade de água que esta sendo requerida. Sabendo que nem sempre o usuário tem esta quantificação, são apresentadas a seguir formulações e parâmetros de utilização corriqueira, os quais devem servir a contento para esta estimativa.

Demanda urbana

Apesar de tratar-se de uso prioritário da água bruta, as empresas de abastecimento de água estão sujeitas ao regime de outorga da água. A responsabilidade da captação é da CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) ou de serviços autônomos das prefeituras, os SAMAE's. Inclusive, em alguns municípios a demanda não é atendida pelo ponto de captação "oficial" e requer outros mananciais.

Vale ressaltar que, na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, o abastecimento humano é atendido no sistema de abastecimento urbano conjuntamente com outros usos consuntivos, que vão desde consumo humano até o combate de incêndio, passando pela alimentação de fontes ornamentais, postos de lavagem, processos industriais e até mesmo pequena irrigação, logo, a prioridade ao "abastecimento urbano" pode ser avaliada para cada caso em particular.

Além disso, as perdas dos sistemas de abastecimento d'água são elevadas, superando geralmente o 50%, indicando que a outorga não dispensa das campanhas de contra as perdas e a favor da reutilização das águas. Deverão ser multados os sistemas de abastecimento com perdas maiores a 50%. Sendo a micromedição um estímulo para o uso racional da água, deverá ser fixado um período máximo a partir da aprovação deste manual, para a implementação na totalidade dos sistemas de abastecimento de água de sistemas, de micromedição de consumo.

As vazões a serem requeridas pelas companhias de abastecimento urbano, deve levar em conta o censo da população, o consumo per capita, fatores de pico de consumo, importância da atividade industrial servida e perdas no sistema de distribuição.

$$Q_0 = \frac{k_1 k_2 k_3 k_4 c_0 (P_0 + 0,25 P_0^S)}{86.400}$$

k1: Concentração da população;

K2: Segurança de suprimento de água no peak anual de consumo = 1,2;

K3: Importância da atividade industrial;

K4: Perdas do próprio sistema de abastecimento;

c₀: o consumo médio *per capita* padrão; Através do *Cadastro Primário de Usuários*, foram levantados todos os pontos;

P₀: a população permanente da comunidade a ser abastecida no início do pleito;

P₀^S: a população temporária estimada, composta de parentes, amigos e principalmente de turistas que visitam eventualmente a cidade.

Quadro 3.8.77 – Fator de Concentração da população (k₁)

População	Fator de Concentração da População (K ₁)
<5.000	1,1
5.000-10.000	1,2
10.001-20.000	1,3
20.001-50.000	1,4
50.001-100.000	1,6
100.001-200.000	1,8
200.001-300.000	2,0
300.001-500.000	2,2
>500.000	2,5

Quadro 3.8.78 –Fator de importância da atividade industrial (K₃).

Participação do Pib Industrial no Pib Total	Fator de Consumo da Atividade Industrial(K ₃), Considerando uma Reutilização da Água de 50%
<20,0	1,1
20,0-30,0	1,2
30,1-40,0	1,4
>40,0	1,6

A demanda para abastecimento urbano ao longo do horizonte de prazo da outorga pode ser estimada da seguinte forma:

$$Q_t = Q_0 [1 + r_2(t - t_0)] e^{r_1(t - t_0)}$$

Onde:

Q₀ é a vazão no ano inicial, determinada na equação anterior;

r₁=0,0134^{*1} é a taxa anual unitária de crescimento populacional;

r₂=0,0134^{*1} é a taxa anual unitária de melhoria da qualidade de vida e das instalações sanitária da comunidade;

(t-t₀) são os anos transcorridos desde o ano inicial até a época escolhida para reavaliação da vazão;

e=2,71828 é a base dos logaritmos neperianos.

¹ Valor para o período intercensal 2000-2010.

Abastecimento animal

O abastecimento d'água desedentação de animais, se inclui entre os usos prioritarios da água desde a promulgação da Lei Federal 9.433/97.

A estimativa da vazão a ser requerida, pode tomar por base os índices de consumo/cabeça, apresentados no quadro 3.8.79. O consumo diário total máximo é obtido multiplicando-se o número de cabeças de cada espécie pelo consumo diário máximo por cabeça.

Quadro 3.8.79- Consumo diário máximo de água por cabeça

Espécie	Consumo diário máximo de água por cabeça (l/dia)
Bovinos de corte	50
Gado leiteiro confinado	150
Bubalinos	60
Eqüídeos	40
Ovinos	7
Suínos	20
Caprinos	7
Aves	0,36

Piscicultura e aqüicultura

Esta demanda é considerada de forma separada por tratar-se de um tipo particular de uso para a água. No caso, serão consideradas três tipos de pisciculturas:

- 1) Extensiva: no açude ou curso de água são criados peixes como atividade complementar, inexistindo as práticas de fertilização da água e administração de alimentos aos peixes, vez que a única fonte de alimentos é aquela oriunda naturalmente da água do manancial.
- 2) Semi-extensiva: Pode ser uma das atividades principais ou mais importante na exploração de açudes. Requer a fertilização orgânica da água, fornecimento de alimentação artificial aos peixes, o controle do crescimento dos peixes, as despescas periódicas e a proteção contra espécies carnívoras.
- 3) Intensiva: É desenvolvida em viveiros mediante técnicas especiais, não sendo adaptável a pequenos açudes, salvo em condições muito especiais, alcançando produtividade de 4 a 12 toneladas de pescado por hectare de espelho de água.

Outros tipos de exploração de espécies aquáticas, como por exemplo camarão, pitus, rãs, enguias, etc., poderão ser considerados dentro da aquíicultura. Neste caso em particular só será necessário o pedido da outorga caso as águas sejam derivadas dos mananciais, constituindo um uso consuntivo. Caso contrário, dispensa-se a outorga, pois o uso se torna não consuntivo. A dispensa da outorga, ou a outorga mesma, não elimina a observância da legislação da FATMA sobre introdução de espécies exóticas (não existentes na bacia), e sobre os compostos incorporados na água.

Para estimar a vazão a ser requerida, pode-se utilizar a taxa de consumo média, levantada no Cadastro Primário de Usuários de Água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, de 25.000 m³/ha/mês (ha - área de tanques).

Agricultura irrigada

O uso da irrigação na agricultura permite elevar os níveis de produção consideravelmente, devido a que permite compensar os efeitos negativos da má distribuição espacial e temporal da precipitação. As vazões de retirada para os fins de irrigação são elevadas, embora, não comparáveis a demanda para o arroz irrigado. Na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar, a agricultura irrigada não é extensivamente utilizada, contudo, a seguir são descritos procedimentos para a estimativa da vazão a ser requerida, em função da cultura a ser irrigada.

Lâmina líquida necessária - este parâmetro é obtido pelo produto da evapotranspiração potencial pelo coeficiente de cultura (kc), obtido através do quadro 3.8.85;

Evapotranspiração potencial (ETP) - para a região da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar pode ser utilizado o valor, calculado pelo método de Penmmann = 102 mm/mês;

Lâmina bruta - é obtida pelo quociente entre a lâmina e a eficiência da rega (e), a qual depende da modalidade de irrigação, conforme indicado no quadro 3.8.86.A lâmina bruta deve ser convertida em m³/ha, multiplicando-se o valor obtido por 10.000 m²/ha;

Turno de rega - corresponde ao intervalo de tempo em dias entre uma aplicação de água e outra no terreno. O turno de rega deverão ser organizados, de tal forma que, no caso extremo de demanda, não se sobreponham excessivos usuários de um mesmo manancial. Com o turno de rega, pode ser obtida a taxa de consumo em m³/ha x dia.

Quadro 3.8.80 – Coeficiente de cultura kc, para as principais culturas na bacia (Doorenbos e Kassam, 1979)

Cultura	Período Total de Crescimento
Banana	0,85-0,95
Feijão verde	0,85-0,90
Feijão seco	0,70-0,80
Repolho	0,70-0,80
Milho verde	0,75-0,80
Milho para grão	0,75-0,90
Cebola seca	0,80-0,90
Cebola verde	0,65-0,80
Ervilha	0,80-0,95
Batata	0,75-0,90
Açafrão	0,65-0,70
Sorgo	0,75-0,85
Soja	0,75-0,90
Beterraba	0,80-0,90
Cana de Açúcar	0,85-1,05
Fumo	0,85-0,95
Tomate	0,75-0,90
Melancia	0,75-0,85
Alfafa	0,85-1,05

Quadro 3.8.81 - Eficiência de rega

Modalidade de Irrigação	Eficiência de rega (%)
Aspersão convencional	60-80
Auto-propelido	80
Pivot-central	80-90
Irrigação localizada	80-100
Infiltração	50-70
Inundação	50-70

Hidráulica de projeto – Pela hidráulica de projeto, deverão ser avaliadas as perdas no sistema local de irrigação, as quais deverão ser somadas a vazão obtida. Em nenhuma circunstancia se admitirá perdas superiores a 50% nesta etapa do diagnóstico.

Demanda da rizicultura

Dado que o uso da água para irrigação na bacia, está essencialmente associado ao cultivo do arroz, sendo pouco expressivos os volumes demandados para a irrigação de outras culturas, trata-se de uma modalidade de outorga especial.

A atividade de cultivo do arroz irrigado, é realizada na bacia, nas planícies de inundação do rio Tubarão e do rio D'Una além de uma pequena porção da planície de inundação do rio Capivari, junto a sua foz (município de Gravatal). Desta forma, atingindo as sub-bacias do Tubarão Baixo e Complexo Lagunar, bem como uma pequena porção da sub-bacia do rio Capivari.

A área total quantificada no Cadastro Primário de Usuários de Água da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar atinge cerca de 13.000 ha, o que corresponde a 91,8% da área efetivamente plantada.

Estimativas para a demanda de água a a irrigação, expressa em taxas de consumo/hectare, são apresentadas no quadro 3.8.82 e devem servir para a estimativa da vazão a ser requerida para uma lavoura de arroz irrigado. Ressalta-se que os valores mais realistas se aproximam-se de de 15.000 m³/ha/ano, considerada aqui o ano equivalente aos cinco meses de cultivo.

Quadro 3.8.82 – Consumo de água no cultivo do arroz irrigado

Referência	Consumo em l/s/ha	Consumo em m ³ /ano/ha
COPAGRO 2001 - Plantio Tradicional	0,8	10.354
COPAGRO 2001 - Plantio Pré-Germinado	0,44	5.707
Diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas de SC*	2,0	25.920
Plano Nacional de Recursos Hídricos*	1,2	15.000

*Também considera-se um período de irrigação de 5 meses

Demanda de água para indústrias e mineração

As demandas de água requeridas pelo setor industrial dependem de parâmetros pré-estabelecidos, que permitirão uma avaliação satisfatória de vazões diárias, de acordo com as especialidades de cada empreendimento.

O quadro 3.8.83 mostra o consumo de água na indústria e na mineração por unidade produzida. Estes dados podem ser tomados como referência para a determinação da vazão a ser requerida na outorga.

Quadro 3.8.83 – Compêndio de informações referentes ao consumo de água em indústrias

Produto	Unidade	Consumo água/unidade produzida
Abate de bovinos	Cabeça	1.200 a 2.500 l / cabeça
Abate de suínos	Cabeça	800 a 1.200 l / cabeça
Abate de aves	Cabeça	25 – 50 l / cabeça
Presunto, salsicha, bacon, mortadela	Tonelada	1.000 l / t
Laticínios	Kg	1 a 5 l / kg de produto
Laticínios	Litro	1 a 3 l / litro leite
Papel	Kg	100 a 400 l / kg de papel
Tecido	Metro	120.000 a 380.000 l / 1.000 m de tecido
Lã	tonelada	529.956 l / t
Fecularia	tonelada	2 a 4 m ³ / t de tubérculos
Farinha	tonelada	4,5 m ³ / t
Arame galvanizado	tonelada	135 m ³ / t
Coque	tonelada	13.627 l / t
Usinas termelétrica*	Kwh	303 l / kwh
Concreto	m ³	130 l / m ³
Ladrilhos, pisos cerâmicos, etc.	m ²	10 litros / m ²

* Os dados fornecidos pelo Complexo Termelétrico Jorge Lacerda indicam um consumo entre 30 e 40 l/s/MW, nas Usinas que operam com sistema de transporte hidráulico das cinzas e água de circulação e um consumo de menos de 1,0 l/s/MW para a Usina que opera com sistema fechado (UTLE 7)

Por fim, a vazão de outorga, a ser requerida, para estabelecimentos industriais e mineiros é obtida tomando-se por base as vazões médias diárias de um estabelecimento industrial/mineiro típico do mesmo setor de atuação da empresa pleitante, co, extraído do quadro 3.8.84.

Esse consumo padrão será corrigido pelo fator de tamanho da unidade industrial, k_1 , o qual depende do número de empregados da empresa, informação que deverá ser fornecida pelo pleitante, bem como pelo grau de reciclagem da água cuja informação também deverá ser fornecida pelo usuário.

Quadro 3.8.84 - Fator de tamanho da unidade industrial

Número de empregados	Fator de tamanho
<200	0,1
200-500	0,2
501-750	0,4
751-1000	0,6
1001-1500	0,8
1501-2000	1,0
2001-3000	1,1
>3000	1,2

A vazão média da unidade industrial em litros/seg no início do pleito de outorga é determinada através da equação:

$$Q_0 = \frac{k_1 r^* c_0}{86.000.r}$$

onde:

c_0 é a vazão média diária de um estabelecimento industrial/mineiro típico do mesmo setor de atuação da empresa pleiteante, no início do pleito da outorga (quadro 3.8.73);

k_1 é o fator de tamanho da unidade industrial (quadro 3.8.74),

r^* é o percentual padrão de água reciclada (quadro 3.8.68); r é o percentagem de água reciclada fornecido pelo usuário.

Para a projeção da vazão de água para uso industrial em qualquer tempo t , durante todo o horizonte de tempo do pleito de outorga Q_t , é feita utilizando-se a seguinte equação:

$$Q_t = Q_0 e^{\left[\frac{s}{100} \cdot \frac{r^*}{r_e} (t - t_0) \right]}$$

onde:

Q_0 é a vazão no início do pleito, determinada através de equação;

s é a taxa anual de crescimento da produção da unidade industrial pleitante, obtida através de projeção de aumento de demanda futura do produto da empresa, cuja informação deve ser fornecida pela indústria proponente e deve constar no formulário anexo;

r_e é projeção futura do percentual de água que é reutilizada no processo de produção da fábrica, informação essa que deve constar no formulário anexo;

r^* é o percentual padrão de reciclagem de água no ramo de atividade da unidade industrial.

Lançamento de efluentes

O primeiro passo no processo de outorga de lançamento de efluentes, corresponde à observância das concentrações de poluentes máximas permissíveis no curso de água, segundo a classe na qual se enquadra (Resolução CONAMA 20/1986).

Uma vez determinadas as características do corpo receptor, serão determinadas as vazões de outorga para lançamento de efluentes, sugestivamente, usando a metodologia indicada por LANNA (1999):

- Em função da classe em que o corpo de água se acha enquadrado, obtém-se a concentração limite de um dado poluente C_m (os limites estabelecidos na resolução N° 20/1996 do CONAMA).
- Como concentração é dada pelo quociente entre sua quantidade K , e um volume de diluição V , para que a concentração C_m seja alcançada, o usuário gastará um volume igual a $V = K / C_m$ para diluir sua carga.

Se as informações existentes se referem a vazão de lançamento de efluente Q_e (l/s) que, por sua vez, tem uma concentração C_e (mg/l), pode-se calcular uma vazão de diluição ao invés de um volume de diluição.

- Vazão lançada da substância: $Q_k = C_e \cdot Q_e$ (mg/s)
- Vazão total para diluição: $Q = Q_k / C_m = C_e \cdot Q_e / C_m$ (l/s)

Desta forma a vazão adicional a ser utilizada do efluente é $(Q - Q_e)$.

O procedimento deverá repetir-se para cada poluente contido no efluente, devendo ser solicitada a maior vazão necessária para a diluição de um dado poluente dentro do efluente.

Neste procedimento o usuário solicita duas outorgas: uma para lançamento de efluentes (que deve analisar os aspectos determinados no artigo 21 da Resolução n° 20/1986 do CONAMA, isto significa que caso o poluente não reúna as condições mínimas determinadas no artigo deverá ser tratado antes de ser diluído para seu lançamento no corpo receptor) e a outra de derivação (considerando o volume disponível para diluição), ambas consideradas em unidades de vazão.

3.8.11.6 Sistema de outorga de direitos de uso da água

a) Arcabouço legislativo e arranjo institucional

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos instituído, estruturado e organizado através da Lei 9.022/1993 tem por objetivo a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, e formulação, atualização e aplicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos. Para o atendimento de tais objetivos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos conta com a estrutura político-legal e institucional, representada na figura 3.8.11.



Figura 3.8.11 – Estrutura do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Conforme a Legislação Estadual, os órgãos que compreendem o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos são:

- I. *Órgão de Orientação Superior:*
Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- II. *Órgão Central:*
Secretaria de Estado de Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, ou órgão que venha a suceder-lo na defesa do meio ambiente e no gerenciamento de recursos hídricos;
- III. *Núcleos Técnicos:*
Comissão Consultiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Secretaria Executiva do Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Áreas responsáveis pelo meio ambiente e recursos hídricos do Órgão Central do Sistema;
- IV. *Órgãos Setoriais de Apoio e Execução:*
Órgãos e entidades públicas sediadas no estado, que executem ou tenham interesse em atividades relacionadas com o uso, preservação e recuperação de recursos hídricos;
- V. *Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, também denominados Comitês de Bacia de Bacia Hidrográfica:*
Organismos aos quais cabe a coordenação programática das atividades dos agentes públicos e privados relacionados aos recursos hídricos, compatibilizando, no âmbito espacial da respectiva bacia, as metas do Plano Estadual de Recursos Hídricos com a melhoria da qualidade dos corpos d'água;
- VI. *Agências de Água, também denominadas Agências de Bacia Hidrográfica.*

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, as "Agências de Águas" exercerão a função de secretaria executiva de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica, na sua área de atuação.

Com relação às questões de outorga tratadas neste item, compete ao Órgão de Orientação Superior do Sistema estabelecer as *diretrizes da Política de Recursos Hídricos*, e analisar as propostas de estudos e projetos sobre o uso, preservação e recuperação de recursos hídricos. A competência de *execução da Política Estadual de Recursos Hídricos*, em conformidade com as diretrizes gerais do Governo, cabe por sua vez, ao Órgão Central do Sistema. Em Santa Catarina, estudos no âmbito do Governo Estadual, estão ordenando a questão legal e institucional do gerenciamento dos Recursos Hídricos.

3.8.11.7 Anexos - FORMULÁRIOS DE OUTORGA

REQUERIMENTO ANEXO I

IDENTIFICAÇÃO

.....
.....
(Nome ou Razão Social)

.....
.....
(CPF ou CNPJ)

vem requerer junto à Agência Nacional de Águas direito de uso de recursos hídricos, conforme as especificações no quadro abaixo e as constantes dos formulários, de acordo com o disposto na Lei n.º 9.433, de 08/01/97, na Lei n.º 9.984, de 17/07/2000, no Decreto n.º 3.692, de 19/12/2000, no Decreto n.º 24.643, de 1934, e na legislação correlata.

CATEGORIA	MODALIDADE (preencher os formulários correspondentes)	FINALIDADE (preencher os formulários correspondentes)
<input type="checkbox"/> Outorga de direito de uso de recursos hídricos	<input type="checkbox"/> Derivação ou captação de água (Anexo III);	<input type="checkbox"/> Irrigação (Anexo VI);
<input type="checkbox"/> Alteração de outorga de direito de uso de recursos hídricos.	<input type="checkbox"/> Lançamento de efluentes (Anexo IV);	<input type="checkbox"/> Saneamento (Anexo VII);
<input type="checkbox"/> Renovação de outorga de direito de uso de recursos hídricos	<input type="checkbox"/> Obras hidráulicas (Anexo V);	<input type="checkbox"/> Indústria (Anexo VIII);
<input type="checkbox"/> Transferência / cessão de outorga de direito de uso de recursos hídricos (Anexo XII).	<input type="checkbox"/> Outra* (especificar): ----- ----- -----	<input type="checkbox"/> Aqüicultura (Anexo IX);
	* Utilizar o Anexo XI para detalhar a Modalidade.	<input type="checkbox"/> Avicultura/Bovinocultura Suinocultura / outros (Anexo X)
		<input type="checkbox"/> Outros usos – especificar (Anexo XI): ----- ----- -----

Declaro que as informações prestadas são a expressão da verdade, sujeitando-me às penas da Lei.

Termos em que,
P. Deferimento.

....., de de

.....
(Assinatura do requerente ou de seu representante legal)

Nome legal: do representante

CPF:



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA

Setor Policial Sul, Área 05 -Quadra 3, Bloco L

CEP: 70.610-200 – Brasília/DF

Informações: (61)445.5252

DADOS CADASTRAIS
ANEXO II

DADOS CADASTRAIS DO REQUERENTE				
Nome/Razão Social				
Complemento				
Nome Fantasia				
Complemento			CPF/CNPJ	
Endereço				
Complemento				
Bairro/Distrito				
Município				UF
CEP	DDD	Telefone	FAX	
e-mail				

DADOS CADASTRAIS DO EMPREENDIMENTO											
Nome da propriedade											
Complemento											
Endereço											
Complemento											
Bairro/Distrito											
Município				UF							
CNPJ Local		ITR									
Nome do proprietário											
Título de propriedade (nº matrícula)											
Forma de ocupação											
<input type="checkbox"/>	Proprietário	<input type="checkbox"/>	Comodato	<input type="checkbox"/>	Cessão de uso	<input type="checkbox"/>	Arrendamento	<input type="checkbox"/>	Área desapropriada	<input type="checkbox"/>	Outras

NO CASO DE ALTERAÇÃO OU RENOVAÇÃO, INFORMAR:				
Entidade outorgante				
Nº do processo				
Nº da Portaria				
Data da publicação da Portaria			Validade da outorga	
				anos

04DOCUMENTAÇÃO GERAL A SER ANEXADA:

- Pessoa física – CPF, Identidade (Fotocópia);
- Pessoa jurídica – CNPJ, Contrato Social com as alterações respectivas ou Estatuto da Empresa com as respectivas Atas ou similar (Fotocópia);
- Fotocópia do documento de posse ou outros;
- Em se tratando de lançamento de efluentes deverá ser juntada a Licença de Instalação ou de Operação emitida pelo órgão controle ambiental do Estado ou IBAMA;
- Parecer técnico do órgão de Controle Ambiental do Estado ou IBAMA aprovando as características físico-químicas dos efluentes lançados;
- Em se tratando de representação através de procurador deverá ser juntada a procuração autenticada em Cartório;
- Fotocópia da Portaria ou Resolução anterior, quando se tratar de renovação ou alteração; e
- Croqui de acesso ao empreendimento.

Obs.: a) Em caso de não ser proprietário, o requerente deverá anexar carta de anuência do proprietário da terra;

b) Além da documentação geral, enviar documentação específica constante dos demais formulários.

Modalidade: DERIVAÇÃO OU CAPTAÇÃO DE ÁGUA ANEXO III

Atenção! Esta página deve ser preenchida com informações de apenas um ponto de captação. Se houver mais de um ponto, **tirar cópias da mesma antes de preenchê-la.**

DADOS DO PONTO DE CAPTAÇÃO	
Município	UF
Coordenadas UTM	
m N	m E Meridiano Central °
Coordenadas Geográficas	
° ' " Latitude <input type="checkbox"/> Sul <input type="checkbox"/> Norte ° ' " Longitude Oeste	

IDENTIFICAÇÃO DO CORPO HÍDRICO DE CAPTAÇÃO	
Tipo	
<input type="checkbox"/> Rio	<input type="checkbox"/> Reservatório/Açude <input type="checkbox"/> Lago natural <input type="checkbox"/> Lagoa <input type="checkbox"/> Outro
Nome do corpo hídrico	
Para o caso de captação em reservatório ou açude informar o nome do curso d'água formador do mesmo	
Nome do rio de 1ª ordem	Nome do rio de 6ª ordem
Nome do rio de 2ª ordem	Nome do rio de 7ª ordem
Nome do rio de 3ª ordem	Nome do rio de 8ª ordem
Nome do rio de 4ª ordem	Nome do rio de 9ª ordem
Nome do rio de 5ª ordem	Nome do rio de 10ª ordem

DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO

Mês	Vazão (m ³ /h)	Tempo (h/dia)	Período (dias/mês)	Volume	
				(m ³ /dia)	(m ³ /mês)
Janeiro					
Fevereiro					
Março					
Abril					
Maio					
Junho					
Julho					
Agosto					
Setembro					
Outubro					
Novembro					
Dezembro					

Obs.:

Os valores na coluna Tempo de captação deverão ser inteiros, não cabendo números fracionados.

No caso de irrigação, os valores preenchidos nesta Tabela deverão coincidir com os valores da Planilha de Irrigação

Modalidade: LANÇAMENTO DE EFLUENTES ANEXO IV

Atenção! Esta página deve ser preenchida, bem como sua continuação, com informações de apenas um ponto de lançamento. Se houver mais de um ponto, **tirar cópias da mesma antes de preenchê-las.**

DADOS DO PONTO DE LANÇAMENTO	
Município	UF
Coordenadas UTM:	
m N	m E
Meridiano Central	
Coordenadas Geográficas	
° ' " Latitude	° ' " Longitude Oeste
<input type="checkbox"/> Sul	<input type="checkbox"/> Norte

IDENTIFICAÇÃO DO CORPO HÍDRICO DE LANÇAMENTO	
Tipo	
<input type="checkbox"/> Rio	<input type="checkbox"/> Reservatório/Açude
<input type="checkbox"/> Lago natural	<input type="checkbox"/> Lagoa
<input type="checkbox"/> Outro	
Nome do corpo hídrico	
Para o caso de captação em reservatório ou açude informar o nome do curso d'água formador do mesmo	
Nome do rio de 1ª ordem	Nome do rio de 6ª ordem
Nome do rio de 2ª ordem	Nome do rio de 7ª ordem
Nome do rio de 3ª ordem	Nome do rio de 8ª ordem
Nome do rio de 4ª ordem	Nome do rio de 9ª ordem
Nome do rio de 5ª ordem	Nome do rio de 10ª ordem

DADOS TÉCNICOS DO EMPREENDIMENTO

Mês	Vazão (m ³ /h)	Tempo (h/dia)	Período (dias/mês)	Volume	
				(m ³ /dia)	(m ³ /mês)
Janeiro					
Fevereiro					
Março					
Abril					
Maiο					
Junho					
Julho					
Agosto					
Setembro					
Outubro					
Novembro					
Dezembro					

ANEXO IV (continuação)

Tratamento prévio ao lançamento

TIPO

Características do efluente - Todas as análises deverão ser realizadas segundo os critérios estabelecidos pelo Standard Methods

Temperatura (° C)

Carga poluidora orgânica potencial (g DBO_{5,20}/m³)

Carga poluidora orgânica após tratamento (g DBO_{5,20}/m³)

Concentração de coliformes totais (NMP/100 ml)

Concentração de coliformes fecais (NMP/100 ml)

Sólidos totais (g/m³ ou mg/l)

Outros:

CASO A CAPTAÇÃO SEJA EM CORPO HÍDRICO DE DOMÍNIO DO ESTADO, INFORMAR O SEGUINTE:

Tipo de captação

Captação superficial

e/ou

Captação subterrânea

Nome do corpo hídrico

Vazão máxima de captação (m³/h)

DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA

- Parecer técnico do órgão de Controle Ambiental do Estado ou IBAMA aprovando as características físico-químicas dos efluentes lançados;
- Característica dos efluentes (por tipo de efluente gerado, se for o caso);
- Sistema de tratamento do(s) efluente(s) produzido(s);
- Operações e processos unitários empregados no tratamento de esgotos, atuais e futuros;
- Eficiência dos sistemas de tratamento na remoção de poluentes para os quais foram projetados;
- Fluxograma simplificado do(s) sistema(s) de tratamento de esgotos;
- Características do corpo receptor: vazão mínima e média de longo período e parâmetros de qualidade.

Modalidade: OBRAS HIDRÁULICAS ANEXO V

Atenção! Esta página deve ser preenchida com informações de apenas um tipo de obra. Se houver mais de uma, **tirar cópias da mesma antes de preenchê-la.**

IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE OBRA HIDRÁULICA			
Tipo de obra de reservação			
<input type="checkbox"/> Barragens	<input type="checkbox"/> Açudes	<input type="checkbox"/> Tanques de reservação	<input type="checkbox"/> Diques de proteção
<input type="checkbox"/> Diques	<input type="checkbox"/> Soleiras de nível	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Tipo de obra de desvio ou derivação			
<input type="checkbox"/> Canais	<input type="checkbox"/> Retificação	<input type="checkbox"/> Espigões	<input type="checkbox"/> Desvios
<input type="checkbox"/> Outros: _____			
Tipo de obra de travessia			
<input type="checkbox"/> Pontes	<input type="checkbox"/> Aquedutos	<input type="checkbox"/> Oleodutos	<input type="checkbox"/> Outros: _____

DADOS DO PONTO OU SEÇÃO DE INTERFERÊNCIA DA OBRA NO MANANCIAL			
Município			UF
Coordenadas UTM:			
m N	m E	Meridiano Central	°
Coordenadas Geográficas			
°	' "	Latitude	°
<input type="checkbox"/> Sul	<input type="checkbox"/> Nort	e	' "
			Longitude Oeste

IDENTIFICAÇÃO DO CORPO HÍDRICO	
Tipo	
<input type="checkbox"/> Rio	<input type="checkbox"/> Reservatório/Açude
<input type="checkbox"/> Lago natural	<input type="checkbox"/> Lagoa
<input type="checkbox"/> Outro	
Nome corpo hídrico	
Para o caso de obras hidráulicas em reservatório ou açude informar o nome do curso d'água formador do mesmo	
Nome do rio de 1ª ordem	Nome do rio de 6ª ordem
Nome do rio de 2ª ordem	Nome do rio de 7ª ordem
Nome do rio de 3ª ordem	Nome do rio de 8ª ordem
Nome do rio de 4ª ordem	Nome do rio de 9ª ordem
Nome do rio de 5ª ordem	Nome do rio de 10ª ordem

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA
<ul style="list-style-type: none"> • Identificação do responsável técnico; • Descrição geral da obra e finalidade; • Metodologia de cálculo e período de retorno utilizado; • Estudos hidrológicos e hidráulicos; • Dimensionamento das estruturas do tipo vertedouro/sangradouro; • Vazões de dimensionamento, vazões regularizadas e cheias máximas; • Estudos de operação de reservatórios; e • No caso de obras hidráulicas que impliquem inundação de áreas de terceiros, anexar cópia do termo de anuência dos proprietários atingidos.



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA

Finalidade: IRRIGAÇÃO
ANEXO VI

DADOS DO EMPREENDIMENTO	
Área total da propriedade ha	Área total irrigada ha
Cultura(s) irrigada(s):	Método(s) de irrigação

DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO PROJETO AGRONÔMICO			
Nome da Empresa		CNPJ:	
Técnico Responsável		CREA:	
Endereço			
Bairro/Distrito			
Município			UF
CEP	DDD	Telefone	FAX
e-mail			

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA
• Relatório do projeto de irrigação contendo descrição geral do empreendimento, estudos para determinação das demandas.

Finalidade: SANEAMENTO
ANEXO VII

DADOS DO EMPREENDIMENTO SOBRE POPULAÇÃO ABASTECIDA	
Atual: _____ habitantes	20 anos: _____ habitantes
10 _____ habitantes	anos: _____ Consumo <i>per capita</i> : _____ l/hab.dia
Município: _____	
Taxa de crescimento: _____ % ao ano; K1: _____; K2: _____ .	

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA
<ul style="list-style-type: none">• Descrição do sistema de abastecimento e croquis;• Contrato de concessão firmado entre a prestadora do serviço de água e esgoto e a prefeitura;• Alternativas de abastecimento de água;• Caracterização qualitativa do manancial;• Justificativa do consumo <i>per capita</i>;• Estudo populacional para os períodos de 10 , 20 anos e para a data limite do término do contrato de concessão de prestação de serviço de distribuição de água e coleta de esgotos;• Descrição de eventuais interferências a outros usuários decorrentes das derivações a serem implantadas; e• Descrição do sistema de coleta e tratamento de esgotos.

Finalidade: INDÚSTRIA
ANEXO VIII

DADOS DO EMPREENDIMENTO SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA			
PRODUTO	UNIDADE(kg, t, l, m ³ ,etc)	PRODUÇÃO (unidade/dia)	CONSUMO DE ÁGUA (m ³ /unidade)

Obs.: O campo "Unidade" diz respeito à unidade de medida da quantidade dos produtos produzidos pela indústria, por exemplo: quilo, tonelada, litro, metro cúbico.

QUADRO DE PERCENTAGENS DA VAZÃO TOTAL CAPTADA DESTINADA À INDÚSTRIA			
Meses	% da vazão de captação	Meses	% da vazão de captação
Janeiro		Julho	
Fevereiro		Agosto	
Março		Setembro	
Abril		Outubro	
Maio		Novembro	
Junho		Dezembro	

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA

- Descrição geral do empreendimento;
- Descrição do processo industrial;
- Demonstrativo de cálculo das necessidades de água tanto para o processo industrial, como para outros usos; e
- Fluxograma simplificado do processo indicando as fases em que é utilizada a água.

Finalidade: AQUICULTURA
ANEXO IX

DADOS DO EMPREENDIMENTO SOBRE A ÁREA DE ESPELHOS D'ÁGUA A SEREM UTILIZADOS NO PROJETO	
Barragens/reservatórios existentes	m ²
Barramento de rios a serem construídos para o projeto	m ²
Açudes em talvegues laterais	m ²
Tanques escavados no solo	m ²
Tanques-rede	m ²
Outros <input type="checkbox"/>	
Espécies a serem criadas	
Atividade a ser desenvolvida	
<input type="checkbox"/> Cria	<input type="checkbox"/> Recria <input type="checkbox"/> Engorda <input type="checkbox"/> Recria engorda

DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO PROJETO	
Nome da Empresa	CNPJ:
Técnico Responsável	CREA:
Endereço	
Bairro/Distrito	
Município	UF
CEP	DDD
Telefone	FAX
e-mail	

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA
<ul style="list-style-type: none"> • Descrição geral do empreendimento; • Descrição das instalações a serem utilizadas na aquicultura/ piscicultura/ carcinicultura, inclusive para tanques-rede; • Cálculo das necessidades de água para captação e lançamento (retorno ao manancial); • Cálculo das perdas de água (infiltração e evaporação). <p>OBS.: Se o projeto possuir área de espelho d'água igual ou maior que 10 ha, apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica – ART correspondente.</p>

Finalidade: AVICULTURA/BOVINOCULTURA/SUINOCULTURA/OUTROS
ANEXO X

DADOS DO EMPREENDIMENTO

Área total da propriedade	ha	Área destinada ao empreendimento:	_____ () ha _____ () m ²
---------------------------	----	-----------------------------------	--

TIPO DE REBANHO	CONFINADOS		LIVRES	
	Quantidade	Consumo (litros/cabeça)	Quantidade	Consumo (litros/cabeça)
Aves				
Bovinos				
Caprinos				
Equinos/Asininos				
Ovinos				
Suínos				
<input type="checkbox"/> Outros (especificar)				

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA

- Descrição geral do empreendimento;
- Dimensionamento das necessidades de água para dessedentação animal.

Finalidade (OUTROS USOS): _____
ANEXO XI

DADOS DO EMPREENDIMENTO SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA			
Atividade ou serviço *	Consumo de água(m ³ /h)	Atividade ou serviço *	Consumo de água(m ³ /h)

* Especificar o tipo de atividade ou serviço cujo funcionamento demanda o uso de recursos hídricos.

QUADRO DE PERCENTAGENS DA VAZÃO TOTAL CAPTADA DESTINADA A OUTROS USOS			
Meses	% da vazão de captação	Meses	% da vazão de captação
Janeiro		Julho	
Fevereiro		Agosto	
Março		Setembro	
Abril		Outubro	
Maior		Novembro	
Junho		Dezembro	

OBSERVAÇÕES

DOCUMENTAÇÃO ESPECÍFICA A SER ANEXADA

- Descrição geral da atividade e respectiva necessidade de consumo de água para seu funcionamento; e
- Fluxograma simplificado de processo indicando as fases em que é utilizada a água.

3.8.12 Análise de alternativas de critérios de cobrança pelo uso da água

A água, essencial à vida, constitui um elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. É bem precioso, de valor inestimável, que deve ser obtido a qualquer custo, conservado e protegido, prestando-se para múltiplos usos: abastecimento doméstico (rural e urbano), irrigação de culturas agrícolas (como o arroz), industrial, geração de energia elétrica (tanto por meio de hidroelétricas como termoelétricas), recreação, turismo e lazer, aquíicultura, pesca, navegação, e mesmo, assimilação e depuração de esgotos.

Quando há abundância de água, ela pode ser tratada como bem de domínio público, porém, com o crescimento das demandas, começam a surgir conflitos entre os diversos usos e usuários da água, a qual passa a ser escassa e, então, precisa ser gerida como bem econômico, devendo ser-lhe atribuído o justo valor (Setti, 2000).

Com relação à utilização da água para assimilação de esgotos, deve-se levar em conta o princípio 16 da Declaração do Rio de Janeiro da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 (Rio 92) que diz: "As autoridades nacionais devem esforçar-se para promover a internalização dos custos de proteção ao meio ambiente e o uso de instrumentos econômicos, levando-se em conta o conceito de que o poluidor deve, em princípio, assumir o custo da poluição, tendo em vista o interesse do público, sem desvirtuar o comércio e os investimentos internacionais".

Dentre desse contexto, de gerenciamento dos recursos hídricos visando o desenvolvimento sustentável, levando em conta a limitação quantitativa, principalmente em épocas de escassez, e qualitativa, de forma a inibir a poluição dos corpos d'água, o instrumento econômico de cobrança do uso dos recursos hídricos se faz necessário e imprescindível para reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu valor; incentivar o uso racional da água; e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas de intervenções necessários para a compatibilização dos conflitos entre usos e usuários d'água, previstos no Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica em análise.

O princípio da cobrança pelo uso das águas foi introduzido pela Lei 9.433/97 (que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos), porém, já estava contido genericamente na Lei 6.938/81, em seu art. 4º, VII, ao dizer que a Política Nacional do Meio Ambiente visará impor ao usuário uma contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Dessa forma, a água passa a ser vista como um recurso natural limitado e não ilimitado, como se racionou anteriormente no mundo e no Brasil. A água passa a ser mensurada dentro dos valores da economia. Isso, porém, não pode e nem deve levar a condutas que permitam que alguém, através do pagamento de um preço, possa usar a água a seu bel prazer. A valoração da água deve levar em conta o preço da conservação, da recuperação e da melhor distribuição desse bem.

Vale ressaltar que a água necessária para as necessidades básicas de cada pessoa, em que cada um vá diretamente abastecer-se, é uma captação insignificante do ponto de vista econômico, e, portanto, gratuita, consoante a interpretação dos Arts. 20 e 12, § 1º, I e II, da Lei 9.433/97.

A seguir será apresentada a especificação dos critérios de cobrança, onde serão apresentados os objetivos da cobrança, os tipos de usos sujeitos à cobrança, os princípios de cobrança, abordagens de formação de preço, além das considerações finais sobre a cobrança. Em seguida, serão apresentados os procedimentos para a formulação da cobrança e a estrutura do sistema de cobrança de direitos de usos da água, aplicável para a bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. As proposições se baseiam na Lei Federal 9.433/97, nas Leis Estaduais de Santa Catarina 9.022/93 e 9.748/94, além dos princípios básicos de cobrança consagrados na literatura nacional e internacional.

3.8.12.1 Especificação dos critérios de cobrança

a) Objetivos da cobrança - *Para que cobrar?*

Como foi citado no item 3.8.11, os instrumentos econômicos de gerenciamento de recursos hídricos procuram estabelecer o equilíbrio da sua utilização através da imposição de preços e taxas, entre outros instrumentos.

A cobrança é um destes instrumentos, e sua utilização prática é observada em grande parte dos países avançados, especialmente na Europa Ocidental.

Nestes países a gestão dos recursos hídricos desenvolveu-se numa linha que vai desde o estabelecimento de disputa em tribunais, passando pelo outorga, e culminou com uma associação que utiliza, num novo contexto, dos instrumentos legislativos, juntamente com os instrumentos econômicos, notadamente a cobrança pela utilização dos recursos hídricos.

Esta tendência teve reflexos no Brasil, que incorporou na Lei 9.433/1997 a cobrança como importante instrumento na gestão das suas águas.

Entre os objetivos da implementação da cobrança observados no Plano Nacional de Recursos Hídricos, destaca-se:

- i. I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor;
- ii. II – incentivar a racionalização do uso da água;
- iii. III – obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos, sendo vedada a sua transferência para custeio de serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição de resíduos sólidos.

b) Tipos de Usos sujeitos à Cobrança - O que cobrar?

Os possíveis usos da água são normalmente classificados em quatro tipos:

- Uso da água disponível no meio ambiente, como fator de produção ou bem de consumo final, (água bruta);
- Uso de serviços de captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição de água (serviço de abastecimento);
- Uso de serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (serviço de esgotamento);
- Uso da água disponível no ambiente como receptor de resíduos (lançamento de efluentes)

Os chamados usos de abastecimento e de esgotamento são normalmente cobrados dos usuários por companhias de saneamento.

Entretanto, uma vez que a Política Nacional de Recursos Hídricos define, no seu Art. 19, que a água deve ser reconhecida como um bem econômico, e ao usuário deve ser dado uma indicação do seu valor real, os usos de água bruta e de lançamento de efluentes devem passar a ter seu custo reconhecido, e desta forma deve ser promovida também, a cobrança por estas modalidades.

Entre as vantagens do instrumento econômico, destaca-se a auto-suficiência deste, uma vez que ele associa o valor cobrado pelo lançamento de poluentes, aos recursos necessários para o controle e fiscalização do programa de controle de poluição.

A maior desvantagem na cobrança, é que instrumento necessita de muitas informações sobre o comportamento das curvas de custos privados marginais, e de benefícios sociais marginais.

Como se verá adiante, tais informações são de difícil aquisição, em especial na quantificação do benefício social marginal associado aos usos.

Por fim, deve-se lembrar que o Poder Público interessado em cobrar o equivalente aos anseios da sociedade, por um abatimento ótimo com cobrança pelos lançamentos excedentes, pode encontrar grande resistência política daqueles que defendem os interesses econômicos dos envolvidos em maiores gastos, assim como daqueles políticos mais conservadores, para quem o princípio de padrões de emissão resultam em um maior controle.

Cobrança pela derivação e consumo de água

A utilização da água disponível no meio ambiente como fator de produção tem, entre outros, os seguintes objetivos:

- racionalizar a utilização dos mananciais, através do estímulo da economia de uso destes pela sua cobrança;
- recuperação do custo, visando a viabilidade financeira dos sistemas de recursos hídricos;
- aumentar as receitas a serem destinadas a investimentos na bacia;
- substituição de tributos, pela reorientação da sua cobrança para atividades que façam uso e/ou que poluem o meio ambiente.

A variação nos preços cobrados poderá dar-se em função de diversos fatores, por exemplo pode-se considerar o tipo de manancial do qual se fará a derivação, o tipo de uso a que esta se destina, o período do ano em que esta derivação se dará, à distância do ponto de captação, entre outros.

É comum os mananciais subterrâneos serem preservados, de maneira a promover uma reserva para usos futuros. Desta forma é uma prática comum a utilização de valores diferenciados, no caso maiores, para aqueles que se utilizam destes recursos hídricos.

A sazonalidade da cobrança pela retirada de água pode-se tornar importante em regiões, em que, na época de chuvas o rio pode ser considerado abundante em relação à demanda total, configurando uma situação em que não há necessidade de se cobrar pela retirada para refrear o consumo.

De maneira análoga pode-se fazer uma analogia aos consumos do manancial subterrâneo, uma vez que a demanda total seja inferior à recarga do aquífero, pode ser o caso em que nada precisa ser cobrado.

Entretanto, o fundamental é observar os critérios de priorização de demandas, definidos pelo Plano de Recursos Hídricos da bacia em questão, onde em função destes critérios devem ser estimados os preços a cobrar.

Conforme o Art. 11 da Lei Estadual 9.748/94, fica decretado que a cobrança pela utilização considerará a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água onde se localiza o uso, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada em seu regime de variação, o consumo efetivo e a finalidade a que se destina.

Na aplicação de um modelo de cobrança pelo uso (derivação e consumo) da água poderiam ser utilizados coeficientes como os inseridos na equação:

$$V_c = K_s * K_m * K_u * (P_u * V)$$

Onde:

V_c é o valor cobrado;

K_s um coeficiente de sazonalidade;

K_m é um coeficiente em função do tipo de manancial a ser utilizado;

K_u leva em consideração o tipo de uso a ser realizado.

P_u é um preço unitário por unidade de volume;

V é o volume utilizado.

Podem ser discriminados preços específicos para os volumes consumidos e para os volumes captados. É uma prática comum a consideração de valores mais elevados para os usos consuntivos de água.

Podem ser acrescentados alguns recursos ao modelo de cobrança acima sugerido, um exemplo poderia ser a definição de um preço máximo a cobrar, que teria por objetivo evitar que os valores cobrados alcancem cifras excessivamente elevadas.

A definição do preço unitário deverá considerar os critérios da abordagem de formação de preço a serem analisadas mais adiante.

Cobrança pelo lançamento de efluentes

A cobrança pelo lançamento de efluentes tem, em via de regra, como objetivo:

- racionalizar a utilização dos mananciais através do estímulo da economia de uso destes pela sua cobrança;
- recuperação do custo, visando a viabilidade financeira dos sistemas de recursos hídricos;
- aumentar as receitas a serem destinadas a investimentos na bacia.

Pode-se realizar a cobrança sobre fontes poluidoras industriais e municipais, isto é, aplicada a toda Pessoa Pública ou Privada que atue na degradação da bacia.

Deve-se observar as questões referentes a política de manutenção dos mananciais superficiais e subterrâneos, principalmente quando o último tiver alguma proteção com respaldo legal.

Os critérios mais importantes a serem levantados em cada bacia se referem aos tipos de lançamentos a serem cobrados. Devem ser analisados, na realidade de cada bacia, os pontos críticos em função das capacidades de depuração e dos preteridos panoramas atuais e futuros.

Conforme definido no Art. 11 da Lei Estadual 9.748/94, fica decretado que a cobrança pela diluição, transporte e assimilação de efluentes de sistemas de esgotos e de outros líquidos, de qualquer natureza, considerará a classe de uso em que estiver enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos físico-químicos dos efluentes e a natureza da atividade responsável pelos mesmos.

Algumas fontes poluentes sobre as quais é comum haver cobrança consistem em:

- Resíduos sólidos
- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- Demanda Química de Oxigênio
- Carga Inorgânica
- Sais solúveis

Os critérios de cobrança devem atender alguns pré-requisitos:

- Proporcionalmente a carga lançada;
- de acordo com o objetivo de despoluição;
- de forma a atingir a arrecadação prevista;
- proporcionalmente ao custos de tratamento de cada fonte poluente.

A estrutura de cobrança adotada pode utilizar de um modelo conforme a seguinte equação:

$$V_c = K_s * K_m * K_u * (P_1 * C_1 + P_2 * C_2 + \dots + P_n * C_n)$$

Os coeficientes acima citados: K_s , K_m e K_u , podem ser aplicados conforme os critérios apresentados na análise de cobrança por consumo e derivação da água. Estes são critérios relacionados com a disposição espacial e temporal dos usos, sendo portanto multiplicadores de todas as cargas lançadas.

Entretanto, deverão existir preços unitários diferentes (P_n) para cada uma das fontes poluentes, tendo estas suas respectivas cargas (C_n).

O valor a ser pago pela poluição gerada, será assim, proporcional à carga lançada, atingindo o primeiro pré-requisito.

Para atingir os objetivos de despoluição as fontes poluentes devem ser selecionadas criteriosamente.

De forma a atender os demais pré-requisitos deve-se tratar com cuidado a formulação do preço, atingindo assim as metas de arrecadação e considerando os custos de tratamento de cada fonte poluidora.

c) Princípios de cobrança - *De quem cobrar?*

Nos primórdios do desenvolvimento e da urbanização, com baixa renda per capita e baixa densidade populacional, o rio tem suprido as necessidades da população gratuitamente. Sendo ele relativamente abundante comparado às necessidades (abastecimento, despejo de esgotos, tomar banho, pescar, navegar, etc.), todos os usos são viáveis - a capacidade de suporte e de assimilação do rio são suficientes para todos os usos.

Na medida que as cidades se desenvolvem, com crescente renda per capita, bem como populacional da cidade, o despejo de esgotos cloacais de volta ao rio começa a superar a capacidade de autodepuração do mesmo, provocando uma degradação de qualidade do rio de tal ordem que desaparece a balneabilidade e a pesca, e o próprio abastecimento de água potável é encarecido, via aumentos de custos de tratamento. Já, em situações extremas, aparecem os problemas quantitativos.

Neste momento, o livre acesso a preço zero, não é mais possível, devendo o Poder Público intervir para racionar e racionalizar os usos, o que poderia ser realizado com a utilização de instrumentos econômicos. Da aplicação destes instrumentos, pode-se vislumbrar três princípios de determinação de quem paga pela cobrança da poluição.

No caso em que o usuário de determinado manancial se vê obrigado a pagar pela poluição gerada pelo seu processo produtivo ou pagar pelos custos de tratamento da poluição abatida, formam o *princípio de poluidor-pagador* (PPP). Tal usuário se responsabiliza pelos custos com a cobrança incorporando-os aos custos do seu processo.

Existe uma segunda alternativa de cobrança que é a aplicação do *Princípio beneficiário-pagador* (PBP) pelo qual são concedidos subsídios aos empreendedores para que adotem alternativas mais eficientes sob os pontos de vista econômico ou ambiental, sendo que tais subsídios oneram a comunidade beneficiada.

Por exemplo, concessão de descontos de tributos municipais ou estaduais aos empreendedores que adequem seus processos produtivos com proteção ambiental. Desta forma os empreendedores poderão se manter na localidade onde produzem, e podem gerar empregos e aquecer a economia local, sendo portanto garantido o interesse da comunidade local, da permanência de tal atividade na bacia.

O uso simultâneo dos dois princípios estabelece uma terceira alternativa, conforme o quadro 3.8.85.

Quadro 3.8.85 - Instrumentos econômicos (Lanna, 2000)

OPÇÃO 1 - adoção do <i>princípio poluidor-pagador</i> - PPP, pelo qual obriga-se aos agentes econômicos a incorporação dos custos de controle dos custos externos gerados aos seus custos privados.
OPÇÃO 2 - adoção do <i>princípio beneficiário-pagador</i> - PBP, pelo qual a comunidade afetada subsidia, ou suborna, os agentes econômicos para a adoção das medidas corretivas nas suas atividades.
OPÇÃO 3 - adoção de uma combinação de 1 e 2.

Outro princípio consiste da expansão do princípio poluidor-pagador, e consideraria que fosse promovida a cobrança pelo uso dos recursos ambientais de uso comum, formando um fundo de investimentos em medidas de interesse comum, contribuindo ao mesmo tempo para a eficiência econômica deste uso. Este princípio é denominado de *princípio do usuário-pagador*.

O objetivo da adoção de princípios pagadores é situar o ponto de vista de *quem paga pela cobrança* em diferentes perspectivas.

d) Abordagens formação de preço - *Como cobrar?*

Definida a necessidade de instrumentação da cobrança como mecanismo de controle dos recursos naturais, compete ao poder público o estabelecimento dos preços dos mesmos.

Independentemente do princípio adotado para a cobrança, o estabelecimento dos preços pode ser estudado sob a abordagem Custo-Benefício, ou sob a abordagem Custo-Efetividade.

Abordagem Custo Benefício (ACB)

Para compreender melhor este mecanismo de geração de preço considere-se, a possibilidade de cotejar os custos e os benefícios de vários níveis possíveis de abatimento de um determinado poluente num rio, variando estes abatimentos entre 0% e 100% do total.

Um tratamento de poluentes é realizado mediante processos agrupados em seqüência, com custos marginais crescentes (o custo por tratar cada grama a mais de poluente é cada vez maior que as anteriores).

Os custos se representam por uma curva, que para facilitar o entendimento será contínua, mas que na prática, se parece mais com degraus de uma escada (com patamares quase constantes representando os custos de tratamento para cada tecnologia).

A curva denominada de Custos Totais de Controle (CT), é uma curva que registra o custo anual equivalente do valor dos investimentos mais o valor atual dos custos operacionais de cada nível de abatimento. A medida que se aproxima de 100% de abatimento os custos vão se tornando exorbitantes.

Entretanto uma segunda curva expressa os Custos Marginais de Controle, ou seja, quanto custa tratar cada unidade adicional de poluente. Ambas curvas são distintas expressões dos mesmos valores e a esta última será utilizada na figura 3.8.11 para a determinação do preço a ser cobrado durante a negociação social.

No outro extremo, a curva de Benefícios Totais de Controle (BT), expressa a "disposição de pagar" do conjunto das pessoas afetadas pelo abatimento de poluição.

Nos níveis iniciais de abatimento, leva em conta as despesas que podem ser evitadas (em saúde, higiene, conservação e reposição de materiais, etc.) para depois, nos níveis mais elevados de abatimento, levar em conta as despesas que os indivíduos estão dispostos a fazer diante das vantagens de ter um curso d'água mais purificado (balneabilidade, pesca, turismo, etc.).

A forma da curva depende da disposição a pagar cada vez menor por maior abatimento, porque os danos incrementais evitados ou as amenidades ambientais incrementais obtidas, são cada vez menos valiosas.

Da mesma forma que no caso anterior, existe uma curva de Benefícios Marginais de Controle, ou quanto a sociedade esta disposta a pagar por abater uma unidade a mais de poluente, e esta deverá ser utilizada para montar o preço ótimo definido pela negociação social.

Suponhamos o caso em que a sociedade tem assegurado o seu direito de não ter seu ambiente poluído. A poluição começa num patamar 0, isto é, com abatimento 100%, representado pelo ponto Q_{00} na figura 3.8.13 abaixo, onde o poluidor encontra valores muito elevados de custo de abatimento marginal da poluição.

Como o benefício marginal neste ponto é zero, o empresário pode oferecer uma compensação a sociedade em troca do direito de poluir, afinal o seu custo de abatimento ainda é muito elevado.

Desta maneira, havendo uma negociação sem custos o ponto de abatimento deverá passar a ser Q_- . E como o poder de barganha do empreendedor ainda é muito elevado, ele pode continuar oferecendo um retorno financeiro maior do que aquele que a sociedade espera receber enquanto a curva de benefícios sociais marginais se encontrar abaixo da curva de custos privados marginais de abatimento.

Esta situação deve se estender até que haja um equilíbrio da disposição a pagar pelo empreendedor para continuar a poluir igual ao benefício de abatimento exigido pela sociedade, que é representado pelo Q^* da figura 3.8.13 .

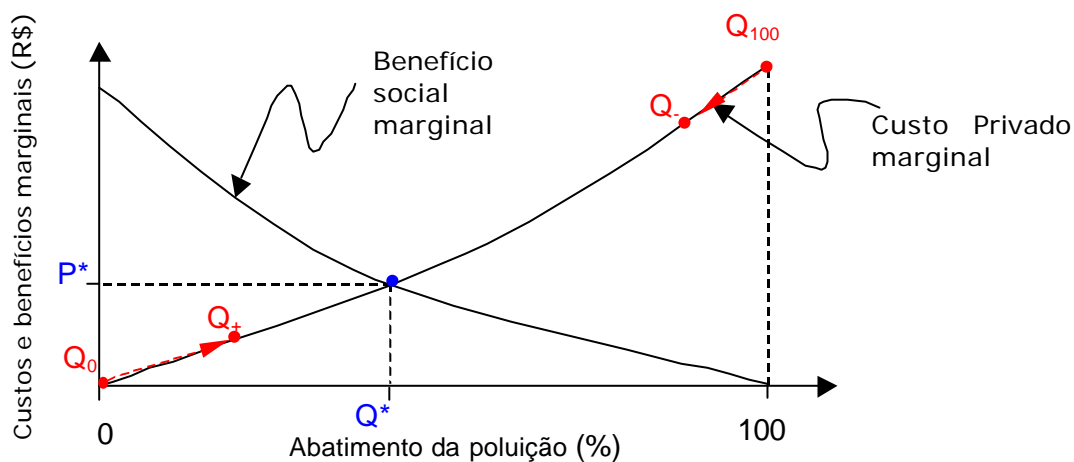


Figura 3.8.12 - Dinâmica da livre negociação entre as partes

Vendo sob uma ótica distinta, numa situação extrema, onde os direitos atribuídos pela norma legal defendem os interesses do poluidor de não abater a poluição pode-se imaginar que haja uma situação de não abatimento da poluição, igual ao ponto Q_0 no gráfico.

A sociedade consciente dos elevados benefícios do abatimento da poluição pode então negociar com o poluidor o pagamento da elevação do nível de abatimento de Q_0 para Q_+ , onde esta pagará para o poluidor pelo abatimento um valor que é menor ou igual ao benefício que o abatimento marginal lhe trás, portanto esta situação deve repetir-se até que o ponto Q_+ iguale-se ao ponto Q^* , onde a disposição a pagar da sociedade pelo incremento do abatimento é igual aos custos privados destes mesmos incrementos. Em termos de benefícios e custos totais, corresponde a maior diferença entre ambos.

Em resumo quando a situação beneficia o poluidor, de forma que este possa poluir a vontade, o nível de abatimento inicial é 0. Quando beneficia o direito da sociedade de não ter poluição, começa em 100% de abatimento. Em ambos os casos, deverá ocorrer um equilíbrio no ponto em que as curvas de custos privados marginais e benefícios sociais marginais se igualam.

Entretanto cabe ressaltar que este modelo só é válido para situações muito propícias, onde a sociedade tem pleno conhecimento dos malefícios da poluição, tem uma representação concisa e ativamente organizada e hajam mecanismos de negociação sem custos elevados, o qual resulta extremamente difícil de ser atingido em sociedades com altas desigualdades sociais, como é o caso do Brasil.

Abordagem Custo Efetividade (ACE)

Adotemos o mesmo exemplo do caso anterior. Considere que, com base em diagnósticos e projeções dos usos de água, é encontrado um determinado nível de qualidade que esse trecho do rio deverá atingir para os usos que se esperam do rio.

Segundo o que foi visto anteriormente, se constrói uma curva de custo marginal de abatimento.

Para fixar a tarifa correspondente ao custo de essa quantia de abatimento, \$ por ton de poluente, o órgão ambiental desloca sobre a curva de custo marginal até a percentagem de abatimento requerido pela simulação.

Aqueles agentes com menores custos se empenharam em tratamento para evitar o gasto em tarifa, optando pelo despejos aqueles cujo custo seja superior à cobrança.

O resultado da metodologia é a minimização dos gastos totais para que padrão de qualidade desejado seja alcançado. *Como se vê, a curva de benefício marginal sai de cena: não se está à procura de um nível ótimo de lançamento, mas apenas de um nível que minimize o custo total para se atingir um certo objetivo de qualidade* (Lanna, 2000).

Em resumo a análise custo-efetividade procurar induzir aos agentes poluidores a "indenizar o dano causado", até se atingir um determinado padrão de qualidade no corpo receptor.

e) Considerações sobre cobrança e outorga - *Por que cobrar ?*

Recapitulando vemos que no caso do *princípio de poluidor pagador* (PPP) no contexto da *abordagem custo benefício* (ACB), conhece-se o valor a ser cobrado como resultante da interseção das curvas de benefícios e custos marginais, resultando daí o "ótimo" de abatimento.

Já no contexto da *abordagem custo efetividade* (ACE) se estima o abatimento de poluição necessária em função da classe desejada para o corpo receptor, para estabelecer o preço a ser cobrado pelo uso da capacidade assimilativa do corpo receptor, via curva de custo marginal de controle.

No PPP em ACB, os agentes "poluidores internalizam" as externalidades geradas até se atingir o ponto de poluição "ótima".

No PPP em ACE, os agentes poluidores internalizam os custos de controle até o ponto desejável para a consecução da meta de qualidade desejável, tendo em vista os usos previstos e desejados do corpo receptor (Pereira *et al*, 1996).

Sob outro ponto de vista, observando-se que na outorga, o padrão de qualidade é atingido fixando um padrão de emissão igual para todas as fontes, que induza os agentes a abater a quantidade desejada.

A cobrança, independentemente da abordagem, mantém vantagem de economia e de estímulo à inovação tecnológica seja em equipamentos *end-of-pipe*, seja em mudanças de processo, mix de produtos, matérias primas, etc.

O padrão de emissão igual para todas as fontes é ineficiente sob ponto de vista global, induzindo a gastos excessivos no controle já que obriga a todos, inclusive os que tem custo elevado, a abater o mesmo volume de poluentes, gerando desperdícios no sistema.

Na cobrança, por outro lado, na tentativa dos poluidores de diminuir os custos de abatimento, e assim, diminuir o montante a ser pago na forma de tarifas, são adotadas novas tecnologias que permitam aumentar a eficiência do abatimento.

A cobrança se mostra menos eficiente que a outorga devido às suas enormes dificuldades práticas de implementação operacional, em grande escala, pela autoridade ambiental, resultantes, principalmente, dos enormes problemas de mensuração dos benefícios.

Surgem assim dúvidas a respeito de problemas do tipo "second best", controvérsias sobre o valor da taxa de desconto, valoração das vidas humanas, mas principalmente, da dificuldade para a medição da "disposição a pagar" quando a renda é muito baixa ou muito concentrada

Analisando particularmente a cobrança, nos dois contextos, o PPP presta-se a uma interpretação como imposto, cobrado pelo poder público e que vai ao seu caixa geral, tendo portanto apenas função alocativa (provisão de bem público).

Dentro da abordagem custo-efetividade, existe o caso em que os fundos arrecadados pela cobrança retornam ao sistema para o financiamento das intervenções na própria bacia. Tal é o caso ocorre no modelo francês de comitês e agências de bacia, onde por um lado se parte de um conjunto de objetivos de longo prazo a atingir, classificando em padrões de qualidade os recursos hídricos da bacia (análogo ao sistema brasileiro).

Com a qualidade a ser atingida, o comitê de bacia ou outro qualquer órgão deliberativo que represente a sociedade, com base em estudos técnico-econômicos (que no caso francês são feitos pela respectiva Agência de Água), decide as metas de abatimento a serem cumpridas e as intervenções a serem realizadas num horizonte de vários anos (5, 6 ou mesmo 7).

Calculada a tarifa necessária para atingir as metas de abatimento acordadas, o total arrecadado dos agentes que pagam (que têm um custo marginal superior à tarifa) vai para um fundo destinado a financiar os investimentos daqueles que, por terem um custo marginal inferior à tarifa, são induzidos ao abatimento.

Os recursos são repassados sob várias modalidades, que vão desde subsídios até empréstimos a taxa de juros de mercado, tudo dependendo do que foi deliberado no órgão de representação da sociedade (Comitê de Bacia), a partir das alternativas apresentadas pelo órgão técnico (Agência de Água).

No caso de haver empréstimos, o total arrecadado num determinado provém da tarifa sobre os pagadores desse ano e do retorno dos empréstimos (capital e juros) feitos nos anos anteriores. Se o total arrecadado num determinado ano não coincide com o total dos investimentos relativos às intervenções induzidas naquele ano pelo nível da tarifa, os agentes deverão complementar os recursos com captação própria, daí a importância de calcular adequadamente a tarifa. Este esquema de aplicação do PPP padece de dois tipos de limitações, estreitamente relacionados.

Em primeiro lugar, dado que os objetivos de qualidade a atingir são de longo prazo, e não amarram diretamente as intervenções (como na 1ª versão), o caminho para a consecução dos objetivos pode ser muito longo, forçando a uma tutela e pressão indesejáveis por parte do Estado.

Em segundo lugar, dada a característica acentuadamente exponencial da curva de custo marginal de controle, tem-se grandes abatimentos, relativamente pouco custosos, no início do programa, mas uma dificuldade crescente em sua aplicação à medida que, ao passarem os anos, vai-se avançando nos níveis de abatimento.

Nesse momento, o sistema de tarifas para os vários poluentes pode começar a se tornar pouco incitativo, em virtude de níveis de cobrança não suficientemente altos, e os acordos políticos mais difíceis, devido às sérias dificuldades de se dar grandes saltos nos níveis de tratamento.

3.8.12.2 Documentos para formulação da cobrança

Orientações para o órgão regulador do sistema

Uma vez que o pleito de cobrança, diferentemente do pleito de outorga, não envolve a necessidade de concessões e autorizações sobre os montantes a serem utilizados, a necessidade da criação de uma série de documentos é suprimida.

Vê-se a necessidade, entretanto, da criação de alguns procedimentos de modo a permitir ao Poder Público o acompanhamento e a fiscalização dos processos de cobrança, principalmente no que se refere a fiscalização dos montantes cobrados.

Devem ser instalados medidores de vazão nos pontos de captação, ou alternativamente, ser desenvolvido processo de averiguação de volumes declarados em função de consumos médios estimados em função da produção declarada pelo usuário. Neste último caso podem ser utilizadas as tabelas de consumo por unidade produzida, tais como aquelas apresentadas no item 3.8.11.5.

3.8.12.3 Sistema de cobrança de direitos de usos da água

Conforme já apresentado no item 3.8.11.6 o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos instituído (ver figura 3.8.12), estruturado e organizado através das Leis 9.022/1993 e 9.748/1994.

Compete ao Poder Público a efetuação direta da cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos ou a autorização para que as Agências de Água, efetuem tal ação.

Ainda no que se refere a cobrança pelo uso da água, as competências dos diversos agentes constituintes do Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, segundo a Legislação Estadual, são as seguintes:

Ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos compete:

- o estabelecimento de limites e condicionantes gerais à cobrança, no que se refere a tipo e categoria de uso;
- estabelecer mecanismos de incentivo e bonificação para usuários que promovam práticas preservacionistas;
- referendar as propostas dos Comitês para aplicação das verbas arrecadadas com a cobrança.

Aos Comitês de bacia:

- propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos os valores a serem cobrados;
- estabelecer forma, periodicidade, processo e demais aspectos técnicos e administrativos referentes a cobrança;
- propor programas quadrienais a serem realizados com as verbas arrecadadas. A aprovação dos valores também será referendada por Decreto do Poder Executivo Estadual.

Os recursos da cobrança serão enviados ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, ao qual se encontram definidas as suas competências e responsabilidades no pleito do decreto de Lei Estadual nº 2.648/1998, que regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos.

Da mesma forma que para as questões da outorga para o uso da água, na fase de Planos será apresentada uma proposta de cobrança pelo uso da água na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Referências Bibliográficas

- ABES. Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2000. 95p.
- ABES. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 1999. 464p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Regionalização de vazões da Bacia do Atlântico - Trecho Sudeste, Sub-bacias 82, 83 e 84, relatório final. Florianópolis: ANEEL / UFSC. 210p (no prelo), 2001.
- AGUIAR, A.; PHILLIPPI JR., A. A importância das parcerias no gerenciamento de resíduos sólidos domésticos. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Abes, 1999.
- ANEEL. Base de Dados Hidrológicos – Hidrodata. Bacia 7: Bacia do Uruguai. Agência Nacional de Energia Elétrica. Versão 1.1. 2000a.
- ANEEL. Sistemas de Informações Georreferenciadas de Energia e Hidrologia – Hidrogeo. *Bacia 7: Bacia do Uruguai*. Agência Nacional de Energia Elétrica. Versão 1.1. 2000b.
- ARROZ IRRIGADO: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. 4ª ed. rev. e atual. Itajaí, SC: EPAGRI / EMBRAPA-CPACT / IRGA, 1997. 80 p.
- ASSEMAE. Drenagem Urbana, Menos Alagamentos, mais qualidade de vida. Alternativa políticas, financeiras e tecnológicas para enfrentar alagamentos, inundações e coleta de esgotos nos municípios brasileiros. Associação dos Serviços Municipais de Saneamento, Núcleo de Drenagem Urbana, 1998.
- AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K. Modelos de simulação e de rede de fluxo. In: PORTO, R. L. (organizador) / Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS / ABRH. Cap. 4, pp. 165 – 228, 1997.
- BACK, A. J. Precipitações Extremas para o Estado de Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI. 39p. 1995.
- BAHIA. Leis, decretos, etc. Decreto Estadual nº 6.296 – Outorga de direito sobre uso de Recursos Hídricos, infiltração e penalidades. Salvador, 1997.

- BAHIA. Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. Manual de Outorga de direito de uso da água. Salvador, 1997.
- BENDER, M. O Caso da Bacia do Rio Tubarão In: Tribunal da Água: Casos e Descasos, 1994. Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1994. P. 108-125. 399p.
- BENDER, M. Zoneamento ambiental e avaliação dos recursos hídricos na sub-bacia do Rio Rocinha, Município de Lauro Müller - SC. Florianópolis: UFSC, 1998. 189p. Dissertação (mestrado em geografia).
- BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto Federal nº 24.643 – Código de Águas. Brasília, 1934.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. Lei Federal nº 9.433 – Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.
- BRASIL. Leis, decretos, etc. Lei Federal nº 9.938 - Plano Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Fundação Getúlio Vargas, 1998. 199p. Volume X – Recursos Hídricos na Bacia do Atlântico Sul – Vertente Sul/Sudeste.
- CAMPOS, C. M. M.; HARDOIM, P. C.; BOTELHO, C. G.; SEVERO, J. C. A. Programa computacional para simulação e dimensionamento de sistemas de tratamento de dejetos suínos. In: Anais do XXVIII Congresso de Engenheiro Agrícola. Pelotas, 19-21/julho, 1999.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível na internet. Outubro de 2001. <http://www.cetesb.sp.gov.br>
- CHACO. Leis, decretos, etc. Decreto nº 173 – Reglamenta Ley nº 3230. Resistencia, 1990.
- CHACO. Leis, decretos, etc. Ley nº 3230 – Código de aguas. Resistencia, 1990.
- COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS (CMB). Barragens e desenvolvimento: um novo modelo para tomada de decisões. Disponível em: <http://www.dams.org>, 2000.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO / CENTRO DE HIDRÁULICA E HIDROLOGIA PROF. PARIGOT DE SOUZA. Vazões de estiagem em pequenas bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina, relatório final. Florianópolis: CASAN / CEHPAR. 38p, 1982.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20. Brasília, 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 237. Brasília, 1997.

COPAGRO - Cooperativa Agropecuária de Tubarão. Responsável Pres. Valdir A. Zaccaron. [Relação de Produtores - s.n.t.] 2001a.

COPAGRO - Cooperativa Agropecuária de Tubarão. Responsável Pres. Valdir A. Zaccaron. [Desenvolvimento - s.n.t.] 2001b.

Ellis, J.B. Sediment yield and BMP control strategies in urban catchments. Proceedings Erosion and sediment yield: Global and regional perspectives. IAHS, Exeter, 1996.

FATMA - Fundação do Meio Ambiente. CERSU - Coordenadoria Regional Sul. Programa de Proteção e Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Santa Catarina. Junho, 1995.

FRANARIN. Tabela de composições de preço da construção civil. Franarin e Cia. Ltda, 2002.

GERMANO, Andréa; PEDROLLO, Márcia C. Regionalização de Vazões na Bacia do Rio Tubarão. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte: ABRH, 1999.

GOSMANN, H. A.; FILHO, P. B.; CASTILHOS, A. B.; PERDOMO, C. C. Manejo dos dejetos de suínos com bioesterqueira e esterqueira convencional. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu: Abes, 1997.

GREEN BUILDING DIGEST. Energy. Liverpool, United Kingdom: Ethical Consumer Research Association (ECRA), The Technical Aid Network (ACTAC), n.6, Set./1995.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. Manual de tratamento de águas residuárias. Tradução da 26ª edição alemã. São Paulo, 1996.

LANNA, A. E. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos - Desafio da Lei das Águas. Héctor Muñoz, organizador. Ministério do Meio Ambiente, MMA. Secretaria de Recursos Hídricos, SRH, 2000.

LANNA, A. E. Gestão de Recursos Hídricos. Notas de Aula, Porto Alegre, 1999.

- LANNA, A. E. L., 1997. Introdução. In: PORTO, R. L. (organizador) / Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS / ABRH. Cap. 1, pp. 15 – 42.
- LANNA, A. E.; BENETTI, A. D. Estabelecimento de critérios para definição da vazão ecológica no Rio Grande do Sul, relatório 1 – revisão do estado da arte. Porto Alegre: Secretária de Meio Ambiente / Fundação Estadual de Proteção Ambiental. 49p (no prelo), 2000.
- LIMA, U. C.; PIZA, F. J. T. Comparação de viabilidade econômica entre as soluções isolada e consorciada na gestão de resíduos sólidos domésticos nos municípios do interior do Estado de São Paulo. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Abes, 1999, 1999.
- LOPES - Projetos Ambientais e Consultoria Ltda. COCALIT - Coque Catarinense Ltda. CSN - Companhia Siderúrgica Nacional. Plano de Controle Ambiental: Banhado da Estiva : Capivari de Baixo/SC.
- LOPES, L.J. Rizicultura e poluição por metais pesados em águas da Bacia do Rio D'Una - SC. Florianópolis: UFSC, 1998. 134p. Dissertação (mestrado em geografia).
- MONTEGIA, L. O. [Comunicação verbal]. Porto Alegre, 2001.
- MUÑOZ, H. Concretização de uma parceria. In: COMITÊS DA BACIA DO RIO TUBARÃO E COMPLEXO LAGUNAR. Jornal das Águas. Tubarão. p. 2, 1997.
- MUÑOZ, H. Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos, Desafios da lei das águas de 1997. Héctor Muñoz, organizador. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos, 2a ed. p. 13-30, 2000.
- PORTO, R.L. Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos. Organizador Rubem La Laina Porto. Ed. Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.
- RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Porto Alegre / executado por PROESP Engenharia e AZAMBUJA Engenharia e Geotecnia; coordenado por Eduardo Azambuja et al. Volume IV: Proposição de Soluções. Tomo E. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento – Pró-Guaíba, 1998.
- SANT'ANNA, F. S. P.; CORSEUIL, H. X.; FRELLO, A. Avaliação da biodessulfurização do carvão mineral de Santa Catarina por intemperismo natural, lixiviação com água ácida de mina e inoculação bacteriana. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Abes, 1999.

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Constituição Estadual de Santa Catarina. Florianópolis, 1989.

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Decreto nº 2.285 – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Florianópolis, 1997

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Decreto nº 2.648 – Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Florianópolis, 1998

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 6.739 – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Florianópolis, 1985.

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 9.022 – Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Florianópolis, 1993.

SANTA CATARINA. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 9.478 – Política Estadual de Recursos Hídricos. Florianópolis, 1994.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Diagnóstico Geral – Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

SANTOS, E. Contribuição ao estudo de poluição ambiental por metais pesados: a área do banhado da estiva dos pregos. Florianópolis: UFSC, 1992. 122p. Dissertação (mestrado em geografia).

SÃO PAULO, SECRETARIA DE ENERGIA E SANEAMENTO – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Controle de erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo: DAEE/IPT, 1989.

SÃO PAULO. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 9.034 – Plano Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo, 1994.

SÃO PAULO. Leis, decretos, etc. Portaria DAEE nº 717 – Anotações a propósito dos documentos sobre outorgas. São Paulo, 1996.

SDM. Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: Diagnóstico Geral. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis, SC. 163p. 1997.

SDM. Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis, SC. 163p. 1998.

- SDM. Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Florianópolis, SC. 398p. [s.d.].
- SDM. Proposta de Anteprojeto de Lei para a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Santa Catarina. [s.d]
- SENADO FEDERAL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, 1988.
- SERGIPE. Leis, decretos, etc. Lei Estadual nº 3.870 – Outorga de direito de uso de Recursos Hídricos. Aracajú, 1997.
- SETTI, A. A., WERNECK LIMA, J. E. F., CHAVES, A. G. M., PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. 328 p, 2001.
- SETTI, A. A.. Legislação para uso dos recursos hídricos. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (editores) Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Cap. 2, pp. 121-412, 2000.
- SHINOBE, A., SRACEK, A. Drenagem ácida e seu impacto ambiental. Revista de Saneamento Ambiental, n.48, p.20-22, 1998.
- SOBRINHO, A. P.; LEITE, J. E. F.; PEREZ, M. F.; MINDRISZ, M. M. Reuso de água para abastecimento público industrial no município de Santo André (SP): a viabilidade econômica e as dificuldades institucionais para implantação na região metropolitana de São Paulo. In: Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões, Porto Alegre: ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica – Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS.168 p, 2000.
- TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. 1993.
- URBONAS, B.; STAHR, P. Stormwater Best Management Practices and Detention. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p, 1993.
- VEIGA, S. N.; FORCELLINI, F. A.; BACK, N.; TOTTENE, M. A. Desenvolvimento conceitual de um separador de sólidos e dejetos suínos, destinados aos pequenos agricultores. In: Anais do XXVIII Congresso de Engenheiro Agrícola. Pelotas, 19-21/julho, 1999.

VIEGAS FILHO, J. S., 1999. PROPAGAR 2000 for windows: manual do usuário. Pelotas: Faculdade de Engenharia Agrícola e Núcleo de Informática Aplicada / UFPel; Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS. 50p.