

6 DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUANTITATIVA E QUALITATIVA

6 DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Neste Capítulo é analisada a disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e dos aquíferos subterrâneos na área de abrangência do Plano. São analisados os aspectos quantitativos e qualitativos com base em estudos já realizados.

6.1 Disponibilidade Hídrica Superficial

6.1.1 Curvas de Permanência: Estimativa da Disponibilidade Hídrica Superficial

Tendo em vista que a área de abrangência do plano é relativamente restrita do ponto de vista regional, um dos estudos da maior importância para o presente plano foi a determinação da curva de permanência de vazões médias naturais específicas regionalizada, de forma a se poder avaliar a disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais.

A curva de permanência relaciona as vazões com a percentagem do tempo em que estas serão igualadas ou superadas. Uma curva de permanência é obtida através do ordenamento das séries históricas de vazões e tem um caráter probabilístico, portanto quanto maior a série de dados mais representativa é a curva de permanência. A determinação de uma curva de permanência específica para cada uma das quatro grandes bacias na área de abrangência do Plano teve como objetivo criar uma ferramenta de rápida e fácil aplicação tanto na avaliação da disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais como na avaliação de metas progressivas de enquadramento dos corpos d'água em função da probabilidade das vazões de diluição da DBO.

6.1.1.1 Curva de Permanência para as Bacias do Alto Iguaçu e Rio da Várzea

Estudos anteriores já determinaram uma curva de permanência regionalizada para a Bacia do Alto Iguaçu, a qual foi construída no Projeto Bacias Críticas (USP/UFPR, 2006)¹. Tais estudos foram realizados com o objetivo de facilitar os procedimentos de outorga para captação e lançamento, cuja vazão de referência é a Q95, calculada através do modelo desenvolvido no projeto HG 171 elaborado pelo CEHPAR.

Basicamente, o HG 171 regionaliza os dados fluviométricos e fornece, entre outras informações, as curvas de permanência com intervalos de confiança determinados, caso a caso, através de distribuição de probabilidades estatísticas. No entanto, a utilização do modelo HG 171 é recomendada para bacias hidrográficas de dimensões da ordem de 1.000 km². Com o objetivo de avaliar o risco em utilizar o modelo HG 171 em bacias hidrográficas menores que 1.000 km² foi desenvolvido um modelo de regionalização local

(1) Bacias Críticas: Bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão; Relatório Parcial nº 10; meta física 5 – critérios para a definição de vazões críticas para enquadramento.

com preenchimento de falhas e extensão das séries através de regressão linear múltiplas e desagregação destas em séries diárias. A partir das séries de vazões diárias reconstituídas, foram determinadas as curvas de permanência para diversos pontos de controle, de forma a aferir sua adequabilidade.

Os resultados do estudo mostram que todas as curvas de permanência para as vazões específicas apresentam o mesmo comportamento o que confirma a hipótese de utilização de uma única curva de permanência para toda a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, que foi finalmente determinada através do cálculo da média simples das diversas curvas determinadas para os postos de controle selecionados. Segundo o Projeto Bacias Críticas, Relatório Parcial 10 (USP/UFPR, 2006) foram realizados diversos testes de validação da curva regionalizada com alguns postos de controle, e as diferenças encontradas são qualitativamente pequenas pois se referem a diferenças para vazões muito altas (com permanência menor que 10% do tempo), o que não impede a utilização da curva de permanência de vazões específicas para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu na faixa de vazões que interessa aos presentes estudos.

Ainda, com o objetivo de auxiliar a utilização da curva de permanência regionalizada em processos computacionais, foi ajustada a uma equação logarítmica representativa da curva de permanência de vazões específicas. A partir das equações mostradas abaixo, pode-se facilmente obter a vazão específica para qualquer tempo de permanência, bem como, de forma inversa, determinar a permanência de vazões específicas para qualquer área de bacia no Alto Iguaçu.

$$Q_{\text{especif}}\% = -17,800 \text{ LN}(\%PER) + 84,000 \quad [1]$$

$$\%PER = \text{EXP}((84,00 - Q_{\text{especif}}\%) / 17,800) \quad [2]$$

Onde:

$Q_{\text{especif}}\%$ = vazão específica para um tempo de permanência (%PER), em L/s/km², e

%PER = tempo de permanência, em valor percentual entre 1 e 100.

A título de ilustração, a partir da equação 1 foram determinadas as vazões específicas nas sub-bacias do Alto Iguaçu para os tempos de permanência 50, 60, 70, 80 e 95 por cento do tempo, mostradas na Tabela 6.1 abaixo.

Tabela 6.1 - Vazões Específicas na Bacia do Alto Iguaçu

| Permanência (%) | Vazão Específica (L/s.km ²) |
|-----------------|---|
| 50 | 14,37 |
| 60 | 11,12 |
| 70 | 8,38 |
| 80 | 6,00 |
| 95 | 2,94 |

Tem-se ainda, com base na integração da equação 1, que a vazão específica média para as sub-bacias do Alto Iguaçu teria uma permanência de 37,99% do tempo e um valor aproximado de 19,25 L/s.km².

Adotou-se para a bacia do Rio da Várzea a mesma curva de permanência das vazões específicas determinada para a bacia do Alto Iguaçu em razão da proximidade e características similares de formação, orografia e declividades. Vale notar que o rio da Várzea é afluente do rio Negro, por sua vez afluente do Iguaçu a jusante da área de abrangência dos presentes estudos.

6.1.1.2 Curvas de Permanência para as Bacias dos Afluentes do Rio Ribeira

Com o objetivo de se verificar a aplicabilidade da mesma curva de duração regionalizada na Bacia do Alto Iguaçu para as bacias dos afluentes do rio Ribeira (Açungui e Capivari), na área de estudo, foi feito um estudo comparativo. A Figura 6.1 mostra quatro curvas de permanência de vazões específicas elaboradas com os dados dos postos fluviométricos Barragem Capivari – Montante (536 km²), Balsa do Jacaré (1.680 km²), Ponte do Açungui (540 km²) e a curva determinada na seção anterior para o Alto Iguaçu.

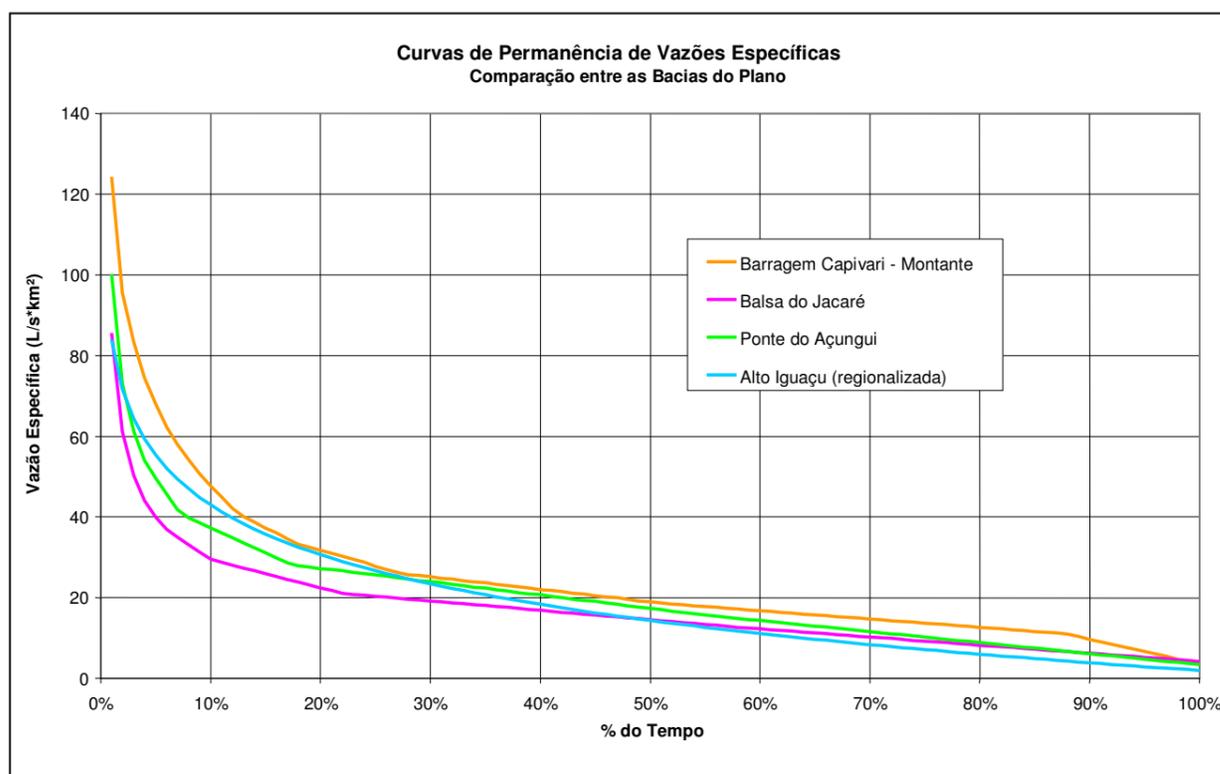


Figura 6.1 – Curvas de Permanência de Vazões Específicas

Em geral, o que se observa é o esperado padrão que se obtém ao comparar curvas de permanência de bacias com áreas muito diferentes: Bacias maiores apresentam curvas mais “regularizadas”, com valores superiores (acima da vazão média específica) mais baixos e valores inferiores (abaixo da vazão média específica) mais altos que os valores das bacias menores. Nota-se que para vazões com permanência superior à vazão média (38%) a curva de permanência regionalizada para o Alto Iguaçu apresenta valores conservadores, de 20 a 40% inferiores às curvas dos postos do Açungui e 50% ou mais em relação ao Capivari. Já para vazões maiores que a média (permanências menores) a curva do Alto Iguaçu apresenta valores ligeiramente superiores às curvas dos postos do Açungui e ainda menores que da barragem do Capivari. Nota-se, também, que os valores das vazões específicas indicadas pela curva de permanência das vazões da Barragem Capivari – Montante são sempre maiores do que os das outras bacias, para qualquer permanência.

Considerando as diferenças observadas entre as curvas de duração face aos objetivos do presente Plano, optou-se por utilizar curvas de duração individualizadas para cada uma das bacias analisadas. Para o rio Açungui, adotou-se a curva de permanência ajustada para os dados do posto Balsa do Jacaré, em virtude do maior período de observações disponível e por fornecer valores ligeiramente mais conservadores para permanências acima de 38% em relação ao posto Ponte do Açungui. Para o Rio Capivari, adotou-se os dados do posto Barragem Capivari – Montante.

Da mesma forma que para a curva de duração da bacia do Alto Iguaçu, foram ajustadas curvas logarítmicas aos valores das curvas de duração pelo método dos mínimos quadrados, com a finalidade de simplificar os processos computacionais. As equações das curvas de duração das vazões específicas a serem utilizadas em cada uma das bacias e sub-bacias de análise são apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Curvas de Duração das Vazões Específicas

| Bacia | Equação |
|----------------------|---|
| Alto Iguaçu e Várzea | $Q_{\text{especif}} = -17,800 * \text{LN}(\text{PER}\%) + 84,000$ |
| Açungui | $Q_{\text{especif}} = -12,810 * \text{LN}(\text{PER}\%) + 63,588$ |
| Capivari | $Q_{\text{especif}} = -16,331 * \text{LN}(\text{PER}\%) + 83,050$ |

Onde:

$Q_{\text{especif}}\%$ = vazão específica para um tempo de permanência (%PER), em L/s/km², e
 %PER = tempo de permanência, em valor percentual entre 1 e 100.

6.1.2 Disponibilidade de Mananciais Superficiais para Abastecimento Público

Os mananciais superficiais contemplados neste diagnóstico situam-se em quatro grandes bacias hidrográficas: do Alto Iguaçu, do rio Açungui, do Capivari e do rio da Várzea. A Bacia do Alto Iguaçu em sua porção leste abriga a maior parte dos mananciais utilizados até a presente data para abastecimento de Curitiba e região metropolitana. No entanto, a parte oeste, onde existe a Bacia do Rio Verde, a norte e quase a totalidade do extremo sul possuem as maiores áreas de potenciais hídricos.

O Decreto Estadual 6.390/06 define as áreas de manancial para o abastecimento público na área de abrangência do Plano. Na Tabela 6.3 essas áreas estão ordenadas segundo as bacias do Plano e conforme as Seções de Controle determinadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos para a área de abrangência do Comitê da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira.

Da Tabela 6.3 depreende-se que a bacia do Alto Iguaçu responde por cerca de 1/4 da área de mananciais contemplada pelo Decreto 6390/06. As bacias do rio da Várzea e do rio Capivari respondem por cerca de 1/5 cada uma, e a bacia do rio Açungui, a maior delas, contribui com cerca de 1/3 da área total de mananciais.

Na Tabela 6.3 estão também apresentadas as estimativas de disponibilidade das vazões superficiais em cada uma das sub-bacias que compõem as bacias do Plano, organizadas segundo as seções de controle. As estimativas de disponibilidade de vazões apresentadas foram calculadas com base nas curvas de duração, determinadas para cada uma das sub-bacias consideradas neste plano, e nas estimativas de áreas dessas bacias, realizadas a partir das bases de dados georreferenciados fornecidas pela SUDERHSA. Nesta tabela as vazões possuem o seguinte significado:

- Q95% = vazão com permanência de 95% do tempo, a ser utilizada como indicador da vazão mínima do rio;
- Q60% = vazão com permanência de 60% do tempo, a ser utilizada como estimativa da vazão factível de ser regularizada em cada bacia com a utilização de reservatórios. A vazão regularizada real de cada bacia depende das regras de operação dos reservatórios, bem como estimativas mais precisas a respeito do volume de assoreamento, volume útil e níveis de eutrofização;
- Q38% = vazão média de longo período, calculada a partir da integração da curva de permanência das vazões regionalizada para cada bacia. Corresponde à máxima vazão teórica que poderia ser regularizada em cada bacia com o auxílio de reservatórios, uma estimativa do limite superior da capacidade de regularização.

Assim, tem-se que o limite de utilização dos mananciais do Alto Iguaçu, seria algo da ordem de 10,68 m³/s, considerando a regularização de todos os mananciais. Alcançado este limite e além das vazões que venha a se explorar no aquífero *karst*, ter-se-ia que partir para a utilização das águas das bacias do Várzea, Açungui, ou utilizar parte das vazões alocadas à geração de energia hidrelétrica no reservatório UHE Capivari/Cachoeira.

Tabela 6.3 - Bacias Hidrográficas Contempladas no Decreto Estadual 6.390/06 e Consideradas no Plano

| Bacia | Seção de Controle | Sub-bacia | Área (km ²) | % da Área de Mananciais | Q 95% (m ³ /s) | Q 60% (m ³ /s) | Q 38% (m ³ /s) | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| Alto Iguaçu | IG1 | Rio Irai | 164 | 3,2% | 0,48 | 1,82 | 3,16 | |
| | | Rio Itaqui | 44 | 0,9% | 0,13 | 0,49 | 0,84 | |
| | | Rio Pequeno | 130 | 2,6% | 0,38 | 1,45 | 2,51 | |
| | | Rio Piraquara | 102 | 2,0% | 0,30 | 1,14 | 1,97 | |
| | IG1 Total | | | 440 | 8,6% | 1,29 | 4,89 | 8,47 |
| | IG2 | Rio Atuba | 14 | 0,3% | 0,04 | 0,15 | 0,27 | |
| | | Rio Palmital | 29 | 0,6% | 0,09 | 0,33 | 0,57 | |
| | IG2 Total | | | 43 | 0,8% | 0,13 | 0,48 | 0,83 |
| | IG3 | Rio Barigui | 64 | 1,2% | 0,19 | 0,71 | 1,23 | |
| | | Rio Cotia | 52 | 1,0% | 0,15 | 0,58 | 1,01 | |
| | | Rio Curral das Éguas | 4 | 0,1% | 0,01 | 0,04 | 0,07 | |
| | | Rio Despique | 66 | 1,3% | 0,19 | 0,73 | 1,26 | |
| | | Rio Faxinal | 68 | 1,3% | 0,20 | 0,75 | 1,30 | |
| | | Rio Maurício | 42 | 0,8% | 0,12 | 0,46 | 0,80 | |
| | | Rio Miriguava Mirim | 22 | 0,4% | 0,06 | 0,24 | 0,42 | |
| | | Rio Miriguava | 116 | 2,3% | 0,34 | 1,29 | 2,23 | |
| IG3 Total | | | 432 | 8,5% | 1,27 | 4,81 | 8,32 | |
| IG4 | Arroio dos Biazes | 5 | 0,1% | 0,01 | 0,05 | 0,09 | | |
| | Rio Passaúna | 153 | 3,0% | 0,45 | 1,70 | 2,95 | | |
| | Rio Verde | 167 | 3,3% | 0,49 | 1,85 | 3,21 | | |
| IG4 Total | | | 325 | 6,4% | 0,95 | 3,61 | 6,25 | |
| IG5 | Rio Itaqui (Campo Largo) | 45 | 0,9% | 0,13 | 0,50 | 0,87 | | |
| Alto Iguaçu Total | | | 1.285 | 25,2% | 2,82 | 10,68 | 18,49 | |
| Rio Açungui | AC1 | Rio Açungui | 1.370 | 26,9% | 7,20 | 15,27 | 23,28 | |
| | AC2 | Rio Açungui | 342 | 6,7% | 1,80 | 3,81 | 5,81 | |
| Rio Açungui Total | | | 1.712 | 33,6% | 8,99 | 19,07 | 29,09 | |
| Rio Capivari | CP1 | Rio Capivari | 557 | 10,9% | 4,83 | 9,01 | 13,16 | |
| | | Rio do Engenho | 10 | 0,2% | 0,08 | 0,16 | 0,23 | |
| | CP1 Total | | | 566 | 11,1% | 4,92 | 9,17 | 13,39 |
| CP2 | Rio Capivari | 394 | 7,7% | 3,42 | 6,38 | 9,32 | | |
| Rio Capivari Total | | | 961 | 18,8% | 8,34 | 15,55 | 22,71 | |
| Rio da Várzea | IG6 | Ribeirão Claro e Rio Estiva | 105 | 2,1% | 0,31 | 1,16 | 2,02 | |
| | | Rio Cachoeira | 132 | 2,6% | 0,39 | 1,47 | 2,54 | |
| | | Rio Calixto | 39 | 0,8% | 0,12 | 0,44 | 0,76 | |
| | | Rio da Várzea | 868 | 17,0% | 2,55 | 9,66 | 16,72 | |
| Rio da Várzea Total | | | 1.144 | 22,4% | 3,37 | 12,73 | 22,03 | |
| Total Geral | | | 5.102 | 100,0% | 23,52 | 58,03 | 92,33 | |

6.2 Qualidade das Águas Superficiais

6.2.1 Fontes de Informação

O diagnóstico sobre a qualidade das águas superficiais foi construído a partir dos principais estudos realizados por instituições como o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná – SUDERHSA e a Universidade Federal do Paraná - UFPR. Nos trechos de bacias onde não foram encontradas informações junto às instituições competentes, que contemplem uma visão sistêmica dos níveis de qualidade da água atual, o respectivo diagnóstico foi realizado, basicamente, pelos dados fornecidos pelas estações de monitoramento de qualidade da água situadas naqueles trechos de bacias.

6.2.2 Qualidade da Água Superficial da Bacia do Alto Iguaçu

O Plano de Despoluição Hídrica, desenvolvido entre 1999 a 2001, realizado pela SUDERHSA, construiu o diagnóstico de qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu relativo ao ano de 2005, buscando avaliar o seu grau de atendimento ao enquadramento dos corpos de águas em classes, segundo a Portaria da SUREHMA nº 20/1992. Conforme disposto na Portaria, os rios da bacia do Alto Iguaçu de domínio do Estado do Paraná pertencem à Classe 2, com exceção dos seguintes:

- Classe especial: rios situados na área de tombamento da Serra do Mar e na Área de Especial Interesse Turístico, Rio Capitanduva e seus afluentes, Rio dos Papagaios e seus afluentes desde suas nascentes até o Recanto dos Papagaios; e
- Classe 3: Rio Belém, a jusante do bosque João Paulo II e Rio Barigüi, a jusante do Parque Barigüi.

O diagnóstico de qualidade da água do Plano de Despoluição Hídrica constatou que a maior parte dos cursos de água na bacia do Alto Iguaçu encontra-se na Classe 4 ou pior que Classe 4. A espacialização desta informação encontra-se no Mapa D.07, que apresenta as classes de qualidade da água em que se encontram, atualmente, o rio Iguaçu e seus principais afluentes. Em paralelo, têm-se também a informação das classes destes rios segundo o enquadramento disposto na Portaria SUREHMA nº 20/92.

Os mesmos resultados foram encontrados nos estudos que compõem o Projeto “Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão”. Este estudo está sendo realizados pela Universidade Federal do Paraná em parceria com a Universidade de São Paulo – USP, através dos respectivos Departamentos de Engenharia Hidráulica e Saneamento. Este Projeto foi iniciado em 2005 e seu término está previsto para junho de 2007.

Neste Projeto, vêm sendo realizadas exaustivas simulações de qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu, através de um modelo matemático calibrado para diferentes cenários de vazões de referência. Os resultados destas simulações mostram que atualmente as descargas de matéria orgânica por fontes pontuais e difusas, feitas ao longo de toda a bacia do Alto Iguaçu, tem acarretado a poluição dos corpos hídricos em níveis muito acima dos limites críticos aceitáveis pela legislação, conforme enquadramento estabelecido pela Portaria SUREHMA nº 20/1992.

Outra consideração bastante relevante é que a violação dos níveis críticos aceitáveis de poluição ocorre não apenas nos eventos de vazões mínimas (vazão de 95% de permanência, por exemplo), mas também quando da ocorrência da vazão média de longo período. A Figura 6.2, a seguir, ilustra os resultados das simulações de qualidade da água, tendo como referência o ano de 2005, para o parâmetro da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, para as vazões de 95% e 80% de permanência e a vazão média de longo período.

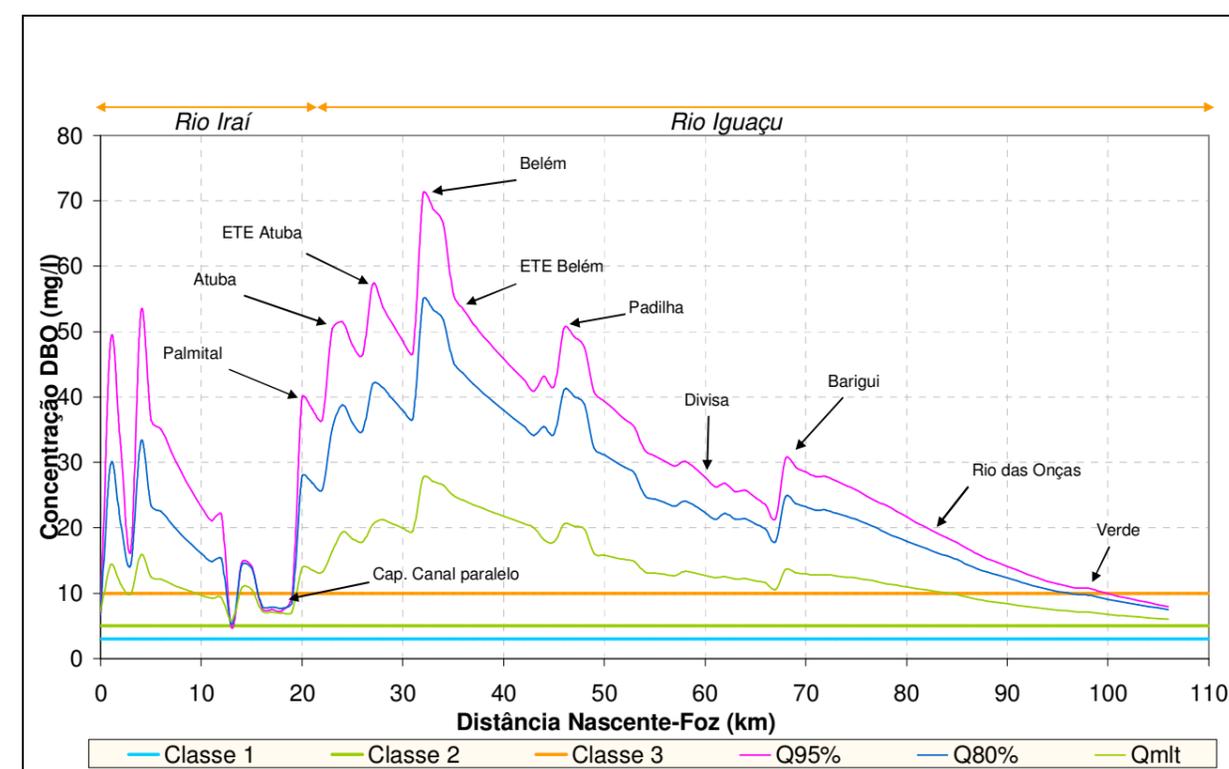


Figura 6.2 - Concentração de DBO ao Longo do rio Iguaçu para o Ano de 2005 e Vazões de 95% e 80% de Permanência e Vazão Média de Longo Período (Qmlp).

O Projeto Bacias Críticas também fornece o diagnóstico de qualidade da água dos principais afluentes do rio Iguaçu. A Tabela 6.4 apresenta um resumo da situação atual de qualidade da água destes afluentes, em termos de DBO, para o ano de 2005 e vazão de referência de 95% de permanência. Os valores de concentração de DBO mostrados referem-se aos valores máximo, mínimo e médio do perfil de concentração de DBO ao longo de cada afluente estudado. Os valores limites de DBO é igual ou inferior a 5 mg/l, segundo o enquadramento atual da Portaria da SUREHMA nº 20/92.

Tabela 6.4 - Concentrações de DBO nos Afluentes para a Vazão de 95% de Permanência em 2005

| Margens | Rio | Concentração DBO (mg/l) | | |
|-----------|------------------|-------------------------|--------|--------|
| | | Médio | Mínimo | Máximo |
| Direita | Palmital | 49 | 5 | 86 |
| | Atuba | 81 | 9 | 171 |
| | Belém | 226 | 10 | 270 |
| | Padilha | 131 | 10 | 208 |
| | Barigui | 63 | 6 | 109 |
| | Passaúna | 34 | 5 | 72 |
| | Verde | 21 | 4 | 47 |
| | Cambuí | 76 | 12 | 116 |
| Esquerda | Iraizinho | 34 | 5 | 69 |
| | Piraquara | 3 | 0 | 6 |
| | Canal Paralelo | 44 | 2 | 120 |
| | Itaqui | 18 | 3 | 42 |
| | Pequeno | 10 | 1 | 66 |
| | Ressaca | 158 | 13 | 272 |
| | Maurício | 11 | 5 | 28 |
| | Mascate | 75 | 2 | 167 |
| | Pianduva | 5 | 3 | 11 |
| | Faxinal | 6 | 5 | 8 |
| | Cotia | 6 | 4 | 7 |
| | Despique | 5 | 4 | 7 |
| | Divisa | 122 | 9 | 201 |
| | Miringuava | 9 | 2 | 34 |
| | Miringuava Mirim | 5 | 4 | 8 |
| | Isabel Alves | 17 | 5 | 30 |
| Das Onças | 8 | 5 | 12 | |

Fonte: Projeto Bacias Críticas – Relatório Parcial n° 12/2006 - UFPR/USP(2007)

Na seqüência, as Figuras 6.3, 6.4 e 6.5 apresentam o perfil de concentração de DBO, relativo ao ano 2005 e vazão de referência de 95% de permanência, para os rios Atuba, Belém e Barigui.

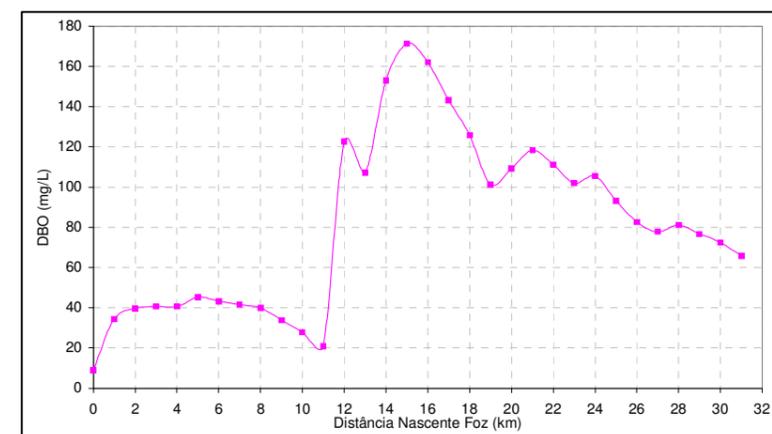


Figura 6.3 - Concentração de DBO ao longo do rio Atuba para o ano de 2005 e vazão de 95%

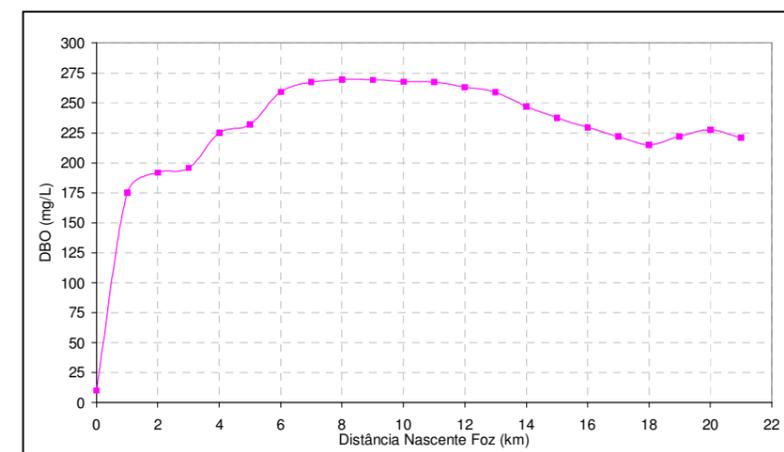


Figura 6.4 - Concentração de DBO ao longo do rio Belém para o ano de 2005 e vazão de 95%

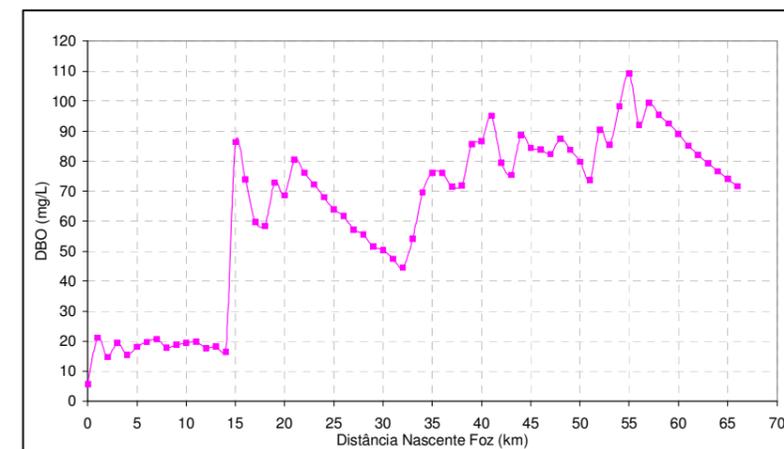


Figura 6.5 - Concentração de DBO ao longo do rio Barigui para o ano de 2005 e vazão de 95%

Em linhas gerais, os resultados das simulações mostram que os afluentes que drenam a margem direita da bacia do Alto Iguaçu possuem condições de qualidade da água muito inferior aos da margem esquerda. Isto se deve ao reflexo do efeito de avanço da mancha de ocupação urbana. Já a maioria dos afluentes da margem esquerda do rio Iguaçu está mais preservada em termos de qualidade da água, pois não tem sofrido com acelerada dinâmica de uso e ocupação do solo como a de seus vizinhos da margem direita. Entretanto, para que essa situação se mantenha, cabe ressaltar a necessidade da forte atuação do Poder Público em termos de fiscalização e gerenciamento do uso e ocupação do solo, de modo a minimizar os impactos advindos da futura ocupação desta região.

Entre as principais causas da deterioração da qualidade da água na bacia se destacam os efluentes domésticos e industriais. O sistema de esgotamento sanitário é insatisfatório, pois apenas 57,6% da população urbana da RMC possui sistema de coleta de esgoto e destes 87,2% tem o seu esgoto tratado, com uma eficiência média de 70% (SANEPAR, 2006).

Quanto à questão dos efluentes industriais, com base no Cadastro de Usuários dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Curitiba, efetuado pela SUDERHSA em 2000, foram caracterizados 306 estabelecimentos industriais poluidores dos recursos hídricos em termos de matéria orgânica, localizados na RMC. Verificou-se que destas 306 empresas, apenas 27 (menos do 9% do universo), representam mais de 90% dos lançamentos realizados fora da rede pública, sendo que 45 desses estabelecimentos (79%) não atendem aos padrões de lançamento de cargas definidos pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP (SUDERHSA, 2000). Destaca-se, entretanto, que a carga orgânica de origem industrial equivale a apenas 10% do total da carga que é lançada nos corpos hídricos em relação a todas as fontes de poluição existentes na Bacia: doméstica, industrial e difusa.

As informações mostradas até o momento referem-se a porção da bacia do Alto Iguaçu que vai desde suas nascentes até a confluência do rio Iguaçu com o rio Verde. Esta área engloba a maior parcela da área urbanizada da RMC. No entanto, a jusante deste trecho até as corredeiras situadas no município de Porto Amazonas não foram encontradas informações, junto às instituições competentes, que contemplem uma visão sistêmica dos níveis de qualidade da água atual deste trecho da bacia. As informações da qualidade da água existentes são basicamente as fornecidas pelas estações de monitoramento de qualidade da água situada na região.

Para a caracterização da qualidade da água do rio Iguaçu, entre a foz do rio Verde e o município de Porto Amazonas, utilizaram-se os dados de monitoramento da estação Porto Amazonas – cód. 65035000, situada ao final da área de abrangência do Comitê da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira. As Figuras 6.6 a 6.11, a seguir, mostram o comportamento dos parâmetros de qualidade da água do rio Iguaçu monitorados no período de 1977 a 2001 na estação citada.

Figuras 6.6 a 6.11 Qualidade da Água no Rio Iguaçu em Porto Amazonas

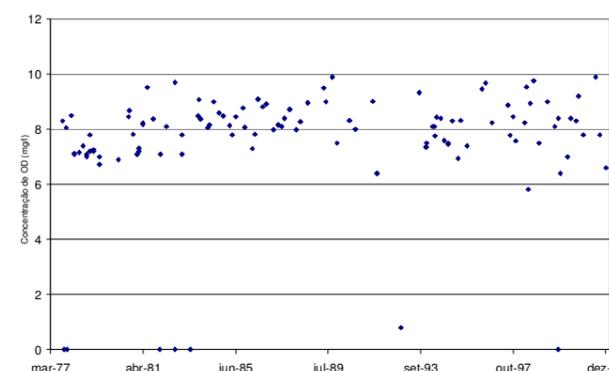


Figura 6.6 – Concentração de OD

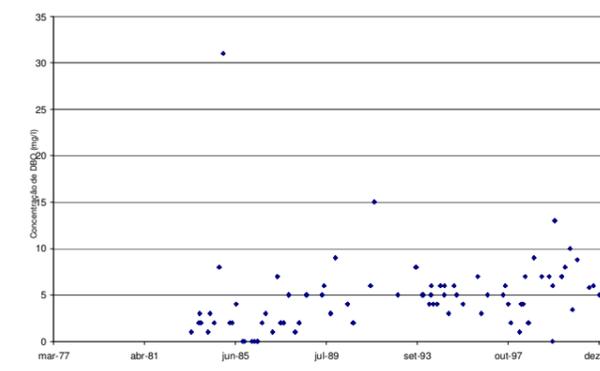


Figura 6.7 – Concentração de DBO

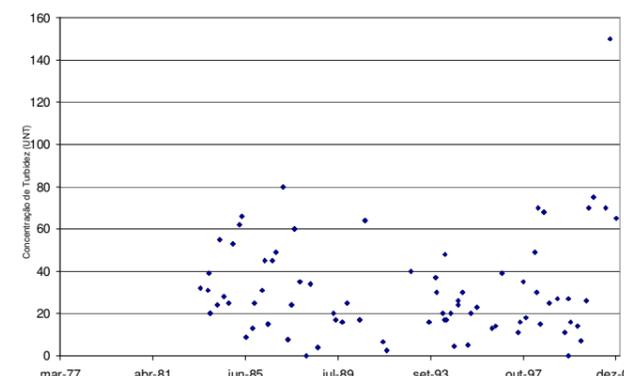


Figura 6.8 – Concentração de Turbidez

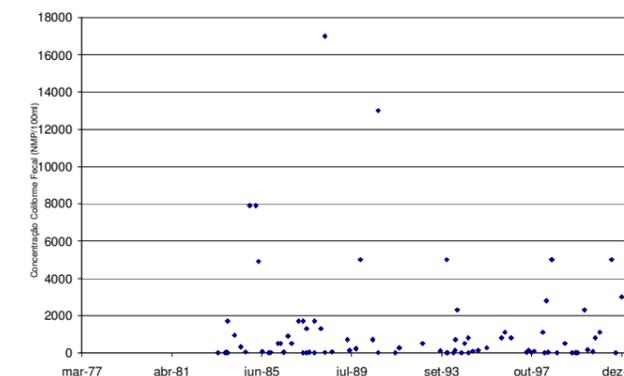


Figura 6.9 - Concentração de Coliformes Fecais

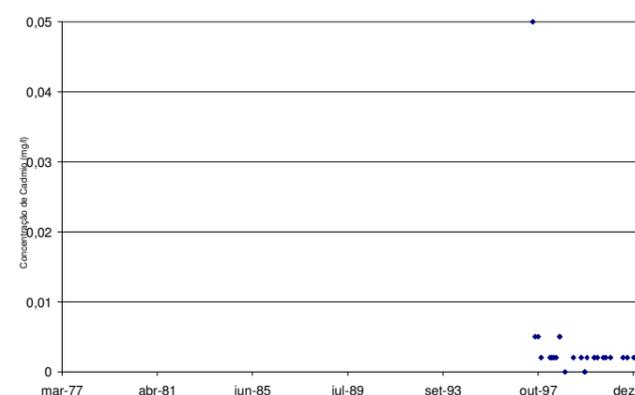


Figura 6.10 – Concentração de Cádmio

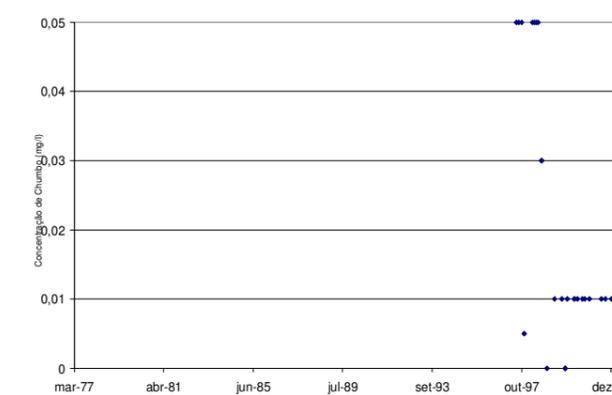


Figura 6.11 – Concentração de Chumbo

Os dados mostram que o rio Iguaçu, entre a confluência do rio Verde e o posto de monitoramento citado, recupera significativamente os níveis de qualidade da água. Os níveis de concentrações da OD são equivalentes aos da Classe 1; os níveis de DBO são equivalentes ao da Classe 3; e os níveis de turbidez são equivalentes aos da Classe 2. Em termos de coliforme fecal, 32% das amostras tiveram valores superiores a 1.000 NMP/100ml. Em termos de metais pesados, o posto de Porto Amazonas monitorou chumbo e cádmio. Dos valores amostrados, 41% dos dados de concentração de chumbo estiveram superior aos limites da classe 2, de 0,01 mg/l, e todos os valores de concentração de cádmio variam entre 0,002 mg/l e 0,005 mg/l, sendo que em apenas uma medição o valor foi de 0,05 mg/l, valores estes superiores aos limites da classe 2 de 0,001 mg/l.

6.2.3 Estudos do IAP

Estudos desenvolvidos pelo IAP mostram que especificamente no que se refere aos mananciais urbanos, os resíduos oriundos das atividades humanas, ao poluírem suas águas, não causam apenas danos à qualidade físico-química, estendendo-se seus efeitos aos aspectos bacteriológicos, e ecotoxicológicos, com efeitos sobre o ecossistema natural e às comunidades aquáticas envolvidas. É neste contexto que o IAP desenvolveu forma de avaliação integrada dos efeitos da poluição sobre a qualidade da água, através do indicador denominado por Avaliação Integrada da Qualidade das Águas Superficiais (AIQA).

O AIQA tem objetivo de fornecer informações sobre a qualidade das águas através da consideração multimétrica de elementos de natureza diversa. Busca, portanto, a integração dos resultados das análises físico-químicas e biológicas na construção de uma estrutura que permita uma avaliação mais precisa sobre a presença dos poluentes e dos seus efeitos nas comunidades aquáticas.

No cálculo do AIQA pretendeu-se associar três diferentes visões da qualidade. A avaliação físico-química tem por objetivo a quantificação da carga orgânica presente nos cursos d'água. A avaliação bacteriológica complementa esta análise pela indicação do grau de contaminação dos cursos d'água pelas bactérias do grupo Coliforme. E a avaliação ecotoxicológica avalia o efeito deletério de agentes físicos ou químicos presentes na amostra ao microcrustáceo aquático *Daphnia magna* (bioindicador).

Para tanto, a metodologia utilizada para o cálculo do AIQA está baseada na análise multiobjetivo, através do método da Programação de Compromisso, o qual baseia-se em uma noção geométrica do "melhor". Neste método, são identificadas as soluções que estão mais próximas da solução ideal mediante o uso de uma medida de proximidade. Considera-se esta medida como sendo a distância que as separa uma dada solução da ideal. O detalhamento da metodologia de cálculo do AIQA é encontrado em IAP, 2005.

As variáveis físico-químicas, bacteriológicas e ecotoxicológicas de qualidade das águas consideradas no AIQA são relacionadas a seguir.

Qualidade Físico-Química:

| | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| Turbidez | Temperatura | Oxigênio Dissolvido |
| Saturação de Oxigênio | pH | Condutividade |
| DBO 5 dias a 20°C | DQO | Nitrogênio Amoniacal |
| Nitritos | Nitratos | Nitrogênio Kjeldhal |
| Fosfato Total | Resíduos Suspensos a 103° C | Fenóis |
| Surfactantes | Cádmio | Chumbo |
| Cromo | Mercúrio | Níquel |
| Zinco | | |

Qualidade Bacteriológica:

| | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Escherichia coli | Coliformes Totais | Coliformes Fecais |
|------------------|-------------------|-------------------|

Qualidade Ecotoxicológica:

Toxicidade Aguda com *Daphnia magna*

A avaliação do AIQA se dá em pontos de monitoramento do IAP ao longo da Bacia do Alto Iguaçu. Estes pontos se situam em 68 trechos de 40 rios monitorados, os quais foram agrupados em 7 subsistemas. Estes subsistemas englobam as seguintes áreas:

- Subsistema 1 – Rio Irai, seus formadores e contribuintes;
- Subsistema 2 – Rio Iguaçu, entre a estação de captação da Sanepar na BR 277 e o Município de Porto Amazonas;
- Subsistema 3 – Afluentes da margem direita do rio Iguaçu, após a confluência deste com o rio Irai, na BR 277;
- Subsistema 4 – Afluentes da margem esquerda do rio Iguaçu;
- Subsistema 5 – Rios formadores das sub-bacias dos rios Verde e Passaúna;
- Subsistema 6 – Rios formadores da sub-bacia do rio Miringuava;
- Subsistema 7 – Rio Açungui.

Os resultados do AIQA por período nos pontos amostrais dos subsistemas 1 a 6, fornecidos pelo IAP, são mostrados nos quadros 6.1 a 6.6. Os dados do AIQA do Subsistema 7 – Rio Açungui não são apresentados, pois segundo IAP, este é o único subsistema no qual os dados de monitoramento não são suficientes para a determinação deste indicador.

Quadro 6.1 - Subsistema 1 – Rio Irai, seus formadores e contribuintes

| Código | Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|--------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| AI01 | Iraí | 0,85 Poluído | 0,79 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI02 | Timbu | 0,99 Poluído | 0,82 Poluído | 0,77 Med. poluído | 0,84 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI03 | Palmital | 0,83 Poluído | 0,89 Poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI16 | Piraquara | 0,51 Muito poluído | 0,7 Med. poluído | 0,32 Boa | 0,29 Boa | 0,32 Boa | 0,82 Poluído |
| AI17 | Iraí | 0,94 Poluído | 0,81 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,89 Poluído | 1,02 Muito poluído |
| AI18 | Pegueno | 1,06 Muito poluído | 0,83 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,58 Boa | 0,76 Med. poluído | 0,82 Poluído |
| AI22 | Itaqui | 0,87 Poluído | 0,75 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,78 Med. poluído | 0,81 Poluído | 0,82 Poluído |
| AI39 | do Meio | 0,8 Med. poluído | 0,71 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI40 | Pegueno | 0,8 Med. poluído | 0,51 Pouco poluído | 0,51 Pouco poluído | 0,25 Boa | 0,56 Pouco poluído | 0,96 Poluído |
| AI41 | Piraquara | 0,73 Med. poluído | 0,55 Pouco poluído | 0,6 Pouco poluído | 0,31 Boa | 0,34 Boa | 0,87 Poluído |
| AI42 | Palmital | 0,88 Poluído | 0,81 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI43 | Iraizinho | 0,93 Poluído | 0,75 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI44 | Cangui | 0,83 Poluído | 0,77 Med. poluído | 0,77 Poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído | 0,92 Poluído |
| AI45 | Curralinho | 0,77 Med. poluído | 0,36 Boa | 0,52 Pouco poluído | 0,76 Med. poluído | 0,8 Med. poluído | 0,8 Poluído |
| AI46 | Tumiri | 0,56 Pouco poluído | 0,7 Med. poluído | 0,61 Med. poluído | 0,65 Med. poluído | 0,57 Pouco poluído | 0,95 Poluído |
| AI47 | Cachoeira | 0,76 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,77 Med. poluído | 0,98 Poluído | 0,85 Poluído | 0,79 Med. poluído |
| AI48 | Itaqui | 0,95 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,8 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI49 | do Meio II | 0,75 Med. poluído | 0,7 Med. poluído | 0,55 Pouco poluído | 0,84 Poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI71 | Iraí | | 0,82 Poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI72 | Pegueno | | 0,62 Med. poluído | 0,8 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI83 | Cerrado | | | | | 0,82 Poluído | |
| AI88 | Itaqui | | | | | | 0,95 Poluído |
| AI90 | Piraquara | | | | | | 0,85 Poluído |
| AI91 | Piraquara | | | | | | 0,75 Med. poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.2 - Subsistema 2 – Rio Iguazu, entre a estação de captação da Sanepar na BR 277 e o Município de Porto Amazonas

| Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|--------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| AI 04 Iguazú | 1,00 Muito poluído | 0,79 Med. poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,05 Muito poluído |
| AI 13 Iguazú | 0,84 Poluído | 0,63 Med. poluído | 0,78 Med. poluído | 0,72 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 14 Iguazú | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,12 Muito poluído |
| AI 20 Iguazú | 0,96 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,12 Muito poluído |
| AI 24 Iguazú | 0,97 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,12 Muito poluído |
| AI 25 Iguazú | 1,00 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,92 Poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.3 - Subsistema 3 – Afluentes da Margem Direita do Rio Iguazu, após a confluência deste com o rio Iraí, na BR 277

| Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| AI 08 Atuba | 0,97 Poluído | 0,96 Poluído | 0,96 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 09 Padilha | 0,95 Poluído | 1,18 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,05 Muito poluído |
| AI 10 Barigui | 1,02 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,12 Muito poluído |
| AI 15 Belém | 1,05 Muito poluído | 1,03 Muito poluído | 1,07 Muito poluído | 0,95 Poluído | 1,1 Muito poluído | 1,22 Muito poluído |
| AI 19 Belém | 1,11 Muito poluído | 1,18 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,15 Muito poluído | 1,22 Muito poluído |
| AI 55 Atuba | 0,89 Poluído | 0,89 Poluído | 0,86 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 56 Belém | 0,96 Poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 57 Barigui | 0,76 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,77 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,95 Poluído |
| AI 58 Barigui | 0,84 Poluído | 0,79 Med. poluído | 0,79 Med. poluído | 0,79 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 59 Uvu | 0,95 Poluído | 0,87 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 60 Barigui | 1,01 Muito poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído | 0,84 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 61 Barigui | 1,12 Muito poluído | 0,98 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,96 Poluído | 1,00 Poluído |
| AI 62 Bacacheri | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 63 Bacacheri | 1,01 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 64 Água Verde | 1,01 Muito poluído | 0,95 Poluído | 1,03 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,22 Muito poluído |
| AI 65 Ivo | 1,18 Muito poluído | 1,01 Muito poluído | 1,18 Muito poluído | | 0,95 Poluído | 1,22 Muito poluído |
| AI 66 Vila Fany | 1,01 Muito poluído | 1,2 Muito poluído | 0,95 Poluído | | 0,95 Poluído | 1,22 Muito poluído |
| AI 67 Vila Parolin | 0,96 Poluído | 1,18 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 1,22 Muito poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.4 - Subsistema 4 – Afluentes da Margem Esquerda do Rio Iguazu

| Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Maurício AI23 | 0,70 Med. poluído | 0,25 Boa | 0,25 Boa | 0,71 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 1,25 Muito poluído |
| Despique AI26 | 0,65 Med. poluído | 0,26 Boa | 0,41 Med. poluído | 0,51 Pouco poluído | 0,64 Med. poluído | 0,82 Poluído |
| Cotia AI52 | 1,01 Muito poluído | 0,40 Boa | 0,15 Muito boa | 0,25 Boa | 0,77 Med. poluído | 0,82 Poluído |
| dos Patos AI52 | 0,48 Pouco poluído | 0,50 Pouco poluído | 0,70 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,95 Poluído |
| Maurício AI53 | 0,77 Med. poluído | 0,50 Pouco poluído | 0,41 Pouco poluído | 0,25 Boa | 0,75 Med. poluído | 0,95 Poluído |
| Faxinal AI54 | 0,51 Pouco poluído | 0,50 Pouco poluído | 0,40 Boa | 0,83 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,95 Poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.5 - Subsistema 5 – Rios formadores das sub-bacias dos rios Verde e Passaúna

| Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| AI 11 Passaúna | 0,67 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,84 Poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI 12 Verde | 0,89 Poluído | 0,45 Pouco poluído | 0,76 Med. poluído | 0,51 Pouco poluído | 0,77 Med. poluído | 0,89 Poluído |
| AI 27 Passaúna | 0,63 Med. poluído | 0,27 Boa | 0,14 Muito boa | 0,76 Med. poluído | 0,56 Pouco poluído | 0,79 Med. poluído |
| AI28 Passaúna | 0,85 Poluído | 0,75 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,92 Poluído |
| AI29 Passaúna | 0,87 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,50 Med. poluído | 0,71 Med. poluído | 0,77 Med. poluído | 0,79 Med. poluído |
| AI30 Passaúna | 0,96 Poluído | 0,78 Med. poluído | 0,77 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,82 Poluído | 0,95 Poluído |
| AI31 Cachoeirinha | 0,81 Poluído | 0,75 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,76 Med. poluído | 0,84 Poluído | 0,82 Poluído |
| AI32 Passaúna | 0,82 Poluído | 0,75 Med. poluído | 0,77 Med. poluído | 0,89 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,95 Poluído |
| AI33 Cachoeira | 0,87 Poluído | 0,75 Med. poluído | 0,70 Med. poluído | 0,85 Poluído | 0,76 Med. poluído | 0,89 Poluído |
| AI34 Sem Nome | 0,84 Poluído | 0,8 Poluído | 0,56 Pouco poluído | 0,58 Pouco poluído | 0,7 Med. poluído | Med. poluído |
| AI35 Ferraria | 0,78 Med. poluído | 0,78 Med. poluído | 0,75 Med. poluído | 0,86 Poluído | 0,8 Poluído | 0,82 Poluído |
| AI36 Passaúna | 0,41 Pouco poluído | 0,1 Muito boa | 0,35 Boa | 0,58 Pouco poluído | 0,75 Med. poluído | 1,05 Muito poluído |
| AI37 Passaúna | 0,52 Pouco poluído | 0,45 Pouco poluído | 0,60 Pouco poluído | 0,89 Poluído | 0,95 Poluído | 1,12 Muito poluído |
| AI68 Cambuí | 0,96 Poluído | 1,18 Muito poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído | 0,95 Poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.6 – Subsistema 6 – Rios formadores da sub-bacia do rio Miringuava

| Rio | Mar92 - Fev95 | Mar95 - Fev97 | Mar97 - Fev99 | Mar99 - Fev01 | Mar01 - Fev05 | Mar05 - Mar07 |
|------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| AI 07 Miringuava | 0,79 Med. poluído | 0,68 Med. poluído | 0,27 Boa | 0,25 Boa | não avaliado | 0,95 Poluído |
| AI 38 Miringuava | 0,81 Poluído | 0,61 Med. poluído | 0,51 Pouco poluído | 0,45 Pouco poluído | não avaliado | 0,75 Med. poluído |
| AI 50 Miringuava-mirim | 0,65 Med. poluído | 0,6 Pouco poluído | 0,66 Med. poluído | 0,45 Pouco poluído | não avaliado | 0,95 Poluído |

Fonte: IAP, 2007

Quadro 6.7 – Legenda dos Quadros 6.1 à 6.6

| | |
|-----------|--|
| 0,0 - 0,2 | Qualidade das águas compatível com CLASSE 1 (Resolução CONAMA 20/86) |
| 0,2 - 0,4 | Qualidade das águas compatível com CLASSE 2 (Resolução CONAMA 20/86) |
| 0,4 - 0,6 | Qualidade das águas compatível com CLASSE 3 (Resolução CONAMA 20/86) |
| 0,6 - 0,8 | Qualidade das águas compatível com CLASSE 3 (Resolução CONAMA 20/86) |
| 0,8 - 1,0 | Qualidade das águas compatível com CLASSE 4 (Resolução CONAMA 20/86) |
| 1,0 - 1,4 | Qualidade das águas FORA DE CLASSE (Resolução CONAMA 20/86) |

Fonte: IAP, 2007

As considerações realizadas pelo IAP quanto a qualidade das águas dos rios e sua evolução nestes últimos 10 anos, com base nos resultados físico-químico, bacteriológicos e ecotoxicológicos, a partir da análise do AIQA, são resumidamente descritas a seguir (IAP, 2005). Esta análise se apoiou nos resultados do período de monitoramento realizado pelo IAP, entre março de 2001 a fevereiro de 2005.

Subsistema 1 – Rio Irai, seus formadores e contribuintes: dos 21 trechos dos rios monitorados, apenas 2 (10%) apresentam uma condição de qualidade compatível com a Classe 2 de enquadramento prevista;

Subsistema 2 – Rio Iguaçu, entre a estação de captação da Sanepar na BR 277 e o Município de Porto Amazonas: nenhum dos 6 pontos monitorados apresentou condição de qualidade adequada à Classe 2 de Enquadramento (0%);

Subsistema 3 – Afluentes da margem direita do rio Iguaçu, após a confluência deste com o rio Irai, na BR 277: apenas 1 dos 18 trechos monitorados apresentam qualidade compatível com a Classe de Enquadramento (6%). Este nível de atendimento, entretanto, deve-se ao estabelecimento da Classe 3 (menos rigorosa) em alguns trechos dos rios Belém e Barigui. Os demais trechos enquadrados como Classe 2 não se apresentaram como tal;

Subsistema 4 – Afluentes da margem esquerda do rio Iguaçu: apesar de enquadrados como Classe 2, todos os 6 trechos monitorados apresentam uma condição de qualidade compatível com a Classe 3;

Subsistema 5 – Rios formadores das sub-bacias dos rios Verde e Passaúna: 8 dos 14 trechos monitorados apresentam condição de qualidade compatível com a Classe 3, e outros 6 trechos apresentaram-se como Classe 4. Portanto, nenhum trecho apresentou-se dentro das expectativas de qualidade especificadas para a Classe 2;

Subsistema 6 – Rios formadores da sub-bacia do rio Miringuava: todos os 3 trechos monitorados apresentam qualidade das águas de acordo com sua respectiva Classe de Enquadramento. Entretanto, não houveram dados para confirmar esta condição de qualidade no período de 2001 a 2005;

Os técnicos do IAP também concluem a sua análise afirmando que o mapeamento dos pontos que apresentam qualidade das águas não compatíveis com a Classe pretendida demonstra o efeito do avanço da “mancha de ocupação urbana”, em que os vetores de crescimento contribuem na deterioração da condição de qualidade dos rios urbanos. Este efeito fica particularmente evidente no caso do Subsistema 1 (Irai), através da observação de que o eixo Nordeste-Sudoeste, limitado pela rodovia de acesso à Piraquara e pela BR 116 em direção à São Paulo, configuram uma região dentro da qual a proximidade de grandes áreas urbanas também resulta em perda de qualidade das águas em relação aos pontos mais distantes (IAP, 2005).

6.2.4 Qualidade da Água dos Reservatórios Situados na Bacia do Alto Iguaçu

As análises dos níveis de eutrofização e de parâmetros físico-químicos dos principais reservatórios situados na Bacia do Alto Iguaçu, segundo o Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu e o IAP, mostram que não são só os rios que são afetados com a degradação da qualidade da água; os níveis de concentração de fósforo total em alguns dos reservatórios da bacia do Alto Iguaçu também são alarmantes.

Este Plano caracterizou os reservatórios por estados tróficos de eutrofização. Os limites dos estados tróficos, quanto a concentração de fósforo, são os seguintes (SUDERHSA, 2000):

- oligotrófico: menor que 0,03 mg/l;
- mesotrófico: entre 0,03 e 0,07 mg/l; e
- eutrófico: acima de 0,07 mg/l.

O Plano de Despoluição Hídrica avaliou, a partir de cenários de simulação, o percentual de probabilidade de um dado reservatório da bacia do Alto Iguaçu estar enquadrado, ao longo de um ano, em um dos três níveis tróficos acima. Estes resultados são apresentados na Tabela 6.5, para cada um dos reservatórios analisados no Plano de Despoluição.

Tabela 6.5 - Estado Trófico dos Reservatórios (Cenários) – Ano 2005

| Reservatório | Situação | Percentual de Probabilidade da Ocorrência do Estado Trófico | | |
|-------------------------|-----------|---|-------------|--------------|
| | | Eutrófica | Mesotrófica | Oligotrófica |
| Irai | Existente | 98,96 | 1,03 | 0 |
| Piraquara I | Existente | 0 | 0,18 | 99,82 |
| Piraquara II | Projetado | 4,88 | 72,74 | 22,23 |
| Pequeno ⁽¹⁾ | Planejado | 0 | 42,97 | 56,33 |
| Miringuava | Planejado | 0 | 46,22 | 52,93 |
| Despique ⁽²⁾ | Planejado | 13,7 | 77,26 | 8,89 |
| Passaúna | Existente | 70,4 | 29,34 | 0 |
| Verde | Existente | 50,49 | 47,54 | 1,06 |

Nota: (1) Refere-se a previsão para 2020

(2) Refere-se a previsão para 2010

Fonte: Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu – Volume 5 – Tomo 5.1 – SUDERHSA, 2000

Segundo os resultados do Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000), com relação ao ano 2005, o reservatório do rio Irai estaria tendendo do estado eutrófico para hipertrófico, praticamente com grande comprometimento da qualidade de suas águas para a potabilização. O reservatório do Passaúna estaria situado no estado eutrófico, com grande potencial de atingir o estado hipereutrófico ao longo do tempo. Já os demais reservatórios da bacia do Alto Iguaçu (Piraquara I, Miringuava e Pequeno) estarão em estado

oligotrófico ou ultraoligotrófico, situação ideal para reservatórios destinados a abastecimento público. O estado trófico dos reservatórios Piraquara II, Verde e Despique corresponderão ao mesotrófico e eutrófico.

Complementarmente ao estudo de eutrofização de reservatórios realizado pelo Plano de Despoluição Hídrica, têm-se os desenvolvidos pelo IAP, no âmbito do programa denominado por Monitoramento da Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná, no período de 1999 a 2004, caracterizando os níveis de comprometimento de vários reservatórios, entre eles os que se situam na Bacia do Alto Iguaçu. O estabelecimento dos padrões para a avaliação da qualidade das águas dos reservatórios se deu com base no nível de eutrofização, analisado em conjunto com outros parâmetros físicos e químicos. Os parâmetros analisados foram (IAP, 2004):

- Déficit de oxigênio dissolvido;
- Fósforo Total;
- Nitrogênio inorgânico total;
- Clorofila a;
- Profundidade Secchi;
- Demanda Química de Oxigênio;
- Fitoplâncton (diversidade e florações);
- Tempo de residência; e
- Profundidade média.

A partir da análise conjunta destes parâmetros de qualidade da água, o IAP estabeleceu 6 classes de qualidade da água que representam diferentes níveis de degradação do reservatório. As classes são apresentadas na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 - Classes de Qualidade da Água Segundo Níveis de Comprometimento

| Classe | Descrição |
|--------|---------------------------------------|
| I | Não impactado a muito pouco degradado |
| II | Pouco degradado |
| III | Moderadamente degradado |
| IV | Criticamente degradado a poluído |
| V | Muito poluído |
| VI | Extremamente poluído |

Fonte: IAP, 2004

Os resultados obtidos para os reservatórios situados na Bacia do Alto Iguaçu, no período de 1999 a 2004, encontram-se na Tabela 6.7, em termos dos respectivos níveis de comprometimento de cada reservatório analisado.

Os reservatórios avaliados tiveram suas classes variando entre III e V. Os reservatórios do rio Verde, Passaúna e Piraquara I apresentaram os melhores níveis de qualidade da água em relação aos demais (classe III). Segundo IAP (2004), estes reservatórios não necessitam de medidas que visem restabelecer o equilíbrio do sistema, adotadas dentro do corpo d'água (medidas terapêuticas). Estes reservatórios são mais apropriados aos usos mais exigentes, destacando-se o abastecimento doméstico após tratamento convencional e à proteção das comunidades aquáticas.

Por outro lado, os reservatórios de classe IV e V apresentam comprometimento da qualidade das águas, não sendo recomendados aos usos mais exigentes, podendo em casos mais críticos (classe V) serem utilizados apenas para fins paisagísticos. Com relação àqueles lagos existentes nos parques e bosques da Região Metropolitana de Curitiba, embora tenham sido construídos com a finalidade de harmonia paisagística, é importante observar, segundo o IAP(2004), que em função do atual quadro de degradação da qualidade de suas águas, os mesmos não atendem às exigências básicas para a proteção das comunidades aquáticas. Portanto, o IAP recomenda que medidas que visem restabelecer o equilíbrio do sistema, adotadas dentro do corpo d'água, devem ser implantadas, pois podem ocorrer eventuais mortandades de peixes em função da forte depleção de oxigênio dissolvido, principalmente em períodos de estiagem, além de intensas florações de algas e cianobactérias.

Tabela 6.7 - Síntese da Classificação dos Reservatórios Monitorados

| Reservatório | Classe 1999/2000 | Classe 2001/2002 | Classe 2003/2004 |
|-----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Irai | -- | III | IV |
| Rio Verde | III | III | III |
| Passaúna – estação Barragem | III | III | III |
| Passaúna – estação Olaria | III | III | III |
| Piraquara I | III | III | III |
| Lago do Parque Tingui | IV | IV | IV |
| Lago do Parque Tanguá | III | III | III |
| Lago do Parque Barigui | IV | V | IV |
| Lago Azul – Umbará | IV | V | IV |
| Lago da Raia Olímpica | IV | IV | IV |
| Lago do Parque Barreirinha | IV | IV | IV |
| Lago do Jardim Botânico | IV | IV | IV |
| Lago do Parque Bacacheri | IV | IV | IV |
| Lago do Parque São Lourenço | V | V | V |
| Lago do Passeio Público | IV | V | V |

Fonte: IAP, 2004

6.2.5 Qualidade da Água dos Afluentes do Alto Ribeira

6.2.5.1 Fontes de Informação

O diagnóstico de qualidade da água dos Afluentes do Alto Ribeira abrangerá as sub-bacias do rio Açungui e Capivari, afluentes da margem direita do Ribeira, cujas áreas estão situadas dentro dos limites de abrangência de atuação do Comitê da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira.

Após consulta a vários documentos e relatórios existentes que tratam da qualidade da água da área de interesse deste Plano de Bacia Hidrográfica, constatou-se que praticamente não existem estudos que contemplem uma visão sistêmica dos níveis de qualidade da água atual das bacias dos rios Açungui e Capivari. Portanto, o diagnóstico que será apresentado a seguir limitar-se-á aos dados de monitoramento de campo dos principais postos de qualidade da água existentes nas bacias citadas.

Os postos de monitoramento de qualidade da água analisados estão listados na Tabela 6.8 e as respectivas localizações estão mostradas no Mapa D.07.

Tabela 6.8 - Postos de Monitoramento de Qualidade da Água na Bacia do Rio Ribeira

| Rio | Código | Nome | Área (km ²) | Operadora |
|----------|----------|----------------------------------|-------------------------|-----------|
| Açungui | 81080000 | Pedra Branca | 1.285 | SUDERHSA |
| | 81102000 | Balsa do Jacaré | 1.680 | SUDERHSA |
| | 81019350 | Ponte do Açungui | 540 | SUDERHSA |
| Capivari | 81299000 | Barragem Capivari Montante - 396 | 536 | SUDERHSA |

Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br> – ANA – 2006

6.2.5.2 Bacia do rio Açungui

Os resultados de monitoramento de qualidade da água indicam que o rio Açungui não possui problemas significativos com a perda de qualidade da água em termos de matéria orgânica. Os parâmetros amostrados de DBO, OD e coliforme termotolerantes não apresentaram níveis críticos de concentrações. O parâmetro da turbidez, em praticamente todos os dados amostrados, apresentou concentrações bastante baixas, o que indica que os processos erosivos que carregam sedimentos ao corpo hídrico são poucos significativos na região. Por outro lado, as concentrações de fosfato total variaram entre 0,01 mg/l e 0,282 mg/l, na grande maioria das amostras, dos postos analisados. Segundo CAVICHIOLO (2003), os técnicos da Mineropar colocam que este nível de concentração pode ser justificado pela presença da formação Setuva, que apresenta rochas ricas em fosfatos, visto que nesta região a densidade populacional é considerada pequena e atividades agrícolas e industriais, como, alimentícias, abatedouros, frigoríficos, não existem na região.

Metais pesados foram monitorados apenas nas estações Pedra Branca e Ponte do Açungui. A estação Pedra Branca monitorou os parâmetros: cobre, mercúrio, zinco e bário. Os parâmetros cobre, mercúrio e zinco, em parte dos valores amostrados, ultrapassaram os níveis críticos de concentração estabelecidos pela classe 2. Já as concentrações de bário ficaram abaixo dos níveis críticos máximo aceitáveis. Os parâmetros chumbo e cádmio foram monitorados na estação Ponte do Açungui e também apresentaram várias amostras fora do limite de concentração aceitável relativo a classe 2.

O Quadro 6.7 mostra para cada estação de monitoramento analisada o percentual de amostras que não atenderam aos limites máximos aceitáveis de concentração da classe 2 para os parâmetros analisados.

Quadro 6.7 - Número de Amostras Monitoradas e Percentual de Amostras Fora dos Limites Máximos Aceitáveis de Concentração da Classe 2

| Postos de qualidade da água | Período histórico | Pedra Branca | | Balsa Jacaré | | Ponte Açungui | |
|-----------------------------|--|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| | | 1981 a 1994 | 1984 a 1985 | 1984 a 1985 | 1984 a 2002 | | |
| Parâmetros | Limites da classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/05) | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 |
| DBO | < ou = 5 mg/l | 20 | 15% | 10 | 0% | 73 | 1% |
| OD | > ou = 5 mg/l | 20 | 0% | 10 | 0% | 74 | 0% |
| Turbidez | < ou = 100 UNT | 13 | 15% | 10 | 0% | 74 | 1% |
| Coliforme termotolerante | < ou = 1000 NMP/100ml | 17 | 41% | 10 | - | 74 | 22% |
| Cobre | < ou = 0,009 mg/l | 7 | 100% | 0 | - | 0 | - |
| Mercúrio | < ou = 0,0002 mg/l | 3 | 33% | 0 | - | 17 | 71% |
| Zinco | < ou = 0,18 mg/l | 7 | 29% | 0 | - | 0 | - |
| Bário | < ou = 0,7 mg/l | 10 | 0% | 0 | - | 0 | - |
| Chumbo | < ou = 0,001 mg/l | 0 | - | 0 | - | 21 | 43% |
| Cádmio | < ou = 0,02 mg/l | 0 | - | 0 | - | 20 | 100% |

6.2.5.3 Bacia do Rio Capivari

Já na bacia do rio Capivari, a estação Barragem Capivari Montante monitorou diversos parâmetros de qualidade da água, no entanto estes não englobaram metais pesados. Entre os principais parâmetros monitorados por esta estação, têm-se: DBO, OD, turbidez, coliforme termotolerante e fosfato total. As concentrações de DBO, OD corresponderam aos limites de qualidade da água da classe 1, inferiores ao da classe 2, que é a classe do seu enquadramento, segundo a Portaria nº 13/91. O coliforme fecal e a turbidez também apresentaram bons resultados na maior parte dos valores amostrados. As concentrações de fosfato total variaram, na maioria das amostras, entre 0,03 mg/l a 0,542 mg/l. Segundo CAVICHIOLO (2003), os técnicos da Mineropar afirmam que os níveis de concentrações de fosfato total podem ser justificados pela presença de fosforita na região, mineral rico em fosfato.

O Quadro 6.8 mostra o percentual de amostras que não atenderam aos limites máximos aceitáveis de concentração da classe 2 para os parâmetros analisados.

Quadro 6.8 - Número de Amostras Monitoradas e Percentual de Amostras Fora dos Limites Máximos Aceitáveis de Concentração da Classe 2

| Postos de qualidade da água | Capivari Montante | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Período histórico | 1984 a 2001 | |
| Parâmetros | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 |
| DBO | 32 | 3% |
| OD | 32 | 0% |
| Turbidez | 31 | 0% |
| Coliforme termotolerante | 28 | 46% |

Com relação a qualidade da água do reservatório situado na bacia do rio Capivari, o IAP em seu programa Monitoramento da Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná, realizado no período de 1999 a 2004, caracterizou o respectivo nível de comprometimento da qualidade da água, da seguinte forma:

- Pouco degradado (classe II), no período de 1999 a 2000; e
- Moderadamente degradado (classe III), nos períodos de 2001 a 2002 e 2003 a 2004.

Este reservatório atualmente é utilizado para geração de energia elétrica, todavia o seu padrão de qualidade da água permite usos múltiplos, como por exemplo, o de abastecimento doméstico, uso este apontado como estratégico para abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba, conforme consta do Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba – PDI, desenvolvido pela COMEC.

6.2.6 Qualidade da Água da Bacia do Rio da Várzea

Não existem estudos consolidados que tratem de forma sistêmica sobre as condições de qualidade da água da bacia em questão. Desta forma, adotou-se a mesma estratégia das bacias afluentes do Alto Ribeira, partindo-se para análise dos dados de monitoramento de qualidade da água com base nos postos existentes na região.

Os postos de monitoramento de qualidade da água analisados nestas bacias estão listados na Tabela 6.9 e as respectivas localizações estão apresentadas no Mapa D.07.

Tabela 6.9 - Postos de Monitoramento de Qualidade da Água da Bacia do Rio da Várzea

| Código | Nome | Área (km ²) | Operadora |
|----------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 65135000 | Rio da Várzea dos Lima | 602 | SUDERHSA |
| 65155000 | São Bento | 2.012 | SUDERHSA |

Fonte: <http://hidroweb.ana.gov.br> – ANA – 2006

Entre os principais parâmetros de qualidade da água monitorados pelas estações relacionadas são: DBO, OD, turbidez e coliforme termotolerante. As concentrações destes parâmetros estiveram, em praticamente todas as amostras, abaixo dos níveis críticos máximos aceitáveis pela classe 2, que é a classe do seu enquadramento, segundo a Portaria nº 20/92. Ressalta-se, entretanto, que nesta bacia situam-se os municípios de Tijucas do Sul, Agudos do Sul e dos distritos de Areia Branca do Assis, Campestre, Tabatinga, Morro Vermelho e Campo Alto, que podem vir a exercer influência sobre a qualidade das águas, bem como as atividades de agricultura intensiva na região.

Observa-se, em linhas gerais, que esta bacia se encontra relativamente conservada. Sua preservação depende basicamente de medidas preventivas, principalmente no tocante a diretrizes de uso e ocupação do solo, que possuem custos de implantação muito inferiores a de intervenções estruturais.

O Quadro 6.9 mostra para cada estação de monitoramento analisada o percentual de amostras que não atenderam aos limites máximos aceitáveis de concentração da classe 2 de cada parâmetro analisado.

Quadro 6.9 - Número de Amostras Monitoradas e Percentual de Amostras Fora dos Limites Máximos Aceitáveis de Concentração da Classe 2

| Postos de qualidade da água | São Bento | | Rio Várzea dos Lima | | |
|-----------------------------|--|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Período histórico | 1980 a 2001 | | 1984 a 2001 | | |
| Parâmetros | Limites da classe 2 (Resolução CONAMA nº 357/05) | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 | nº total amostras | % amostras fora dos limites classe 2 |
| DBO | < ou = 5 mg/l | 83 | 4% | 31 | 0% |
| OD | > ou =5 mg/l | 84 | 2% | 31 | 0% |
| Turbidez | < ou =100 UNT | 81 | 0% | 28 | 0% |
| Coliforme termotolerante | < ou = 1000 NMP/100ml | 74 | 27% | 30 | 33% |

6.3 Disponibilidade Hídrica dos Mananciais Subterrâneos

6.3.1 Caracterização das Principais Unidades Aqüíferas

As principais unidades aqüíferas presentes nas bacias do Plano são: Karst, Cristalino Pré-Cambriano, Guabirotuba e Aluvião. Na porção oeste, há, ainda, unidades geológicas da bacia do Paraná, representadas pelas unidades que formam os aqüíferos Paleozóico Inferior (Furnas) e Paleozóico Médio Superior (Itararé) (Lisboa & Bonacim, 1995; Mineropar, 2004, 2006a, 2006b, 2006c; PERH-PR, 2007; Sanepar, 2007; Suderhsa, 2007).

O afloramento das principais unidades aquíferas presentes nas bacias do Plano é apresentado no Mapa D.08, sendo suas características resumidas na Tabela 6.10. O Mapa D.08 apresenta a extensão total de afloramento das principais unidades e sua ocorrência nos municípios.

De forma geral, o tema “águas subterrâneas” requer um grande salto em termos de estudos, ações e mesmo intervenções que ainda necessitam ser efetuados, atualizados, prosseguidos ou detalhados, bem como ações de educação ambiental para que sejam compreendidas à luz de suas complexidades intrínsecas. Do ponto de vista de recurso hídrico, requer ações que visem a sua preservação (ou recuperação em alguns casos, como o de áreas contaminadas), com vistas a seu aproveitamento sustentável, considerando-se elementos quantitativos, dentro do ciclo integrado das águas (hidrológico-hidrogeológico-atmosférico), e elementos qualitativos, atrelados à ocupação e às atividades humanas nas bacias do Plano.

Tabela 6.10 – Características das principais unidades aquíferas presentes nas bacias do Plano.

| Geologia | | Aquífero | Tipo de Porosidade | Ligação Direta à Rede de Drenagem | Acesso ao Recurso Hídrico (m) | Risco de Sucesso Associado à Pesquisa | Valores Indicativos de Vazão de Exploração por poço (m ³ /h) | Potencial hidrogeológico (L/s.km ²) | Afloramento nas unidades hidrográficas principais (% em área) ⁸ | | | | | |
|--|--|---------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|--------|----------|---------|-------|-------|
| | | | | | | | | | Iguaçu | | Ribeira | | Total | |
| | | | | | | | | | Alto Iguaçu | Várzea | Capivari | Açungui | | |
| Principais conjuntos de unidades geológicas da RMC | Terrenos recentes, principalmente aluvionares (Qha) | Aluvião | Intergranular | Sim | 5 | Pequeno | 20 | 3,53 ¹ | 7,37 | 2,22 | 0,36 | 0,02 | 9,97 | |
| | Formação Guabirotuba (QPg) | Guabirotuba | Intergranular | Eventualmente | Até 80 | Pequeno | 5-8 | 3,53 ¹ ; 15 ⁴ | 6,61 | 0,99 | 0,59 | 0,02 | 8,20 | |
| | Rochas metacarbonáticas (PSacd, PSavc e PSaaC) ⁶ | | Karst | Cárstico-fissural | Nas zonas de descarga/ recarga | 10-150 | Pequeno | 100-160 | 9,09 ¹ ; 8,29 ² ; 8,9 ³ ; 9 a 12 ⁵ | 2,52 | 0 | 2,29 | 8,17 | 12,98 |
| | Rochas associadas às metacarbonáticas ⁷ | Fissural | | Eventualmente/Não | 60-200 | Médio a grande | 4 | | | | | | | |
| | Migmatitos, gnaisses e granitóides (Pré-Cambriano a Cambriano) | | Cristalino | Fissural | Eventualmente/Não | 60-200 | Médio a grande | Até 12 | 3,53 ¹ ; 5,60 ^{2,3} | 19,91 | 14,30 | 8,37 | 11,95 | 54,53 |
| Unidades geológicas da bacia geológica do Paraná | Grupo Itararé (Cpi) | Paleozóico Médio-Superior | Intergranular | Eventualmente | 154 | Médio | 1-6; 12 ⁴ | 4,69 ¹ ; 5,60 ^{2,3} | 5,24 | 6,42 | 0 | 0 | 11,66 | |
| | Grupo Paraná – Formação Furnas (Df) | Paleozóico Inferior | Intergranular | Eventualmente | 202 | Pequeno | 15-20 | 3,60 ² | 2,08 | 0,08 | 0 | 0,51 | 2,67 | |

Fontes: JICA (1995), SUDERHSA (1998, 2006), COMEC (2002), ROSA FILHO et al. (2002), PERH-PR (2007). Potencial hidrogeológico: (1) JICA (1995); (2) SUDERHSA (1998); (3) SUDERHSA (2006); (4) Areias arcoseanas da bacia do rio Iraí - PERH-PR (2007); (5) LISBOA & BONACIM (1995); (6) correspondem às rochas metacarbonáticas do Grupo Açungui: Formações Capiru - PSacd, Votuverava - Psavc e Antinha - PSaaC, com destaque para a Formação Capiru; (7) correspondem a quartzitos, filitos e outros litotipos que apresentam piores características aquíferas em comparação àquelas das rochas metacarbonáticas – o conjunto de todos esses litotipos (rochas metacarbonáticas e associadas a estas) correspondem ao Grupo Açungui (Formações Capiru - PSac, Votuverava - Psav e Antinha - PSaa) e define a ocorrência potencial do aquífero Karst; (8) dados obtidos em base de SIG, com informações extraídas de MINEROPAR (2006a,b,c) e CPRM (1998), repassadas pela SUDERHSA – estas bases não incluem dados de área dos diabásios.

6.3.2 Aquífero Cristalino

O aquífero Cristalino é formado por unidades geológicas ígneas e metamórficas do Pré-Cambriano (Arqueano ao Proterozóico) ao Cambriano: migmatitos, gnaisses e granitóides. Ocupa área de aproximadamente 7.500 km², sendo que, nas bacias do Plano, abrange mais de 4.500km² (cerca de 55% da área-objeto), aflorando nos municípios de Curitiba, Araucária, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais. Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo fissural, em que a infiltração e a percolação das águas fazem-se através de estruturas geológicas notadamente rúpteis, tais como fraturas, diáclases e falhas.

O manto de alteração dessas rochas e os sedimentos quaternários sobrejacentes, estes últimos com espessuras que atingem até 80 m na bacia de Curitiba, encontram-se saturados com água e funcionam como reguladores da recarga desses aquíferos durante todo o ano. As estruturas através das quais circulam as águas distribuem-se preferencialmente entre 60 m e 150 m de profundidade, sendo que a literatura menciona a existência de fraturamentos de interesse hidrogeológico localizados a 335 m de profundidade.

Segundo dados da SUDERHSA, em cerca de 70% dos poços perfurados, as entradas d'água estão entre 50 m e 200 m de profundidade e somente 10% estão entre 200 m e 300 m. Além disso, informações recentes de poços com mais de 300 m demonstram um aumento da probabilidade de obtenção de água subterrânea com vazões significativas, na ordem de 30 m³/h (SUDERHSA, 1998, 2006).

A vazão média por poço deste aquífero é da ordem de 5 a 8 m³/h, normalmente até 12 m³/h, dependendo da referência na literatura, sendo que há um único poço no embasamento cristalino com vazão da ordem de 100 m³/h. Os valores máximos de capacidades específicas raramente superam 0,3 m³/(h.m). Segundo SUDERHSA (1998), este aquífero apresenta um potencial hidrogeológico de 5,60 L/s.km².

6.3.3 Aquífero Karst

O aquífero Karst é formado por rochas metacarbonáticas Pré-Cambrianas (mármore dolomíticos e calcíticos), sendo suas encaixantes representadas principalmente por quartzitos e filitos. As rochas metacarbonáticas ocorrem segundo faixas contínuas de extensão lateral quilométrica, de alongamento de direção NE, sendo representadas principalmente por litotipos da Formação Capiru (Grupo Açungui).

As rochas do Grupo Açungui afloram em pouco mais de 1.000km² de extensão nas bacias do Plano, ou cerca de 13% do total, sendo cerca de 63% na bacia do rio Açungui, 19% no Alto Iguaçu e 18% no Capivari, não ocorrendo na bacia do rio da Várzea. Assim, 81% estão na bacia do rio Ribeira. Quanto aos municípios, predominam Campo Largo, Campo Magro, Itaperuçu, Colombo, Almirante Tamandaré e Rio Branco do Sul.

Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo cárstico-fissural, com componentes fissurais (fraturas, diáclases, falhas) e, nas porções carbonáticas, com porosidade cárstica, pela dissolução dos carbonatos. Essas características, associadas à oferta de água (recarga), garantem a existência de ótimas vazões nos poços, sendo, potencialmente, uma das principais alternativas de abastecimento da RMC. As estruturas carstificadas desenvolvidas nas rochas carbonáticas distribuem-se preferencialmente até os 150m de profundidade, sendo que a predominância delas ocorre entre 40m e 60 m de profundidade.

A vazão média dos poços perfurados nas porções carbonáticas é de 100 a 160 m³/h, dependendo da referência na literatura, podendo superar 200 m³/h em alguns poços. Os valores de capacidade específica variam de 0,02 m³/(h.m) a 100 m³/(h.m), sendo que, em algumas situações nas regiões de Colombo, Campo Largo e Almirante Tamandaré, ultrapassam 100 m³/(h.m). Segundo estudos realizados por JICA (1995), apresenta um potencial hidrogeológico de 9,09 L/s.km²; segundo SUDERHSA (1998), 8,29 L/s.km²; segundo Lisboa & Bonacim (1995), 9 a 12 L/s.km².

O nível dinâmico estabilizado dos poços em exploração no Karst deve ser mantido sempre acima do topo da cavidade saturada em água; quando o nível permanece abaixo dessas profundidades, ocorre uma redução de pressão dentro da cavidade do terreno e a consequência é o solapamento da superfície do terreno. Em razão dessa situação, não se pode estabelecer um nível dinâmico de exploração dos poços de forma generalizada; cada caso deve ser analisado individualmente, inclusive levando-se em conta interferência entre poços, quando os bombeamentos são feitos de forma simultânea.

A exploração do aquífero karst exige cuidados especiais por conta da vulnerabilidade com relação ao uso de defensivos agrícolas na região (pela presença de um cinturão verde no norte da RMC coincidindo com o karst), bem como pela sensibilidade em termos de problemas geotécnicos (solapamentos do terreno, geração artificial de dolinas etc.), quando são efetuados bombeamentos em poços tubulares.

Destaque-se que as águas provenientes do aquífero Karst, em termos de vazão de base, contribuem para a manutenção da drenagem da região da bacia do Ribeira sob a condição de rios perenes. Uma parcela dessas águas escoam do norte para o sul, em direção à bacia do Alto Iguaçu, especialmente na região abrangida pelas bacias do rio Verde, Barigüi e Passaúna.

Em termos hidrogeológicos, o contexto morfoestrutural delineado pelos terrenos do Grupo Açungui constitui-se de pacotes carbonáticos formando áreas rebaixadas com excelentes condições de porosidade e permeabilidade, limitadas por fronteiras praticamente impermeáveis (cristas de filitos e quartzitos de direção NE e diques de diabásio de direção NW) – Figura 6.12 (Lisboa & Bonacim, 1995).

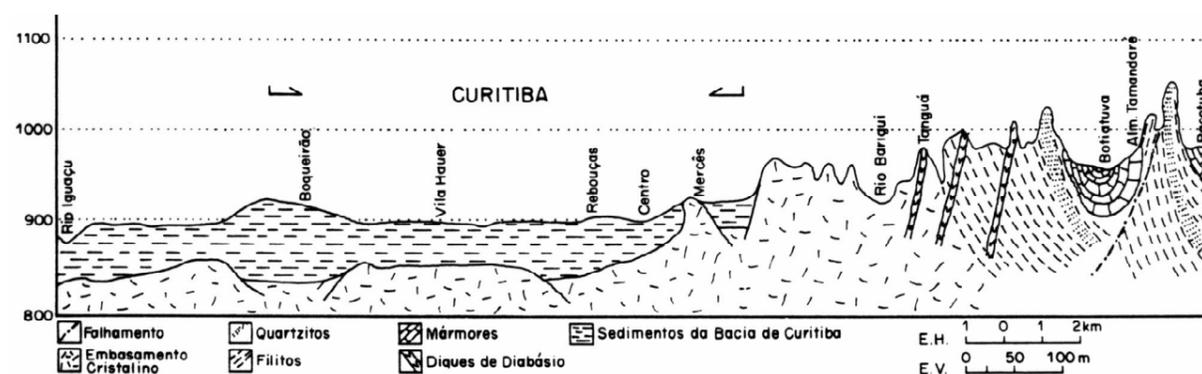


Figura 6.12 - Perfil geológico esquemático entre as unidades do Embasamento Cristalino e Grupo Açungui (Lisboa & Bonacim, 1995)

O padrão geométrico destes conjuntos é tipicamente losangular, constituindo cada losango uma unidade com características similares às demais, porém com comportamento hidráulico independente (Figura 6.13). O arcabouço hidrogeológico assim formado seria semelhante a uma série de “tanques”, interligados entre si por vertedouros de topo, correspondentes às drenagens de superfície. Este sistema de “tanques” interligados forma o grande compartimento hídrico do Sistema Aquífero Cárstico, o qual é represado pelas rochas do Embasamento Cristalino em altitudes superiores à cidade de Curitiba (cerca de 1000m), segundo uma linha de direção NE que coincide com a linha de contato das unidades geológicas.

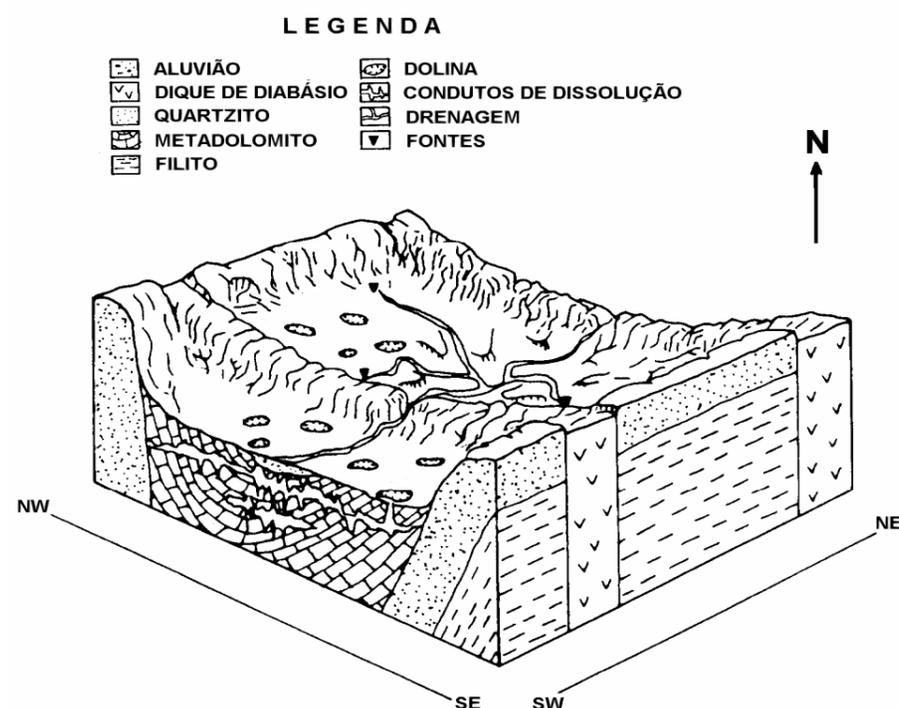


Figura 6.13 - Modelo tridimensional representando compartimento unitário (Lisboa & Bonacim, 1995)

Pelas características favoráveis (elevada permeabilidade, grandes vazões potenciais por poço, reserva estratégica de água), em contraponto aos conflitos ocorridos (fragilidade geotécnica e elevada vulnerabilidade em relação a uma expansão urbana não planejada, como ocorreu no norte da RMC), diversos estudos importantes foram efetuados, resultando em dissertações e teses (Bonacim, 1996; Lisboa, 1997; Silva, 2001), além de vários estudos técnico-científicos (JICA, 1995; Bonacim & Lisboa, 1995; SANEPAR, 1996, 2002; SUDERHSA, 1998; Comec, 2002; Johanneum Research Institut, 2002; Rosa Filho et al. 2002).

6.3.4 Aquífero Guabirota

O aquífero Guabirota é representado por lentes de areias arcossianas que ocorrem intercaladas nos sedimentos pelíticos da bacia de Curitiba (argilitos e siltitos), de idade Pleistocênica. Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo intergranular, na qual a água subterrânea ocupa os interstícios (vazios ou poros) entre os grãos. Corresponde a um pacote sedimentar, com espessura de até 80 m, ocupando uma área de aproximadamente mais de 680 km² nas bacias do Plano, sendo a maior extensão de suas rochas localizadas na bacia do Alto Iguaçu (cerca de 80%).

A vazão média dos poços perfurados na parte central da bacia de Curitiba, onde a distribuição das lentes de arcósios é significativamente irregular, é da ordem de 5 m³/h. Na literatura, os valores médios de vazão por poço variam entre 5 m³/h e 8 m³/h (Rosa Filho et al. 1996, 2002; SUDERHSA, 1998; PERH-PR, 2007).

Na região nordeste da cidade de Curitiba, especificamente na área de abrangência da bacia hidrográfica do Iraí, os arenitos arcossianos ocorrem próximos do contato com o embasamento cristalino sob a forma de camadas contínuas, com espessuras que variam de 4 m a 15 m. Alguns dos poços que seccionaram essas camadas produzem vazões de até 80 m³/h.

Estima-se que as camadas aquíferas do Guabirota tenham capacidade para produzir até 2.160 m³/h o que, num regime de 16 h/dia de bombeamento, representa uma produção de aproximadamente 12.600.000 m³/ano. Com este volume, é possível abastecer uma população de mais ou menos 172.800 pessoas. Na bacia do Iraí, a potencialidade das areias arcossianas cujo cálculo foi feito através de balanço hídrico é da ordem de 15 L/s.km² (Rosa Filho et al., 2002).

Segundo JICA (1995), o aquífero Guabirota apresenta um potencial hidrogeológico de 3,53 L/s.km², mesmo valor considerado por SUDERHSA (1998). Há poucos estudos específicos sobre este aquífero na literatura, como, por exemplo, de Rosa Filho et al. (1996, 2002).

6.3.5 Aquífero Aluvião

O aquífero Aluvião é representado por sedimentos aluvionares, formados por camadas de areias e de cascalhos existentes nas calhas dos rios Várzea, Iguaçu e afluentes. Totaliza mais de 800 km² de área aflorante, sendo quase $\frac{3}{4}$ na bacia do Alto Iguaçu e cerca de 22% na bacia do rio da Várzea. Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo intergranular, na qual a água subterrânea ocupa os interstícios (vazios ou poros) entre os grãos.

Não há estudos sistemáticos sobre este aquífero em toda sua extensão. Um dos poucos trabalhos disponíveis é a dissertação de Rocha (1996), centrada nos terrenos aluvionares da bacia do rio Pequeno e arredores. Este estudo observa que a necessidade de matérias-primas (areia e argila), para abastecimento da indústria da construção civil da RMC, degradou de tal forma o meio físico local, que o aquífero aluvionar da planície de inundação foi em boa parte substituído por um reservatório superficial representado pelas cavas existentes.

Rocha (1996) indica que os aluviões e as drenagens de superfície funcionam como um sistema único (interconectado), e que o volume armazenado nessas cavas pode ser utilizado, desde que com manejo adequado de estruturas hidráulicas, como reserva reguladora dos cursos d'água durante a estiagem e minimizadora dos efeitos de enchentes durante as precipitações. Ainda sobre as cavas, observa que a descaracterização ambiental sofrida com a extração mineral praticamente inviabilizou sua exploração através de métodos convencionais de captação, como poços tubulares.

Ensaio realizado por Rocha (1996) mostraram que uma única cava resultante da exploração de areia, cujas dimensões eram 320 m x 80 m x 2,5 m, tinha capacidade de produzir cerca de 360 m³/h e que esse volume seria alimentado por águas do aquífero aluvionar freático. Após 24 horas de bombeamento, o rebaixamento do nível da água nesta cava foi igual a 0,41 m. Estes resultados são indicativos de que esses sedimentos representem excelentes reservatórios de água, tanto que na estiagem de julho e agosto de 2006, a SUDERHSA outorgou à SANEPAR o bombeamento de 2.520 m³/h de modo que essas águas pudessem ser bombeadas, após tratamento, para os reservatórios superficiais e assim aumentar a capacidade de reserva (PERH-PR, 2007).

Por outro lado, nos períodos de chuvas, quando o rio Iguaçu transborda, a qualidade das águas das cavas se degrada, o que as torna inadequadas durante este período para o consumo humano. Assim, são aquíferos extremamente vulneráveis à contaminação pelas águas que escoam no rio Iguaçu, nos períodos de chuvas, bem como podem se tornar influentes, o que significa receber parcela das águas do rio como recarga para o lençol freático (PERH-PR, 2007).

Outro aspecto a se considerar é a possibilidade de existência de cacimbas para exploração de água subterrânea dos aluviões, mas não foram encontrados levantamentos específicos.

6.3.6 Aquífero Paleozóico Inferior - Furnas

Arenitos do Grupo Paraná constituem-se na base das unidades litoestratigráficas da Bacia Geológica do Paraná nas bacias do Plano, perfazendo aquífero Paleozóico Inferior (Furnas), com vazões médias por poço de 15 a 20 m³/h e potencial hidrogeológico de 3,60 L/s.km² (SUDERHSA, 1998). Afloram na porção oeste nas bacias do Plano, em uma faixa de pouco mais de 200 km² (78% na bacia do Alto Iguaçu e praticamente todo restante na bacia do Açungui), com áreas nos municípios de Porto Amazonas, Balsa Nova e Palmeira.

Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo intergranular, na qual a água subterrânea ocupa os interstícios (vazios ou poros) entre os grãos.

6.3.7 Aquífero Paleozóico Médio Superior - Itararé

Rochas sedimentares (arenitos, siltitos e argilitos), de origem glacial, do Grupo Itararé constituem-se no topo das unidades litoestratigráficas da Bacia Geológica do Paraná nas bacias do Plano, perfazendo aquífero Paleozóico Médio Superior (Itararé), com vazões médias por poço de 1 a 6 m³/h e potencial hidrogeológico entre 4,69 L/s.km² (JICA, 1995) e 5,60 L/s.km² (SUDERHSA, 1998).

Afloram na porção oeste-sudoeste nas bacias do Plano, em uma faixa de pouco mais de 960 km² (cerca de 55% na bacia do rio da Várzea e 45% do Alto Iguaçu), com áreas em uma faixa que vai de Piên e Campo do Tenente até Porto Amazonas e Balsa Nova, passando por Lapa.

Trata-se de um aquífero com porosidade do tipo intergranular, na qual a água subterrânea ocupa os interstícios (vazios ou poros) entre os grãos.

6.3.8 Disponibilidade Hídrica Subterrânea

O conhecimento atual sobre a disponibilidade das águas subterrâneas ainda é bastante insuficiente. As estimativas existentes, utilizadas inclusive para se efetuar balanços entre demandas e disponibilidade, levam em conta uma relação entre vazão explorável – que pode ser extraída através de poços - e vazão de descarga (rios). Esta sistemática é conservadora, mas parte de uma premissa aceitável, que assim o fazendo, haverá maior preservação, em termos quantitativos, dos recursos hídricos subterrâneos e também das vazões de descarga nos rios, as quais apresentam importante papel dentro do ciclo hidrológico, notadamente nas épocas mais secas.

Os primeiros estudos técnicos aplicados datam da década de 1970 e foram efetuados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, em várias regiões administrativas do Estado de São Paulo. Destes, também resultaram a dissertação “Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari” (Conejo Lopes, 1994), entre outros. No Paraná, há os estudos de JICA (1995) e SUDERHSA (1998); em âmbito nacional, ANA (2002) – todos utilizam os mesmos princípios ou semelhantes.

Segundo Conejo Lopes (1994), a reserva explorável pode ser estimada através do escoamento básico que aflui aos corpos d'água superficiais após percolar pelos aquíferos subterrâneos, estimado pela média das vazões mínimas

anuais de sete dias consecutivos (Q_7). A disponibilidade potencial de águas subterrâneas, por sua vez, pode ser estimada a partir do escoamento básico de cada bacia - Q_b , multiplicado pela fração da área do aquífero na bacia e pelo índice de utilização.

Por razões hidrogeológicas, como o tipo de porosidade, a hidráulica dos aquíferos e as técnicas convencionais disponíveis para a captação de águas subterrâneas, o DAEE propôs índices de utilização dos volumes estocados, correspondentes à recarga transitória média multianual, para diferentes tipos de aquíferos adotados e adaptados às diferentes regiões do Estado de São Paulo. Os índices variam entre 30% (sistema aquífero Guarani) e 15% (sistema aquífero Passa Dois) – SIGRH (2001). Para se fazer um paralelo em relação às bacias deste Plano, seria equivalente a considerar, por exemplo, 25% para aquífero Guabirota e aluvião e 20% para Cristalino.

Essa análise leva em consideração que as reservas exploráveis de um aquífero são constituídas por uma parte das reservas reguladoras (ou renováveis) – Figura 6.14.

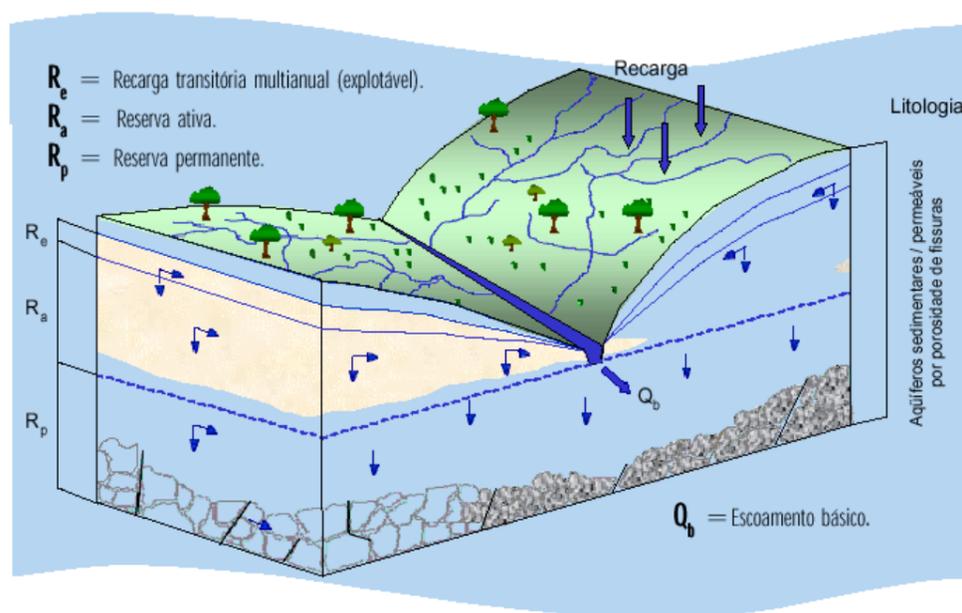


Figura 6.14 – Esquema dos tipos de reserva de águas subterrâneas (Conejo Lopes, 1994; SIGRH, 2001).

Na Figura 6.14:

- Reserva total = toda água subterrânea do aquífero;
- Reserva permanente = volume contido no interior do aquífero abaixo do nível básico de drenagem de uma região, ou seja, abaixo de sua superfície básica;
- Reserva ativa = volume contido no interior do aquífero entre a superfície básica e a superfície potenciométrica;
- Reserva transitória multianual ou reserva reguladora = reserva explorável, que atua diretamente no escoamento básico dos corpos d'água superficiais, constituída por uma parte das reservas reguladoras (ou renováveis).

Como observa ANA (2002), trata-se de uma estimativa que permite certa margem de confiança ao não considerar o uso das reservas permanentes, ou seja, ao não considerar a depleção do volume de água permanente do aquífero. É uma análise não exata da realidade, mas a possível de ser efetuada no presente, pois o nível de conhecimento atual é bastante negligente ou incompleto em relação às complexidades e heterogeneidades intrínsecas dos diversos aquíferos ali presentes.

Outro aspecto limitante dessa análise é que não se leva em consideração os fluxos d'água profundos que podem representar papel importante nas bacias deste Plano, como no aquífero Cristalino subjacente a formações sedimentares (Guabirota, aluvião, Furnas etc.), nem conexões entre bacias, como nos limites entre Ribeira e Iguazu. Além disso, nem sempre os divisores de águas subterrâneas (bacias hidrogeológicas) coincidem com os divisores de bacias hidrográficas - isso fica evidente, por exemplo, em alguns levantamentos de perfis potenciométricos e estudos e teses presentes na literatura.

De certa forma, o elevado grau de complexidade, intrínseco às principais unidades geológicas (e isso se refletindo nas unidades aquíferas) e a não existência de um nível de detalhe de informação que possibilite uma análise mapeável dessas interações (inter- e intra-bacias; interações águas superficiais - subterrâneas dentro do ciclo hidrológico; fluxos profundos etc.), impedem a obtenção de conclusões definitivas ou mesmo de tendências mais exatas, revelando a necessidade de se priorizar estudos sobre águas subterrâneas neste Plano de Bacias. Assim o fazendo, os gestores das bacias terão, com o avanço do conhecimento sobre os aquíferos locais e regionais, ferramentas mais adequadas e realistas para a tomada de decisão.

Com base nos potenciais hidrogeológicos de SUDERHSA (1998) apresentados na Tabela 6.10, e que são adotados nas análises de outorga (Manual de outorgas da SUDERHSA), estimou-se a disponibilidade hídrica subterrânea (potencial) para as bacias do Plano a partir das premissas anteriores, com as ressalvas observadas - Tabela 6.11. Essa sistemática leva em conta as áreas aflorantes dos principais aquíferos (km^2), obtidas nos levantamentos geológicos e hidrogeológicos, multiplicadas pelos potenciais hidrogeológicos de cada unidade aquífera ($L/s.km^2$), gerando um valor de vazão por unidade aquífera, por sub-bacia ou bacia hidrográfica.

Esses dados indicam os seguintes valores de disponibilidade hídrica (potencial) por unidade aquífera: Cristalino ($15,9m^3/s$), Karst ($8,9m^3/s$), Itararé ($4,5m^3/s$), Aluvião ($2,9m^3/s$), Guabirota ($2,4m^3/s$) e Furnas ($0,8m^3/s$), totalizando $35,5m^3/s$, o que equivale a uma vazão específica média de $4,28 L/s.km^2$. Quanto às bacias, a disponibilidade hídrica subterrânea seria de $14,3m^3/s$ no Alto Iguazu; $9,3m^3/s$ no Açungui; $4,3m^3/s$ no Capivari; e $7,6m^3/s$ na bacia do rio da Várzea. Quanto aos valores médios de vazão específica, variam entre $3,53 L/s.km^2$ e $8,28 L/s.km^2$ para as sub-bacias do Plano.

Tabela 6.11 – Indicador de disponibilidade hídrica subterrânea (potencial) para as bacias do Plano.

| BACIA | SUB-BACIA | Vazão – unidades aquíferas (L/s) | Vazão total (L/s) | Vazão total (m^3/s) | Vazão esp. média |
|-------|-----------|----------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|
| | | | | | |

| | | Aluvião | Guabi-rotuba | Karst | Cristalino | Paleozóico Médio Superior (Itararé) | Paleozóico Inferior (Furnas) | | | (L/s.km ²) |
|-------------|-------|---------|--------------|--------|------------|-------------------------------------|------------------------------|---------|-------|------------------------|
| Alto Iguaçu | AB1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,03 | 0,00 | 0,00 | 17,03 | 0,017 | 3,53 |
| | AE1 | 6,74 | 0,66 | 0,00 | 15,02 | 0,00 | 0,00 | 22,42 | 0,022 | 3,53 |
| | AM1 | 19,67 | 0,20 | 0,00 | 65,09 | 0,00 | 0,00 | 84,96 | 0,085 | 3,53 |
| | AP1 | 5,76 | 3,89 | 0,00 | 26,04 | 0,00 | 0,00 | 35,68 | 0,036 | 3,53 |
| | AT1 | 0,00 | 0,00 | 114,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 114,79 | 0,115 | 8,29 |
| | AT2 | 31,93 | 52,96 | 77,32 | 99,03 | 0,00 | 0,00 | 261,24 | 0,261 | 4,25 |
| | AT3 | 42,75 | 111,84 | 0,00 | 24,19 | 0,00 | 0,00 | 178,77 | 0,179 | 3,53 |
| | AV1 | 2,48 | 2,19 | 0,00 | 19,06 | 0,00 | 0,00 | 23,73 | 0,024 | 3,53 |
| | BA1 | 2,28 | 0,00 | 522,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 524,73 | 0,525 | 8,24 |
| | BA2 | 2,74 | 15,96 | 155,99 | 153,06 | 0,00 | 0,00 | 327,74 | 0,328 | 4,86 |
| | BA3 | 42,63 | 99,64 | 0,00 | 89,02 | 0,00 | 0,00 | 231,29 | 0,231 | 3,53 |
| | BA4 | 73,19 | 124,89 | 0,00 | 42,72 | 0,00 | 0,00 | 240,80 | 0,241 | 3,53 |
| | BC1 | 13,18 | 26,94 | 0,00 | 7,01 | 0,00 | 0,00 | 47,12 | 0,047 | 3,53 |
| | BE1 | 1,11 | 8,71 | 0,00 | 43,72 | 0,00 | 0,00 | 53,53 | 0,054 | 3,53 |
| | BE2 | 5,72 | 27,47 | 0,00 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 34,19 | 0,034 | 3,53 |
| | BE3 | 84,48 | 143,80 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 228,33 | 0,228 | 3,53 |
| | BQ1 | 3,69 | 13,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,87 | 0,017 | 3,53 |
| | CB1 | 20,24 | 26,22 | 0,00 | 72,92 | 0,00 | 0,00 | 119,37 | 0,119 | 3,53 |
| | CE1 | 1,68 | 0,00 | 0,00 | 11,34 | 0,00 | 0,00 | 13,02 | 0,013 | 3,53 |
| | CO1 | 35,10 | 12,36 | 0,00 | 137,60 | 0,00 | 0,00 | 185,05 | 0,185 | 3,53 |
| | CO2 | 32,08 | 50,39 | 0,00 | 45,24 | 0,00 | 0,00 | 127,71 | 0,128 | 3,53 |
| | DE1 | 42,77 | 18,29 | 0,00 | 170,68 | 0,00 | 0,00 | 231,74 | 0,232 | 3,53 |
| | FA1 | 31,12 | 0,00 | 0,00 | 207,78 | 0,00 | 0,00 | 238,90 | 0,239 | 3,53 |
| | IA1 | 25,26 | 90,64 | 76,70 | 10,10 | 0,00 | 0,00 | 202,71 | 0,203 | 4,51 |
| | IA2 | 64,49 | 2,55 | 23,99 | 184,61 | 0,00 | 6,66 | 282,29 | 0,282 | 3,71 |
| | IG1 | 23,36 | 5,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 29,25 | 0,029 | 3,53 |
| | IG2 | 47,25 | 39,47 | 0,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 87,53 | 0,088 | 3,53 |
| | IG3 | 195,43 | 50,49 | 0,00 | 118,78 | 0,00 | 0,00 | 364,70 | 0,365 | 3,53 |
| | IG4 | 234,69 | 15,94 | 0,00 | 810,53 | 3,78 | 0,00 | 1064,95 | 1,065 | 3,53 |
| | IG5 | 199,00 | 0,00 | 19,72 | 319,75 | 2034,02 | 614,80 | 3187,29 | 3,187 | 4,23 |
| IR1 | 82,13 | 230,06 | 0,00 | 82,40 | 0,00 | 0,00 | 394,58 | 0,395 | 3,53 | |
| IR2 | 31,14 | 60,08 | 0,00 | 93,25 | 0,00 | 0,00 | 184,47 | 0,184 | 3,53 | |
| IS1 | 30,41 | 0,00 | 0,00 | 175,13 | 0,00 | 0,00 | 205,53 | 0,206 | 3,53 | |
| IT1 | 53,43 | 43,70 | 0,00 | 57,32 | 0,00 | 0,00 | 154,45 | 0,154 | 3,53 | |
| MA1 | 15,31 | 0,00 | 0,00 | 131,30 | 0,00 | 0,00 | 146,61 | 0,147 | 3,53 | |

Tabela 6.11 – Indicador de disponibilidade hídrica subterrânea (potencial) para as bacias do Plano. (cont)

| BACIA | SUB-BACIA | Vazão – unidades aquíferas (L/s) | | | | | | Vazão total (L/s) | Vazão total (m ³ /s) | Vazão esp. média (L/s.km ²) |
|--------------|-----------|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|
| | | Aluvião | Guabi-rotuba | Karst | Cristalino | Paleozóico Médio Superior (Itararé) | Paleozóico Inferior (Furnas) | | | |
| | MA2 | 75,80 | 1,53 | 0,00 | 238,81 | 0,00 | 0,00 | 316,14 | 0,316 | 3,53 |
| | MI1 | 63,44 | 21,12 | 0,00 | 324,56 | 0,00 | 0,00 | 409,11 | 0,409 | 3,53 |
| | MI2 | 90,26 | 62,69 | 0,00 | 335,08 | 0,00 | 0,00 | 488,04 | 0,488 | 3,53 |
| | MM1 | 13,03 | 7,26 | 0,00 | 56,51 | 0,00 | 0,00 | 76,80 | 0,077 | 3,53 |
| | MO1 | 2,50 | 11,04 | 0,00 | 5,71 | 0,00 | 0,00 | 19,25 | 0,019 | 3,53 |
| | PA1 | 5,16 | 17,63 | 61,62 | 54,79 | 0,00 | 0,00 | 139,20 | 0,139 | 4,73 |
| | PA2 | 58,66 | 109,92 | 25,56 | 40,25 | 0,00 | 0,00 | 234,39 | 0,234 | 3,77 |
| | PD1 | 21,58 | 76,28 | 0,00 | 14,32 | 0,00 | 0,00 | 112,18 | 0,112 | 3,53 |
| | PG1 | 10,91 | 9,59 | 0,00 | 27,06 | 0,00 | 0,00 | 47,56 | 0,048 | 3,53 |
| | PI1 | 4,67 | 0,00 | 0,00 | 140,81 | 0,00 | 0,00 | 145,48 | 0,145 | 3,53 |
| | PI2 | 53,68 | 48,12 | 0,00 | 113,12 | 0,00 | 0,00 | 214,92 | 0,215 | 3,53 |
| | PQ1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,01 | 0,00 | 0,00 | 23,01 | 0,023 | 3,53 |
| | PQ2 | 91,80 | 93,21 | 0,00 | 251,35 | 0,00 | 0,00 | 436,36 | 0,436 | 3,53 |
| | PS1 | 18,99 | 51,22 | 461,23 | 273,66 | 0,00 | 0,00 | 805,11 | 0,805 | 5,26 |
| | PS2 | 39,18 | 28,88 | 0,00 | 156,56 | 0,00 | 0,00 | 224,62 | 0,225 | 3,53 |
| | RD1 | 9,04 | 31,38 | 0,00 | 27,19 | 0,00 | 0,00 | 67,60 | 0,068 | 3,53 |
| | RE1 | 4,01 | 33,55 | 0,00 | 6,77 | 0,00 | 0,00 | 44,33 | 0,044 | 3,53 |
| | VE1 | 48,71 | 50,41 | 189,49 | 408,63 | 0,00 | 0,00 | 697,24 | 0,697 | 4,18 |
| | VE2 | 41,29 | 0,00 | 0,00 | 93,81 | 0,00 | 0,00 | 135,10 | 0,135 | 3,53 |
| | Açungui | AC1 | 4,47 | 4,94 | 4904,53 | 2591,71 | 0,06 | 150,71 | 7656,42 | 7,656 |
| AC2 | | 0,82 | 0,00 | 709,42 | 903,84 | 0,00 | 0,00 | 1614,07 | 1,614 | 4,72 |
| Capivari | CP1 | 80,84 | 103,32 | 1137,33 | 1091,00 | 0,00 | 0,00 | 2412,48 | 2,412 | 4,84 |
| | CP2 | 8,63 | 0,00 | 433,85 | 1198,70 | 0,00 | 0,00 | 1641,18 | 1,641 | 4,16 |
| | RC1 | 15,06 | 54,58 | 0,00 | 140,96 | 0,00 | 0,00 | 210,60 | 0,211 | 3,53 |
| | RG1 | 0,00 | 15,04 | 0,00 | 17,45 | 0,00 | 0,00 | 32,49 | 0,032 | 3,53 |
| Várzea | CA1 | 20,50 | 0,00 | 0,00 | 444,81 | 0,00 | 0,00 | 465,32 | 0,465 | 3,53 |
| | CX1 | 8,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 173,39 | 0,00 | 181,87 | 0,182 | 4,62 |
| | IG6 | 305,34 | 0,00 | 0,00 | 1135,13 | 2020,01 | 20,41 | 3480,90 | 3,481 | 4,12 |
| | VA1 | 273,05 | 288,28 | 0,00 | 2501,09 | 0,00 | 3,19 | 3065,61 | 3,066 | 3,53 |
| | VA2 | 41,95 | 0,00 | 0,00 | 100,41 | 301,78 | 0,00 | 444,13 | 0,444 | 4,24 |
| TOTAL | | 2.915,08 | 2.398,40 | 8.913,97 | 15.948,65 | 4.533,04 | 795,77 | 35.504,91 | 35,50 | 4,28 |

6.4 Qualidade das Águas Subterrâneas

Para as águas subterrâneas ainda não há, como nas águas superficiais, instrumentos como o enquadramento de corpos d'água e padrões de qualidade com base em classes de usos preponderantes, a exemplo da Resolução Federal CONAMA n° 357/2005, embora haja discussões em andamento no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, além de abordagens de zoneamento por unidade aquífera ou porções destas com distintas características hidroquímicas (Campos, 1993, entre outros).

Para fins de interpretação, duas abordagens operacionais podem ser efetuadas: a) análise hidroquímica, com classificação das águas com base em sua composição química e uso de diagramas, como o de Piper; b) análise da qualidade com base nos padrões de potabilidade vigentes, definidos pela Portaria n° 518/2005, no Ministério da Saúde.

Os dados de qualidade das águas subterrâneas, obtidos a partir de PERH-PR (2007), são apresentados a seguir, para os principais aquíferos: Cristalino, Cárstico, Guabirotuba, Furnas e Itararé. Não há dados disponíveis sobre aquífero Aluvião.

Esses dados referem-se a íons maiores (cátions: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$; ânions: $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- , SO_4^{2-}), utilizados na confecção de diagramas de Piper, além de outros parâmetros: alcalinidade total, dureza total, total de sólidos dissolvidos (TDS), sílica dissolvida, F^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- e ferro total, não havendo levantamentos disponíveis mais detalhados. Esta avaliação da qualidade da água dos aquíferos é efetuada pelo LPH - Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em amostras de águas coletadas em poços públicos e privados, utilizados, em sua maior parte, para abastecimento humano.

Não há uma rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas das bacias do Plano, nem dados de íons de elementos traço (metais pesados, As, Se, B etc.), compostos orgânicos (BTEX, PAHs, compostos recalcitrantes, como os poluentes orgânicos persistentes – POPs), indicadores microbiológicos de patogenicidade e não potabilidade (coliformes, patógenos emergentes etc.), de tal forma que ações neste sentido estarão no Plano de Bacia.

6.4.1 Caracterização Hidroquímica

6.4.1.1 Aquífero Cristalino

São classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas (Figura 6.15) e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg/L de CaCO_3 . Entre os cátions, predominam o cálcio (2 a 20 mg/L) e o magnésio (0,5 a 12 mg/L) em relação ao sódio (1 a 3 mg/L) e ao potássio (1 a 2 mg/L). É interessante destacar que os poços que captam águas de profundidades próximas de 300m, especialmente na região do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, foram constados teores de flúor entre 3 e 7 mg/L.

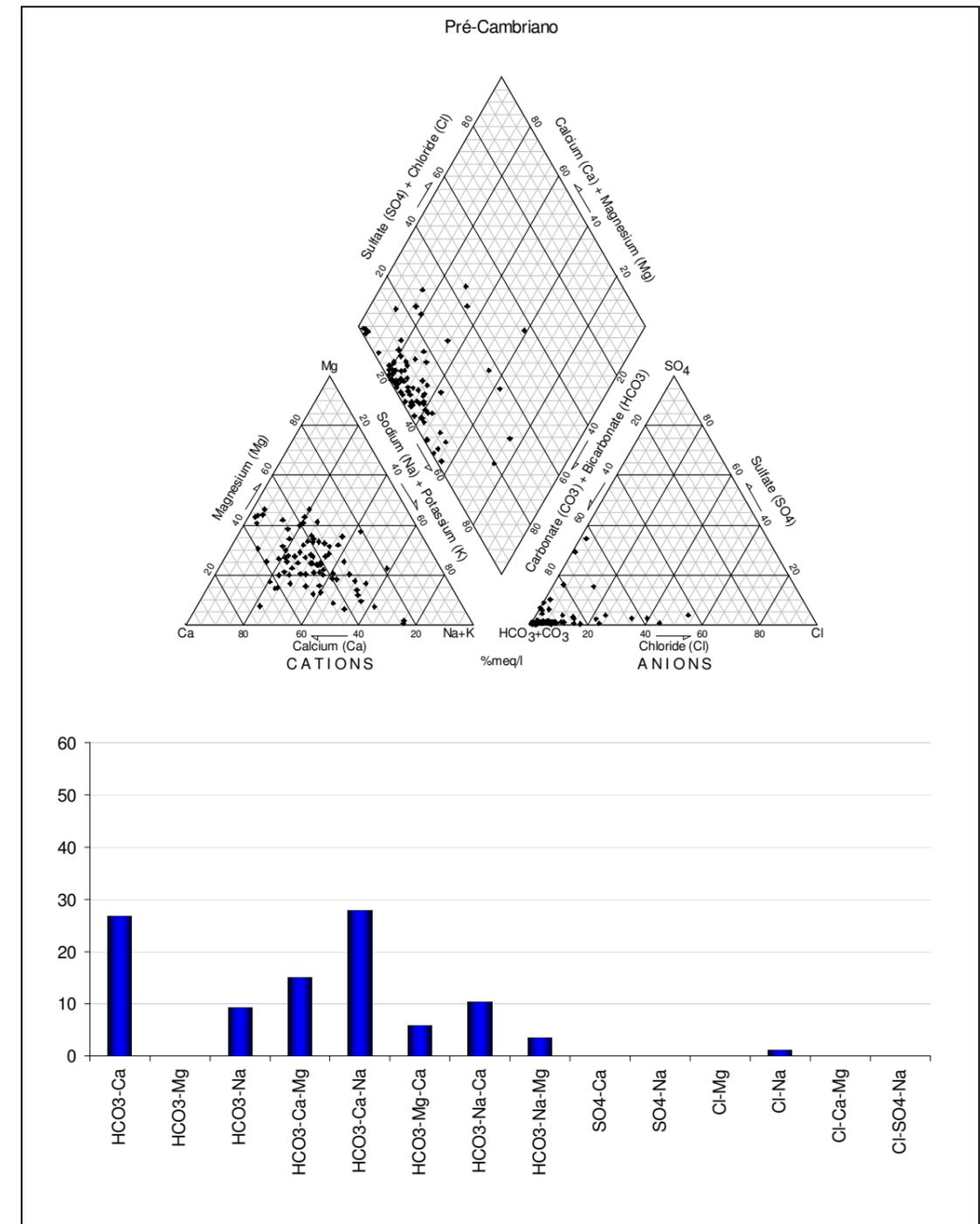


Figura 6.15 - Diagrama de Piper e Frequência (em %) dos tipos de água que ocorrem no Aquífero Cristalino (PERH-PR, 2007).

6.4.1.2 Aqüífero Cárstico

As águas do aqüífero cárstico são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas (Figura 6.16), com teor médio de cálcio de 27 mg/L, de magnésio, 14 mg/L, de sódio, 1 mg/L e de potássio, 1 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de 181 mg/L, de sulfato, 3,8 mg/L e de cloreto, 1,7 mg/L. A dureza total varia de 104 mgCaCO₃/L a 262 mgCaCO₃/L (águas moderadamente a muito duras). O pH varia 7,1 a 8,6 (média: 8,2).

6.4.1.3 Aqüífero Guabirotuba

As águas do aqüífero Guabirotuba, em algumas áreas, apresentam teores de ferro que variam entre 0,05 a 5 mg/L e de manganês, que atingem valores de até 1,5 mg/L. A concentração média de sólidos totais dissolvidos é da ordem de 150 mg/L, a dureza total varia de 30 a 230 mg/L de CaCO₃ e o pH varia entre 6,8 a 8,1. A concentração de bicarbonatos atinge valores de até 195 mg/L, a de sulfato varia de 1,2 a 4,5 mg/L e a de cloretos gira em torno de 2 mg/L. Predominam os teores de cálcio até 30 mg/L, sendo que o magnésio varia entre 8 a 15 mg/L, o sódio entre 18 a 24 mg/L e o potássio entre 1,2 a 2,3 mg/L (Figura 6.17).

6.4.1.4 Aqüífero Paleozóico Inferior (Furnas)

As águas do aqüífero Furnas são bicarbonatadas sódicas, com teor médio de cálcio de 5,5 mg/L; de magnésio, 3,5 mg/L; de sódio, 9,4 mg/L; e de potássio, 1,4 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de 60 mg/L e, o de sulfato, 6 mg/L. A dureza total varia de 40 a 65 mg-CaCO₃/L (águas ligeiramente duras) e o pH varia 7.1 a 7,6. Os sólidos totais raramente ultrapassam o valor de 85 mg/L. Esses dados referem-se à toda extensão do aqüífero no Paraná.

6.4.1.5 Aqüífero Paleozóico Médio-Superior

As águas dos aqüíferos do Paleozóico Médio-Superior são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L. O pH varia entre 6,8 a 7,3 e a dureza total gira em torno de 60 mg-CaCO₃/L (águas ligeiramente duras). O teor médio de cálcio é de 14 mg/L. A concentração de magnésio varia entre 1,5 a 6 mg/L, a de sódio, entre 7 a 35 mg/L e a de potássio, entre 1 a 3 mg/L. Esses dados referem-se à toda extensão do aqüífero no Paraná, incluindo também a porção do Rio Bonito.

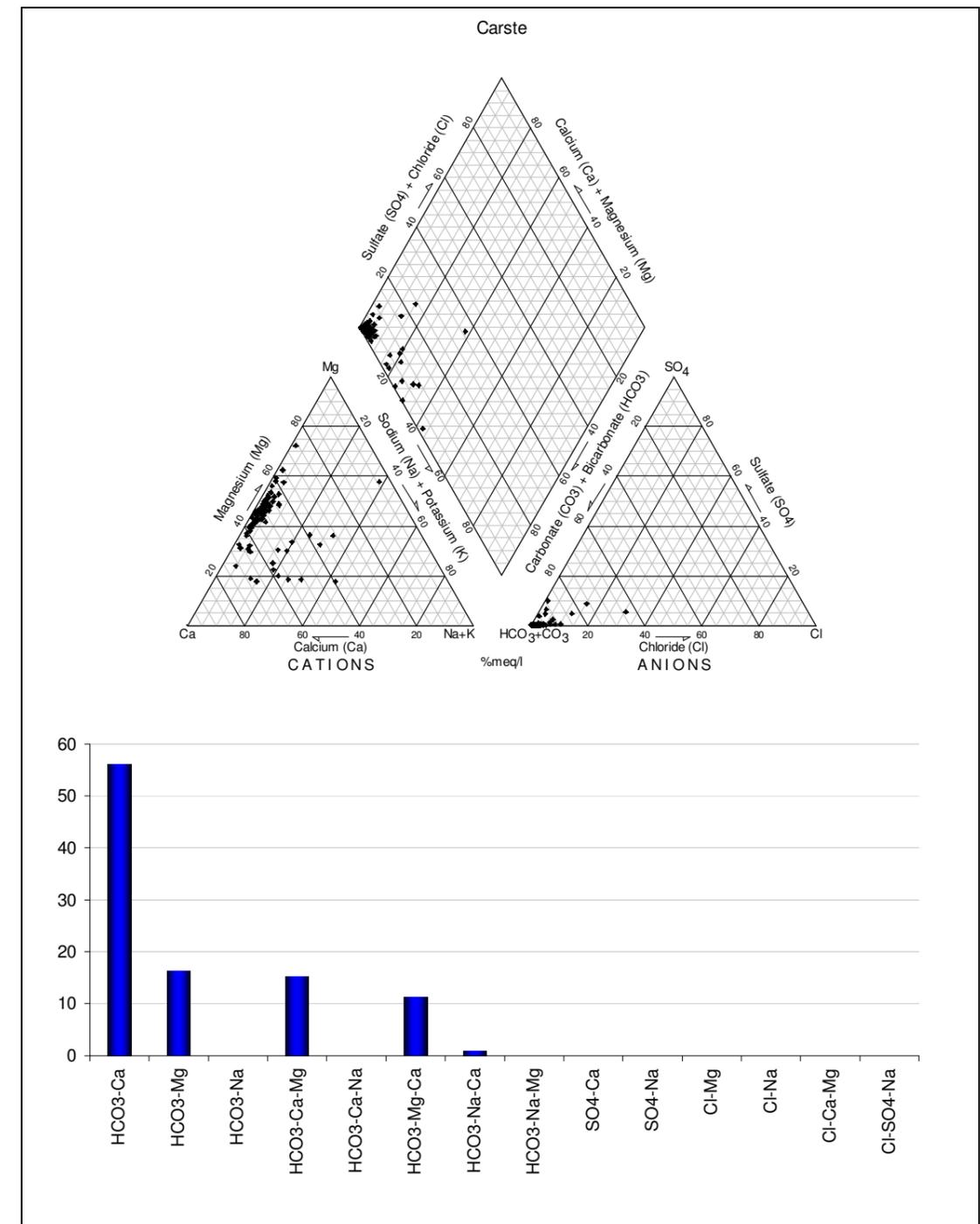


Figura 6.16 - Diagrama de Piper e Frequência (em %) dos tipos de água que ocorrem no aqüífero Karst (PERH-PR, 2007).

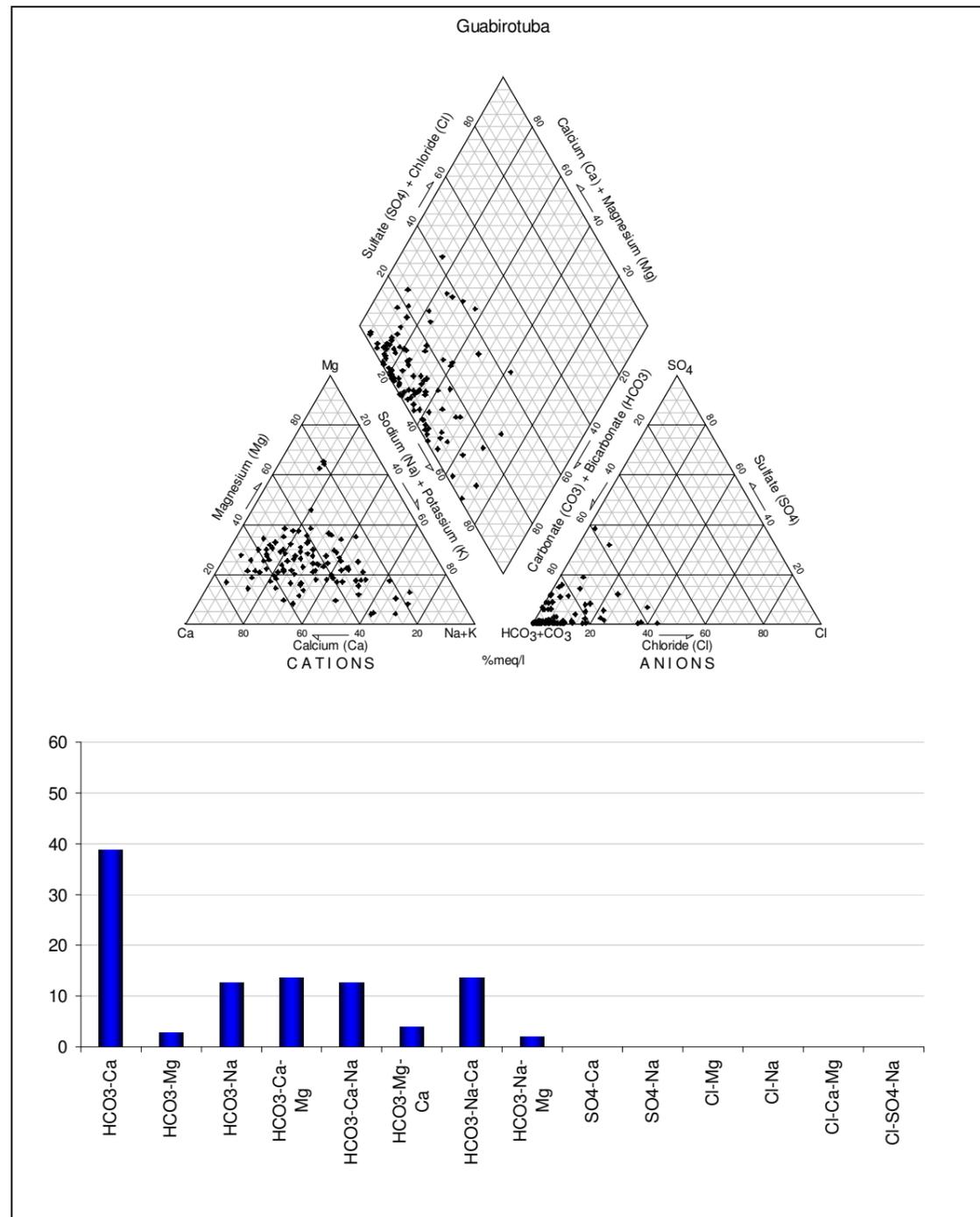


Figura 6.17 - Diagrama de Piper e Frequência (em %) dos tipos de água que ocorrem no aquífero Guabirotuba (PERH-PR, 2007).

6.4.2 Qualidade da Água para o Consumo Humano

A avaliação da qualidade da água para consumo humano foi feita por PERH-PR (2007) comparando-se os teores de alguns parâmetros químicos obtidos dos laudos analíticos da UFPR, com o Valor Máximo Permitido (VMP), estabelecidos na Portaria N.º 518/2005. Os dados deste levantamento, disponíveis para as áreas de ocorrência dos aquíferos Cristalino, Karst e Guabirotuba, são apresentados mais adiante.

Deve-se ressaltar que este tipo de análise, por restringir-se aos parâmetros analisados, não indica necessariamente que o aproveitamento dessas águas é próprio para consumo humano, servindo apenas como um indicativo da qualidade; no entanto, como observa PERH-PR (2007), em muitas vezes, um tratamento simplificado dessas águas pode deixá-las aptas para o abastecimento público. Os parâmetros disponíveis, de qualquer forma, são insuficientes para uma avaliação mais completa da qualidade das águas subterrâneas à luz da ocupação antrópica. Neste caso, faltam dados de íons-traço, incluindo metais pesados, As, B e Se, além de compostos orgânicos diversos (PAHs, BTEX, TCEs, agroquímicos etc.), indicadores microbiológicos, entre outros anteriormente observados.

A realização de estudos técnico-científicos e a criação de uma rede de monitoramento específica da qualidade das águas subterrâneas, englobando os principais aquíferos das Bacias, deve ser uma das prioridades deste Plano.

6.4.2.1 Aquífero Cristalino

As amostras de águas coletadas em poços do aquífero cristalino, com exceção do íon nitrato, não apresentaram concentrações acima dos valores máximos permissíveis. A presença de nitrato na água subterrânea não tem origem natural, estando associada à infiltração de efluentes domésticos.

A utilização desse recurso para fins de abastecimento público, principalmente condomínios, hotéis e hospitais, deve ser feita com um controle sanitário rigoroso, uma vez que em áreas urbanizadas, com canalização de rios e rede de coleta de esgotos ineficiente, é provável que ocorra a infiltração de efluentes, causando a degradação do recurso hídrico subterrâneo.

O conteúdo de íon fluoreto também aparece acima do limite de potabilidade em sete amostras e o de ferro total está cima do limite em 16 amostras. Os demais parâmetros atendem aos padrões de potabilidade.

A Tabela 6.11 apresenta um resumo estatístico dos parâmetros químicos da água desse aquífero.

6.4.2.2 Aqüífero Karst

No aqüífero Karst, o ferro total e o fluoreto foram os parâmetros que apresentaram valores acima do VMP, mas estas situações são restritas e localizadas, não comprometendo a utilização do aqüífero para abastecimento público. A Tabela 6.12 apresenta um resumo estatístico dos parâmetros químicos da água desse aqüífero.

Deve-se ressaltar a necessidade de se analisar compostos orgânicos (dados não disponíveis atualmente), em função da intensa atividade agrícola desenvolvida sobre o aqüífero, como observado no “cinturão verde” da porção N da RMC.

Em função do tipo litológico predominante no aqüífero Karst, suas águas apresentam teores elevados de alcalinidade e bicarbonato, e são, em alguns casos, medianamente duras a muito duras.

6.4.2.3 Aqüífero Guabirotuba

No aqüífero Guabirotuba, o parâmetro que mais interfere no seu aproveitamento é o ferro total. O íon fluoreto aparece acima do VMP em três amostras. Na Tabela 6.13, é apresentado um resumo estatístico dos parâmetros químicos da água desse aqüífero.

Tabela 6.12 - Resumo Estatístico dos Parâmetros Químicos da Água – aqüífero Karst (ppm).

| Parâmetro | Máximo | Mínimo | Média | Mediana | VMP |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|------|
| Alcalinidade total | 384,12 | 6,00 | 169,13 | 163,43 | * |
| Dureza total | 391,64 | 0,00 | 166,71 | 161,63 | 500 |
| Total de sólidos dissolvidos (TDS) | 384,00 | 14,00 | 195,69 | 195,00 | 1000 |
| Sílica dissolvida | 62,60 | 0,86 | 12,97 | 9,60 | * |
| Bicarbonatos | 468,63 | 7,32 | 204,74 | 196,60 | * |
| Carbonatos | 7,68 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | * |
| Cloretos | 26,78 | 0,04 | 2,43 | 1,73 | 250 |
| Fluoretos | 1,60 | 0,01 | 0,11 | 0,04 | 1,5 |
| Fosfatos | 20,03 | 0,01 | 0,40 | 0,05 | * |
| Sulfatos | 20,85 | 0,50 | 1,17 | 0,50 | 250 |
| Nitratos | 9,55 | 0,02 | 3,40 | 3,00 | 45 |
| Nitritos | 0,10 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 3 |
| Cálcio | 91,53 | 0,17 | 36,56 | 32,53 | * |
| Magnésio | 40,84 | 0,46 | 18,75 | 18,84 | * |
| Sódio | 29,20 | 0,20 | 3,27 | 1,60 | 200 |
| Potássio | 30,00 | 0,09 | 1,52 | 0,80 | * |
| Ferro | 2,38 | 0,01 | 0,18 | 0,04 | 0,3 |

OBSERVAÇÃO: * VMP (valor máximo permitido) não especificado. Fonte: PERH-PR (2007).

Tabela 6.11 Resumo Estatístico dos Parâmetros Químicos da Água – Aqüífero Cristalino (ppm).

| Parâmetro | Máximo | Mínimo | Média | Mediana | VMP |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|------|
| Alcalinidade total | 206,23 | 5,94 | 79,80 | 65,16 | * |
| Dureza total | 204,48 | 6,78 | 63,42 | 49,01 | 500 |
| Total de sólidos dissolvidos (TDS) | 379,00 | 18,00 | 126,69 | 120,00 | 1000 |
| Sílica dissolvida | 75,20 | 0,50 | 32,05 | 35,00 | * |
| Bicarbonato | 251,60 | 7,25 | 95,72 | 78,67 | * |
| Carbonato | 10,73 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | * |
| Cloreto | 22,90 | 0,04 | 2,73 | 1,47 | 250 |
| Fluoreto | 18,00 | 0,01 | 0,84 | 0,18 | 1,5 |
| Fosfato | 4,76 | 0,01 | 0,33 | 0,15 | * |
| Sulfato | 40,80 | 0,01 | 2,48 | 0,50 | 250 |
| Nitrato | 70,72 | 0,02 | 3,22 | 0,51 | 45 |
| Nitrito | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 3 |
| Cálcio | 55,28 | 1,21 | 16,33 | 12,09 | * |
| Magnésio | 22,71 | 0,09 | 5,60 | 4,40 | * |
| Sódio | 36,60 | 0,70 | 10,76 | 8,19 | 200 |
| Potássio | 16,15 | 0,01 | 2,00 | 1,89 | * |
| Ferro | 35,00 | 0,01 | 0,74 | 0,09 | 0,3 |

OBSERVAÇÃO: * VMP (valor máximo permitido) não especificado. Fonte: PERH-PR (2007).

Tabela 6.13 - Resumo Estatístico dos Parâmetros Químicos da Água – aqüífero Guabirotuba (ppm).

| Parâmetro | Máximo | Mínimo | Média | Mediana | VMP |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|------|
| Alcalinidade total | 247,50 | 4,46 | 101,53 | 106,49 | * |
| Dureza total | 286,69 | 2,94 | 84,87 | 81,00 | 500 |
| Total de sólidos dissolvidos (TDS) | 419,00 | 11,00 | 156,74 | 152,00 | 1000 |
| Sílica dissolvida | 103,50 | 2,30 | 38,49 | 38,02 | * |
| Bicarbonato | 301,95 | 5,43 | 122,54 | 124,49 | * |
| Carbonato | 8,76 | 0,00 | 0,64 | 0,00 | * |
| Cloreto | 41,52 | 0,04 | 4,63 | 1,75 | 250 |
| Fluoreto | 3,52 | 0,01 | 0,35 | 0,18 | 1,5 |
| Fosfato | 5,36 | 0,00 | 0,59 | 0,15 | * |
| Sulfato | 65,21 | 0,50 | 4,45 | 0,50 | 250 |
| Nitrato | 74,00 | 0,02 | 3,65 | 0,13 | 45 |
| Nitrito | 0,59 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 3 |
| Cálcio | 81,85 | 0,65 | 22,13 | 21,05 | * |
| Magnésio | 35,47 | 0,31 | 7,24 | 6,10 | * |
| Sódio | 50,60 | 0,80 | 13,86 | 10,60 | 200 |
| Potássio | 5,00 | 0,01 | 2,18 | 2,00 | * |
| Ferro | 9,00 | 0,01 | 0,70 | 0,12 | 0,3 |

OBSERVAÇÃO: * VMP (valor máximo permitido) não especificado. Fonte: PERH-PR (2007).

6.4.3 Qualidade da Água para Irrigação

O uso da água subterrânea para irrigação é limitado pelos efeitos adversos ao solo e plantas, relacionados à presença de substâncias dissolvidas na água, associados à salinidade total da água e ao conteúdo de sódio em solução.

A irrigação com água contendo quantidades significativas de Na⁺ causa o “risco de sódio”, que pode ser expresso em termos de SAR (*sodium adsorption ratio*), que compara as concentrações de Sódio, Cálcio e Magnésio (Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) na água. O SAR é calculado pela seguinte equação:

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}}$$

Onde [Na⁺], [Ca²⁺], e [Mg²⁺] são as concentrações desses íons, expressas em mmol/L.

A avaliação da qualidade da água para fins de irrigação é auxiliada pelo gráfico de Wilcox, que relaciona o risco de sódio com o risco de salinidade. O risco de sódio, indicado no eixo das ordenadas em quatro classes de risco: baixo, médio, forte e muito forte. O risco de salinidade está indicado no eixo das abscissas em seis classes de risco: nulo, baixo, médio, alto, muito alto e excepcionalmente alto. Os campos definidos pela intercessão dessas classes definem se a água é adequada ou não para irrigação.

As Figuras 6.18 e 6.19 apresentam resultados obtidos por PERH-PR (2007), com dados disponíveis para os aquíferos Cristalino e Karst. As águas desses aquíferos apresentam risco de sódio baixo e de salinidade variando de baixo a médio, portanto, não há restrições ao seu uso para irrigação, segundo esta análise.

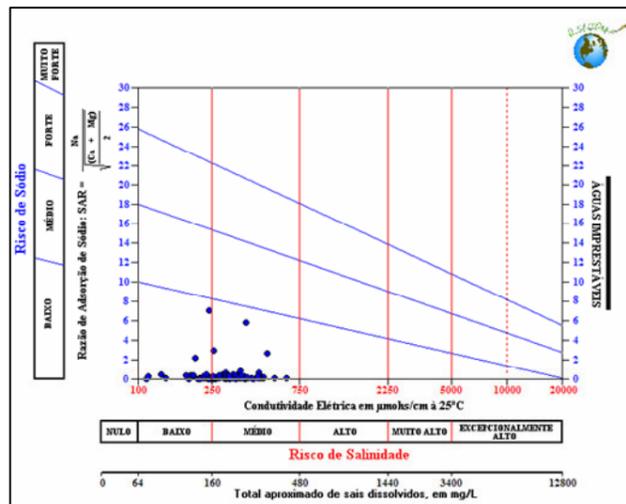


Figura 6.18 - Gráfico de Wilcox Indicando a qualidade da água para o aquífero Cristalino

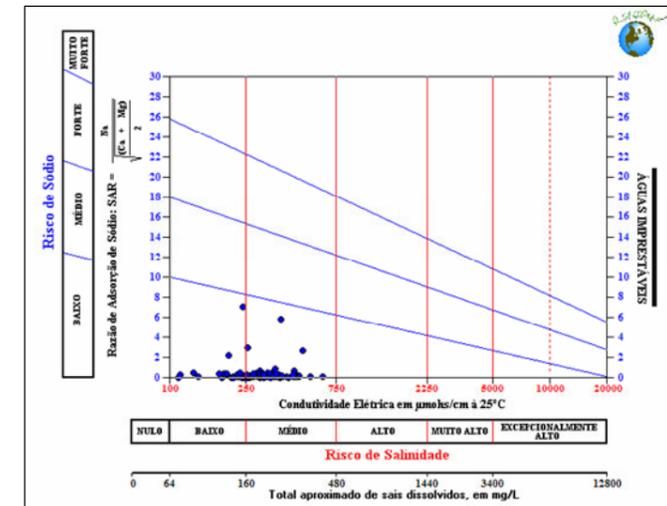


Figura 6.19 - Gráfico de Wilcox Indicando a qualidade da água para aquífero Karst

6.4.4 Qualidade das Águas Subterrâneas para Uso Industrial

O baixo custo de implantação da obra de captação subterrânea, a conservação do espaço físico, já que não se perde área com barragens e estações de tratamento, tornam os recursos hídricos subterrâneos bastante atrativos para abastecimento de industriais.

A qualidade da água para a indústria é condicionada pelo tipo de indústria. O tipo da água não pode ser um impedimento para sua utilização, pois, mesmo não sendo totalmente apropriada ao processo industrial, ela pode ser adequada a ele, mediante um tratamento simples. O que se leva em conta é a elevação do custo de produção, causado pelo tratamento necessário para a referida adequação. A Tabela 6.14 relaciona alguns tipos de indústria e as substâncias que podem causar problemas no processo industrial (PERH-PR, 2007).

Da combinação das características dos aquíferos paranaenses com o tipo de processo industrial, é possível determinar quais regiões são mais ou menos favoráveis às diferentes atividades industriais. No entanto, esta informação é apenas complementar, uma vez que, como citado, as indústrias têm total condição de submeter a água aos necessários processos de tratamento. Desta forma, certamente não é a compatibilidade da água subterrânea com o processo que determinará ou não a instalação de uma indústria, exceto em casos muito isolados.

Tabela 6.14 - Tipo de Indústria e substâncias que podem interferir no processo industrial.

| Indústria \ Substância | Têxtil | Papel | Cervejaria | Laticínios | Açucareira |
|------------------------|--------|-------|------------|------------|------------|
| Ferro | ● | ● | | ● | ● |
| Cálcio | ● | | | | ● |
| Magnésio | ● | | | | |
| Sulfato | ● | | | ● | |
| Dureza | ● | | | | |
| Sílica | | ● | ● | | |
| Alcalinidade | | | ● | | ● |
| Nitrato | | | ● | | |

Fonte: PERH-PR (2007).

6.4.5 Avaliação da Aptidão das Águas Subterrâneas

PERH-PR (2007) tece recomendações sobre as aptidões dos principais aquíferos nas bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira. – PERH-PR em elaboração.

6.4.5.1 Aptidão Potencial das Águas do Aquífero Cristalino

Segundo dados disponíveis, há centenas de poços no aquífero cristalino, que estão sendo usados no abastecimento de condomínios, hospitais, indústrias, hotéis, clubes, postos de combustíveis etc. (Rosa Filho et al. 2002; PERH-PR, 2007; SUDERHSA, 2007).

As águas extraídas desses poços, com raras exceções, são de ótima qualidade para o consumo humano. Esses poços são fundamentais ao complemento no abastecimento público, tanto que a produção deles, especialmente no período da estiagem de julho e agosto de 2006, teve importância significativa como fonte de abastecimento da uma parcela da população (PERH-PR, 2007).

Deve-se observar, no entanto, que o uso do aquífero Cristalino para abastecimento individual, notadamente em áreas urbanas, pode comprometer a qualidade das águas captadas se os poços não seguirem critérios técnicos adequados de construção e proteção sanitária, o mesmo raciocínio sendo aplicado às demais unidades aquíferas.

6.4.5.2 Aptidão Potencial das Águas do Aquífero Karst

Com um teor médio de cálcio igual a 27 mg/L e de magnésio de 14 mg/L, essas águas podem ser consideradas medianamente a bastante duras. Elas não são, portanto, adequadas para serem utilizadas em caldeiras. A melhor característica dessas águas é que elas são de ótima qualidade para o consumo humano, bem como para usos na irrigação. A região de ocorrência das rochas carbonatadas com estruturas carstificadas armazena grandes quantidades de água, com possibilidade de captação através de poços tubulares e de fontes naturais para o abastecimento das cidades localizadas ao norte de Curitiba, bem como parte da RMC, desde que os volumes extraídos estejam em equilíbrio com a recarga natural do aquífero.

As águas do aquífero Karst também são utilizadas como água mineral, devido a suas características naturais, que permitem assim classificá-las.

6.4.5.3 Aptidão Potencial das Águas do Aquífero Guabirotuba

As águas do aquífero Guabirotuba são adequadas ao consumo humano. Nos casos em que os teores de ferro e manganês estão acima do permitido, essas águas podem ser tratadas e consumidas. Elas não são potáveis quando contém o íon Flúor em teores elevados, caso da região do Centro Politécnico da UFPR, onde foram registradas concentrações de fluoreto acima de 4 mg/L. Além disso, tendo em vista que as camadas armazenadoras de água ocorrem sob a forma de lentes esparsas no pacote de pelitos, a possibilidade de resultados positivos na perfuração de poços é bastante incipiente, a não ser nas bordas da Bacia de Curitiba (próxima da barragem do Irai) onde existem poços que produzem até 80 m³/h; nesses casos, as camadas de arcóseos atingem até 10 m de espessura.

De modo geral, as camadas aquíferas do Guabirotuba representam apenas lentes esparsas no pacote de rochas pelíticas. Trata-se, portanto, de um aquífero não contínuo, mas, uma vez existindo camadas espessas e saturadas em água, ele é capaz de produzir vazões para indústrias que necessitam de pouca água, assim como para chácaras e para usos na irrigação de hortaliças.

6.4.5.4 Aptidão potencial das águas do aquífero Aluvionar

As águas armazenadas nesses sedimentos não são recomendáveis como fonte de abastecimento devido às freqüentes cheias do rio Iguaçu. Quando isto acontece, o rio transborda e as águas armazenadas nas cavas, as quais são oriundas do lençol freático dos aluviões, ao misturarem-se, tornam-se impróprias para o consumo humano. Não pode ser descartado, por outro lado, a captação dessas águas nos períodos de estiagem, tal como

ocorreu nas imediações de Curitiba, nos meses de julho e agosto de 2006. Durante este período, as águas de algumas cavas foram bombeadas para reservatórios superficiais e submetidas ao tratamento em ETA da SANEPAR para torná-las adequadas ao abastecimento público.

6.4.5.5 Aptidão Potencial das Águas dos Aquíferos Paleozóicos (Furnas-Itararé)

Os aquíferos Furnas, Itararé e Rio Bonito - excetuando-se condições de grande confinamento do aquífero Rio Bonito, fora da área deste Plano - armazenam águas com qualidade, via de regra, adequada ao consumo humano e para fins industriais e irrigação.

Tendo em conta as vazões médias de cada unidade aquífera, é perfeitamente viável a utilização dessas águas para o abastecimento de cidades com até 10.000 habitantes.

6.4.6 Potenciais Interferentes na Qualidade das Águas Subterrâneas

Uma caracterização aproximada da idéia de risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície (Foster & Hirata, 1988) – Figura 6.20.

De acordo com esse esquema, pode-se configurar situação de alta vulnerabilidade, porém, sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

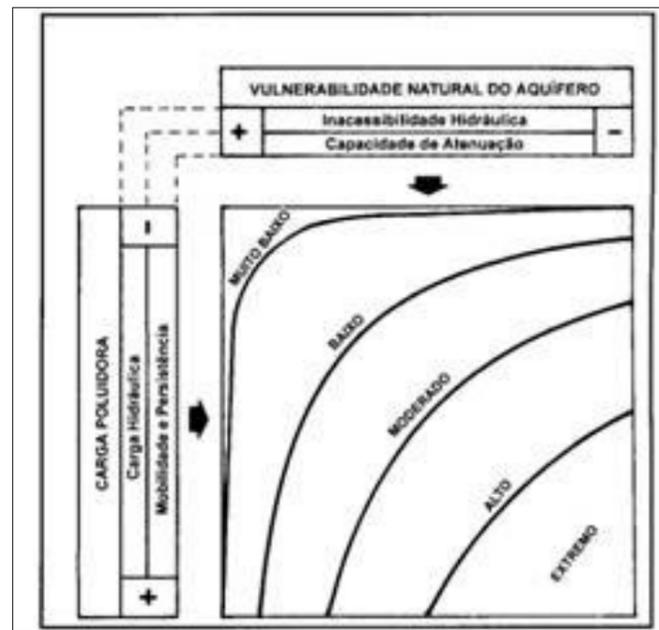


Figura 6.20 - Esquema conceitual do risco de contaminação das águas subterrâneas (Foster & Hirata, 1988).

A vulnerabilidade de um aquífero significa, assim, sua maior ou menor suscetibilidade de ser afetado por uma carga poluidora. É um conceito inverso ao de capacidade de assimilação de um corpo d'água receptor, com a diferença de o aquífero possuir uma cobertura não saturada que proporciona uma proteção adicional.

A caracterização da vulnerabilidade do aquífero pode ser melhor expressa por meio dos seguintes fatores:

- acessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes;
- capacidade de atenuação, resultante da retenção físico-química ou de reação de poluentes.

Esses dois fatores naturais são passíveis de interação com os elementos característicos da carga poluidora :

- modo de disposição no solo ou em subsuperfície;
- mobilidade físico-química e persistência do poluente.

A interação destes fatores permite avaliar o grau de risco de contaminação a que um aquífero está sujeito. Nesta avaliação devem ser ponderadas, ainda, a escala e a magnitude do episódio de poluição, assim como as características do recurso hídrico afetado. É importante notar que este procedimento é um passo inicial para se avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas; deve ser utilizado para definir prioridades em programas contínuos de investigação e monitoramento em campo, apropriado às condições hidrogeológicas e à natureza da carga poluidora ao subsolo.

Ainda não há um mapa de vulnerabilidade natural para as diversas unidades aquíferas presentes nas bacias do Plano, mas os aquíferos do Karst e os sedimentares (Guabirota, aluvião e aqueles da bacia geológica do Paraná), são tipicamente mais vulneráveis. Para o caso do Cristalino e porções fraturadas associadas ao Karst sem presença de porosidade cárstica, as partes mais vulneráveis são aquelas com maior incidência de anisotropias, como fraturas, falhas e outras estruturas, além dos mantos de alteração intempérica. Além disso, em todos os aquíferos, as porções mais próximas à superfície (rasas) e livres costumam ser mais vulneráveis devido à maior possibilidade de acesso de poluentes ou contaminantes lixiviáveis e à presença de áreas de recarga. Outro aspecto importante é a proteção sanitária de poços, a qual, se não efetuada adequadamente, pode fazer do poço um veículo de contaminação dos aquíferos.

Particularmente o Karst requer bastante atenção, por suas peculiaridades: porosidade cárstica, pela dissolução dos carbonatos, gerando, nos locais em que há este fenômeno, elevada permeabilidade e migração mais efetiva de potenciais contaminantes (fenômenos de advecção, difusão, transporte atrelado a colóides e material em suspensão etc.); alta velocidade de interação águas superficiais-subterrâneas, implicando em maior rapidez de ação de cargas poluidoras atreladas a atividades antrópicas (agrotóxicos, resíduos sólidos dispostos inadequadamente, excrementos de atividades pecuárias, fossas, cargas poluidoras difusas etc.); conflito entre exploração por poços para abastecimento e ocupação do solo, notadamente quando da ocupação ocorre sobre ou nas imediações de feições cársticas.

Também merece atenção o aquífero Cristalino, pois apresenta a maior extensão aflorante nas bacias do Plano (quase 55% de sua área) e, complementarmente, outrossim se apresenta como aquífero profundo, não aflorante, mas ocorrendo sob algumas das unidades sedimentares (aluvião, Guabirotuba) – fatos ainda pouco conhecidos da maioria da população -, e com uso por vezes intensivo em Curitiba e municípios vizinhos do núcleo central da RMC, notadamente em suas áreas mais industrializadas (uso industrial de suas águas) e com presença de condomínios (abastecimento doméstico particular).

Tanto o Cristalino, quanto o Karst, devido a seu caráter anisotrópico e heterogêneo, requerem estudos de detalhe, como aqueles executados em Colombo e Almirante Tamandaré (Sanepar, 1996; Comec, 2002; Joanneum Research Institut, 2002; teses e dissertações), os quais devem ter prosseguimento dentro das ações do Plano de Bacias.

De qualquer forma, a execução de estudos hidrogeológicos para todas as principais unidades aquíferas, a elaboração de mapas de vulnerabilidade natural desses aquíferos e de um inventário de fontes de poluição, com cruzamento destas informações para análise do risco de poluição seguindo abordagem da Figura 6.20, subsidiarão os gestores das bacias na tomada de decisões que visem preservar ou recuperar a qualidade do solo e das águas subterrâneas à luz da ocupação antrópica.

A partir das informações disponíveis (Mineropar, 2004; SUDERHSA, 2007; relatórios de caráter regional, como COMEC, 2002, 2007, entre outros; informações repassadas pelo IAP, Sindicato dos Postos de Combustíveis – Sindicombustíveis e Mineropar, através da SUDERHSA), foi elaborado um mapa com potenciais interferentes na qualidade das águas subterrâneas Mapa D.09, o qual apresenta uma série de elementos considerados sensíveis ao solo e aos aquíferos, por se constituírem em fontes potenciais de poluição dos mesmos. Ressalta-se seu caráter ilustrativo, até pela escala de trabalho adotada neste Plano, e pelo nível de informações disponível atualmente, servindo como um primeiro esboço, útil ao diagnóstico das bacias do Plano.

Dados disponíveis sobre locais de disposição de resíduos sólidos municipais foram apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4 (IAP, 2007a, b), com destaque, atualmente para o aterro sanitário da Caximba, localizado na porção sul de Curitiba; além dos diversos locais de disposição de resíduos sólidos municipais (lixões aterros, ativos ou desativados); do local utilizado para recepção de resíduos de saúde (“vala séptica”), recentemente fechado; do aterro de resíduos vegetais; e da Central de Tratamento de Resíduos da Essencis, que apresenta, inclusive, aterro para resíduos industriais perigosos (classe I).

Sobre o risco de poluição, destacam-se locais em que a disposição de resíduos é ou foi efetuada de forma inadequada, implicando em contaminação do solo e águas (subterrâneas e mesmo superficiais adjacentes), mas não há informações sobre o estado atual de recuperação de antigos lixões ou locais de disposição inadequada ou clandestina de resíduos. Também não há informações sistematizadas disponíveis sobre áreas contaminadas presentes nas bacias do Plano.

Quando há casos de áreas contaminadas, requer-se sua recuperação ou remediação. Segundo a EPA (1998), as principais abordagens para a remediação de áreas contaminadas são: a) mudar o uso da área para minimizar o risco; b) remover os contaminantes para a eliminação do risco; c) reduzir a concentração dos contaminantes; e d) contê-los para eliminar ou minimizar risco.

O Gerenciamento de Áreas Contaminadas – GAC visa minimizar os riscos a que estão sujeitos população e meio ambiente, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos negativos por elas causados, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas (CETESB, 1999). Não há ainda um a sistemática implantada no Estado do Paraná para GAC; no Brasil, o caso mais avançado é do órgão ambiental de São Paulo (CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), que já implantou alguns dos instrumentos de GAC, como a adoção de valores orientadores para a qualidade de solos e águas subterrâneas (CETESB, 2001, 2005a) e um inventário de áreas contaminadas (CETESB, 2005b), além de um Manual de GAC (CETESB, 1999), todos eles em contínua atualização.

Outra atividade que pode causar impactos ambientais negativos são as minerações. A partir de informações obtidas em Mineropar (2004), são apresentadas no Mapa D.09 as minerações em atividade, desativadas ou futuras; por tipo de bem-mineral: areia; cascalho; argila; caulim; água mineral; ouro; classe B (bens minerais não metálicos, compostos de rochas para brita, revestimento, uso ornamental, cantaria entre outras aplicações, como granitóides, gnaisse, quartzitos, diabásios etc.); classe C (rochas de composição carbonática, para uso na indústria de cimento, de corretivo de solo, produção de cal, indústria química etc.); classe D (filitos, xistos e outros litotipos, usados para fabricação de fertilizantes, carga mineral, entre outros).

Destacam-se, geograficamente, as minerações de dois conjuntos: as rochas carbonáticas no norte da RMC (Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Colombo, Campo Largo); e aquelas de extração de areia e cascalho nos aluviões do rio Iguaçu, resultando em portos de areia. Complementarmente, também são apresentados no Mapa D.09 as olarias, com destaque para área com concentração de em Curitiba (sul), Fazenda Rio Grande e São José dos Pinhais.

A mineração marca a história das bacias do Plano, seja aquela intensiva, a de caráter especulativo, ou aquela puramente destinada ao abastecimento local. Considerando o longo período de tempo envolvido, a identificação dos impactos decorrentes da extração de minérios pode ser difícil ou mesmo impossível, caso não existam registros adequados das atividades. Desde a intensificação da extração mineral a partir da segunda guerra mundial, até a época da regulamentação e aplicação da legislação ambiental no Estado do Paraná, identifica-se uma cultura extrativista ligada de forma marcante ao abandono e degradação das áreas mineradas. Das atividades de extração mineral que constroem a economia paranaense e deixam suas “cicatrices” de maior ou menor impacto no ambiente, os minerais não-metálicos, cuja destinação final, direta ou indireta, é a construção civil (habitação, saneamento, transporte), ocupam de longe o maior destaque (Mineropar, 2004).

Em anos mais recentes, após a consolidação da legislação ambiental, o nível de consciência em relação à conservação e recuperação do meio ambiente aumentou, tornando obrigatória a elaboração de estudos prévios de impacto ambiental e de planos de controle e recuperação de áreas que sofreram ou sofrem degradação significativa. O maior problema reside no fato de o aparato legal não encontrar suporte numa estrutura operacional que materialize o dia-a-dia das economias e das empresas, limitando-se, na prática a gerir o cumprimento das rotinas e exigências legais, fatos hoje denunciados pelo Ministério Público e organizações civis não governamentais (Mineropar, 2004).

Áreas com ocorrência de bens metálicos, como chumbo, prata, zinco e mesmo ouro destacam-se ao norte da área do Plano de bacias, em Adrianópolis (PR) e na porção paulista da bacia do rio Ribeira, sendo conhecidos os problemas ambientais, notadamente envolvendo o chumbo, em estudos do órgão ambiental paulista (CETESB) e acadêmicos (USP, UNICAMP etc.), com graves riscos à saúde pública e ambiental.

O quadro atual de potenciais interferentes na qualidade do solo e das águas subterrâneas do Mapa D.09 é completado com os seguintes elementos: principais instalações de transporte (estradas, ferrovias e aeroportos - Afonso Pena, em São José dos Pinhais; e Bacacheri, em Curitiba), a refinaria da Petrobras (REPAR), em Araucária; oleodutos; Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs (lembrando que estas geram lodos, os quais, a depender de suas características, não podem ser dispostos diretamente sobre o solo); e indústrias (localização de indústrias através do banco de dados de outorgas da SUDERHSA). Quanto às indústrias, destacam-se as áreas de Curitiba, Araucária, São José dos Pinhais e Pinhais.

Elementos importantes, mas com dados não disponíveis, merecem atenção e deverão estar presentes em levantamentos futuros, inclusive sendo denotados no elenco de ações deste Plano:

- inventário sistemático de fontes pontuais de poluição, com discriminação de elementos como: dados georreferenciados e com atualização constante; características e grau de impacto negativo (potencial ou real); resíduos e efluentes gerados e sua destinação; locais com contaminação ambiental (grau de contaminação; ambientes contaminados, como solo, águas subterrâneas, águas superficiais; contaminantes presentes; risco à saúde pública e ambiental; ações de gerenciamento e remediação ou recuperação) etc.;
- detalhamento e atualização do inventário de indústrias, com suas variações tipológicas, dimensionais e de impactos ambientais, com apresentação detalhada resíduos e efluentes gerados e sua destinação;
- estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo minimização da geração, reuso ou reciclagem e ações de controle;
- dados georreferenciados sobre postos de combustíveis e sistemas retalhistas, além de locais de armazenamento de combustíveis – há apenas uma listagem fornecida pelo Sindicato dos Postos de Combustíveis – Sindicombustíveis, mas sem dados georreferenciados;

- locais de concentração de fossas e demais sistemas de saneamento *in situ*;
- cemitérios;
- gasodutos;
- cargas poluidoras difusas, decorrentes de atividades agrícolas, atividades pecuárias, áreas urbanas, entre outras.