

5.1.4 Águas Subterrâneas

O presente diagnóstico foi baseado nas considerações apresentadas no Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Os dados apresentados estão baseados nas vazões dos poços utilizados nos sistemas de abastecimento público, tanto de cidades como de pequenas vilas rurais espalhadas pelo território do Paraná, todas as informações baseadas no banco de dados da SANEPAR e da SUDERHSA, e nos teores dos elementos químicos presentes nas águas coletadas nos poços tubulares profundos.

A bacia hidrográfica do rio Piquiri está assentada sobre os aquíferos Guarani e Serra Geral do Norte, e, em menor área, sobre os aquíferos Serra Geral Sul, Caiuá e Aluvionar (Figura 5.1.4.1).

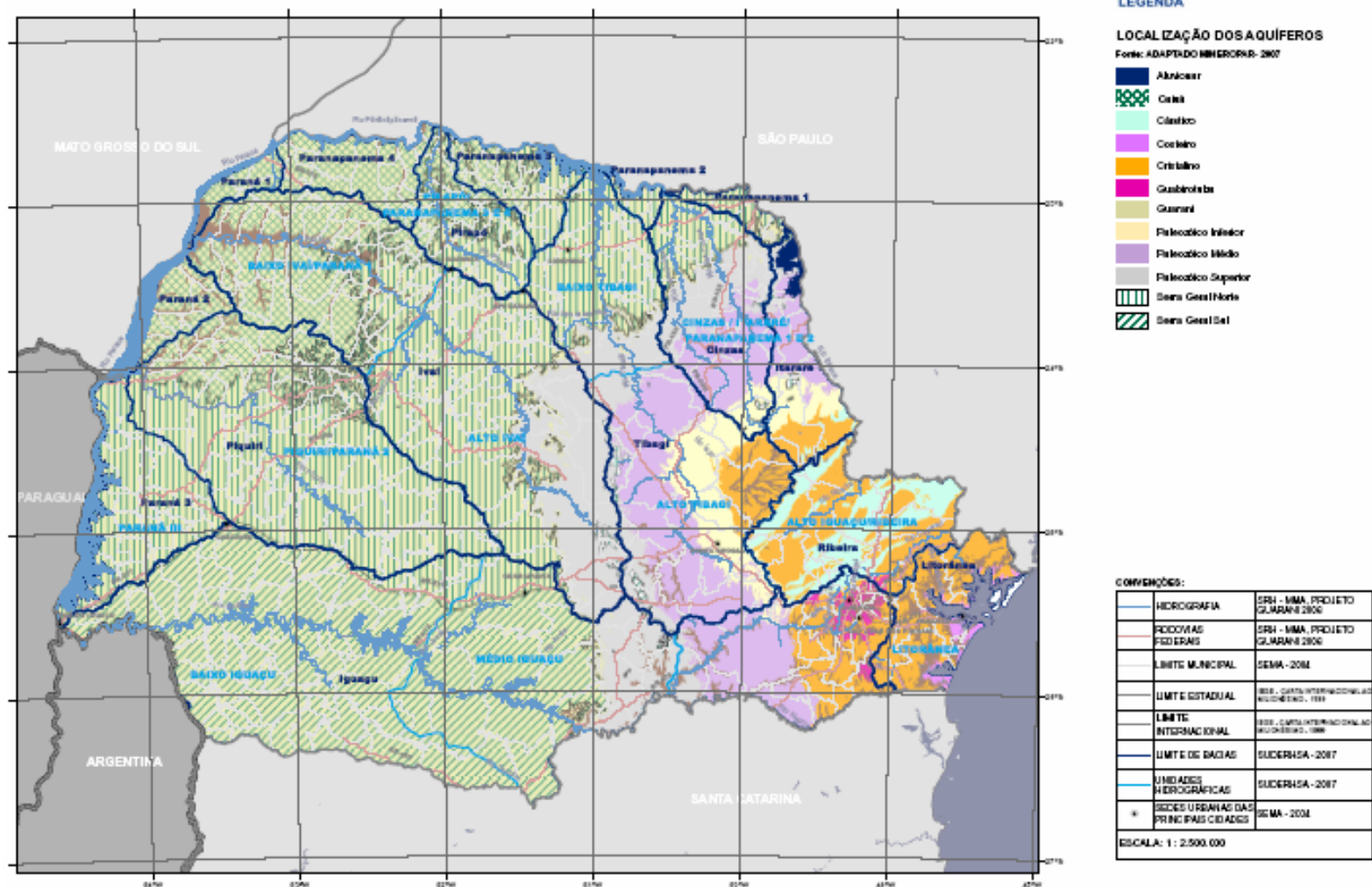
- **Aquífero Guarani**

O Aquífero Botucatu, também denominado Aquífero Gigante do Mercosul (ARAÚJO *et al.*, 1995 *apud* SUDERHSA, 2007) ou Aquífero Guarani, é referido como sendo o conjunto de estratos eólicos e flúvio-lacustres que se encontram sotopostos aos basaltos da Formação Serra Geral.

No Estado do Paraná, a maior parte do aquífero encontra-se confinada a uma área de, aproximadamente, 132.755 km², abrangendo toda a extensão do Terceiro Planalto Paranaense. Por consequência do Arco de Ponta Grossa, verifica-se a presença de um enxame de diabásios com direção NW e ortogonalmente a essas rochas é comum uma estruturação sobre a forma de fraturamentos e falhamentos geológicos. Essa conjunção de estruturas e de intrusões de rochas básicas e intermediárias mostra que o Guarani é, na verdade, constituído por uma série de reservatórios, ora com os arenitos em contato lateral com os basaltos da Formação Serra Geral, ora com os argilitos da Formação Rio do Rastro. Não existe, portanto, uma situação generalizada que possibilite uma conexão hidráulica entre um reservatório em relação ao circunvizinho. Percebe-se, inclusive, que cada reservatório possui uma potenciometria própria, assim como características hidroquímicas distintas de cada reservatório.

As áreas de descarga são representadas pelas grandes drenagens da região do Terceiro Planalto do Paraná, nos rios Iguaçu, Paraná, Ivaí e Piquiri. Nessas regiões é possível encontrar fontes de águas quentes às margens desses rios. As áreas de recarga são representadas pelas zonas de afloramento e através do aquífero Serra Geral, nas áreas onde a potenciometria do Guarani permite um fluxo descendente.

Figura 5.1.4.1 – Localização das bacias hidrográficas paranaenses em relação aos aquíferos.



Fonte: SUDERHSA, 2007.

As estruturas geológicas resultantes do Arco de Ponta Grossa resultaram em grandes estruturas abertas através das quais as águas do Guarani, ascendentes por pressão, recarregam o aquífero Serra Geral com águas ricas em sulfatos, cloretos e sólidos totais elevados. Nessas zonas existe uma conectividade entre estes dois aquíferos.

O Aquífero Guarani, em termos da distribuição das grandes bacias hidrográficas do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense, encontra-se sotoposto aos derrames de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

- **Aquífero Serra Geral**

Aquífero Serra Geral é a denominação utilizada para referir-se à seqüência de derrames de lavas basálticas que ocorre no Terceiro Planalto Paranaense. A área de ocorrência dessas rochas, em território paranaense, corresponde a, aproximadamente, 102.725 km² e as espessuras máximas atingem até 1.500 m (ARAÚJO *et al.*, 1995 *apud* SUDERHSA, 2007). Nesta região, o índice pluviométrico varia entre 1.200 a 1.300 mm/ano. Em função das características geomorfológicas e hidrogeológicas, o aquífero Serra Geral pode ser subdividido em Serra Geral Sul e Serra Geral Norte. O Serra Geral Sul corresponde a área da bacia do rio Iguaçu, no Terceiro Planalto, e o Serra Geral Norte, nas áreas onde ocorrem as demais bacias do Terceiro Planalto, incluindo as bacias do Ivaí, Piquiri, Paraná 1, 2 e 3, Pirapó, Tibagi, Cinzas e Paranapanema 2, 3 e 4.

Na bacia do Piquiri, a vazão média é de 27 m³/h e a mediana é igual a 18 m³/h. A profundidade média das entradas de água é de 70 m e o intervalo mais comum de ocorrência é dos 30 aos 90 m. Elas também se fazem presentes entre 90 e 150 m, só que de forma menos comum. Vazões da ordem de 25 m³/h/poço são produzidas por contribuições localizadas até os 90 m, sendo que em profundidades maiores o percentual decresce acentuadamente e, ainda assim, raramente são produzidas vazões superiores a 15 m³/h.

As direções preferenciais dos alinhamentos estruturais através das quais águas subterrâneas circulam são, na maioria das vezes, para NW-SE e NE-SW, e os mergulhos são praticamente verticais. Tais feições, usadas como critérios principais na escolha dos locais à perfurações, coincidem, quase sempre, com as drenagens de 2^a e 3^a ordem, de extensão superior a 300 m. Uma zona aquífera dos basaltos, portanto, é virtualmente delimitada por uma estreita faixa limítrofe ao eixo principal do alinhamento estrutural. Destaque-se, também, que o manto de alteração dessas rochas, nessa região, pode atingir, em média, 30 m. Esses pacotes de rochas alteradas encontram-se sempre saturadas em água, o que permite a regularização da recarga dos basaltos.

No que concerne ao significado da capacidade específica (vazão dividida pelo rebaixamento da água no interior do poço), os valores são bastante similares quando se trata das bacias hidrográficas situadas sobre o Serra Geral Norte (variação média de 2 a 5 m³/h/m). No caso do Serra Geral Sul, os valores são inferiores, atingindo raramente 1 m³/h/m. A relação da capacidade específica com o rebaixamento disponível (nível dinâmico acima da entrada de água menos o nível estático) é que foi utilizado para dimensionar as vazões acima citadas, considerando níveis de água estabilizados em função do tempo.

- **Aqüífero Caiuá**

O aqüífero Caiuá é representado, predominantemente, por arenitos finos a médios com um teor de até 30% de matriz siltico-argilosa e com cimento limonítico e carbonático, intercalados por camadas de siltitos e argilitos (ALMEIDA *et al.*, 1980 *apud* SUDERHSA, 2007). Esta unidade ocorre na região noroeste do Estado do Paraná onde ocupa uma área aproximada de 24.395 km². As espessuras máximas destes sedimentos variam entre 250 e 270 m (SCHNEIDER *et al.*, 1974 *apud* SUDERHSA, 2007).

A profundidade dos poços perfurados nesse aqüífero é, em geral, limitada a 150 m e a vazão média é de 20 m³/h (ROSA FILHO, 1982 *apud* SUDERHSA, 2007). A produtividade desses poços é bastante variável em razão das características construtivas de cada unidade de captação. Quanto maior a espessura das camadas produtoras (arenitos) e a correta instalação dos filtros frente a estas camadas, maior será a produção do poço e menores serão as perdas de cargas (rebaixamentos do nível da água no interior do poço). É importante destacar a importância do Caiuá para a região em termos de abastecimento público, uma vez que cerca de 80% da população que vive sobre este aqüífero é abastecida com águas deste reservatório subterrâneo. Em alguns locais, o aqüífero Caiuá se apresenta como semi-confinado, com coeficiente de armazenamento da ordem de 10⁻³, e em outros, como aqüífero livre, com porosidade eficaz da ordem de 10 a 20%. Em qualquer situação, o limite do Caiuá, ao norte, é feito pelo rio Paranapanema, e sua extensão corresponde a região de solos arenosos onde o rio Ivaí adentra até o rio Paraná. O limite sul localiza-se, exatamente, no ponto de descarga do rio Piquiri no rio Paraná. A área de extensão do aqüífero Caiuá, portanto, está inserida na bacia do rio Ivaí, na sua parte mais a jusante de suas nascentes.

As vazões médias extraídas de poços tubulares são da ordem de 25 m³/h, embora existam poços na bacia do Ivaí, nas imediações da cidade de Umuarama, onde são extraídas até 40 m³/h. As vazões dos poços dependem, evidentemente, das características hidráulicas do aqüífero, mas também é importante o fator construtivo do poço (posicionamento vertical dos

filtros, desenvolvimento do poço). A capacidade específica média do Caiuá varia de 0,5 a 1,5 m³/h/m.

- **Aqüífero Aluvionar**

O aquífero Aluvionar ocupa uma área de, aproximadamente, 8.808 km² no território paranaense. Os sedimentos aluvionares que merecem destaque sob o ponto de vista hidrogeológico são representados pelas camadas de areias e de cascalhos existentes na calha do rio Iguaçu. Os sedimentos aluvionares do rio Pequeno, afluente do Iguaçu, possuem até 5 m de espessura e armazenam um volume de água estimado em 4.000.000 m³ (ROCHA, 1996 *apud* SUDERHSA, 2007). Ensaio realizado por ROCHA (1996 *apud* SUDERHSA, 2007), mostraram que uma única cava resultante da exploração de areia, cujas dimensões eram 320 m x 80 m x 2,5 m, tinham 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 para os reservatórios superficiais e assim aumentar a capacidade de reservação. 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. 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.

5.1.4.1 Disponibilidade hídrica

Os aquíferos são formações geológicas com capacidade de acumular e transmitir água através de seu poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos. Os volumes de água acumulados nos aquíferos podem ser utilizados para atender as necessidades de abastecimento público e demais usos. Entretanto, parte desse volume deve ser mantida em confinamento, para que o mesmo seja utilizado na alimentação dos cursos d' água. O estabelecimento da produção admissível dos aquíferos consiste em avaliar seu potencial e sua disponibilidade hídrica.

A tabela 5.1.4.1.1 apresenta os dados referentes a disponibilidade de águas subterrâneas dos aquíferos relacionados com a bacia hidrográfica do rio Piquiri. O Aquífero Aluvionar não

integra a tabela pelo fato de não existirem dados de vazão transitória, o que impossibilita a realização da estimativa de disponibilidade hídrica.

Tabela 5.1.4.1.1 - Disponibilidade de Águas Subterrâneas dos Aquíferos relacionados à Bacia do rio Piquiri

AQUÍFERO	Q (l/s/km ²)	Q (L/S)	Q (m ³ /h)	Q 20%(m ³ /h)	HORAS BOMBEAMENTO	Q 20%(m ³ /dia)
Guarani	12,40	297.777,32	1.071.998,67	214.399,67	18	3.859.194,07
Serra Geral Norte	4,20	79.006,41	284.423,08	56.884,62	18	1.023.923,07
Serra Geral Sul	3,80	422,14	1.519,71	303,94	18	5.470,96
Caiuá	4,20	7.101,53	25.565,50	5.113,10	18	92.035,80

5.1.4.2 Qualidade das águas dos aquíferos

Com base em estimativas oriundas da análise dos dados da SANEPAR e da SUDERHSA, observa-se que cerca de 16% do abastecimento de água do Estado é feito por meio de captação em aquíferos. Em algumas cidades do interior do território, esse tipo de manancial é responsável pela totalidade da água fornecida à população.

A avaliação da qualidade da água dos aquíferos considerados no Plano Estadual de Recursos Hídricos foi feita utilizando-se os dados de análises físico-química realizadas pelo LPH - Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da Universidade Federal do Paraná, em amostras de águas coletadas em poços públicos e privados, utilizados, em sua maior parte, para abastecimento humano. A amostra usada na caracterização qualitativa dos aquíferos paranaenses é formada por 1.204 laudos analíticos, correspondentes a cerca de 20% do banco de dados analíticos do LPH. A seleção das análises baseou-se no resultado do cálculo da diferença de balanço iônico, sendo descartadas as análises com erro superior a 5%.

- **Aquífero Guarani**

As temperaturas da água variam entre 23 a 68 °C. Nas áreas de baixo confinamento, as águas são bicarbonatadas com predominância de cálcio e magnésio (são águas doces), nas de médio confinamento as águas adquirem uma variação de bicarbonatadas para sulfatadas com predominância de sódio e potássio (sólidos totais acima de 500 mg/l) e nas áreas de alto confinamento, as águas são sulfatadascloretadas, com sódio e potássio, onde os sólidos totais dissolvidos apresentam teores acima de 1000 mg/l; nesses casos, as águas são salobras e não são adequadas ao consumo humano na sua condição de água bruta.

A idade das águas coletadas em poços penetrantes nas zonas de alto confinamento, determinada por análises isotópicas de carbono-14, as quais foram realizadas na *University Waterloo*, no Canadá, variou de 10.000 a 30.000 anos.

O teor de sulfato varia de 0,5 a 18 mg/l. O bicarbonato apresenta concentração média de 64 mg/l e variação entre 4 e 197 mg/l. A média de sólidos totais dissolvidos é 125 mg/l e a sua variação é de 19 a 312 mg/l. O valor médio da dureza é 56 mg/l- CaCO_3 e varia entre 3 e 189 mg/l. O pH varia de 5,6 a 9,5, sendo 7,0 o valor da média. Os poços, cujas águas apresentam pH em torno de 7 localizam-se próximos à zona de recarga ou sofrem influência das águas do aquífero Serra Geral sobrejacente. Os teores de cálcio variam entre 1 a 53 mg/l com média de 16 mg/l. O magnésio varia de 0,3 a 29 mg/l e a média é igual a 5 mg/l. O potássio apresenta uma variação entre 0,5 a 6,4 mg/l e a média é 1,9 mg/l. O teor de sódio varia entre 1,1 a 52 mg/l e a média é igual a 14 mg/l.

A presença de íon fluoreto foi detectada em apenas 21 poços. Os teores variam de 0,1 mg/l a 0,6 mg/l, sendo que a média é igual a 0,25 mg/l.

- **Aquífero Serra Geral**

As águas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contém teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/l. O pH varia entre 6,6 a 7,2 e a dureza gira em torno de 40 mg- CaCO_3 /l. O teor médio de cálcio é 9 mg/l. As concentrações de magnésio variam de 3,5 a 6,5 mg/l; as de sódio, entre 1,2 a 3,7 mg/l; e, as de potássio, entre 1,5 a 3 mg/l. O teor médio de bicarbonato é 38 mg/l, o de cloreto, 1,5 mg/l e o de sulfato, 2,5 mg/l.

A grande problemática sobre a qualidade das águas desse aquífero está associada a proximidade de poços sem revestimento que seccionaram o aquífero Guarani. Nesses casos, é comum se observar uma tipologia de água misturada, inclusive com teores de sódio e potássio ultrapassando teores de cálcio e magnésio.

- **Aquífero Caiuá**

As águas do aquífero Caiuá são de ótima qualidade para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contém teores de sólidos totais dissolvidos entre 40 a 60 mg/l. O pH varia entre 6,1 a 6,9 e a dureza total gira em torno de 9 a 13 mg- CaCO_3 /l. O teor de cálcio varia de 2 a 4 mg/l, o de magnésio, de 0,1 a 0,6 mg/l; o de sódio, de 1 a 1,2 mg/l; e, o de potássio, de 1,5 a 4 mg/l. A concentração de bicarbonato varia de 8 a 16 mg/l, a de sulfato, de 0,5 a 1,5 mg/l e a de cloretos de 1,2 a 2,3 mg/l.

5.1.5 Considerações finais para recursos hídricos e ecossistemas aquáticos

Com base no diagnóstico para os recursos hídricos e ecossistemas aquáticos na bacia hidrográfica do rio Piquiri, foi possível identificar diferenças entre as 3 sub-áreas avaliadas, sejam Alta, Média e Baixa.

A sub-área A, que refere-se ao trecho alto da bacia do rio Piquiri, apresenta menores vazões e conseqüente menor disponibilidade hídrica. As vazões específicas observadas nos locais de empreendimentos previstos variam bastante neste trecho, entre o começo e o final da sub-área, diminuindo à medida que se aproxima da sub-área M.

As demandas para o uso da água são menores neste trecho, sendo maiores os consumos para abastecimento público e pecuária. Essas atividades são também as responsáveis pelas maiores quantidades de efluentes geradas. As vazões captadas para uso industrial e agrícola são pouco significativas, assim como as quantidades de efluentes geradas. As maiores cargas poluidoras são decorrentes do abastecimento público e da pecuária. Os conflitos que podem existir para o uso da água nessa sub-área são decorrentes das grandes vazões captadas para o uso pecuário e dos efluentes gerados no setor urbano, que tem somente 1,69% de suas vazões coletadas e tratadas.

A qualidade da água em todas as 3 sub-áreas é bastante homogênea, com poucas alterações entre os distintos trechos. O Índice de Qualidade da Água (IQA) apresentou menores valores nessa sub-área, o que significa que, entre os locais analisados, este é o trecho com qualidade menos satisfatória. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que representa a concentração de matéria orgânica nas águas, foi um dos parâmetros responsáveis por este resultado, assim como menores concentrações de Oxigênio Dissolvido e maiores quantidades de sólidos.

As concentrações de fósforo, que representam o aporte de nutrientes e o potencial de eutrofização das águas, apresentaram-se satisfatórias em toda a bacia do rio Piquiri, não tendo ultrapassado os limites estabelecidos pela legislação. Considerando-se valores médios entre os períodos seco e chuvoso, no trecho alto da bacia, as concentrações foram maiores que as observadas no médio curso, porém menores que aquelas detectadas no baixo curso. No período seco, não houve diferenciação no grau de trofia entre as sub-áreas, segundo o Índice de Estado Trófico. No entanto, no período chuvoso, a sub-área A apresentou menor grau de trofia que a sub-área M.

A análise realizada demonstrou que as sub-áreas A e M apresentam maior capacidade de autodepuração, devido à maior presença de corredeiras neste trecho.

Em relação à ictiofauna na sub-área A, trecho alto do rio Piquiri, foi observada uma maior abundância, numérica e em biomassa, associada à uma elevada presença de indivíduos em reprodução e também elevada densidade de ovos, o que mostra que essa área é de extrema importância para a manutenção das populações de peixes existentes nesse rio.

A expressiva ocorrência de migradores de longa distância no trecho alto demonstra que as espécies com esse tipo de estratégia reprodutiva distribuem-se amplamente ao longo do rio Piquiri, o que sugere que as mesmas estejam migrando do rio Paraná até as regiões de cabeceira para efetuar a desova, que pode ser evidenciada, pela elevada captura de ovos nos locais Palmital, Laranjal.

A sub-área M, que corresponde ao trecho médio da bacia do rio Piquiri, apresenta vazões e disponibilidades hídricas intermediárias entre os trechos alto e baixo. A vazão específica no único empreendimento previsto neste trecho apresentou um valor reduzido, o que indica menores impactos potenciais para a instalação de empreendimentos hidrelétricos.

A demanda hídrica total neste trecho é maior que nos outros dois, sendo também mais elevada que o consumo, representado mais significativamente pelo setor urbano e pela pecuária neste trecho. As vazões consumidas para agricultura são maiores que na sub-área A e o consumo de água para uso industrial é o maior nesta região do que em todo o restante da bacia. Os setores que mais geram efluentes são o urbano e o industrial, e uma importante característica em toda a bacia é a porcentagem de tratamento dos efluentes de indústrias (mais de 90% do total). Esta região da bacia é a que apresenta maiores taxas de coleta e tratamento de efluentes urbanos; esse valor é, no entanto, ainda insatisfatório, já que menos de 50% dos despejos são coletados e tratados. As cargas poluidoras mais representativas são decorrentes do abastecimento urbano e da pecuária. Quantitativamente, podem existir conflitos devido às grandes vazões captadas para abastecimento urbano e pecuária e, qualitativamente, a alta carga poluente dos efluentes urbanos pode ser interferente.

A qualidade da água nesta sub-área, analisada através do IQA, demonstrou valores mais satisfatórios que no trecho alto do rio, devido à menores concentrações de matéria orgânica e taxas de oxigênio mais satisfatórias.

Com relação à concentração de fósforo, os valores médios observados nas proximidades do trecho final desta sub-área foram os mais elevados da bacia. No entanto, ainda são considerados satisfatórios, dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Segundo o Índice de Estado Trófico, no período chuvoso esta sub-área apresentou maior grau de trofia

que as demais. Com isso, este trecho da bacia é o que apresenta maior potencial de eutrofização.

Com relação à ictiofauna na sub-área M, que compreende o trecho médio do rio Piquiri, entre a foz dos rios Cantú e Goioerê, esta foi caracterizada por uma elevada riqueza de espécies, principalmente no local Campina, demonstrando a importância desses ambientes para a manutenção da biodiversidade regional.

Nessa sub-área estão localizadas áreas de desenvolvimento larval como Formosa, Corbélia e Campina, evidenciadas pela presença de altas densidades de larvas. Além disso, o local Campina é considerado crítico para a desova, em função da elevada densidade de ovos registrados nesse local.

Nos locais Campina, Corbélia e Formosa, localizadas no médio-alto rio Piquiri, foi observada uma elevada densidade de larvas evidenciando que esses locais estejam sendo utilizados como áreas de desenvolvimento inicial. Já o local Cantú em função da elevada densidade de juvenis, pode ser considerado como local de alimentação.

Quanto aos migradores de longa distância foi observada uma expressiva ocorrência nos locais Campina e Corbélia, localizados na sub-área M.

A sub-área B, que compreende o trecho baixo da bacia do rio Piquiri, possui as maiores vazões e disponibilidades hídricas de toda a bacia. Os empreendimentos previstos para este trecho apresentam as menores vazões específicas de toda a bacia, indicando que, na formação de reservatórios, este trecho apresentará menores impactos ambientais, em relação a este parâmetro.

A demanda total é menor que no trecho médio, porém o consumo é maior. Nessa sub-área, o consumo pelo setor agrícola é bastante representativo, assim como a pecuária e o abastecimento urbano. As quantidades de efluentes mais significativas são geradas pelos setores urbano e industrial. As maiores cargas poluidoras são decorrentes dos efluentes urbanos e da pecuária. As altas vazões captadas para uso urbano, agrícola e pecuário podem ser conflitantes, assim como as grandes quantidades de efluentes não tratados geradas pelo setor de abastecimento urbano.

O Índice de Qualidade da Água nessa sub-área mostrou os valores mais satisfatórios de toda a bacia, devido à menor DBO detectada, bem como concentrações de sólidos e maiores taxas de oxigênio dissolvido.

Neste trecho, as concentrações médias de fósforo detectadas foram as menores de toda a bacia. O grau de trofia, determinado pelo Índice de Estado Trófico, apresentou-se igual ao da sub-área A.

Este trecho possui menor capacidade de autodepuração das águas que as porções alta e média do rio Piquiri, devido à menor quantidade de corredeiras e quedas de grande porte.

Quanto à ictiofauna na sub-área B, trecho baixo do rio Piquiri, foi observado uma elevada riqueza de espécies registrada no local Apertado sugerindo a importância desse ambiente para a manutenção da biodiversidade regional. Em relação aos migradores de longa distância foi observada uma expressiva ocorrência nos locais Altônia e Apertado. Já no local Oroitê, em função da elevada densidade de juvenis, pode ser considerado como local de alimentação.

De maneira geral, a ictiofauna da bacia do rio Piquiri, apresentou uma distribuição homogênea da abundância das espécies, sem dominância expressiva e com algumas espécies raras, indicando elevada diversidade específica. Também foi observada uma elevada frequência de indivíduos em reprodução de todas as estratégias reprodutivas ao longo do rio Piquiri.

5.1.6 Identidades espaciais para subsidiar a definição de indicadores

Esse item apresenta os indicadores para recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, definidos com base no diagnóstico ambiental, utilizando-se identidades espaciais homogêneas, para a avaliação da fragilidade da bacia do rio Piquiri.

As identidades espaciais homogêneas para recursos hídricos e ecossistemas aquáticos são constituídas por polígonos, contíguos ou não, que possuem características hidrológicas e ambientais semelhantes. Para os indicadores ambientais relacionados à características físico-químicas da água e à vazão, a base para a definição dos polígonos foi a bacia de contribuição de cada ponto analisado.

Portanto, para a definição das identidades espaciais foram observados aspectos que permitissem compreender o comportamento físico e biótico da bacia em estudo, com base nos resultados mais representativos obtidos no diagnóstico realizado.

Assim, para elaboração dos mapas de fragilidade de recursos hídricos e ecossistemas aquáticos para fins de implementação de aproveitamento hidrelétricos, foram definidos os seguintes indicadores, com os respectivos elementos de caracterização para compor cada um:

- **Índice de Qualidade da Água**

- Indicação relativa da qualidade da água em diferentes pontos no espaço e/ou no tempo. É determinado pelo produto ponderado das qualidades da água correspondentes às variáveis DBO (demanda bioquímica de oxigênio), oxigênio dissolvido, coliformes fecais, nitrogênio total, pH, temperatura, sólidos totais, fosfato total e turbidez. O resultado desse cálculo permite a classificação das águas em cinco categorias de qualidade que variam de ótima a péssima. Quanto menor o valor do IQA, maior a fragilidade para a inserção de aproveitamentos hidrelétricos, devido à possibilidade de degradação da qualidade das águas dos reservatórios.

- **Concentração de Fósforo**

- O fósforo é considerado o principal responsável pela eutrofização das águas continentais. Além de ser o fator limitante na maioria dos reservatórios, a carga de fósforo é facilmente consumida pelos corpos hídricos. Quanto maior a concentração de fósforo, maior a fragilidade para a inserção de aproveitamentos hidrelétricos, devido à possibilidade de ocorrência de eutrofização dos reservatórios.

- **Vazão Específica**

- Representa a relação entre a vazão em uma seção do curso de água e a área da bacia hidrográfica de contribuição relativa a essa seção, expressa em litros por segundo por quilômetro quadrado (l/s.km²). Foi escolhida como indicador para assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, principalmente em trechos de vazão reduzida (vazão ecológica), cuja importância está relacionada à proteção do habitat dos organismos aquáticos. Quanto maior a vazão específica, maior a fragilidade para a inserção de aproveitamentos hidrelétricos.

- **Índice de Fragilidade para Ictiofauna**

- Para avaliar a fragilidade para ictiofauna na bacia do rio Piquiri, foram utilizados quatro indicadores, sendo eles: riqueza de espécies, presença de ovos e larvas de peixes, presença de indivíduos de espécies migradoras e frequência de indivíduos em reprodução.
- Utilização de uma fórmula para o cálculo do índice de fragilidade para a ictiofauna na bacia do rio Piquiri.