

## Qualidade das águas superficiais e subterrâneas Da bacia hidrográfica do Irai

*Surface water quality and groundwater, Irai river basin*

ERNANI FRANCISCO DA ROSA FILHO\*

\* Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas-LPH, DEGEOL-UFPR, ernani@ufpr.br

### Resumo

Os estudos sobre a bacia hidrográfica do Irai, localizada próxima ao Parque da Ciência Newton Freire Maia, no município de Pinhais-PR, tem como objetivo avaliar a qualidade da água de sua rede de drenagem e dos aquíferos freáticos e confinados, ambos inseridos na área de abrangência da bacia supra mencionada. Os fungicidas, herbicidas e inseticidas, produtos tóxicos aos animais e aos seres humanos, já foram as principais fontes de contaminação da região. Os rios que apresentam as piores condições no que concerne a sua qualidade são o Canguiri e o Timbu porque ambos escoam através das áreas mais ocupadas pela população; os valores dos seus índices de qualidade de água (IQA) são superiores a 40, caracterizando-os como "aceitáveis", sendo que os demais rios, Curralinho, Iraizinho e Irai, apresentam valores de IQA acima de 60, o que os caracteriza como rios de boa qualidade. As águas do freático circulam através de sedimentos argilosos inconsolidados, compreendendo solos residuais, de cor vermelha. Estas formações superficiais caracterizam uma alteração ferralítica monossilicizante, conduzindo à formação de caulinita. Essas águas são classificadas como cloretadas sódicas e magnesianas e bicarbonatadas cálcicas e magnesianas. As concentrações de sólidos totais dissolvidos em ambos os grupos, apresentam valores que variam entre 28 e 122 mg x L<sup>-1</sup>, e os valores de pH variam entre 5 e 6,8. Os teores de ferro total dissolvido, situam-se entre 0,05 e 2,85 mg x L<sup>-1</sup>. As águas cloretadas apresentam teores de sódio que variam entre 3,9 e 6,9 mg x L<sup>-1</sup>, de cálcio entre 0,9 a 6,2 mg x L<sup>-1</sup>, de magnésio entre 1,2 e 3,96 mg x L<sup>-1</sup> e de potássio entre 0,4 e 1,9 mg x L<sup>-1</sup>. O químismo indica que as águas deste grupo estão enriquecidas de substâncias contidas em efluentes antrópicos lançados na superfície do terreno. As águas bicarbonatadas apresentam teores de sódio que variam entre 1,2 a 5,6 mg x L<sup>-1</sup>, de cálcio entre 4,23 e 14,4 mg x L<sup>-1</sup>, de magnésio entre 0,8 e 8 mg x L<sup>-1</sup>, e de potássio entre 0,5 e 1,8 mg x L<sup>-1</sup>. As águas que recarregam o aquífero confinado percolam através do freático, adquirindo características das argilas montmoriloníticas da Formação Guabirotuba, mais ricas em sílica e álcalis. Os principais minerais que constituem este aquífero, o qual é constituído por areias arcoseanas onde o quartzo e os feldspatos alcalinos são predominantes, as águas são classificadas como bicarbonatadas, ora predominando águas mais sódicas por conta dos minerais ortoclásio e microclínio, mas também com águas mistas. As concentrações de sólidos totais dissolvidos variam entre 90 e 297 mg x L<sup>-1</sup> e os respectivos valores de pH situam-se entre 6,7 e 8,1. Os teores de ferro estão restritos a 0,07 e 1,04 mg x L<sup>-1</sup>. As concentrações de sódio giram em torno de 7,1 e 24 mg x L<sup>-1</sup>, de cálcio entre 3,83 e 28,4 mg x L<sup>-1</sup>, de magnésio entre 1,16 e 28,4 mg x L<sup>-1</sup> e de potássio os teores não ultrapassam 2,0 mg x L<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica do Irai; qualidade da água; aquífero freático e confinado

### Abstract

Studies on the Irai River basin, over the High Iguassu river basin, located near the Newton Freire Maia Science Center, in Pinhais-PR aim to evaluate the water quality of its drainage network, water table and confined aquifer. Fungicides, herbicides and insecticides, toxic to animals and humans have been the main sources of contamination in the region and the rivers that have the worst quality conditions are the Canguiri and Timbu. They both seep through urban and agricultural areas. The values of their water quality indexes (WQI) are over 40, characterizing them as "acceptable", while the other rivers, Curralinho, Iraizinho Irai present values of AQI above 60, which characterizes them as keeping good quality river waters. The groundwater flows through unconsolidated argillaceous sediments, including residual red soils. These surface formations characterize a monosialitic ferralitic weathering leading to kaolinite formation. The freatic waters are classified as chlorinated sodic-magnesian, and earth-alkaline bicarbonatic. The concentrations of total dissolved solids in both groups show values ranging between 28 and 122 mg x L<sup>-1</sup> and pH values range 5 to 6.8. The levels of total dissolved iron, range 0.05 to 2.85 mg x L<sup>-1</sup>. The chlorinated waters have sodium contents range 3.9 to 6.9 mg x L<sup>-1</sup>, calcium levels range 0.9 to 6.2 mg x L<sup>-1</sup>, magnesium 1.2 to 3.96 mg x L<sup>-1</sup> and potassium 0.4 to 1.9 mg x L<sup>-1</sup>. The chemical analyses indicate that these waters are enriched with elements normally contained in anthropogenic effluents released on surface. The bicarbonatic waters have sodium contents ranging from 1.2 to 5.6 mg x L<sup>-1</sup>, calcium 4.23 to 14.4 mg x L<sup>-1</sup>, magnesium 0.8 to 8 mg x L<sup>-1</sup> and potassium 0.5 to 1.8 mg x L<sup>-1</sup>. The waters that recharge the confined aquifer by percolation, acquire characteristics of montmorillonite clays found in Guabirotuba Formation. These clays are richer in silica and alkalis. The main minerals present in this aquifer, formed by arkosean sands, are quartz and alkali feldspar. Their waters are classified as bicarbonatic, predominating more

sodic waters on account of the minerals orthoclase and microcline, but also mixed waters are found there. The concentrations of total dissolved solids between 90 and 297 mg x L<sup>-1</sup> and its pH values are between 6.7 and 8.1. The iron levels are restricted to 0.07 and 1.04 mg x L. Sodium concentrations are around 7.1 and 24 mg x L<sup>-1</sup>, calcium 3.83 to 28.4 mg x L<sup>-1</sup>, magnesium between 1.16 to 28.4 mg x L<sup>-1</sup>, and potassium levels do not exceed 2.0 mg x L<sup>-1</sup>.

Key-words: Irai hydrographic basin, water quality, unconfined aquifer and confined

## 1. Introdução

A população das cidades cresce continuamente e a demanda por água de boa qualidade aumenta na mesma proporção. Em Curitiba, assim como em outras regiões metropolitanas brasileiras, são criadas e estabelecidas áreas de proteção de mananciais cuja finalidade é a preservação das águas dos rios e dos aquíferos. Ainda que haja legislações adequadas para esta finalidade, assim como instituições governamentais capazes de fiscalizar essas áreas, são comuns ocupações causadas por invasões por parte da população menos favorecida economicamente. A consequência deste tipo de ação é a degradação dos rios por conta dos efluentes domésticos lançados nos corpos de água. Este tipo de processo já causou prejuízos imensuráveis a população da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), com rios ou antigos mananciais tendo sido totalmente degradado sob o ponto de vista da qualidade das águas.

Ao se estudar a qualidade da água de uma determinada bacia hidrográfica, caso específico deste trabalho, coloca-se em pauta um dos mais graves problemas das cidades – a disponibilidade de água de boa qualidade para o abastecimento público da população atual e futura.

Estudos de preservação ambiental e de proteção de mananciais devem sempre vir a frente nas decisões políticas das cidades pois sem água de boa qualidade provoca-se um ciclo vicioso, onde as doenças e o seu combate com medicamentos e internações hospitalares se revezam no dia-a-dia.

Embora este trabalho seja de cunho acadêmico, a difusão dos problemas relacionados a água deve ser pauta dos tomadores de decisões, sendo as soluções dirigidas ao bem-estar da população, e não apenas para a promoção da política pela política. O beneficiário maior deverá ser sempre o cidadão e não uma sigla que busque o poder, apenas pelo poder.

## 2. Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo caracterizar a qualidade da água da rede de drenagem que constitui a bacia hidrográfica do Irai e a tipologia das águas armazenadas no freático e nas camadas aquíferas da Formação Guabirota.

## 3. Localização

A região sobre a qual foram desenvolvidos os estudos está localizada aproximadamente 15 km a nordeste

da cidade de Curitiba, nas proximidades do Parque da Ciência Newton Freire Maia, no município de Pinhais-PR, Brasil. O Mapa de localização da área, inclusive com a delimitação da Bacia Hidrográfica do Irai, é mostrado na figura 1.

## 4. Geologia

De acordo com SALAMUNI e STELLFELD (2001), os sedimentos que recobrem a bacia de Curitiba são constituídos por sedimentos do Terciário médio ao superior (Formação Guabirota) e pela Formação Tinguis (quaternário), bem como por depósitos alúvio-colúvionares recentes, todas sobrepostas a metamorfitos do Embasamento Cristalino. De acordo com estes autores, a Formação Guabirota, com uma área de 900 km<sup>2</sup>, é composta por argilas de coloração esverdeada, depósitos rudáceos com seixos de quartzo, finos depósitos carbonáticos, areias arcoseanas que geralmente apresentam feldspatos, e cascalhos.

A esses sedimentos depositados em ambiente de leques aluvionares coalescentes, num sistema de drenagem entrelaçado ao lado de extensas playas, é atribuída a idade Oligo-Miocênica (Salamuni, 1998, apud Salamuni, 2004). A espessura dos sedimentos varia de 1 m a 85 m e a média é em cerca de 40 m. Estruturalmente os sedimentos são afetados por bandas e/ou zonas de cisalhamento rúpteis com direções variáveis, mas os planos possuem tendências de orientação para NE-SW e NW-SE. A Formação Tinguis, sobreposta a Formação Guabirota, é constituída por sedimentos retrabalhados da mesma, sendo sua idade Pleistocênica - Holocênica.

As primeiras considerações sobre a litologia, espessura, idade, rocha-fonte e origem dos sedimentos da Bacia de Curitiba foram referenciadas por CARVALHO (1936) e por OLIVEIRA e LEONARDOS (1943). Outros trabalhos anteriores, também relevantes, foram realizados por MAACK (1947), ALMEIDA (1952), COUTINHO (1955), BIGARELLA e SALAMUNI (1959; 1962), AB SABER e BIGARELLA (1961), BIGARELLA (1971), LOPES (1966), MURATORI (1966), MARINI (1967), FUCK (1966; 1967a), TREIN (1969), BERG e LOURENÇO (1973), BECKER (1982) e PETRI e FULFARO (1983).

Os sedimentos da Bacia de Curitiba, excetuando-se os depósitos aluvionares recentes, constituem a Formação Guabirota. BECKER (op. cit.), com base em critérios geomorfológicos, propôs a subdivisão desta formação em três unidades distintas, a saber: a) Formação Guabirota (sedimentos basais); b) Formação Tinguis (sequência

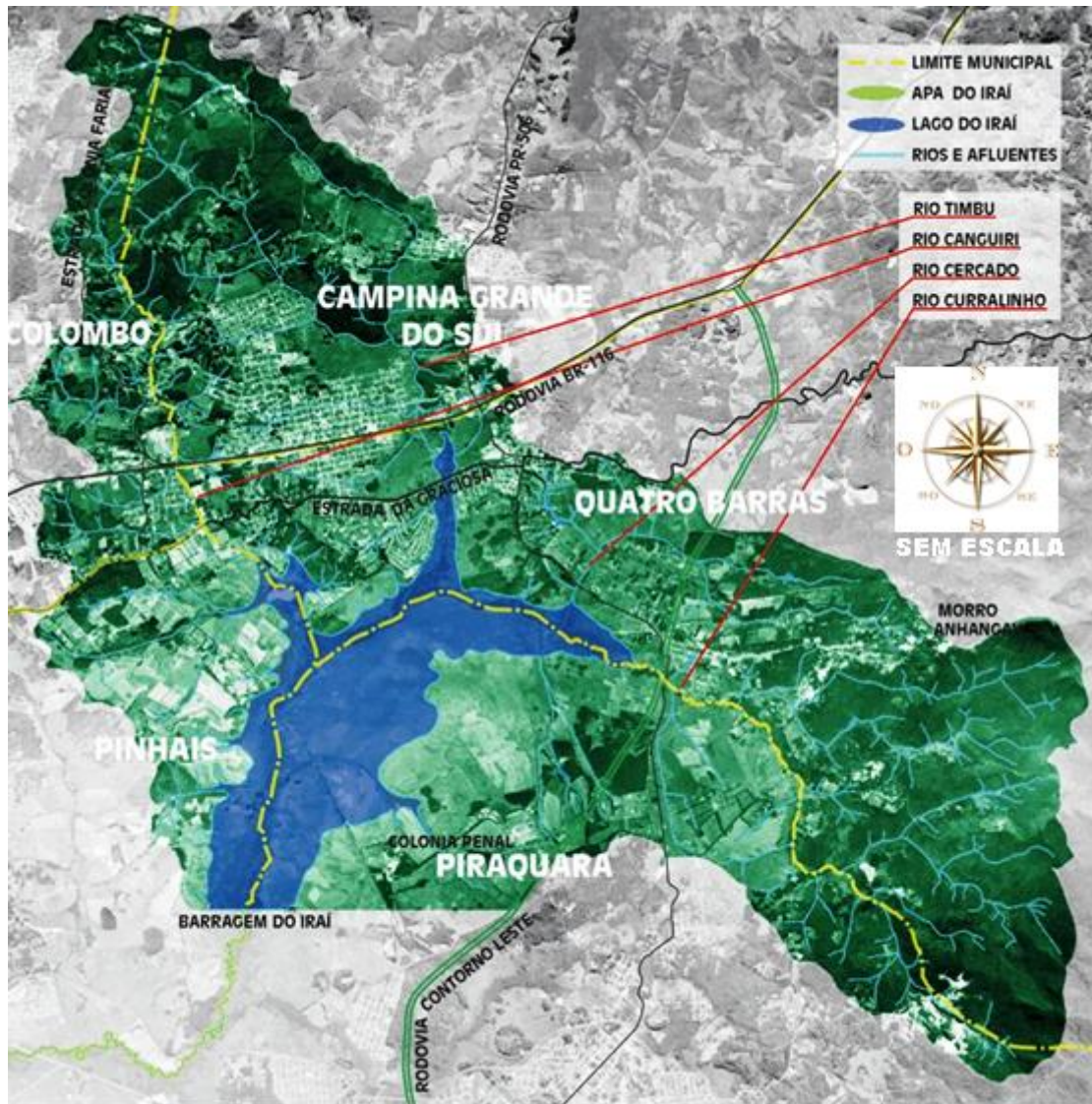


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Iraí.

superior); e c) Formação Boqueirão (sedimentos arenáceos, discordantes dos migmatitos). Segundo esta autora, a Formação Boqueirão, especificamente, teria sido depositada durante o Pleistoceno Superior, em um ambiente de amplos vales com canais anastomosados prevaescentes sob condições climáticas mais severas, as quais precederam o clima atual, responsável pela deposição dos aluviões modernos.

Resultados de análises granulométricas de amostras de superfície realizadas por ARCHELA (1986), demonstram predominância da fração argilosa sobre a fração com granulometria superior a 0,062 mm. Com referência ao material arenoso, predomina a fração grossa, na faixa de 57 %, enquanto 37% apresenta diâmetro médio correspondente a areia média e apenas 6 % de areia fina. De acordo com a classificação de Shepard é destacado dois grupos granulométricos distintos na Formação Guabirota: um de granulação mais grossa, constituído por areias, areias silticas e areias silticas-argilas; e outro de granulação mais fina, constituído por argilas silticas e silte argiloso. É destacado, neste mesmo estudo, que as

porcentagens de feldspatos em relação aos minerais de quartzo, chegam a atingir valores superiores a 50 %.

## 5. Qualidade das águas da rede de drenagem da bacia do Iraí

Por vários anos a bacia hidrográfica do Iraí foi receptora de esgotos domésticos sem tratamento, de lixívia provenientes de depósitos de lixos, de agrotóxicos e fertilizantes aplicados na agricultura e uma carga de efluentes oriunda das indústrias da região.

### 5.1. Principais fontes poluidoras na bacia hidrográfica do Iraí

Com uma população de aproximadamente 5.000 habitantes, a carga orgânica lançada na bacia do Iraí, na década de 90, foi estimada como sendo em torno de 260 kg x d-1.

A aplicação de agrotóxicos na região, neste mesmo período, girava em torno de 3.400 kg por ano (Geotécnica-Proensil-Osm-Serenco-Consult (1992). Esses produtos,

representados por fungicidas (431 kg/ano), herbicidas (1.940 kg/ano) e inseticidas (1.010 kg/ano), apresentam elevada toxicidade para animais e seres humanos.

As indústrias instaladas na região são de transformação primária e de montagem. Tais tipos de empreendimentos produzem baixa carga poluidora e seus afluentes são tratados em lagoas de estabilização. Na tabela 1, constam as indústrias licenciadas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) na bacia hidrográfica do Iraí.

**Tabela 1** – Indústrias licenciadas pelo IAP na bacia hidrográfica do Iraí. Fonte: SUREHMA, 1992.

Indústria	Atividade	Carga remanescente	Sistema de tratamento	Rio receptor
Popasa Potinga de Papéis	Papel higiênico	55 kg.DBO <sub>5</sub> /dia	Lagoas de estabilização	Timbu
Eternit	Fibra de amianto	1,0 kg.DBO <sub>5</sub> /dia	Lagoas de estabilização	Canguiri
Móveis Oggi	móveis	1,0 kg.DBO <sub>5</sub> /dia	Lagoas de estabilização	Canguiri

### 5.2. Parâmetros utilizados à análise da qualidade dos rios

A análise da qualidade das águas dos rios da bacia do Iraí foi realizada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 1995). Para a interpretação dos resultados, foram utilizados os parâmetros físico-químicos (PFQ) e bacteriológicos (PB) dos corpos de água e o “Índice de Qualidade da Água” (IQA) desenvolvido por BALL e CHURCH, 1980; In IAP 1985). O IQA representa uma função de um processo multiplicativo que envolve o oxigênio dissolvido (OD), os coliformes fecais (CF), o valor do pH da água, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), o nitrogênio total (NT), o fósforo total (PT), a turbidez (TUR) e os sólidos totais dissolvidos (ST). Este índice tem a seguinte expressão matemática:

$$IQA = \pi \cdot \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde, **IQA** = Índice de qualidade das águas (um número entre 0 e 100).

**q<sub>i</sub>** = Qualidade de iésimo parâmetro (um número entre 0 e 100, obtido do “gráfico de qualidade” em função da sua concentração).

**w<sub>i</sub>** = peso correspondente ao iésimo parâmetro; um número entre 0 e 1

$$(\sum w_i = 1).$$

Os valores de “q<sub>i</sub>” são obtidos nos “gráficos de qualidade” demonstrados por IAP (1985), a partir dos teores de cada um dos oito parâmetros acima mencionados. Os valores obtidos são elevados ao expoente cujo peso para cada parâmetro é igual a 0,125. O valor do IQA corresponde ao produto de todos os parâmetros. Os significados dos valores do IQA são os seguintes:

0 - 36= qualidade ruim

37 - 51= qualidade aceitável

52 - 79= qualidade boa

79 - 100= qualidade ótima

O oxigênio dissolvido na água é que mantém o processo de metabolismo que produz energia para o crescimento e reprodução dos seres vivos; o valor mínimo de OD na água não deverá ser inferior a 5 mg x L<sup>-1</sup> (SUREHMA, 1992). A presença de coliformes fecais indica contaminação por fezes e serve como indicador da provável existência de microorganismos intestinais patogênicos; o conteúdo de CF para “águas classe 2” não deve ser superior a 1000 nmp/mL (Schaeffer, 1985). O valor do pH de uma água indica o caráter ácido, alcalino ou neutro da mesma. A demanda bioquímica de oxigênio representa a quantidade de oxigênio consumido biologicamente por bactérias no processo de estabilização da matéria orgânica decomposta em condições aeróbicas; o teor máximo de DBO<sub>5</sub> na água não deve ultrapassar 5 mg x L<sup>-1</sup> (SUREHMA, 1992). O nitrogênio total que se apresenta sob a forma de nitrogênio orgânico e amônia, é, no decorrer do tempo, gradativamente convertido em nitrogênio amoniacal e, em condições aeróbicas, transforma-se em nitritos e nitratos; o teor NT em águas cujo conteúdo de efluentes domésticos não é considerado excessivo, varia entre 0,1 a 0,5 mg x L<sup>-1</sup> (IAP, 1985). O fósforo total, que também é utilizado para avaliar a qualidade sanitária das águas, é proveniente de esgotos domésticos, bem como ocorre associado a fosfatos inorgânicos do solo; de acordo com IAP (1985) a concentração máxima de PT, a partir do qual geram-se processos de eutrofização em lagos, não deve ultrapassar 0,05 mg x L<sup>-1</sup>. A turbidez de uma água é causada pela presença de partículas em suspensão. Sólidos totais são representados pela matéria remanescente de resíduo após a evaporação e secagem sob temperatura de 103º e 105º C; o valor máximo de ST deve ficar restrito a 500 mg x L<sup>-1</sup>.

### 5.3. Estações de amostragem dos rios

Os pontos onde foram coletadas as amostras da água para o monitoramento dos rios estão localizados nos principais afluentes da bacia do Iraí, desde o Canguiri (Estação 1), o Timbu (Estação 2) e o Curralinho (Estação 3), a montante da bacia, até os rios Iraizinho (Estação 4) e o próprio Iraí (Estação 5), à jusante da mesma.

#### 5.3.1. RESULTADOS DAS ANÁLISES

As análises das 24 amostras coletadas nos rios Canguiri, Timbu, Curralinho, Iraizinho e Iraí, cujos resultados são comentados a seguir, foram processadas em amostras coletadas e analisadas pelo IAP entre o período de julho de 1992 a março de 1995 (IAP, 1995) (Figura 2).

As amostras das águas do rio Canguiri que foram coletadas na Estação Estrada da Graciosa (Estação 1), apresentam um IQA equivalente à faixa “aceitável”, ou seja de qualidade de água considerada “razoável”. Os valores

## RIO IRAÍ - IG 01 - OLARIA DO ESTADO

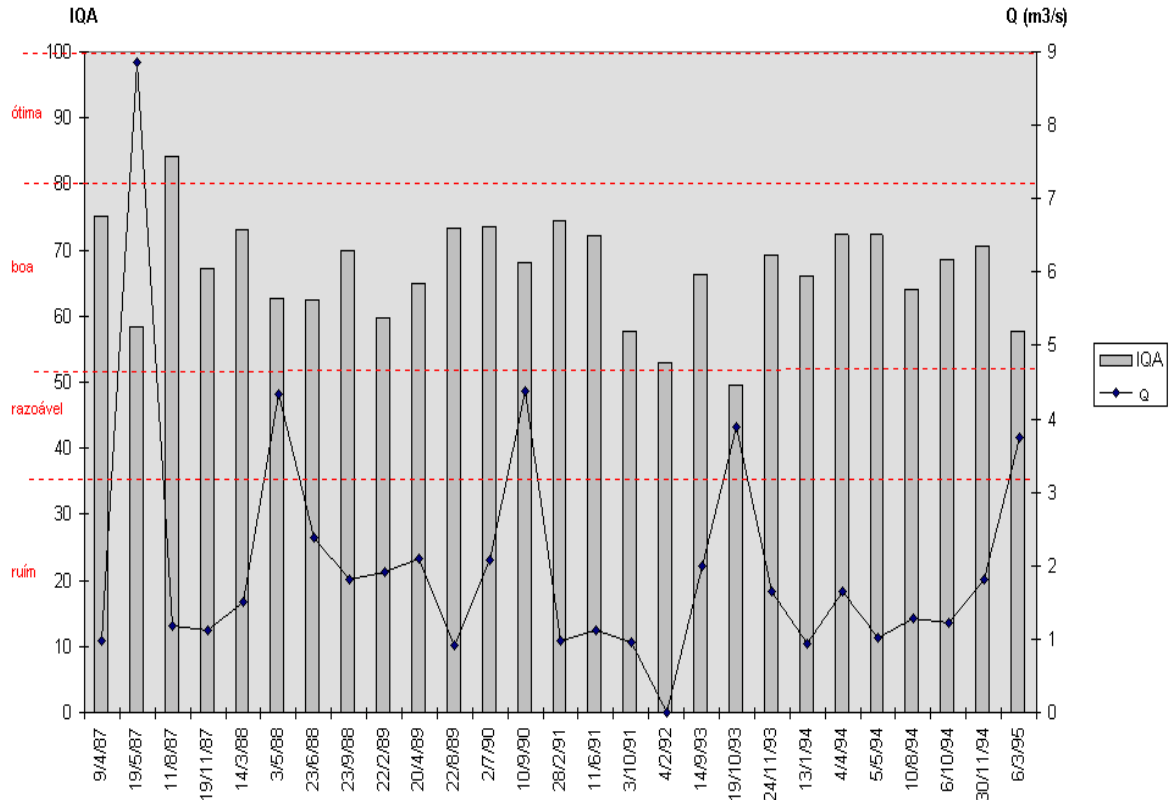


Figura 2 – Índice da qualidade da água do rio Iraí.

médios de coliformes totais e fecais correspondem a 402.000 nmp/mL e 162.000 nmp/mL, respectivamente. O valor médio de oxigênio dissolvido é igual a 6,4 mg x L-1, sendo o mínimo igual a 3,10 mg x L-1 e o máximo igual a 8,7 mg x L-1. O teor médio da demanda bioquímica de oxigênio é igual a 4,2 mg x L-1, com uma variação entre 1 mg x L-1 e 15 mg x L-1. A concentração média de fosfato total corresponde a 0,13 mg x L-1 e a de nitratos é igual 1 mg x L-1. Os teores médios respectivos aos elementos químicos sódio, potássio, cálcio, magnésio e ferro correspondem a 6,5 mg x L-1, 8,2 mg x L-1, 9 mg x L-1, 4,3 mg x L-1 e 1,1 mg x L-1. As respectivas concentrações médias de sulfatos e cloretos correspondem a 8,4 mg x L-1 e 7,3 mg x L-1.

As águas coletadas no rio Timbu (Estação 2) apresentaram valores de IQA que se enquadram na faixa considerada aceitável e ruim. Os valores médios de coliformes totais e fecais correspondem a 454.000 e 55.800 nmp/mL, respectivamente. O conteúdo de oxigênio dissolvido na água cujo valor médio corresponde a 6,8 mg x L-1, variou de 3,10 mg x L-1 a 8,5 mg x L-1. O teor médio da demanda bioquímica de oxigênio é igual a 13 mg x L-1, com uma variação entre 1 mg x L-1 a 56 mg x L-1. A concentração média de fosfato total corresponde a 0,15 mg x L-1 e a de nitratos é igual 0,6 mg x L-1. Dentre os cátions, o sódio apresenta um teor igual a 7,5 mg x L-1, o potássio, 1,7 mg x L-1, o cálcio, 6,2 mg x L-1, o magnésio, 2,5 mg x L-1 e o ferro, 2,5 mg x L-1. As concentrações médias de sulfatos e cloretos correspondem a 6,5 e 5,5 mg x L-1, respectivamente.

A qualidade das águas do rio Curralinho (Estação 3) enquadrou-se como boa, com níveis baixos de poluição. Os valores médios de coliformes totais e fecais são iguais a 8,00 nmp/mL e 867 nmp/mL. A concentração média de oxigênio dissolvido é de 8,4 mg x L-1, com uma variação entre 7,4 mg x L-1 a 9,3 mg x L-1, e a da demanda bioquímica de oxigênio é igual a 2 mg/L, com uma variação entre 1 mg x L-1 a 4 mg x L-1. O teor médio de fosfato total na água corresponde a 0,05 mg x L-1, com uma variação entre 0,015 e 0,189 mg x L-1, e a concentração média de nitratos corresponde a 0,004 mg x L-1. Os teores médios relacionados ao sódio, potássio, cálcio, magnésio e ferro correspondem a 3,2 mg x L-1, 1,8 mg x L-1, 2,6 mg x L-1, 1,1 mg x L-1 e 1 mg x L-1, respectivamente. Os valores médios dos sulfatos e cloretos correspondem a 3 mg x L-1 e 3,3 mg x L-1.

As águas do rio Iraizinho (Estação 4), em termos de IQA, foram enquadradas como sendo de boa qualidade. O valor médio de coliformes totais é igual a 18.400 nmp/mL e a de coliformes fecais é igual a 5.480 nmp/mL. O conteúdo de oxigênio dissolvido, cujo valor médio corresponde a 7,5 mg x L-1, apresentou uma variação entre 5,2 mg x L-1 e 9,8 mg x L-1. O teor médio da demanda bioquímica de oxigênio é igual a 2,2 mg x L-1 e sua variação é de 1 mg x L-1 a 7 mg x L-1. A concentração média de fosfato total corresponde a 0,05 mg x L-1 e a de nitratos é igual a 0,095 mg x L-1.

As águas do rio Iraí (Estação 5), segundo os respectivos valores do IQA, enquadram-se na faixa de qualidade considerada boa, com níveis baixos de poluição. Os valores

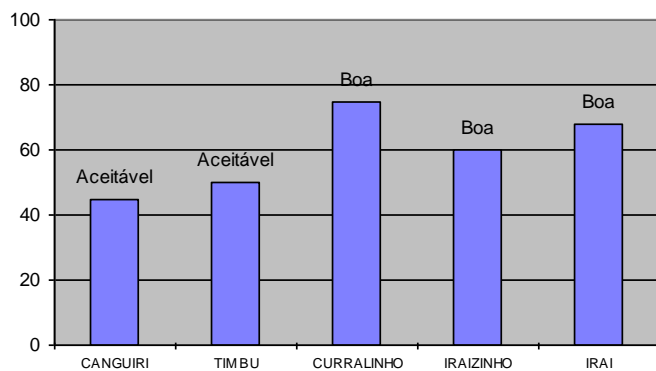
do IQA do rio Iraí no decorrer do tempo estão aqui destacados porque o mesmo recebe as águas do Canguiri, Timbu, Curralinho e Iraizinho. Os teores médios de coliformes totais e fecais são iguais a 175.300 nmp/mL e 11.648 nmp/mL, respectivamente. A concentração média de oxigênio dissolvido é de 6,5 mg x L-1, com uma variação entre 4,7 mg x L-1 a 8,5 mg x L-1. A média da demanda bioquímica de oxigênio é igual a 2,9 mg x L-1, com uma variação entre 1 mg x L-1 a 8 mg x L-1. O teor médio de fosfato total gira em torno de 0,060 mg x L-1, sendo o valor máximo igual a 0,092 mg x L-1 e o mínimo igual a 0,044 mg x L-1. A média de nitratos equivale a 0,41 mg x L-1 e os teores variaram entre 0,20 mg x L-1 a 0,82 mg x L-1. A descarga média mensal do rio Iraí é de 2,38 m<sup>3</sup> x s-1.

Os valores médios dos parâmetros utilizados para calcular os IQAs dos principais corpos d'água que drenam a bacia hidrográfica do Iraí, são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2** – Valores médios de coliformes totais(CT), coliformes fecais (CF), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>). Fonte: IAP (1995).

Rios	Canguiri	Timbu	Curralinho	Iraizinho	Iraí
CT (nmp/ml)	402 000	454 000	8500	18400	175300
CF (nmp/ml)	162 000	55 800	867	5480	11648
OD (mg/l)	6,40	6,80	8,4	7,5	6,5
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	4,20	13,00	2,00	2,2	2,9
PT (mg/l)	0,13	0,15	0,05	0,05	0,06
NT (mg/l)	1,00	0,60	0,004	0,095	0,41

A comparação entre a qualidade das águas dos rios Canguiri, Timbu, Curralinho, Iraizinho e Iraí, pode ser visualizada na figura 3. Os rios que apresentam as piores condições de qualidade, o Canguiri e Timbu, escoam através das áreas mais ocupadas pela população; nesses trechos, ambos recebem cargas excessivas de efluentes domésticos.



**Figura 3** – Valores comparativos entre os "IQA" dos rios Canguiri, Timbu, Curralinho, Iraizinho e Iraí.

## 6. Qualidade das águas subterrâneas

A composição química das águas subterrâneas, em certos elementos, depende da natureza das rochas e da solubilidade de seus minerais, bem como do tempo de contato entre a matriz e a água. As modificações mais significativas na composição são controladas pelos processos de interação água-rocha e por afluxos de espécies químicas oriundas de efluentes que se infiltram através da superfície do terreno.

Numa formação aquífera, a água circula com mais frequência ao longo de zonas mais permeabilizadas e raramente de uma maneira ativa em toda a massa do terreno. Este processo permite uma individualização dos filetes líquidos e a não homogeneização química dos mesmos. Neste contexto, a diversidade existente na alimentação do aquífero, a distância do trajeto dos filetes líquidos e o clima, produzem modificações na composição química da água.

É importante salientar que a bacia hidrográfica do Iraí recebe os esgotos domésticos sem tratamento, as lixívias provenientes de depósitos de lixo, agrotóxicos e fertilizantes aplicados na agricultura, bem como uma carga de efluentes oriundos das indústrias da região. Estes fatores imprimem aspectos característicos na qualidade das águas, especialmente as do aquífero freático, modificando-as em relação à sua composição original.

### 6.1. Natureza dos componentes químicos das águas

A análise da composição química das águas e a classificação das mesmas, foram realizadas a partir de amostras coletadas em treze poços, cuja localização está apresentada na figura 4.

A identificação e o mês da coleta das amostras de água da bacia hidrográfica do rio Iraí e das águas subterrâneas relacionadas, são mostradas na tabela 3. Deste total, nove poços rasos caracterizam o aquífero freático e nove poços as camadas de arcóseos da Formação Guabirota, representam o aquífero confinado. Foram analisados Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e o Fe<sup>2+</sup> e eventualmente, o Mn<sup>2+</sup>, bem como outros elementos pesados. Também foram determinados o pH da água, a turbidez, a cor aparente, a condutividade elétrica, temperatura, alcalinidade total, fenolftalina, carbonatos e bicarbonatos, dureza total, bióxido de carbono livre, oxigênio consumido em meio ácido, nitrogênio amoniacal e orgânico, bem como os sólidos totais dissolvidos. Neste trabalho são tecidas considerações sobretudo com respeito aos componentes iônicos, pH e sílica dissolvida.

Na tabela 4 são mostrados os principais cátions e ânions analisados nas águas das camadas aquíferas do Guabirota e no lençol freático.

A predominância de cloretos nas águas, bem como de sulfatos e nitratos, e sua relação com bicarbonatos, indicam

provável contaminação causada por efluentes domésticos e/ou industriais. Quando o sódio e o magnésio predominam

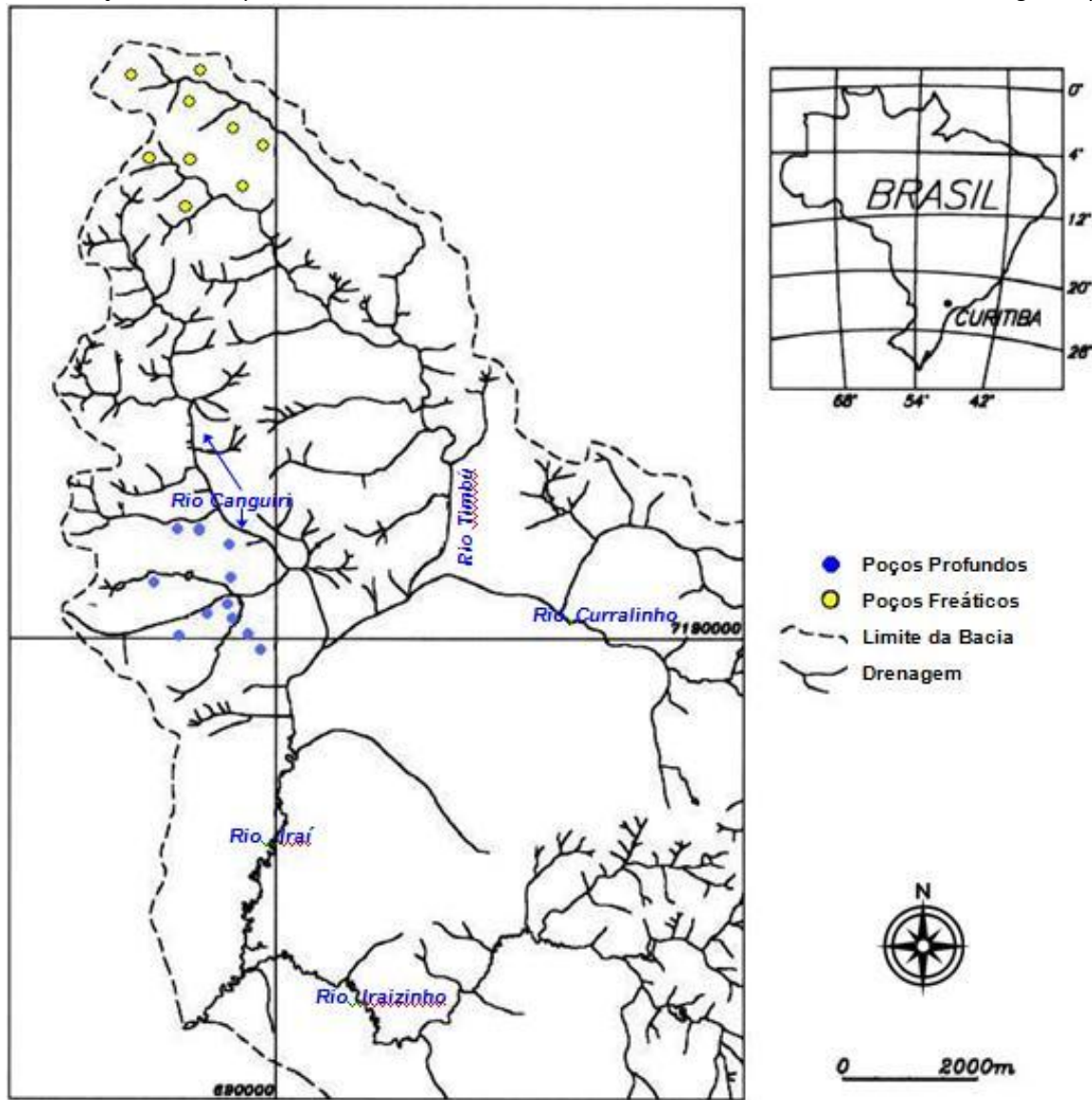


Figura 4 – Mapa de localização dos poços profundos e rasos.

Tabela 3 – Identificação, localização e data da coleta das amostras de água da bacia hidrográfica do Iraí e águas subterrâneas.

Amostra	Localização	Código original	Data coleta
P1	Fazenda IAPAR	IAPAR-8	Outubro
P2	Fazenda IAPAR	IAPAR-9	Outubro
P3	Hospital Adalto Botelho	A. Bot.	Fevereiro
P4	Fazenda Canguiri-UFPR	Micro-1	Abril
P5	Leiteria da Fazenda Canguiri-UFPR	Leiteria	Dezembro
P6	Vila Rural - Parque Castelo Branco	V.R-1	Dezembro
P7	Piezômetro da bacia do Canguiri	PZ-3	
P8	Piezômetro da bacia do Canguiri	PZ-5	
P9	Piezômetro da Bacia do Canguiri	PZ-6	
F1	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-62	Julho
F2	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-22	Julho
F3	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-96	Julho
F4	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-71	Julho
F5	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-67	Julho
F6	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-47	Julho
F7	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-31	Julho
F8	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-45	Julho
F9	Cacimba da bacia do rio Timbó	F-158	Julho
I1	Rio Iraí em Pinhais		Abril

**Tabela 4** – Parâmetros químicos e físico-químicos de águas superficiais e subterrâneas relacionadas da bacia hidrográfica do Iraí. Os dados estão expressos em mg x L-1.

Poço	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SiO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH	Fe total	STD
P1	11,5	1,7	5,8	1,9	46,5	64,7	1,0	0,5	0,05	6,5	1,0	132,8
P2	12,2	1,4	3,8	1,2	47,0	47,3	1,0	2,7	0,08	6,3	0,9	115,7
P3	11,0	2,0	4,7	1,4	59,3	51,2	1,0	1,3	ND	8,0	0,1	131,0
P4	24,0	1,9	28,4	11,3	39,6	191,5	1,0	ND	ND	8,1	0,1	298,0
P5	7,2	1,1	11,4	2,3	23,8	56,0	6,7	0,1	0,05	6,7		109,0
P6	7,1	1,1	5,1	4,2	23,2	54,9	5,3	0,5	0,05	6,9	0,4	101,4
P7	9,4	2,0	5,90	2,8	44,0	68,4	0,1	0,9	0,09	6,4	0,3	
P8	8,5	2,4	4,8	2,1	44,6	54,7	0,1	1,5	ND	6,8	1,5	
P9	6,4	2,1	2,6	0,8	43,2	33,6	0,5	0,9	0,50	6,7	ND	
F1	6,9	1,0	0,9	1,2	2,0	2,4	2,0	10,0	1,98	5,0	0,1	28,4
F2	4,9	0,6	6,8	2,8	5,7	13,4	6,2	16,0	1,23	6,1	1,5	57,6
F3	3,5	1,9	2,6	3,1	5,5	4,9	2,0	13,0	1,63	5,0	ND	38,2
F4	3,9	0,4	6,2	4,0	4,6	12,2	2,0	18,0	1,46	6,4	0,9	52,8
F5	3,9	0,4	1,3	2,0	8,1	4,9	2,0	7,0	2,02	5,1	0,1	31,7
F6	2,3	1,2	14,4	8,0	7,6	85,3	2,0	1,0	0,13	6,8	2,8	122,0
F7	5,6	1,8	4,3	2,8	4,1	21,9	6,5	7,0	1,00	5,1	0,5	55,1
F8	1,2	0,5	4,2	2,0	5,7	14,6	3,2	2,0	1,21	6,3	0,7	34,7
F9	2,5	0,8	5,1	0,8	3,7	19,5	2,0	6,0	0,06	5,0	ND	40,4
I1	3,10	1,20	11,29	2,12	8,13	51,75	ND	4,56	2,43	7,21	1,76	84,6

em relação aos demais cátions e suas ocorrências estão predominantemente associadas aos cloretos, a origem dos mesmos pode também estar relacionada a ações antrópicas, uma vez que a influência marinha direta ou de sais cíclicos não é significativa na região.

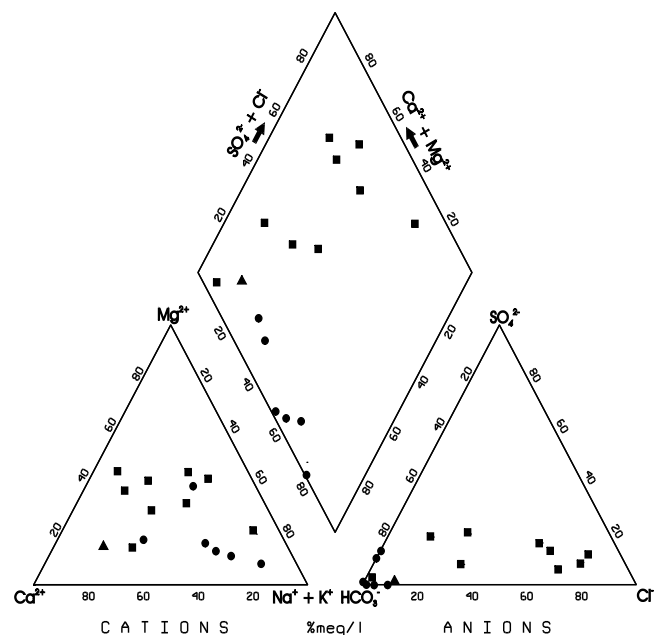
### 6.2. Aquífero freático

As águas do aquífero freático circulam através de sedimentos argilosos inconsolidados, compreendendo solos residuais, de cor vermelha. Estas formações superficiais caracterizam uma alteração ferralítica monossilizante, conduzindo à formação de caulinita.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos em ambos os grupos, apresentam valores que variam entre 28 e 122 mg x L-1, e os valores de pH variam entre 5 e 6,8. Os teores de ferro total dissolvido, situam-se entre 0,05 e 2,85 mg x L-1, sendo tais valores diretamente proporcionais ao pH.

As águas cloretadas apresentam teores de sódio que variam entre 3,9 e 6,9 mg x L-1 de cálcio entre 0,9 a 6,2 mg x L-1, de magnésio entre 1,2 e 3,96 mg x L-1 e de potássio entre 0,4 e 1,9 mg x L-1. O químismo indica que as águas deste grupo estão enriquecidas de substâncias contidas em efluentes antrópicos lançados na superfície do terreno. As águas bicarbonatadas apresentam teores de sódio que variam entre 1,2 a 5,6 mg x L-1, de cálcio entre 4,23 e 14,4 mg x L-1, de magnésio entre 0,8 e 8 mg x L-1, e de potássio entre 0,5 e 1,8 mg x L-1.

As análises realizadas nas amostras coletadas nos poços cacimbas, caracteriza a existência de dois grupos de águas, a saber: a) cloretadas sódicas e magnesianas (amostras F1, F2, F3, F4, e F5) e b) bicarbonatadas cálcicas e magnesianas (nº F6, F7, F8 e F9). As respectivas classes, podem ser visualizadas na figura 5.



**Figura 5** – Diagrama de piper mostrando águas subterrâneas das camadas aquíferas do Guabirota (■), águas do freático na bacia do Iraí (●) e água superficial coletada no próprio curso de água (▲), no município de Pinhais-PR.

### 6.3. Aquífero confinado

As águas que recarregam o aquífero confinado circulam, através do solo e do aquífero freático, adquirindo características das argilas montmoriloníticas da Formação Guabirota, mais ricas em sílica e álcalis. Neste processo de percolação, a filtragem natural e trocas iônicas geralmente neutralizam efeitos da poluição, notórios no aquífero livre.

Os principais minerais que constituem as areias arcoseanas são o quartzo e os feldspatos alcalinos, sendo estes últimos representados por ortoclásios e por microclíneos. As análises físico-químicas existentes referem-se a seis amostras de águas coletadas em poços tubulares na Fazenda Canguiri da UFPR, no Parque Castelo Branco, no hospital Adalto Botelho e na Fazenda do Instituto Agrônômico do Paraná-IAPAR. As águas são todas bicarbonatadas. Duas são mistas e três mais sódicas, cujas classes já foram mostradas na figura 5.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos variam entre 90 e 297 mg x L<sup>-1</sup> e os respectivos valores de pH situam-se entre 6,7 e 8,1. Os teores de ferro, em ambos os poços, estão restritos a 0,07 e 1,04 mg x L<sup>-1</sup>. As concentrações de sódio giram em torno de 7,1 e 24 mg x L<sup>-1</sup>, de cálcio entre 3,83 e 28,4 mg x L<sup>-1</sup>, de magnésio entre 1,16 e 28,4 mg x L<sup>-1</sup> e de potássio os teores não ultrapassam 2,0 mg x L<sup>-1</sup>.

### 7. Qualidade das águas subterrâneas

Embora as indústrias instaladas na bacia hidrográfica do Irai sejam predominantemente de transformação primária, o que equivale destacar ser de baixa carga poluidora, a aplicação de agrotóxicos, representados por fungicidas, herbicidas e inseticidas, apresentam elevada toxicidade para animais e seres humanos.

Os rios que apresentam as piores condições no que concerne a sua qualidade são o Canguiri e o Timbu porque ambos escoam através das áreas mais ocupadas pela população; nesses trechos, ambos recebem cargas

excessivas de efluentes domésticos. De qualquer forma, os valores dos seus índices de qualidade de água (IQA) são superiores a 40, caracterizando-os como "aceitáveis". Os demais rios, Currealinho, Iraizinho e Irai, apresentam valores de IQA acima de 60, o que os caracteriza como águas de boa qualidade.

Com relação às águas do freático, a circulação se dá através de sedimentos argilosos inconsolidados, compreendendo solos residuais, de cor vermelha. Estas formações superficiais caracterizam uma alteração ferralítica monossilizante, conduzindo à formação de caulinita. Essas águas são classificadas como cloretadas sódicas e magnesianas e bicarbonatadas cálcicas e magnesianas.

Tendo em conta que a recarga do aquífero confinado ocorre através do aquífero freático às águas adquirem características das argilas montmoriloníticas da Formação Guabirotuba, mais ricas em sílica e álcalis. Neste processo de percolação, a filtragem natural e trocas iônicas geralmente neutralizam efeitos da poluição, notórios no aquífero livre.

Os principais minerais que constituem este aquífero, o qual é constituído por areias arcoseanas onde o quartzo e os feldspatos alcalinos são predominantes, as águas são classificadas como bicarbonatadas, ora predominando águas mais sódicas por conta dos minerais ortoclásio e microclínio, mas também com águas mistas.

As concentrações dos íons que são encontrados nas águas de ambos os

aquíferos são adequadas ao consumo humano.

### Referências bibliográficas

- AB'SABER A.N., BIGARELLA J.J. 1961. Superfícies aplainadas no primeiro planalto do Paraná. Boletim Paranaense de Geografia. Curitiba, 13 (4), 116-125.
- ALMEIDA F.F.M. 1952. Novas ocorrências de camadas supostas pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, 1 (1), 53-58.
- ARCHELA E. 1986. Faciologia e ambientes de sedimentação da Bacia de Curitiba, São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Projeto de pesquisa
- BALL R.O., CHURCH R.L. J. Env. Eng. Div. 1980, 8, 106.
- BECKER R.D. 1982. Distribuição dos sedimentos cenozóicos na região metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional, Porto Alegre, 1982. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BERG E.A.T., LOURENÇO O.B. 1973. Sobre a composição mineralógica de argilas dos solos do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba, 31, 13-30.
- BIGARELLA J.J. 1971. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. Paleoclimas. São Paulo. 1, 1-22.
- BIGARELLA J.J., SALAMUNI R. 1959. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. Curitiba, 40, 1-14.
- BIGARELLA J.J., SALAMUNI R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 7, 1-164.
- BITTENCOURT A.C.S.P. 1996. As coberturas Terciárias e Quaternárias do interior e da zona costeira. In: BARBOSA, J. F.; DOMINGUES, J. M. L. (Eds.). Texto básico para o mapa geológico da Bahia ao milionésimo. Salvador: Governo da Bahia, superintendência da Geologia e Recursos Minerais, p. 165-181.
- CARVALHO P.F. 1936. Geologia do Município de Curitiba. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 82, 1-37.
- COUTINHO J.M.V. 1955. Lantanita de Curitiba, PR. Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, 13, 119-126.
- FUCK R.A. 1966. Nota explicativa de folha geológica de Quero-Quero. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 19, 1-21.
- FUCK R.A. 1967<sup>a</sup>. Geologia da folha de Piraquara. 64p. (Datilografado).
- GEOTECNICA-PROENSI-OSM-SERENO-CONSULT. 1992. Barragem do Irai: Estudo de Impacto Ambiental EIA-RIMA. Curitiba, v. I, A.
- IAP. 1995. Análises das águas dos rios da bacia do Irai. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba.

- LOPES J.A.V. 1966. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 20, 1-20.
- KORZINSKI D.S. 1988. Analisis geoquímico sobre El mantenimiento del dióxido de siliceo a la temperatura de acrotermas. Academia Científica de La URSS. Tomo 263, 2.
- MAACK R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Arquivos de Biologia e Tecnologia. Curitiba, 2, 142-158.
- MARINI O.J. 1967. Geologia da folha de Araucária. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 24, 1-22.
- MURATORI A. 1966. Nota explicativa da folha de Campo Largo. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 21, 1-31.
- OLIVEIRA A.I., LEONARDOS O.H. 1943. Geologia do Brasil. 2ª ed, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura.
- PEDRO G. 1966. Essai sur La caracterisation geoquimique dès differents processus zonaux resultant de l'alteration superficielle. C.R. Acad. Sci., Paris, 262 D: 1828-1830.
- PETRI S., FÚLFARO V.J. 1983. Neocenozóico. In: GEOLOGIA DO BRASIL. São Paulo, EDUSP, 432-470
- PIPER A.M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans. Amer. Geophys. Union. Washington, 25, 914-923.
- ROSA FILHO E.F.DA, PARANHOS FILHO A, PRAZERES FILHO H.DOS, VALESKI Z. 1996. Considerações sobre aspectos físicos e hidráulicos do aquífero Guabirota. Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba, 44, 1-23.
- SALAMUNI E., STELLFELD M.C. Banco de dados geológicos georeferenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) como base de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Boletim Paranaense de Geociências, 49, 21-32.
- SCHAEFFER F.A. 1985. The complete works of Francis Schaeffer, 2nd ed. Westchester, IL Crossway Books.
- SUREHMA. 1992. Relatório sobre as indústrias licenciadas em Curitiba. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio ambiente. Curitiba.
- TREIN E.(Coord). 1969. Folha Geológica de Tijucas do Sul. Curitiba: Banco de desenvolvimento do Paraná S/A Comissão da Carta Geológica do Paraná Escala 1:70.000.
- TRUESDELL A.H., JONES B.F. 1974. WATEQ – A computer program for calculating chemical equilibria of natural waters. U.S. Geol. Survey Journ. Research, 2, 233-248.