



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

JOSILAINE AMANCIO CORCÓVIA

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DOS SISTEMAS  
AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NO MUNICÍPIO  
DE IBIPORÃ – PR:  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

JOSILAINE AMANCIO CORCÓVIA

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DOS SISTEMAS  
AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NO MUNICÍPIO  
DE IBIPORÃ - PR**  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina-UEL como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. André Celligoi

Londrina  
2013

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

C793c Corcóvia, Josilaine Amancio.

Caracterização hidrogeológica dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no município de Ibiporã-PR: gestão de recursos hídricos subterrâneos / Josilaine Amancio Corcóvia. – Londrina, 2013.  
156 f.: il.

Orientador: André Celligoi.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Recursos hídricos – Teses. 2. Hidrogeoquímica – Teses. 3. Aquíferos – Paraná – Teses. 4. Hidrogeologia – Teses. 5. Águas subterrâneas – Qualidade – Teses. I. Celligoi, André. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911.2:551.491

JOSILAINE AMANCIO CORCÓVIA

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DOS SISTEMAS  
AQUÍFEROS SERRA GERAL E GUARANI NO MUNICÍPIO DE  
IBIPORÃ - PR  
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina-UEL como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.Dr. André Celligoi  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof.Dr. Edvard Elias de Souza Filho  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 12 de abril de 2013.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo, amigo e companheiro Rogério Corcóvia por estar sempre ao meu lado me dando preciosos conselhos e aos meus queridos filhos Marine e Muriel com os quais compartilho felicidade e aprendizagem. Aos meus pais, irmãos, sogros e bons amigos, que mesmo longe estão sempre próximos. Ao meu ex-cunhado Pedro Antonio Bigati pela ajuda nos trabalhos de campo.

Agradeço ao Professor André Celligoi por aceitar essa orientação de mestrado e pela disposição para diálogo interdisciplinar, ainda rara em nossa academia.

Ao Professor José Paulo P. Pinese por ajudar na correção do Projeto de mestrado e fazer parte da banca de qualificação; também, no incentivo para nunca desistir de tentar.

À Professora Mirian Vizintim Barros por aceitar fazer parte da banca de qualificação e pelo incentivo para aprender programas novos que serviram de base para este trabalho.

Aos orientadores, professores, e estagiários, que, nos trabalhos acadêmicos e profissionais, sempre propiciaram valiosos conhecimentos e opiniões. Em especial aos meus amigos Tatiana Fernanda Mendes por estar comigo em todos os momentos da pesquisa em laboratório, a Francileide Piva, Paulo Henrique Castro e Glauco Marighella pela colaboração na elaboração de meus mapas. Também, ao companheiro e instrutor nos trabalhos de campo, Alan A. Alievi.

À professora Maria Josefa Santos Yabe pela realização das análises no ICP – AES e ao técnico Nelson Janeiro Rodriguez do Departamento de Química e Biotecnologia pela orientação e atenção no trabalho de filtragem das amostras; também a Cristina e Ana Paula, doutorandas do Departamento de Química, pela colaboração em explicar a metodologia e interpretação da análise dos metais nas análises em ICP – AES das amostras de água.

Ao Samae (Sistema Autônomo Municipal de Água e esgoto), em especial ao técnico Adilson da Silva, pela colaboração na obtenção dos dados e no acompanhamento dos

trabalhos realizados no município de Ibiporã. Ao Sebraq (Serviço Brasileiro de Análises Ambientais Químicas e biológicas) na pessoa do Sr. Júnior, pelos serviços prestados em análises de laboratórios e à LABOR SOLO pela análise de nitrato e nitrito da pesquisa.

CORCÓVIA, Josilaine Amancio. **Caracterização hidrogeológica dos sistemas aquíferos serra geral e guarani no município de Ibiporã – PR: gestão de recursos hídricos subterrâneos.** 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivos compreender as principais leis vigentes no país sobre gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos com o intuito de propor um plano de recursos hídricos ao município de Ibiporã, bem como, evidenciar se a água consumida pelos ibiporaenses, através do aquífero Guarani e Serra Geral, se apresenta com boa qualidade para consumo. Para tanto, é necessário ponderar sobre os riscos que os elementos físico-químicos podem oferecer à saúde humana, realizando análises hidrogeoquímicas nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e Sistema de Aquífero Serra Geral (SASG) no município de Ibiporã-Pr. Foram efetuados levantamentos da área de estudo através de trabalhos de campo, totalizando amostras de 27 poços nos limites do município. Os parâmetros químicos analisados foram: alumínio, arsênio, bário, bicarbonato, cádmio, cálcio, carbonato, cobalto, cloreto, cromo, cobre, manganês, magnésio, sulfato, potássio, sódio, flúor, ferro, nitrato, nitrito, selênio, chumbo, estrôncio, titânio zinco, sendo que para análise destes parâmetros foram utilizadas diferentes metodologias como: AAS, ICP-AES, titulação com nitrato de prata, fotometria de emissão de chamas e turbidimetria. E os parâmetros físicos abordados na pesquisa foram: temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), redução da oxidação potencial (ORP), sendo analisados *in situ* através do aparelho multiparâmetros. Após as análises laboratoriais, foram realizados mapas georreferenciados através dos programas computacionais. Para análise de possíveis conexões entre o SAG e o SASG, foi elaborado um diagrama de Piper da área, com o perfil dos poços dos referidos aquíferos. Essas possíveis conexões podem causar danos à saúde humana, pois muitas vezes a água do SASG possui um aumento de flúor em sua composição. Como resultados, foram identificados padrões anômalos na temperatura e pH dos poços do SAG, eventuais aumento de alumínio, flúor e chumbo, mas que não ultrapassaram os limites permitidos pela RESOLUÇÃO CONAMA 396/2008 e a PORTARIA 2914/2011 do Ministério da Saúde. Nota-se, que esses índices, são condizentes com os tipos de atividades realizadas na área de estudo e que os órgãos ambientais municipais devem estar atentos para esses padrões encontrados na referida pesquisa, podendo esses dados auxiliar na composição do seu plano de recursos hídricos.

**Palavras chaves:** Aquífero guarani. Aquífero serra geral. Água subterrânea. Ibiporã. Pr. Poços.

CORCÓVIA, Josilaine. Amancio. **Hydrogeological characterization of aquifers saw general and Guarani in the municipality of Ibiporã - PR: management of groundwater resources.** 2013. 156 f. Dissertation (Master's degree in Geography, Environmental Dynamics Space) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

### **ABSTRACT**

This study aims to understand the main laws in the country on management of groundwater resources in order to propose a plan for water resources Ibiporã municipality, as well as evidence if the water consumed by ibiporaenses through the Guarani aquifer and Serra Geral, presents with good quality for consumption. Therefore, it is necessary to consider the risks that the physico-chemical elements can offer to human health, performing hydrogeochemical analyzes in the groundwater of Guarani Aquifer System (SAG) and Serra Geral Aquifer System (SGAS) in the municipality of Ibiporã-Pr. Surveys were conducted in the study area through field work, samples totaling 27 wells within the limits of the municipality. The chemical analysis were: aluminum, arsenic, barium, bicarbonate, cadmium, calcium carbonate, cobalt chloride, chromium, copper, manganese, magnesium, sulphate, potassium, sodium fluoride, iron nitrate, nitrite, selenium, lead, strontium, titanium, zinc, and to analyze these parameters and different methods were used: AAS, ICP-AES titration with silver nitrate, flame emission photometry and turbidity. And the physical parameters addressed in this study were: temperature, turbidity, dissolved oxygen (DO), total dissolved solids (TDS), oxidation reduction potential (ORP) and analyzed by in situ multiparameter device. After laboratory tests were performed georeferenced maps through computer programs. To analyze the possible connections between SAG and SGAS, we designed a Piper diagram of the area, the profile of these wells aquifers. These possible connections can cause harm to human health, because many times the water of SGAS has increased fluoride in their composition. As a result, we identified anomalous patterns in temperature and pH Wells SAG, any increase of aluminum, fluoride and lead, but not exceeded. Limits allowed by CONAMA RESOLUTION 396/2008 and DECREE 2914/2011 of the Ministry of Health Note is that these indices are consistent with the types of activities carried out in the study area and the municipal environmental agencies should be aware of these patterns found in that research, such data can assist in the composition of its water plan.

**Keywords:** Guarani aquifer. Serra geral Aquifer. Groundwater. Ibiporã-Pr. Wells.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Bacias hidrográficas do Estado do Paraná .....	33
<b>Figura 2 a</b> – Distribuição do Sistema Aquífero Guarani no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. ....	42
<b>Figura 2 b</b> – Zonas de confinamento do sistema Aquífero Guarani.....	42
<b>Figura 3</b> – Cadastramento dos poços do SAG e SASG na área de estudo.....	57
<b>Figura 4</b> – Localização da área do município de Ibiporã – PR.....	63
<b>Figura 5</b> – Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná .....	65
<b>Figura 6</b> – Unidades geológicas dentro do município de Ibiporã .....	69
<b>Figura 7</b> – Fraturas no Município de Ibiporã .....	70
<b>Figura 8</b> – Caracterização das classes de solo do município de Ibiporã.....	73
<b>Figura 9</b> – Hidrografia do município de Ibiporã.....	75
<b>Figura 10</b> – Uso do solo do município de Ibiporã .....	78
<b>Figura 11</b> – Análise de temperatura do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	88
<b>Figura 12</b> – Análise de pH do SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	89
<b>Figura 13</b> – Análise de O.R.P. do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	90
<b>Figura 14</b> – Análise de condutividade elétrica do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	91
<b>Figura 15</b> – Análise de turbidez do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	92
<b>Figura 16</b> – Análise de oxigênio dissolvido do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	93
<b>Figura 17</b> – Análise de sólidos totais dissolvidos do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	95
<b>Figura 18</b> – Teores de bicarbonato do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	98
<b>Figura 19</b> – Teores de carbonato no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	99
<b>Figura 20</b> – Teores de cloreto no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	100
<b>Figura 21</b> – Teores de flúor no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	102
<b>Figura 22</b> – Teores de nitrito no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	103
<b>Figura 23</b> – Teores de sulfato no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	104
<b>Figura 24</b> – Teores de cálcio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	106
<b>Figura 25</b> – Teores de magnésio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	108
<b>Figura 26</b> – Teores de potássio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	109
<b>Figura 27</b> – Teores de sódio no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	110
<b>Figura 28</b> – Teores de alumínio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	114
<b>Figura 29</b> – Teores de arsênio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	115
<b>Figura 30</b> – Teores de bário no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	116

<b>Figura 31</b> – Teores de cobre no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	118
<b>Figura 32</b> – Teores de chumbo no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	120
<b>Figura 33</b> – Teores de cromo no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	121
<b>Figura 34</b> – Teores de estrôncio no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	122
<b>Figura 35</b> – Teores de ferro no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	123
<b>Figura 36</b> – Teores de manganês no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	125
<b>Figura 37</b> – Teores de níquel no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	126
<b>Figura 38</b> – Teores de selênio no SAG e SASG em Ibiporã- PR.....	127
<b>Figura 39</b> – Teores de titânio no SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	128
<b>Figura 40</b> – Teores de zinco no SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	129
<b>Figura 41</b> – Diagrama de Piper das amostras de água do SAG e SASG em Ibiporã- PR .....	132
<b>Figura 42</b> – Fraturamento do SAG e SASG em Ibiporã-PR.....	133
<b>Figura 43</b> – Análise de Perfil dos poços do SAG e SASG em Ibiporã-Pr .....	134
<b>Figura 44</b> – Potenciometria dos poços do SAG e SASG em Ibiporã-PR .....	135

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Vazão dos poços do Aquífero Guarani (SAG) em Ibiporã-PR .....	84
<b>Gráfico 2</b> – Vazão dos poços do Aquífero Serra Geral (SASG) em Ibiporã-PR.....	84
<b>Gráfico 3</b> – Profundidade dos poços perfurados do SAG e SASG no município de Ibiporã-PR .....	85

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Leis estaduais de recursos hídricos.....	21
<b>Quadro 2</b> – Classificação dos constituintes dissolvidos nas águas subterrâneas de acordo com sua abundancia relativa.....	39
<b>Quadro 3</b> – Síntese dos elementos químicos e metais.....	43
<b>Quadro 4</b> – Principais classes de solos encontradas no estado do Paraná.....	71
<b>Quadro 5</b> – População Ibiboraense.....	79
<b>Quadro 6</b> – Classificação de bicarbonato de acordo com a dureza .....	97

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Método analítico empregado na pesquisa.....	60
<b>Tabela 2</b> – Dados sobre os poços do SAG e SASG .....	83
<b>Tabela 3</b> – Resultados analíticos das amostras de água subterrânea.....	86
<b>Tabela 4</b> – Parâmetros químicos (ânions) .....	96
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros químicos (cátions) .....	105
<b>Tabela 6</b> – Parâmetros químicos (elementos traços).....	112

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

<b>Al</b>	alumínio
<b>AAS</b>	Espectrometria de Absorção Atômica
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>As</b>	arsênio
<b>Ba</b>	bário
<b>C</b>	carbono
<b>Ca</b>	cálcio
<b>Cd</b>	cádmio
<b>Cl</b>	cloro
<b>CNRH</b>	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
<b>Co</b>	cobalto
<b>CO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	carbonato
<b>COGERH</b>	Companhia Estadual de Gestão de Recursos Hídricos
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>Cr</b>	crômio
<b>Cu</b>	cobre
<b>F</b>	flúor
<b>Fe</b>	ferro
<b>ICP-AES</b>	Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio indutivamente acoplado
<b>ICH</b>	Índice de Carência Habitacional
<b>K</b>	potássio
<b>Mg</b>	magnésio
<b>Mg/L</b>	Miligramas por litro
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>Mn</b>	manganês
<b>N</b>	nitrogênio
<b>Na</b>	sódio
<b>Na<sup>+</sup> HCO<sub>3</sub></b>	Bicarbonato
<b>Ni</b>	níquel
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrato
<b>NO<sub>2</sub></b>	Nitrito

<b>O</b>	oxigênio
<b>PERH</b>	Política Estadual de Recursos Hídricos
<b>ppb</b>	partes por bilhão
<b>ppm</b>	partes por milhão
<b>SAG</b>	Sistema Aquífero Guarani
<b>SAMAE</b>	Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto
<b>SASG</b>	Sistema Aquífero Serra Geral
<b>Se</b>	selênio
<b>SEMA</b>	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
<b>SINGRH</b>	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	sulfato
<b>Sr</b>	estrôncio
<b>Ti</b>	titânio
<b>Zn</b>	zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2.1	A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO BRASILEIRO.....	18
2.1.1	Introdução.....	18
2.1.2	Gestão de recursos hídricos – Legislação.....	20
2.1.3	A gestão de recursos hídricos e o Federalismo.....	21
2.1.4	Composição do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos .....	22
2.1.5	Comitês de Bacias Hidrográficas .....	24
2.1.6	Agências de Bacias Hidrográficas.....	25
2.2	INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS.....	25
2.2.1	Plano de Bacia Hidrográfica.....	26
2.2.2	Enquadramento dos Corpos de Água em Classes .....	27
2.2.3	Outorga dos Direitos de Uso da Água .....	29
2.2.4	Cobrança pelo Uso .....	30
2.2.5	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.....	31
2.3	POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARANÁ .....	32
2.4	POLÍTICA E SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE IBIPORÃ .....	34
2.5	APTIDÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	36
2.5.1	Característica da Água Para o Consumo Humano.....	36
2.5.2	Qualidade das Águas Subterrâneas .....	37
2.5.3	Hidrogeologia do SASG e SAG .....	39
2.5.4	Quadro Síntese Sobre os Elementos Químicos: .....	42
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	54
3.1	MATERIAIS.....	54
3.1.1	Imagens e Referências .....	54
3.1.2	Programa de tratamento de imagens.....	54
3.1.3	Materiais de laboratório.....	55
3.1.4	Materiais de Campo.....	55
3.2	METODOLOGIA .....	55
3.2.1	Levantamento de Dados e Cadastramentos dos Poços.....	55

3.2.2 Levantamento Bibliográfico .....	57
3.2.3 Planejamento das Amostras .....	58
3.2.4 Trabalhos de Campo e Procedimentos .....	58
3.3 METODOLOGIA ANALÍTICA .....	59
3.3.1 Preparação das Amostras .....	59
3.3.2 Procedimentos de Análises .....	59
3.4 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA .....	61
3.5 ANÁLISE DE DADOS GEOQUÍMICOS .....	61
3.6 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO SAG E SASG.....	62
<b>4 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE IBIPORÃ .....</b>	<b>63</b>
4.1 GEOMORFOLOGIA .....	64
4.2 GEOLOGIA .....	64
4.3 SOLOS.....	70
4.4 HIDROGRAFIA.....	74
4.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	76
4.6 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS.....	76
4.7 USO DO SOLO .....	77
4.8 VEGETAÇÃO .....	79
4.9 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	79
4.10 QUALIDADE DE VIDA.....	80
4.11 História .....	81
<b>5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
5.1 ANÁLISE DE VAZÃO E PROFUNDIDADE .....	82
5.2 ANÁLISE HIDROGEOQUÍMICA: PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS .....	85
5.2.1 Parâmetros físicos.....	86
5.2.2 Parâmetros químicos .....	95
5.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁREA .....	131
5.4 DISCUSSÃO SOBRE O PAPEL DO MUNICÍPIO NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	136
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>142</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>146</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na natureza certamente é bem menor o custo da prevenção de acidentes ecológicos e da degradação generalizada do meio ambiente, do que corrigir e recuperar o quadro ambiental deteriorado; mesmo porque determinados recursos naturais, uma vez mal utilizados ou deteriorados tornam-se irrecuperáveis (ROSS, 2008).

Seguindo essa vertente, a pesquisa busca fazer diagnóstico da área, através do consumo de águas subterrâneas provenientes dos sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral, a fim de verificar se há conectividade entre eles,, procurando estabelecer diretrizes de uso desse recurso natural de um modo mais racional possível, evitando agravos à saúde da população decorrentes de fatores ambientais e minimizando a deterioração da qualidade ambiental no município de Ibiporã - PR.

São muitas as variáveis que influenciam na qualidade das águas subterrâneas, tais como: condições físico-químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas. Assim, contribuintes: rochas, solos e reagentes químicos liberados pelas mais diversas fontes, naturais e antrópicas, podem provocar os mais variados desequilíbrios ambientais e danos à nossa saúde (ARAÚJO, 2006).

A análise dos fatores naturais hidrogeoquímicos das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Guarani (SAG) e Serra Geral (SASG) permite avaliar se há algum grau de perigo para a poluição consumidora. Buscando a presente pesquisa conhecer as características das águas subterrâneas do aquífero Guarani e Serra Geral, destacando possíveis problemas de contaminação, alertando sobre os riscos do uso dessa água pela população. Discutir e analisar os dados encontrados através de pesquisa de campo, análises da água, referências bibliográficas, utilizando-se de novas técnicas geográficas, evidenciando, assim, as características socioeconômicas e ambientais da área estudada e sua relação entre meio ambiente e gestão pública.

Assim, a pesquisa poderá colaborar para a formação de uma gestão de recursos hídricos no município de Ibiporã -PR, na região norte do estado do Paraná, identificando padrões anômalos no contexto das águas subterrâneas do Aquífero Guarani e Serra Geral.

## 1.1 OBJETIVOS

### **Objetivo Geral**

Realizar uma caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos Guarani e Serra Geral no município de Ibiporã- PR, para análise da qualidade da água que a população que está utilizando para abastecimento público; como também, verificar uma possível relação de conectividade entre os dois aquíferos. Assim, a pesquisa poderá propor uma análise dos recursos hídricos do município, observando as leis vigentes no país sobre a temática.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar através de análises químicas e físicas, elementos e substâncias químicas na dinâmica das águas subterrâneas evidenciando padrões de anomalias que poderão afetar a saúde da população local;

- Avaliar a atual situação da qualidade da água subterrânea dos aquíferos Guarani e Serra Geral na cidade de Ibiporã – PR, através dos dados coletados em pesquisa de campo e análises laboratoriais de elementos químicos e físicos retirados das águas subterrâneas da área estudada;

- Apresentar e discutir leis que auxiliem a composição de um plano de recursos hídricos para o município citado.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONTEXTO BRASILEIRO

#### 2.1.1 Introdução

No Brasil, houve uma profunda evolução de políticas de meio ambiente a partir da década de 1970, quando se iniciou a implantação um extenso arcabouço legal e institucional de gestão ambiental. Após este momento, as últimas três décadas do século XX podem ser divididas em três fases distintas de acordo com as características e quanto aos objetivos e instrumentos de gestão aplicados:

- **1970 a 1980 (fins da década):** Ocorreu uma política de controle ambiental centralizada, exercida por órgãos federais e estaduais de meio ambiente, baseada em mecanismos de comando e controle (disciplinamento, proibições e normas), com ênfase no controle pontual da emissão de poluentes industriais. Esta fase é marcante devido à falta de integração entre políticas de desenvolvimento e de meio ambiente, pelo custeio integral por fundos públicos e pela falta de participação social (GOLDENSTEIN, 2000);
- **1980 (Fins da década) a 1990 (início da década):** Através da Constituição Federal de 1988, houve a implantação de uma política nacional de meio ambiente. Neste contexto é introduzido o conceito de gestão ambiental integrada e participativa; há a criação de conselhos federal e estadual de meio ambiente, buscando a integração entre os diferentes níveis de governos e entre os setores público e privado; graves problemas ambientais são acompanhados por uma maior conscientização e mobilização pública, por um lado, e, por outro lado, com ainda baixo nível de integração das políticas públicas setoriais;
- **1990 (a partir desta década):** As questões ambientais são consideradas de forma global. No palco da Rio-92, introduzindo-se o conceito de desenvolvimento Sustentável e dos instrumentos econômicos na gestão ambiental, inicia-se um processo de reformulação dos órgãos setoriais de gestão.

A gestão de recursos hídricos no Brasil também sofreu uma forte evolução nas últimas três décadas. Até 1970, os grandes projetos que afetavam o setor de recursos hídricos eram administrados por setores específicos como: hidrelétrico, irrigação, saneamento, hidroviário, sem uma adequada integração, mas a partir da década de 70, houve discussões profundas. “No entanto, a ocorrência de sérios conflitos de uso da água começou a suscitar discussões nos meios acadêmicos e técnico-profissional sobre como minimizar os problemas

decorrentes” (TUCCI et al., 2001). A gestão da água tomou novo rumo com a promulgação da constituição de 1988, que delegou competência à União para instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. A partir desta mudança constitucional, ocorreram reformulações nas esferas legais estaduais e federal de recursos hídricos, resultando na promulgação, em 1997, de lei federal (Lei 9433) e de diversas outras leis estaduais referentes às águas.

Embora o país estivesse vivendo experiências profundas no campo institucional e legal, não havia fontes adequadas de financiamento para a gestão, conservação e recuperação ambiental, e ocorria ineficiência da aplicação dos escassos recursos existentes (Atualmente, esses recursos se ampliaram em cada estado).

Os órgãos de gestão estaduais, por exemplo, encarregados do licenciamento e fiscalização das atividades poluidoras e impactantes do meio ambiente, encontravam-se, em geral, em operação precária. A contaminação dos corpos hídricos interiores e costeiros por efluentes domésticos é generalizada em todo o país e absolutamente crítica nas áreas de maior concentração urbana. Não se conta ainda com um modelo sustentável de financiamento para o setor que consiga reverter este quadro.

É importante destacar que, ao mesmo tempo em que o Brasil desempenha um papel relevante nos fóruns internacionais de discussão dos problemas ambientais globais derivados do desenvolvimento, ainda não se conseguiu resolver adequadamente o destino dos resíduos produzidos diariamente em nossas próprias casas.

O sistema nacional de recursos hídricos e os sistemas estaduais de gestão implantados ou em discussão são fortemente inspirados no modelo francês e se baseiam nas seguintes premissas, segundo Buckland e Zabel (1998):

- O gerenciamento dos recursos hídricos deve ser feito de forma integrada, tendo como unidade de gestão a bacia hidrográfica e deve compreender também o solo e a cobertura vegetal;
- Reconhecimento da água como bem finito e vulnerável;
- A gestão deve considerar o valor econômico da água, aplicando-se o princípio do usuário-pagador e do poluidor-pagador, permitindo integrar os custos ambientais aos diversos usos da água;
- A gestão deve ser descentralizada, criando-se comitês de bacia que contemplem a participação dos usuários e da sociedade civil e dos governos municipais; as políticas de gestão devem focar a viabilidade financeira do gerenciamento integrado.

### 2.1.2 Gestão de recursos hídricos – Legislação

Desde a década de 1930, são implementadas leis federais sobre recursos hídricos, quando entrou em vigor o Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 1934). A questão dos recursos hídricos foi novamente evidenciada na lei de implantação da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6938, de 1981) e mais diretamente na Constituição Federal (1988) cujo artigo 21, inciso XIX, define como competência da União instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direito de seu uso, entre outras disposições.

A partir do início da década de 1990, estabeleceu-se um longo debate em torno da lei das águas que foi finalmente promulgada em 1997: A Lei 9433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos deu grande ênfase à participação social na gestão e introduziu, mas não regulamentou, o instrumento da cobrança. Esta lei foi complementada pela Lei nº 9984, de 2000, que criou a Agência Nacional de Águas e regulamentou alguns outros aspectos da gestão relativos à outorga. Após a forte descentralização da gestão preconizada pela Lei 9433 através da criação dos comitês e agências de águas, a criação da ANA, uma agência de águas federal, foi entendida por alguns como um retrocesso deste processo (GOLDENSTEIN, 2000), mas pode ser entendida não como fruto de maquinações políticas retrógradas, mas por uma constatação pragmática como tendo decorrido:

*.... essencialmente do reconhecimento da complexidade e das dificuldades inerentes à implantação do SINGRH. ....não se confirmaram as expectativas presentes.....de que os comitês, com o mero advento da Lei, surgissem ... bem como, os estados passassem a se estruturar. Assim foi maturada a percepção que o SINGRH precisava de uma entidade motora mais potente .....capaz de por em marcha o Sistema Nacional. (LOBATO et al., 2002)*

Existem inúmeras leis, decretos, resoluções, portarias e instruções que contemplam os recursos hídricos encontradas nas legislações sobre meio ambiente, saúde pública e dos setores usuários (saneamento, energia, irrigação, transporte). Neste contexto encontra-se a resolução CONAMA 357 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos hídricos.

Seguindo a linha de regulamentação da Lei 9.433, encontra-se o Projeto de Lei nº 1616 que dispõe sobre aspectos relativos à outorga de direito de uso, tais como: outorga

preventiva, regime de racionamento (este, entendido como integrante dos critérios para outorga), vazões de consumo e de diluição, cessão do direito de uso, dentre outros.

Paralelamente às leis federais, os estados vêm promulgando leis para gestão das águas sob domínio estadual, que seguem basicamente os mesmos princípios da lei federal. Até o momento, foram publicadas dezenove leis estaduais (quadro 1).

Nota-se que o Brasil avançou em termos do arcabouço legal que embasa a gestão dos recursos hídricos, mas ainda necessita há uma série de aspectos a serem regulamentados, principalmente no que diz respeito à integração dos estados, quando há bacias compartilhadas, e à formação de entidades de gestão. Entre elas, as agências de bacia que permanecem indefinidas. Neste contexto, foi aprovada em junho de 2004, a Lei 10.881 que regulamentou a figura da entidade delegatária para exercer transitoriamente o papel de agência de bacia. Através desta lei, entidades sem fins lucrativos, indicadas pelo Comitê de Bacia, podem exercer o papel de agência, firmando um contrato de gestão com a Agência Nacional de Águas - ANA. Aplica-se, portanto, às bacias de rios de domínio da União. No nível estadual, a questão das agências de bacia permanece indefinida, à exceção do Estado do Ceará, que delegou este papel a uma agência estadual criada especialmente para este fim: a Companhia Estadual de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH.

**Quadro 1** – Leis estaduais de recursos hídricos

<b>Unidade Federativa</b>	<b>Lei</b>	<b>Data</b>	<b>Unidade Federativa</b>	<b>Lei</b>	<b>Data</b>
<i>São Paulo</i>	7.663	30/12/91	<i>Pernambuco</i>	11.426	17/1/97
<i>Ceará</i>	11.896	24/7/92	<i>Goiás</i>	13.123	16/7/97
<i>Distrito Federal</i>	512	28/7/93	<i>Mato Grosso</i>	6.945	5/11/97
<i>Minas Gerais</i>	11.504	20/6/94	<i>Alagoas</i>	5.965	10/11/97
<i>Santa Catarina</i>	9.748	30/11/94	<i>Maranhão</i>	7.052	22/12/97
<i>Rio Grande do Sul</i>	10.350	30/12/94	<i>Espírito Santo</i>	5.918	30/12/98
<i>Sergipe</i>	3.595	19/1/95	<i>Minas Gerais</i>	13.199*	29/1/99
<i>Bahia</i>	6.875	13/5/95	<i>Rio de Janeiro</i>	3.238	2/8/99
<i>Rio Grande do Norte</i>	6.908	1/7/96	<i>Paraná</i>	12.726	26/11/99
<i>Paraíba</i>	6.308	2/7/96	<i>Piauí</i>	5.165	17/08/2000
* revogou a lei de 1994					

**Fonte:** Goldenstein (2000).

### 2.1.3 A Gestão de Recursos Hídricos e o Federalismo

A Gestão por bacias hidrográficas foi contemplada na Lei de Águas, mas, anteriormente, a Constituição brasileira já havia definido a dominialidade dos recursos

hídricos não em função da bacia hidrográfica em que estão inseridos, mas por corpos d'água (rios, lagos, etc.). Assim, a Constituição determinou dois níveis de domínio:

- São bens da União: os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais (artigo 20, inciso III);

- São bens dos Estados: as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (artigo 26, inciso I).

Esta discussão é um dos principais elementos de complexidade, ao se a montar e avaliar o sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro. Nota-se que a Lei 9433 prevê a gestão por bacias hidrográficas, e estas não se enquadram na divisão político-administrativa da federação e envolvem muitas vezes rios de domínio estadual e de domínio federal. Esta questão poderia ser resolvida de forma mais simples se ocorresse renúncia, por parte dos estados e da União, às incumbências relativas à gestão e sua transferência para os entes gestores definidos na Lei 9433: Comitês e Agências de bacia.

Um dos principais desafios a ser enfrentado na implantação do sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro é dar operacionalidade aos instrumentos de gestão, principalmente a outorga e a cobrança pelo uso da água, pois estes dois instrumentos são previstos para atuar de forma conjunta, devendo ser operados pelo poder público estadual e federal de acordo com a dominialidade do corpo hídrico, podendo-se quebrar o princípio da adoção da bacia como unidade de gestão. Para evitar isso, é necessário haver harmonia entre os sistemas nacional e estaduais de gestão, a fim de simplificar a aplicação dos instrumentos de outorga e cobrança em bacias que envolvam simultaneamente rios federais e estaduais.

#### 2.1.4 Composição do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos

O SINGRH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) foi instituído pela Constituição Federal de 1988 (artigo 21 inciso XIX), e regulamentado pela Lei 9.433/97, sendo modificado através da Lei 9.984/00, artigo 30. Todas as entidades que exercem papel formal na gestão dos recursos hídricos a nível federal ou a nível estadual e das bacias estão organizadas dentro deste sistema.

Segundo Brasil (2000), compõem o SINGRH:

- **CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos)** : É um Órgão deliberativo e normativo máximo do SINGRH; é representado pelo poder executivo federal (MMA, Secretaria da Presidência da República), dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, dos Usuários e das organizações civis de recursos hídricos. Sua secretaria executiva é a Secretaria de Recursos Hídricos do MMA. Entre suas funções está a aprovação da criação de comitês de bacias que envolvam rios de domínio federal, do plano nacional de recursos hídricos e de valores de cobrança pelo uso da água;
- **ANA (Agência Nacional de Águas)**: É uma Autarquia de esfera federal sob regime especial possuindo autonomia administrativa e financeira. Foi criada através da lei 9.984, de 17 de julho de 2000, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e funciona como agência reguladora da utilização dos rios de domínio da União, e como agência executiva encarregada da implementação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. A ANA está encarregada ainda do recolhimento dos recursos da cobrança pelo uso da água em rios de domínio da União e da aplicação destes e de outros recursos destinados ao gerenciamento dos recursos hídricos e da aplicação de alguns instrumentos de gestão, tais como, outorga e fiscalização, que são de competência da União;
- **CONSELHOS DE RECURSOS HÍDRICOS DOS ESTADOS E DO DISTRITO FEDERAL**: constituem-se em fóruns de discussão e deliberação para os assuntos que envolvem bacias sob seu domínio. São responsáveis pela aprovação dos planos estaduais e distritais de Recursos Hídricos e representam a instância estadual no Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Ainda se encontram em fase incipiente de implantação e atuação;
- **COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**: são previstos para atuar como "parlamento das águas da bacia", contando com a participação dos usuários públicos e privados, do poder municipal, da sociedade civil organizada e dos demais níveis de governo (estaduais e federal). Entre suas atribuições está a aprovação do Plano da Bacia e do valor da cobrança pelo uso da água, além de se constituir no fórum de discussão e decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica;
- **AGÊNCIAS DE ÁGUA**: devem atuar como “braço executivo” do(s) seu(s) correspondente(s) comitê(s). Estão encarregadas de elaborar e implementar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, de gerir os recursos oriundos da cobrança pelo uso da água e os demais recursos destinados a essa agência, entre outras atribuições.

O SINGRH prevê que todos estes órgãos devem atuar articulados de forma a respeitar o princípio da subsidiariedade e ultrapassar os entraves legais a uma efetiva gestão por bacia hidrográfica. Deve-se observar que a lei 9.433/97 criou o sistema “nacional” de

recursos hídricos e não o sistema federal, por isso o SINGRH é integrado pelas entidades “federais e estaduais” com atribuições na gestão de recursos hídricos. Da mesma forma, os instrumentos da política devem ser aplicados de forma integrada pela União e pelos estados nos corpos hídricos dos seus respectivos domínios.

Além destes órgãos pertencentes à estrutura formal do SINGRH, os órgãos federais e estaduais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA – têm ingerência na gestão de recursos hídricos derivada de sua atuação na regulamentação, licenciamento e fiscalização de atividades impactantes, dentre outras competências.

#### 2.1.5 Comitês de Bacias Hidrográficas

O Comitê de Bacias Hidrográficas, previsto no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, é um órgão colegiado onde são debatidas as questões referentes à gestão das águas.

As atribuições dos comitês são: promover o debate das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia; articular a atuação das entidades que trabalham com este tema; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados a recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

A criação dos comitês e agências em bacias de rios federais deve ser aprovada pelo CNRH. Podem ser organizados comitês em bacias ou sub-bacias, mas só é permitida a criação de comitês em bacias de rios de até terceira ordem, o que corresponde ao tributário do tributário do rio principal. Essa organização deve respeitar o princípio de subsidiariedade.

A Resolução CNRH nº5 de 10/04/2000 define a composição dos comitês de bacia (BRASIL, 2000):

- Usuários sujeitos à outorga (abastecimento urbano, indústria, irrigação, hidroeletricidade, hidroviário, pesca, turismo, lazer): até 40% dos membros;
- Organizações civis (comitês, consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas; organizações técnicas de ensino e pesquisa; e ONGs com atuação na área de recursos hídricos): 20% no mínimo dos membros;
- Poder público (União, Estados e Municípios): até 40% dos membros.

### 2.1.6 Agências de Bacias hidrográficas

As Agências de bacias são partes integrantes do executivo. Devem apoiar tecnicamente os comitês de bacia, cujas atribuições consistem em elaborar planos de bacia, e acompanhar a sua execução, gerir os recursos da cobrança e propor a utilização dos recursos arrecadados, entre outras funções. Mesmo previsto na Lei 9433/97, juridicamente a agência de bacia permanece indefinida. Através da Lei 10.881, de junho de 2004 (BRASIL, 2004), entidades sem fins lucrativos indicadas pelo Comitê de Bacia podem exercer o papel de agência, firmando para isso um contrato de gestão com a Agência Nacional de Águas (ANA). Isto se aplica, portanto, a bacias de rios de domínio da União. No nível estadual, a questão das agências de bacia permanece indefinida. A exceção é o Estado do Ceará, que delegou este papel a uma agência estadual criada especialmente para este fim: a Companhia Estadual de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH).

## 2.2 INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

Através da Lei Federal nº 9.433, de 1997, a Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, houve um grande marco que estabeleceu as diretrizes para uma política nacional e integrada. Desde então, a política de recursos hídricos vem se consolidando tanto através da regulamentação da Política Nacional, como pela implementação das políticas estaduais de gestão, sem esquecer as iniciativas locais.

A Lei 9.433/97 veio regular especificamente a gestão das águas, tendo como objetivos principais assegurar disponibilidade de água com qualidade às gerações atuais e futuras; utilizar a água de forma racional e integrada visando ao desenvolvimento sustentável; e estabelecer formas de prevenção contra eventos críticos.

Definiu como princípios:

- a água é bem de domínio público;
- a água é recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Dentre as diretrizes gerais de ação, o inciso III do artigo 3º previu a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Foram previstos os seguintes instrumentos para atingir os objetivos da Política de Recursos Hídricos:

- Planos diretores de bacias hidrográficas;
- Enquadramento dos corpos de água em classes;
- Outorga dos direitos de uso da água;
- Cobrança pelo uso da água;
- Sistema de informações de recursos hídricos.

Munõz salienta que a Lei Federal nº 9.433/97 institucionaliza a gestão participativa inclusive em nível de base, introduzindo mecanismos de democracia participativa e representativa, consubstanciada especialmente na figura dos Comitês de Bacia (MUÑOZ, 2000, p. 13 e 19).

### 2.2.1 Plano de Bacia Hidrográfica

Os planos de recursos hídricos foram introduzidos pela Lei 9.433, de 1997 e regulamentados através da Resolução nº 17, de 29 de maio de 2001, do CNRH e seus respectivos termos de referência. São planos diretores que visam fundamentar e orientar uma implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de gerenciamento dos recursos hídricos. Devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por Estado (Plano Estadual) e para o País (Plano Nacional).

A constituição atribui ainda à União competência para elaborar planos nacionais no artigo. 21, inciso IX, e ao Município competência para elaborar planos locais conforme o artigo 30, incisos de I a IX. José Afonso da Silva, ao interpretar o artigo 48, inciso IV, afirma, em razão da previsão constitucional, que os planos nacionais adquiriram natureza de lei e assim devem ser aprovados pelo Legislativo e sancionados pelo Executivo (SILVA, 2008, p. 90).

Os planos de bacia e os planos diretores de recursos hídricos (estaduais e nacional) são instrumentos de planejamento territorial, direcionados para ordenar o uso dos recursos hídricos. Acompanhados e aprovados pelos comitês de bacia, colegiados

deliberativos, os Planos de Recursos Hídricos são construídos de forma democrática. Os diferentes componentes atuam em busca de gerir melhor os recursos para a proteção e recuperação dos recursos hídricos da sua respectiva bacia. Ao se aprovar a cobrança pelo uso da água, é garantida, pelo menos em parte, uma fonte de financiamento para a implantação das intervenções previstas nos planos de recursos hídricos.

Esses planos devem estabelecer metas e indicar soluções de curto, médio e longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com seus programas e projetos. Possuem caráter dinâmico e devem estar em contínua atualização e articulados com os planejamentos setoriais e regionais e definindo indicadores que permitam sua avaliação.

## 2.2.2 Enquadramento dos Corpos de Água em Classes

A Política Nacional de Recursos Hídricos define o enquadramento dos corpos de água em classes de usos como um importante instrumento de gestão, uma vez que esse enquadramento, segundo os usos preponderantes, visa a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes. Dispõe, também, que as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental e delega aos Comitês de Bacia a proposição do enquadramento dos corpos de água em classes de uso para encaminhamento ao Conselho Federal ou Estadual de Recursos Hídricos, conforme a dominialidade das águas.

Além dos aspectos abordados, a lei federal e as leis estaduais de recursos hídricos ampliaram o papel do enquadramento dos corpos de água, anteriormente delimitado aos mecanismos de comando e controle, associando-o à outorga e à cobrança pelo uso do recurso hídrico.

A Resolução CONAMA nº 20/1986 e a Resolução nº 12 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 19 de julho de 2000, constituem um marco legal no que tange o enquadramento dos corpos hídricos. Após essas leis, veio a Resolução CONAMA 357/2005 que estabeleceu um sistema de classificação das águas e enquadramento dos corpos hídricos relativos às águas doces, salobras e salinas. Esta resolução estabeleceu uma classificação para as águas doces do território, segundo seus usos preponderantes, conforme é descrito a seguir (BRASIL, 2005):

### **I - Classe Especial – águas destinadas:**

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

**II - Classe 1 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

**III - Classe 2 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas;
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

**IV - Classe 3 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

**V - Classe 4 - águas destinadas:**

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

Para cada uma das classes definidas, a resolução CONAMA estabeleceu limites e condições para um conjunto amplo de parâmetros de qualidade da água. No artigo 2º são apresentadas algumas definições conceituais importantes em qualquer processo de enquadramento de cursos de água, quais sejam:

- a) classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistemas de classes de qualidade);
- b) enquadramento: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo;

- c) condição: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo de água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada;
- d) efetivação do enquadramento: alcance da meta final de enquadramento a partir de conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo de água em correspondência com a sua classe;
- e) padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente.

A Resolução nº 12 do CNRH estabelece, no seu Art. 4º (BRASIL, 2000), que os procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes deverão ser desenvolvidos em conformidade com o plano de bacia e o plano estadual e, se não existirem ou forem insuficientes, com base em estudos específicos propostos e aprovados pelas respectivas instituições competentes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, observando as seguintes etapas:

- diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- elaboração da proposta de enquadramento;
- aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

Outro marco importante, no contexto da água subterrânea, se deu através da Resolução CONAMA 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências (BRASIL, 2008).

### 2.2.3 Outorga dos Direitos de Uso da Água

A Outorga é uma autorização concedida pelo poder público, através de seu órgão responsável, aos usuários públicos ou privados e tem como objetivos garantir a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos e o efetivo exercício do direito de acesso à água. É um dos instrumentos baseado no sistema nacional de gestão dos recursos hídricos instituído pela Lei 9433/97 (BRASIL, 1997).

É o ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. Este ato é publicado no

Diário Oficial da União (caso da ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou Distrito Federal. Nele o outorgado é identificado e estão estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o mesmo está sendo autorizado a fazer.

O instrumento da outorga é aplicado para ordenar e regularizar o uso da água, assegurando ao usuário o efetivo exercício do direito de acesso à água, bem como para realizar o controle quantitativo e qualitativo desse recurso.

A Constituição de 1988, em seu artigo 20, inciso III, define rios, lagos e correntes de água em terrenos de domínio da União: são os que banham mais de um estado e servem de limite, ou se originam de território estrangeiro ou a ele se estendem. As águas superficiais que não se enquadram nesta categoria, assim como as águas subterrâneas, são de dominialidade estadual, conforme o artigo 26, inciso I. O artigo 22, em seu inciso IV, dá competência privativa à União para legislar sobre águas.

Neste caso, o poder outorgante será exercido pela União, através da ANA, ou pelo estado, através do respectivo órgão gestor, em função da dominialidade do corpo hídrico, objeto do uso pretendido. Entretanto, as decisões quanto à outorga não são de competência exclusiva dos órgãos gestores. A base institucional para a outorga contempla também os órgãos deliberativos do sistema de gestão de recursos hídricos (Conselhos e Comitês), as agências de bacia, quando instituídas, e outras entidades intervenientes (órgãos ambientais, por exemplo).

A Lei federal 9433, em seu artigo 11 (BRASIL, 1997), estabelece como sujeitos à outorga os seguintes usos:

- derivação ou captação de água para consumo final ou insumo de produção;
- extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de produção;
- lançamento em corpo de água de esgotos e resíduos líquidos ou gasosos;
- aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água.

#### 2.2.4 Cobrança pelo Uso

A lei 9433 instituiu a cobrança pelo uso da água no Brasil como um instrumento de gestão e como um instrumento econômico a ser aplicada tanto para os usos quantitativos quanto para os usos qualitativos (BRASIL, 1997).

A cobrança deve alavancar recursos para financiamento da implantação do sistema de gestão de recursos hídricos e das ações definidas pelos planos de bacia hidrográfica, ou seja, deve ser um instrumento arrecadador.

Sendo utilizada como instrumento econômico, a cobrança deve sinalizar corretamente para a sociedade o uso racional dos recursos hídricos atendendo aos princípios do desenvolvimento sustentável. Essa cobrança pelo uso da água introduz um custo que se reflete em toda a cadeia produtiva. Mesmo que estes custos sejam inicialmente baixos, a inserção da economia brasileira num mercado global recomenda que estes novos custos sejam facilmente comparáveis nacional e internacionalmente.

As experiências de cobrança pelo uso da água no Brasil são ainda bastante restritas. A primeira bacia federal onde se iniciou a cobrança foi a Bacia do Rio Paraíba do Sul, em 2003, mas restrita aos rios de domínio da União. No Estado do Paraná a cobrança do uso dos recursos hídricos ainda está em discussão.

Em 11 de outubro de 2009, foi apresentado o Projeto de Lei nº 515/08, garantindo que não haverá cobrança pelo uso da água em qualquer seguimento da agricultura, isto é, os agricultores que usarem água para a produção agropecuária e silvo pastoril ficarão isentos da cobrança da taxa. Com a criação do Instituto de Águas do Paraná, em 01 de setembro de 2009, o órgão executivo gestor do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/PR que tem por finalidade oferecer suporte institucional e técnico à efetivação dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PR),

Acredita-se que a cobrança do uso dos recursos hídricos em todo o Estado do Paraná esteja próxima de sua implantação, pois no final do ano de 2012, a bacia hidrográfica do Paranapanema aprovou sua cobrança, sendo seu início previsto para dezembro de 2013, sendo o DAEE responsável pela cobrança.

#### 2.2.5 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

Um sistema de informações de recursos hídricos reúne dados ligados à disponibilidade hídrica e usos da água com dados físicos e socioeconômicos, de modo a possibilitar o conhecimento integrado das inúmeras variáveis que condicionam o uso da água na bacia.

A Lei 9433, em seu Art. 25 (BRASIL, 1997), define o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos como um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão,

integrado por dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Esse Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos possui alguns princípios básicos para seu funcionamento:

I- descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III- acesso aos dados e informações garantido a toda a sociedade.

Atualmente, a ANA disponibiliza em sua página na *web* dados atualizados sobre os recursos hídricos nacionais, como por exemplo, o sistema HIDRO de informações hidrométricas, além de planos, estudos e pesquisas sobre recursos hídricos.

### 2.3 POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARANÁ

O Paraná sancionou a Lei Estadual de Recursos Hídricos, nº 12.726 de 1999, em consonância com a então recente lei federal, e desde então vem regulamentando a Política Estadual de Recursos Hídricos, a partir da criação e implementação dos comitês e agências de bacia.

De acordo com Paraná (1999), o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos é composto de:

- Conselho Estadual de Recursos Hídricos;
- Secretaria Estadual de Meio Ambiente;
- Comitês de Bacia Hidrográfica;
- Unidades Executivas Descentralizadas.

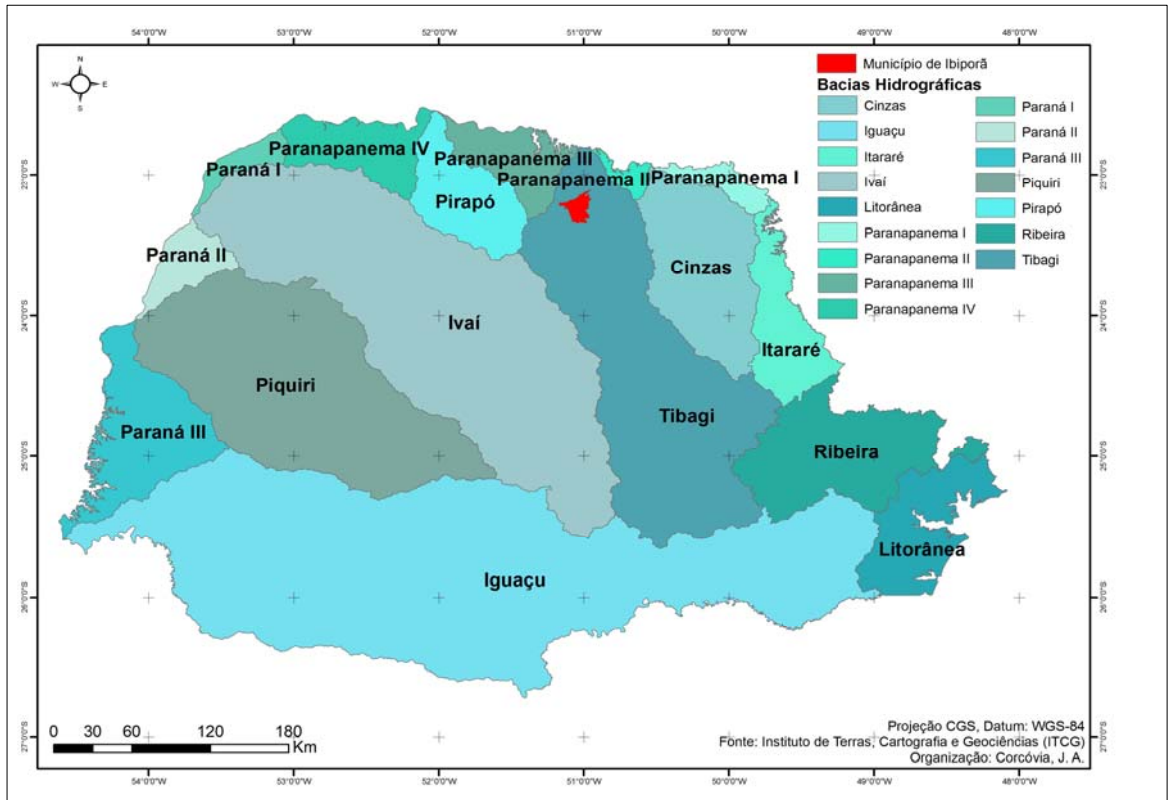
As Unidades Executivas possibilitam a execução das tarefas definidas no comitê pelas agências de águas, consórcios intermunicipais e/ou associações de usuários, diferentemente da Lei Federal 9.433/97 que somente admite a figura da Agência de Águas.

O Paraná foi pioneiro no âmbito do Ministério Público, ao apresentar a divisão das promotorias de meio ambiente por bacia hidrográfica, com base sólida a partir de uma proposta de planejamento institucional.

Moreira (2004, p.161) propôs uma divisão por bacia hidrográfica adaptada à divisão política, partindo de duas principais bacias no Estado, as pertencentes ao sistema de captação do rio Paraná e as que drenam para o Atlântico. São dezesseis as principais bacias

hidrográficas do Paraná, das quais se destacam: Paranapanema, Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu, como demonstrado na Figura 1.

**Figura 1** – Bacias hidrográficas do Estado do Paraná



**Fonte:** Moreira (2004, P.162); Organizado e modificado por: CORCÓVIA, J. A. (2013).

Até então existiam 12 Promotorias de meio ambiente, atuando entre 15 e 20 municípios, de maneira que as bacias hidrográficas foram distribuídas entre as promotorias existentes (MPPR, 2006).

A partir de março de 2005, a Procuradoria Geral de Justiça do Paraná criou as Promotorias de meio ambiente por bacia hidrográfica.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) criou em 2006, um grupo de trabalho para reorganizar as divisões administrativas dos escritórios regionais da SEMA e de suas autarquias: Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), hoje renomeada como Instituto da Água, com base nas bacias hidrográficas em que estão localizados. Desde então a SEMA, através das chefias regionais, vem organizando e implantando, nas novas divisões administrativas, os Comitês de Bacia Hidrográfica.

Embora exista a previsão legal descentralizada, a função de Agência de Bacia vem sendo exercida pelo próprio Instituto das águas, concomitantemente à implantação dos comitês, criando uma situação propícia ao domínio político-econômico pelo Estado.

#### 2.4 Política e Sistema de Recursos Hídricos no município de Ibiporã

A Lei 9.433/97 previu a articulação entre a União e os Estados, mas silenciou quanto à participação dos municípios. O planejamento dos recursos hídricos a nível municipal é o menos previsto na legislação vigente, pois, segundo BRASIL (1997), a Constituição Federal, em seu artigo 26, inclui entre os bens dos Estados as águas superficiais e subterrâneas, ressalvados os já destinados à União por força do artigo 20, inciso III, ficando os Municípios excluídos do domínio sobre as águas.

Contudo, a mesma Constituição estabeleceu competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1988), para a proteção do meio ambiente e combate à poluição em qualquer de suas formas (art. 23, VI) e registro, acompanhamento e fiscalização sobre as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (art. 23, XI). O artigo 30 estabelece ainda que compete aos Municípios legislar sobre assuntos de interesse local.

O município de Ibiporã, situado na região norte do estado do Paraná, possui condições ambientais privilegiadas. Sendo sua topografia urbana é marcada por vales formados por uma boa rede hidrográfica. Tem acesso inclusive ao Aquífero Guarani. Com tais condições geográficas, Ibiporã oferece campo propício ao conhecimento dos recursos hídricos e ao planejamento ambiental por bacia hidrográfica, uma vez que a qualidade e a quantidade da água trazem consequências diretas à qualidade dos espaços públicos, ricos no elemento essencial à vida, contemplando amplas áreas às margens dos cursos d'água.

O primeiro avanço da legislação municipal sobre o meio ambiente foi a Lei nº 1582/99, de 18 de outubro de 1.999 – que Reformulou o Código de Posturas do Município de Ibiporã, instituído pela Lei nº 114/64, modificado pela Lei nº 786/85, mas que não contemplava o meio ambiente e suas questões de gerenciamento. No entanto, a Leis Municipais nº 1358/95 e nº 1834/2003, que estabelecem a Política de gerenciamento de resíduos sólidos, constituem um verdadeiro marco para as preocupações ambientais dentro do município.

No município de Ibiporã, o Estatuto das Cidades, criado em 2001, só foi incorporado a partir de 2008, com a instituição do plano diretor do município através da Lei nº 2.167/2008, complementado com as seguintes leis: Lei nº 2.172/2008 que trata do zoneamento do uso e ocupação do solo; Lei 2.173/2008 que instituiu o parcelamento e o desmembramento do

solo da área urbana para fins urbanos; Lei 2.174/2008 que incorporou o código de obras através; Lei nº 2.175/2008 que trata do sistema viário; e Lei 2.176/2008 que delimita o perímetro urbano.

Porém, somente a Lei nº 2.449/2011, que dispõe sobre a Política Ambiental de Proteção, Controle, Conservação e Recuperação da Qualidade do Meio, inaugura uma Política Municipal de Meio Ambiente efetiva. Instituiu o Sistema Municipal de Meio Ambiente, estabeleceu princípios, diretrizes, instrumentos e distribuiu competências para o seu funcionamento. Cabe à Secretaria de Agricultura, Abastecimento e de Meio Ambiente implementar os instrumentos da Política de Meio Ambiente para a conservação dos solos e das águas do Município.

No Art. 5º desta referida lei encontram-se os instrumentos da Política do Meio Ambiente de Ibiporã, amparados tanto na legislação estadual quanto na federal.

São instrumentos da Política do Meio Ambiente de Ibiporã: (IBIPORÃ, 2011)

- I - O Conselho Municipal de Meio Ambiente;
- II - O Fundo Municipal do Meio Ambiente;
- III - O estabelecimento de normas, padrões, critérios e parâmetros de qualidade ambiental;
- IV - O licenciamento e a previsão de atividades efetivas ou potencialmente poluidora;
- V - Os planos de manejo das unidades de conservação;
- VI - A avaliação de impactos ambientais e análise de risco;
- VII - Os incentivos à criação ou absorção de tecnologia voltada para a melhoria da Qualidade Ambiental;
- VIII - A criação de reservas e estações ecológicas, zoológicas, áreas de preservação ambiental e de relevante interesse ecológico, dentre outras unidades de conservação;
- IX - A Fiscalização Ambiental, a prática de queimadas e as medidas administrativas punitivas;
- X - A cobrança de taxa de conservação e limpeza pela utilização de parques, praças e outros logradouros público;
- XI - A Educação Ambiental;
- XII - A Contribuição de Melhoria Ambiental.

A partir do desenvolvimento de uma política municipal de meio ambiente e de recursos hídricos, de acordo com as já traçadas nas esferas estadual e federal, fica completa a rede ou sistema de gestão, com o estabelecimento de princípios, diretrizes, instrumentos, e articulação das instituições e organismos responsáveis pela política de planejamento e gerenciamento, formando um Sistema de Gestão Ambiental.

## 2.5 APTIDÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

É necessário focar que as águas subterrâneas têm necessidade de um gerenciamento integrado. Este recurso hídrico possui diversas funções como as mencionadas por Rebouças (1996), tal como função ambiental e função estratégica, e que estão muito além da importância econômica para exploração terceirizada ou privatizada de produto de fácil e garantida comercialização, pois são uma das principais fontes dos sistemas públicos de abastecimento.

De acordo com Rosa Filho et al. (2010, p.111):

*É importante destacar a aptidão das águas em termos de priorização. Água de boa qualidade destinada ao consumo humano deve ser prioridade, vindo a seguir outros usos, a exemplo da sua utilização para a irrigação de culturas, para as indústrias em geral, para empreendimentos de lazer, para a diluição de esgotos, bem como para outras finalidades. As unidades aquíferas paranaense, com raras exceções, armazenam águas que são adequadas ao consumo humano. As exceções mais marcantes são causadas, na maioria das vezes, por ações antrópicas.*

Ainda segundo Rosa Filho (2010), em referência ao Aquífero Guarani, que é uma das mais extensas e abrangentes unidades aquíferas no estado paranaense, quando suas águas são encontradas em profundos condicionamentos de basaltos, apresentam-se com elevado teor de salinidade e não são consideradas potáveis em estado bruto, podendo ocorrer alta concentração de flúor e excesso de sólidos totais dissolvidos.

São muitas as variedades tipológicas de águas, de acordo com suas características físicas, químicas e bacteriológicas, que são utilizadas para fins de abastecimento humano, para o uso em indústrias, irrigação e para dessedentação de animais. Neste trabalho, o enfoque é para a função do consumo humano.

### 2.5.1 Característica da Água para o Consumo Humano

Água Potável é aquela que reúne características que a colocam na condição própria para o consumo do ser humano. Portanto, a água potável deve estar livre de qualquer tipo de contaminação. A água potável pode ser de uma fonte natural, desde que não haja nenhum tipo de contaminação em sua nascente ou percurso. Pode ser também obtida através de um processo de tratamento físico e/ou químico. Nas cidades, este processo é realizado nas ETAs (Estações de Tratamento de Água).

Dependendo da qualidade original da água, um ou mais processos de tratamento são aplicados. Entre os principais processos de tratamento de água, podemos citar: decantação, filtração, fluoretação, desinfecção e floculação.

Para analisar se a água pode ser consumida pelo homem, faz-se necessário avaliar os aspectos químicos, físicos, bacteriológicos e radioativos. Com o intuito de estabelecer as condições de qualidade de uma água potável, são adotados os limites descritos pelas seguintes legislações:

- a) A Portaria N° 2914/2011, do Ministério da Saúde, é de uso obrigatório em todo território nacional. Esta portaria estabelece a norma de qualidade da água para o consumo humano, incluindo os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade (Brasil, 2011);
- b) A Resolução RDC N° 274/2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão vinculado ao Ministério da saúde. Esta resolução possui por objetivo a fixação da identidade e das características mínimas de qualidade referentes à Água Mineral Natural, a Água Natural, a Água adicionada de Sais e ao Gelo para consumo humano (Rosa Filho et. al. , 2010).
- c) A Resolução N°396/2008, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), pertencente ao Ministério de Meio Ambiente. Esta resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (BRASIL, 2008).

Os valores máximos permissíveis especificados nesta resolução destinam-se às águas originárias de mananciais destinadas ao abastecimento, para o consumo humano, após desinfecção, e também à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas (ROSA FILHO et al., 2010).

## 2.5.2 Qualidade das Águas Subterrâneas

Apesar da distribuição desigual da água subterrânea para abastecimento público, nas últimas décadas, ela vem sendo priorizada, pois apresenta algumas vantagens, na exploração, em relação às águas superficiais, sendo algumas já citadas por Feitosa e Manoel Filho (1997):

1. Na maioria das vezes, dispensa tratamento químico que onera bastante as águas superficiais em dispendiosas estações de tratamento de águas (ETA's);
2. Não acarreta inundação de áreas aproveitáveis na superfície, muitas vezes representadas por excelentes solos agricultáveis;

3. A área de captação e proteção é extremamente reduzida;
4. Permite uma distribuição setorizada, com baterias de exploração constituindo sistemas isolados ou interligados;
5. A rede de adução até a caixa d'água é, em geral, de pequena extensão, ao contrário das barragens que requerem linhas adutoras de grande de extensão;
6. A implantação do sistema pode ser efetuada de maneira gradativa, ao longo do tempo, na medida em que aumente a demanda, evitando períodos de sobra, como quando se constrói uma barragem, e períodos de déficit, quando a demanda ultrapassa a sua capacidade. Essa flexibilidade evita a aplicação de grandes investimentos concentrados em curto espaço de tempo;
7. Não implicam em desapropriação de grandes áreas, como barragens, que representam vultosos gastos financeiros;
8. O prazo de execução de um poço é de dias, em oposição a meses e até a anos, no caso do barramento de um rio;
9. As águas subterrâneas não estão sujeitas, como as superficiais, ao intenso processo de evaporação, que implica na região semiárida numa perda de cerca se 2.500 mm de lâmina d'água acumulada na superfície;
10. O sistema é muito melhor protegido de eventuais contaminações químicas ou atômicas em período de guerra;
11. Não se verificam impactos ambientais como os decorrentes do barramento dos cursos d'água superficiais;
12. A manutenção é mais segura, pois a paralisação para conservação de uma unidade de bombeamento, até mesmo, a sua substituição pode ser efetuada sem prejuízos do conjunto;
13. Os poços que apresentam um bom nível técnico nas fases de projeto, construção e operação, segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), têm vida útil superior a 20 anos, com amortização dos investimentos realizados em apenas 5 a 8 anos.

Apesar de todas estas vantagens, as águas subterrâneas também apresentam algumas desvantagens, como o problema de detecção e identificação de fontes de contaminação seja ela de origem natural ou antrópica; a manutenção periódica é mais cara, devido à multiplicidade de equipamentos de bombeamento; apresenta, em geral, maior consumo de energia elétrica no sistema de bombeamento.

A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que seus constituintes podem causar, que, como mostrados no Quadro 2, se

dividem em constituintes maiores, quando estão presentes com teores superiores a 5 mg L<sup>-1</sup>; menores, quando os teores ficam entre 0,01 e 10 mg L<sup>-1</sup>; e traços, quando os teores são inferiores a 0,01 mg L<sup>-1</sup>.

Conforme Feitosa et al. (2009), os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. Devido ao escoamento lento em diferentes aquíferos, a água subterrânea tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas presentes no meio, onde, além deste interferente, temos alguns outros fatores que podem influenciar na sua qualidade como: clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, litologias atravessadas, além da contaminação do homem.

**Quadro 2** – Classificação dos constituintes dissolvidos nas águas subterrâneas de acordo com sua abundância relativa

Constituintes maiores (>5mg L <sup>-1</sup> )	Constituintes menores (0,01 – 10 mg L <sup>-1</sup> )	Constituintes Traços (<0,1mg L <sup>-1</sup> )
Bicarbonato Cálcio Cloreto Magnésio Sílica Sódio Sulfato	Boro Carbonato Estrôncio Ferro Fluoreto Nitrato Potássio	Alumínio, Arsênio, Antimônio, Bário, Berílio, Bismuto, Bromo, Cádmio, Césio, Chumbo, Cromo, Cobalto, Cobre, Escândio, Estanho, Fosfato, Gálio, Germânio, Índio, Iridio, Selênio, Iodo, Lantânio, Lítio, Mercúrio, Manganês, Molibdênio, Níquel, Nióbio, Ouro, Prata, Platina, Rádio, Tálcio, Titânio, Tungstênio, Urânio, Vanádio, Zinco, Zircônio

**Fonte:** (CUSTODIO e LLAMAS, 1983 apud FEITOSA, 2009).

### 2.5.3 Hidrogeologia do SASG e SAG

Os dois termos “Aquífero” e “unidades hidroestratigráficas” são comumente empregados para subdividir a subsuperfície em unidades de maior importância para a hidrogeologia das águas subterrâneas. O termo Aquífero, porém, é mais utilizado quando leva em consideração o seu uso no abastecimento de água em termos econômicos.

O Sistema Aquífero Guarani (SAG), definido por Rocha (1997), originalmente denominado Aquífero Gigante do Mercosul (Araújo *et al.* 1995), é constituído predominantemente por arenitos que se depositaram na Bacia do Paraná ao longo do Mesozóico (figura 2 a).

O SAG é composto pelas formações Pirambóia e Rosário do Sul no Brasil, Misiones no Paraguai e Buena Vista na Argentina e no Uruguai, além dos arenitos eólicos das Formações Botucatu no Brasil, Misiones no Paraguai e Tacuarembó na Argentina e no Uruguai.

No Estado do Paraná o SAG ocupa uma área aproximada de 131.300 km<sup>2</sup> (Araújo *et al.* 1999), cerca de 15% da porção brasileira do aquífero

A composição química das águas é muito variável, principalmente nas zonas confinadas (figura 2) seja por efeitos de variações faciológicas, seja por influência de misturas induzidas por fraturas. Ainda quanto ao quimismo, segundo Sracek & Hirata (2002), existem evoluções de águas bicarbonatadas cálcicas nas áreas de afloramento e de baixo confinamento, para águas bicarbonatadas sódicas, derivadas do incremento das concentrações de cloretos e sulfatos em profundidade, nas zonas de alto confinamento. Esta mudança na composição química da água se dá através da diminuição do cálcio, por intercâmbio com o sódio, originada pela dissolução dos carbonatos, fazendo com que as águas evoluam para bicarbonatadas sódicas. Parte do sódio envolvido nas reações é oriundo provavelmente do SAG e a adição de cloretos e sulfatos parece se relacionar com a dissolução de evaporitos, como halita (NaCl) e mirabilita (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10H<sub>2</sub>O), ou gipsita e difusão de produtos de dissolução da Formação Pirambóia.

As águas do aquífero possuem alto padrão de qualidade, em decorrência do confinamento proporcionado pelas espessas camadas de lavas basálticas. Mesmo que aplicadas ao mais variados fins, é necessário pensar nas condições futuras, visto que um uso desordenado pode resultar em dois graves problemas: contaminação e desequilíbrio hidrológico.

Atualmente as águas deste imenso reservatório natural são utilizadas principalmente para o abastecimento de populações e já é constatado o uso em cidades de médio a grande porte. A utilização em processos industriais além de expressiva é essencial às indústrias que necessitam de água oriundas de fontes seguras.

O conceito de aproveitamento econômico torna relativos os conceitos aqui tratados, pois eventualmente formações geológicas pouco permeáveis terão seu aproveitamento baseado em disponibilidades e necessidades momentâneas ou mesmo duradouras (MACHADO, 2005).

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), localiza-se sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral.

*Essas rochas apresentam, via de regra, textura microcristalina, estrutura maciça e vesicular e/ou amigdaloidal, bem como intenso fraturamento. Esfoliações esferoidais são características marcantes dos basaltos, tanto maciços, quanto vesico-amigdaloidais, embora sejam mais raras nestes últimos. (CELLIGOI, 1993, p.20)*

Devido a suas características litológicas, não possui porosidade e permeabilidade primárias. Assim sendo, para o armazenamento e condução da água, devem ocorrer descontinuidades físicas na rocha, de forma a constituir um meio aquífero fisicamente heterogêneo e anisotrópico (REBOUÇAS, 1978), que se caracteriza por uma condutividade hidráulica muito variável, complexa e de difícil avaliação, característica de um sistema aquífero fraturado (FRAGA, 1986 e 1992). Conforme estudos realizados nesse contexto, Fraga (1986, 1992), Rosa Filho et. al. (1987), Celligoi (1994) determinam que a tipologia característica para a água presente nas rochas basálticas é bicarbonatada cálcica, relacionada com a mineralogia e natureza química dessas rochas. Os dois primeiros autores admitem que a composição bicarbonatada sódica de algumas águas de poços neste ambiente sugere mistura com as águas de aquíferos subjacentes, a exemplo do aquífero Guarani e aquíferos paleozoicos.

A Formação Serra Geral, sobreposta ao SAG, “comporta o maior número de poços perfurados, até a presente data, sendo, por esta razão, a atual e a principal fonte de abastecimento de água subterrânea das cidades localizadas sobre a Bacia Sedimentar do Paraná na região do Sul do Brasil” (BITTENCOURT et al, 2003, p.67).

O Sistema Aquífero Guarani (SAG), um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, é considerado no Brasil como sendo o conjunto das formações Botucatu e Piramboia. Em algumas regiões, este manancial armazena água com alguns parâmetros físico-químicos que ultrapassam os limites mínimos estabelecidos para o abastecimento público. Vários poços perfurados neste aquífero, por outro lado, produzem vazões excepcionais de águas de excelente qualidade, da ordem de até 800.000 L/h, com temperaturas, em alguns casos, superiores a 40°C.

As águas do Sistema Aquífero Guarani (SAG) (figura 2 b), são geralmente potáveis apresentando baixa mineralização, possuindo pequenas velocidades de circulação. Entretanto, há ocorrências de problemas relacionados ao flúor, arsênio, e salinidade.

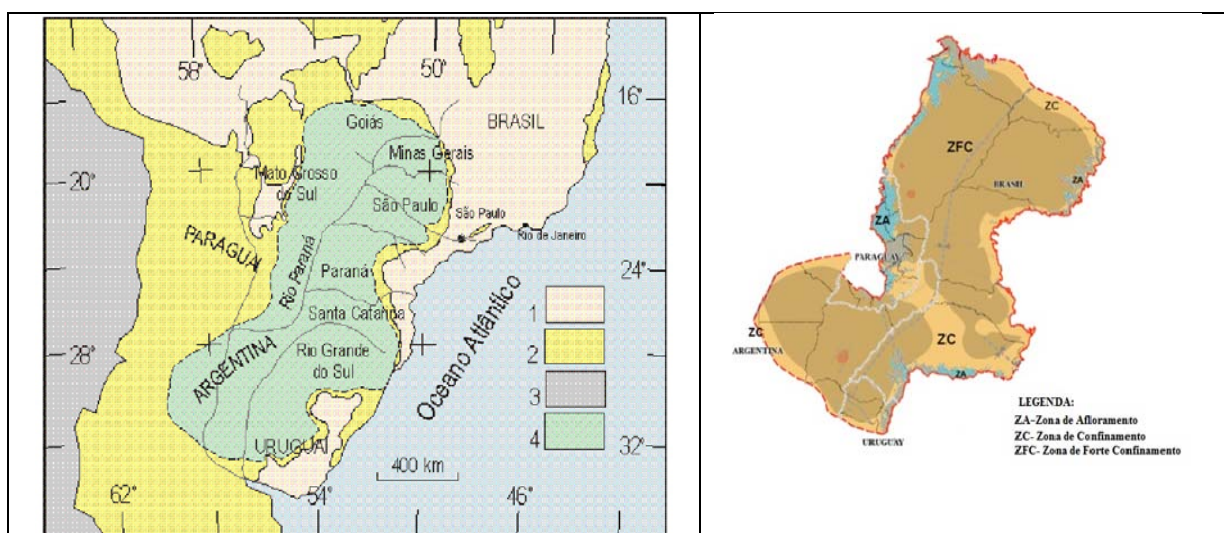
A origem dessas anomalias geoquímicas não é conhecida até o momento. As águas geralmente apresentam baixa mineralização. Localmente há altas concentrações de SO<sub>4</sub>. Há áreas restritas onde a pequena circulação parece estar associada à maior salinidade das águas (estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

De acordo com Rebouças (1994), no extremo sul do SAG, há áreas com alta salinidade. O mesmo é observado nas regiões argentinas no limite oeste do aquífero. As águas do SAG nestas regiões apresentam-se saturadas em calcita, exceto nas zonas de recarga, que são saturadas em sílica.

Destaca-se que a evolução das águas nas áreas confinadas profundas gera, como resultado, águas de elevados pHs e de maior temperatura, entretanto todas respondem a gradiente geotérmico normal.

**Figura 2a** – Distribuição do Sistema Aquífero Guarani no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai.

**Figura 2b** – Zonas de Confinamento do Sistema Aquífero Guarani no Brasil.



**Fonte:** Assine et al. 2004.

**Fonte:** Modificado de Zalán et al. 1990.

#### 2.5.4 Quadro síntese sobre os elementos químicos:

*A água potável é responsável por algo entre 2 a 20% da ingestão dos elementos traço. A idade, ocupação, temperatura ambiental, perspiração e hábitos alimentares, juntos determinam a ingestão de água e, conseqüentemente podem influenciar acentuadamente as ingestões de cromo, flúor e chumbo e, em alguns locais pode também favorecer muito as ingestões de arsênio, cádmio, cobre, mercúrio, selênio e zinco. (OMS, 1998; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1980)*

Os padrões de qualidade das águas expostos neste trabalho estão dispostos na Resolução CONAMA 396 (2008) sobre as águas subterrâneas.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é o órgão responsável em classificar os corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.





Este órgão está subordinado diretamente ao MMA (Ministério do Meio Ambiente) e estabelece as diretrizes para a Legislação Ambiental sobre corpos de água no país. Também está apoiado na PORTARIA 2914 (2011) do Ministério da Saúde, que substitui a PORTARIA 518 (2004). A portaria de 2011 estabelece os padrões de potabilidade para o consumo humano.

Na análise da potabilidade da água, além dos elementos químicos, é importante considerar também os elementos físicos como: temperatura, pH, Redução da oxidação potencial (ORP), sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica. Esses elementos foram descritos juntamente com suas análises no capítulo sobre discussão dos resultados.

Para propor um gerenciamento dos recursos hídricos das águas retiradas dos Aquíferos Guarani e Serra Geral no município de Ibiporã, é necessário observar o seguinte quadro dos elementos químicos e metais essenciais, necessários e toxicológicos à saúde dos usuários. O ponto de partida foi a classificação proposta por Walker et al., (1997) in Figueiredo, (2000), e analisada em Araújo e Pinese (2006) e observando as leis vigentes no país para monitorar a qualidade da água do município de Ibiporã.

Este quadro foi modificado contemplando os elementos analisados nesta pesquisa.

### Quadro 3 – Síntese dos elementos químicos e metais.

-  elementos essenciais à vida, ao crescimento e à reprodução de animais e vegetais;
-  elementos necessários em nível de traços;
-  elementos necessários em nível de ultratraços; e
-  elementos altamente tóxicos para os seres humanos.

Metais	Ocorrência no ambiente e utilização comercial.	Benefícios a saúde.	Malefícios a saúde humana (provocados por deficiência ou toxicidade).	Legislação Ambiental (Resolução Conama 396/2008) Padrões de qualidade de água (7) e Portaria 2914/2011 (14).
C	Fontes naturais: abundante na atmosfera, grafite e diamante. Apresenta uma grande afinidade	Elemento essencial à vida animal e vegetal (3).	O monóxido de carbono, presente nos gases de escape dos motores de	

	<p>para combinar-se quimicamente com outros átomos e formar cadeias múltiplas, na natureza pode ser encontrado também como carbonatos (<math>\text{CO}_3^{2-}</math>) (9). Fontes artificiais (usos): componente de hidrocarbonetos, especialmente os combustíveis fósseis como: petróleo, gás natural e também nos plásticos (9).</p>		<p>combustão, e o cianógenos são extremamente tóxicos para as pessoas. Os gases orgânicos eteno, etino e metano são explosivos e inflamáveis em presença de ar (9).</p>	
H	<p>Fontes naturais: na atmosfera, na água, planetas gasosos e estrelas (9). Fontes artificiais (usos): obtenção de amoníaco, na hidrogenação de graxas e azeites, na obtenção de metanol, produção de combustível, redução de minerais entre outros (9).</p>	<p>Elemento essencial à vida animal e vegetal (3).</p>	<p>O hidrogênio é um gás extremamente inflamável. Reage violentamente com o flúor e o cloro, especialmente com o primeiro, com o qual a reação é tão rápida e imprevisível que não se pode controlar. Também é perigosa sua despressurização rápida, já que diferentemente dos outros gases, a sua expansão acima de <math>-40^\circ\text{C}</math> ocorre com aquecimento, podendo inflamarse (9).</p>	
O	<p>Fontes naturais: É o elemento mais abundante da crosta terrestre e dos oceanos. É o segundo em abundância na atmosfera. Os óxidos de metais, silicatos e carbonatos são encontrados com frequência em rochas e no solo (9). Fontes artificiais (usos): como medicamento para enfermos, comburente nos motores de propulsão, nas soldas, fabricação de aço e metanol, atividades aquáticas e esportes (9).</p>	<p>Elemento essencial à vida animal e vegetal (3).</p>		
N	<p>Fontes naturais: é o componente principal da atmosfera terrestre e nos processos de fusão nuclear das estrelas (9). Fontes artificiais (usos): usos industriais, pela</p>	<p>Elemento essencial à vida animal e vegetal (3).</p>	<p>Os fertilizantes nitrogenados são uma importante fonte de contaminação do solo e das águas. Os composto que</p>	

	destilação do ar líquido. Está presente também em produtos de excreção de animais como o guano, usualmente na forma de uréia, e ácido úrico (9).		contém íon cianeto formam sais extremamente tóxicos e são mortais para numerosos animais, entre eles, os mamíferos (9).	
<b>Ca</b>	Fontes naturais: plagioclásios e o dióxido de silício (4). Fontes artificiais (usos): redutor de processos industriais, desulfurizante e decarbonizante. Na construção civil é utilizado no tratamento de água e outros processos industriais (4), (12).	Essenciais à vida animal e vegetal. Desempenha importante papel na coagulação sanguínea, nas paredes celulares, fluidos do corpo e ossos (3), (4), (11), (12).	Sua carência, no corpo humano, provoca raquitismo e osteoporose. Seu excesso pode provocar dores musculares, fraqueza, sede desidratação enjôo, pedra nos rins e insuficiência renal (1), (5), (10).	
<b>P</b>	Fontes naturais: rochas magmáticas e sedimentares, apatita e fosforita (6). Fontes artificiais (usos): indústrias química, farmacêutica, alimentícia, têxtil, cerâmica e também na preparação de produtos para ração animal e alimentação humana (6).	Elemento essencial à vida animal e vegetal. É constituinte dos ossos participa de todas as reações químicas do corpo (3), (5), (10).	Seu excesso torna quebradiços cabelos e unhas (5), (10).	Águas doces classes 1 e 2. Fósforo total (ambiente lântico) 0,020 mg/L (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) 0,025 mg/L (ambiente lântico e tributários de ambientes intermediários) 0,1 mg/L Águas doces classe 3. Fósforo total (ambiente lântico) 0,05 mg/L (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) 0,075 mg/L (ambiente lântico e tributários de ambientes intermediários) 0,15 mg/L
<b>K</b>	Fontes naturais: rochas magmáticas; gabros e granitos (4). Fontes artificiais (usos): fertilizantes agrícolas e aplicações de sal sem sódio para fins	O potássio e seus sais são essenciais para os fluidos intracelulares, reações enzimáticas, nas	Sua carência, no corpo humano, pode provocar fadiga, baixa de açúcar no sangue e insônia, já seu excesso pode	

	terapêuticos (4), (12)	funções musculares, sistema nervoso e funções cardíacas (3), (4), (12).	causar câimbra, fadiga, paralisia muscular e diarreia. Seus sais são extremamente tóxicos quando injetados (1), (10).	
<b>Mg</b>	Fontes naturais: rochas ultramáficas, carbonatadas como: magnesita, biotita, granda, hornblenda, clorita, alanita e olivina (4). Fontes artificiais (usos): lâmpadas fotográficas (flash), pirotecnia, indústria aeronáutica e de mísseis, usinas nucleares, indústria farmacêutica, medicina e revestimento de fornalhas (4), (12).	Importante para vida animal e vegetal. No corpo humano tem a função de converter o açúcar em energia além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos (1), (3).	Sua deficiência causa nervosismo e tremores e seu excesso é maléfico para a saúde humana provocando distúrbios intestinais. É Tóxico e cancerígeno (1), (10).	
<b>Na</b>	Fontes naturais: rochas magmáticas; gabros e granitos (água do mar) (4). Fontes artificiais (usos): condimento alimentar, anti-detonante para gasolina, soda cáustica, bicarbonato de sódio, produção de sabão, do vidro, indústria têxtil, do petróleo, química e metalúrgica (4).	Importante para vida animal e vegetal. Atual no equilíbrio hidrossalino, transmissão de impulsos nervosos e soluções celulares (3), (5).	Em excesso é prejudicial aos hipertensos além de reduzir a permeabilidade dos solos (4), (10).	
<b>Cl</b>	Fontes naturais: rochas ígneas, clorotinita, fosfogenita, sodalita, helvita, escapolitas, eudalita, cloroapatita e o sal comum (4). Fontes artificiais (usos): produção de água potável, de papéis, de têxteis, produtos do petróleo, antissépticos, inseticidas, solventes, tintas, plásticos, desinfetantes, tubos de PVC (4).	Está presente no esqueleto, no crescimento dos vegetais, é componente dos sucos gástricos, atua no transporte de metais no organismo, na quantidade de água nos tecidos e na pressão osmótica (3), (4).		Águas doces classes 1 e 2. Cloro residual total (combinado + livre) 0,01 mg/L Cloro total 250 mg/L
<b>S</b>	Fontes naturais: subproduto do petróleo e de folhelhos betuminosos, zonas vulcânicas, cinábrio e galena (6), (9). Fontes artificiais (usos): utilizado nos segmentos industriais para fabricação de fertilizantes, explosivos e inúmeros produtos químicos e farmacêuticos (6), (9).	Elemento essencial a vida animal e vegetal. É constituinte de muitos aminoácidos (3), (9).	Sua deficiência retarda o crescimento. Seu excesso é eliminado na urina (9).	
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Fontes naturais: resultam da alteração dos sulfuretos	Ajuda a fortalecer o sangue e a prevenir		Para fins de consumo humano só pode ser

	ocorrida à superfície ou próximo da superfície, outros resultam de precipitados nas águas marinhas e lagos, outros ainda são resultantes da atividade vulcânica.(6), (9). Fontes artificiais (usos): Utilizado para composição de remédios, associados ao ferro e magnésio (9).	anemia (3).		encontrado até o limite de 250 mg/L
HCO <sup>3-</sup>	Fontes naturais: É possível encontrar o ácido carbônico na água das chuvas, formado por meio da dissolução do gás carbônico presente na atmosfera pela água precipitada. Essa formação do ácido carbônico altera o pH da chuva, o tornando levemente ácido, por isso não existe água de chuva com pH neutro. Fontes artificiais (usos): utilizado em refrigerantes. Também no calcário, para correção de solo.	Elemento necessário à sobrevivência das plantas (13).	Por ser um ácido fraco, a presença do ácido carbônico na água das chuvas não provoca efeitos prejudiciais ao meio ambiente (13).	Não são conhecidos pela legislação vigente os padrões máximos e mínimos para consumo humano.
Fe	Fontes naturais: rochas sedimentares; argilas, folhelhos e grauwacas (4). Fontes artificiais (usos): manufatura de ferro e aço (4).	Necessário em nível de traços. Reações bioquímicas essenciais ao funcionamento do organismo humano. É parte da hemoglobina e complexos enzimáticos necessários a geração de energia e ao sistema imonológico (3).	Sua deficiência provoca anemia e prejudica absorção de outros metais, se concentra no fígado e baço. Seu excesso provoca anemia falciforme talassemia major, disfunção da absorção intestinal, hemacromatose herediária e o aparecimento de doenças cardíacas e diabetes (3), (8).	Águas doces classes 1 e 2. Ferro dissolvido 0,3 mg/L Águas doces classes 3. Ferro dissolvido 5,0 mg/L
Cu	Fontes naturais: rochas magmáticas básicas; basaltos e gabros (4). Fontes artificiais (usos): indústria eletroeletrônica, moedas, indústria química e pigmentos (4), (6)	Necessário em nível de traços. Está envolvido com uma variedade de reações metabólicas como utilização de oxigênio celular e energia, também age na síntese de proteínas complexas do esqueleto, vasos sanguíneos e sistema nervoso e também relacionado ao mecanismo de resistência as	Sua deficiência provoca anemia, diminuição de glóbulos brancos, diminuição das defesas imunológicas, desenvolvimento anormal dos ossos, osteoporose, degeneração progressiva cerebral e cardiovascular. Sua absorção excessiva provoca doença de Wilson, desordem neurológica e	Águas doces classes 1 e 2. Cobre dissolvido 0,009 mg/L Águas doces classes 3. Cobre dissolvido 0,013 mg/L

		doenças (2), (3).	psiquiátrica, danos no fígado, nos rins, nervos e ossos e perda de glóbulos vermelhos (3)	
<b>Mn</b>	Fontes naturais: rochas sedimentares; folhelhos, grauwacas e rochas carbonáticas (4). Fontes artificiais (usos): manufatura do aço, ligas de alumínio e vidros (6).	Necessário em nível de traços. Essenciais para todos os organismos. Promove crescimento, desenvolvimento e funções celulares, em ossos e cartilagens além de participar das reações enzimáticas ativas nos metabolismos (3), (5).	Sua falta pode provocar crescimento prejudicado de cabelos e unhas, dermatite, epilepsia e hipocolesterolemia. Seu excesso pode causar câncer, malformações congênitas e se aspirado ao pulmão pode causar doenças neurológicas (loucura mangânica) (2), (8).	Águas doces classes 1 e 2. Manganês total 0,1 mg/L Águas doces classes 3. Manganês total 0,5 mg/L
<b>Zn</b>	Fontes naturais: rochas ígneas; magnetita e rochas sedimentares; rochas carbonatadas, grauwacas e folhelhos (4). Fontes artificiais (usos): galvanização, produção do latão, desinfetantes para medicina e ligas metálicas (4), (11).	Necessário em nível de traços. Desempenha papel importante nas atividades enzimáticas, metabolismo do ácido nucléico, síntese de proteínas, manutenção da estrutura e função das membranas, atividade hormonal, reprodução e maturidade sexual (2), (3).	Sua deficiência provoca retardamento de crescimento, síndrome de Down, problemas de pele, dificuldade de cicatrização de feridas e falhas reprodutivas. (Kwashiorkor marasmico e hipozinquemia). Seu excesso influencia na absorção do Cu, vômito, febre, diarreia e letargia (2), (3), (8), (10).	Águas doces classes 1 e 2. Zinco total 0,18 mg/L Águas doces classes 3. Zinco total 5 mg/L
<b>Co</b>	Fontes naturais: nas rochas sedimentares, nos argilitos e folhelhos (4). Fontes artificiais (usos): utilizado em superligas da industria aeroespacial, aço inoxidável, magnetos permanentes, para usos químicos e cerâmicos (4).	Necessário em nível de traços. Fundamental para produção da Vitamina B12 e na participação de reações químicas (3).	A deficiência provoca emagrecimento, cansaço e anemia. Elevadas concentrações causa falhas cardíacas além de ser tóxico e cancerígeno (3).	Águas doces classes 1 e 2. Cobalto total 0,05 mg/L Águas doces classes 3. Cobalto total 0,2 mg/L
<b>Se</b>	Fontes naturais: O selênio é encontrado muito distribuído na crosta terrestre. Na maioria das rochas e solos é encontrado em concentrações entre 0,1 e 2,0 ppm. É encontrado no pão, nos cereais, nos pescados,	Necessário em nível de traços. O selênio é um micronutriente para todas as formas de vida. É antioxidante, ajuda a neutralizar os radicais livres, estimula o sistema	Sua deficiência está associada a Doença de Keshan e Kashin-Beck. Já o seu excesso torna quebradiços unhas e cabelos, pode provocar cárie dentária,	Águas doces classes 1 e 2. Selênio total 0,01 mg/L Águas doces classes 3. Selênio total 0,05 mg/L

	nas carnes e nos ovos (9). Fontes artificiais (usos): obtém-se principalmente como subproduto da refinação do cobre (9).	imunológico e intervém no funcionamento da glândula tireóide (2), (3).	problemas reprodutivos e esclerose lateral amiotrófica. Além de ser carcinógeno (2).	
<b>Ti</b>	Fontes naturais: Está quase sempre presente em rochas ígneas. Ocorre em minerais como rutilo, ilmenita, titanita (esfeno), anastásio, perovskita etc. e em muitos outros minérios. Seus compostos são encontrados em cinzas de carvão, em plantas e no corpo humano. Fontes artificiais (usos): Não há indícios de que o titânio seja tóxico ao ser humano; assim, por ser biocompatível, ele e suas ligas são usados em próteses diversas. O dióxido de titânio é usado frequentemente para branquear o leite desnatado, o que foi demonstrado estatisticamente e para aumentar o sabor do leite desnatado.	No corpo humano comporta-se como atrativo para o oxigênio (15).	Em altas quantidades poder ser cancerígeno, embora ainda não haja evidências em humanos, somente em animais (9).	Em águas naturais não deve exceder o limite de 0,005 mg/L para consumo humano.
<b>Cr</b>	Fontes naturais: rochas magmáticas; gabros e granitos (4). Fontes artificiais (usos): produção de aço inoxidável, indústria do vidro, indústria química, curtimento de couro, indústria têxtil, aeronáutica, tijolos e revestimentos (4).	Necessário em nível de traços. É um nutriente essencial, que potencializa a ação da insulina e assim influencia o metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (2), (3).	Está associado ao câncer respiratório. Além disso sua deficiência induz ao diabetes, perda de peso e neuropatia e seu excesso provoca intolerância severa a glicose, perda de peso, encefalopatia metabólica e falhas renais (2).	Águas doces classes 1 e 2. Cromo total 0,05 mg/L Águas doces classes 3. Cromo total 0,05 mg/L
<b>Ni</b>	Fontes naturais: rochas sedimentares; folhelhos, grauvacas, ortoarenitos e calcários (4). Fontes artificiais (usos): ligas e aços inoxidáveis, aços especiais para ferramentas, indústria automotiva, aeroespacial, construção civil, petrolífera e elétrica (4).	Necessário em nível de traços. Essencial a plantas, talvez também a animais (3).	Associado ao câncer, respiratório, irritação gastrointestinal dermatite e as malformações congênitas (3).	Águas doces classes 1 e 2. Níquel total 0,025 mg/L Águas doces classes 3. Níquel total 0,025 mg/L
<b>V</b>	Fontes naturais: rochas magmáticas; gabros, granitos, xistos grafitosos e betuminosos (4).	Necessário em nível de traços. Prolonga a vida dos dentes (2), (3).	Sua deficiência provoca doença cardiovascular. Seu excesso provoca distúrbios	

	Fontes artificiais (usos): aditivo de aços, manufatura de ferramentas, indústria cerâmica, indústria gráfica, anilina negra, magnetos e supercondutores (4).		gastrointestinais e língua verde. É relativamente tóxico. As suas emissões gasosas industriais podem causar câncer de pulmão (2).	
<b>Si</b>	Fontes naturais: abundante na crosta terrestre. O silício não é encontrado no estado nativo; areia, quartzo, ametista, ágata, pedernal, opala e jaspe são alguns dos minerais importantes que apresentam na sua composição o óxido. Formando silicatos é encontrado, entre outros, no granito, feldspato, argila, hornblenda e mica (9). Fontes artificiais (usos): É utilizado para a produção de ligas metálicas, na preparação de silicones, na indústria cerâmica e, na indústria eletrônica e microeletrônica, como material básico para a produção de chips para transistores, pilhas solares e, em diversas variedades de circuitos eletrônicos (9).	Necessário em nível de traços. Em animais está relacionado com o desenvolvimento do tecido conjuntivo e ossos (2), (3).	Sua deficiência (nos animais) Produz deformidades do esqueleto e ossos periféricos, caracterizado por articulações malformadas, crescimento ósseo endocondral defeituoso e conteúdo reduzido de cartilagem articular. Seu excesso provoca silicose (2).	
<b>As</b>	Fontes naturais: são atividade vulcânica e metilação biológica (3). Fontes artificiais (usos): Metalurgia de cobre e não ferrosos, combustão de carvão, mineração de ouro, uso de pesticidas, inseticidas, produtos farmacêuticos, aditivos de rações em aves domésticas e produção suína (2), (3).	Necessário em nível de traços (2), (3).	Altamente tóxicos para humanos (inorgânico). É altamente cancerígeno, provoca problemas de hiperqueratose, câncer de pele e pulmonar, distúrbios no sistema nervoso e abortos espontâneos (2).	Águas doces classes 1 e 2. Arsênio total 0,01 mg/L Parâmetros Inorgânicos Arsênio total 0,14µg/L Águas doces classes 3. Arsênio total 0,033 mg/L
<b>Al</b>	Fontes naturais: gabros, granitos e mica-xistos (4). Fontes artificiais (usos): fabricação de utensílios domésticos e industriais e materiais de construção (4).	Necessário em nível de ultratraços (3).	Seu excesso pode reduzir assimilação de fosfato e flúor, provocar a osteomalcia e prejudicar a função renal. Foi detectado nas células cerebrais de pacientes com mal de Alzheimer (2), (4).	Águas doces classes 1 e 2. Alumínio dissolvido 0,1 mg/L Águas doces classes 3. Alumínio dissolvido 0,2 mg/L.
<b>F</b>	Fontes naturais: rochas	Necessário em	Sua deficiência	Águas doces

	<p>magmáticas; granitos, basaltos, gabros, folhelhos (4). Fontes artificiais (usos): manufatura do alumínio metálico, produção do aço, na indústria química e de cerâmicas (4).</p>	<p>nível de ultratraços. É essencial aos mamíferos, promove o fortalecimento dos dentes e esqueleto (3), (4).</p>	<p>provoca cáries dentárias e teores em excesso, acima de 2 ppm causam manchamento do esmalte dos dentes, fluorose, osteoporose, hiperparatireoidismo, osteomalacia e deformação nos ossos (exostoses e doença óssea de Kenhardt) (2).</p>	<p>classes 1 e 2. Fluoreto total 1,4 mg/L Águas doces classes 3. Fluoreto total 1,4 mg/L</p>
<b>Pb</b>	<p>Fontes naturais: associado com atividade vulcânica e fontes termais alcalinas. Jazidas de Cinábrio e metacinnabarita (3). Fontes artificiais (usos): Pode ser usado na amalgamação do ouro, em termômetros, barômetros, lâmpadas, medicamentos, espelhos, detonadores, corantes e outros (3).</p>	<p>Não essenciais (3).</p>	<p>Altamente tóxicos para humanos (metilado). Bloqueia a atividade enzimática e seus efeitos são o comprometimento do sistema nervoso central, ataxia, insanidade, deficiência de visão e audição, sonolência e coma ainda dor de estômago, diarreia, tremores, depressão, ansiedade, gosto de metal na boca, dentes moles com inflamação e sangramento nas gengivas, insônia, falhas de memória e fraqueza muscular, nervosismo, mudanças de humor, agressividade, dificuldade de prestar atenção e até demência (2), (3).</p>	<p>Águas doces classes 1 e 2. Mercúrio total 0,0002 mg/L Águas doces classes 3. Mercúrio total 0,002 mg/L</p>
<b>Cd</b>	<p>Fontes naturais: Rochas básicas, vulcanismo, fundição do Zn, Pb ou Cu e o tabaco (4). Fontes artificiais (usos): Mineração e refino de metais não ferrosos, combustão combustíveis fósseis, incineração do lixo, efluentes de aterros sanitários (lama de esgoto), indústrias de ferro e aço e produtos com Zn. Como pigmento em</p>	<p>Em quantidades extremamente pequenas atuam como estimulantes do metabolismo (3).</p>	<p>Altamente tóxicos para humanos. Impede a ação do Zn no organismo humano causando deficiências renais, doenças respiratórias, doença nos ossos, deformidades congênitas e cancerígenos. (doença itai-itai) (2), (3).</p>	<p>Águas doces classes 1 e 2. Cádmio total 0,001 mg/L Águas doces classes 3. Cádmio total 0,01 mg/L.</p>

	plásticos coloridos, anticorrosivos de aços, estabilizador de plásticos PVC, baterias recarregáveis (3).			
<b>NO<sub>3</sub></b>	Fontes naturais: Denomina-se nitrato ou azotato a um sal formado pela ação do ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), sobre óxidos metálicos. Fontes artificiais (usos): Existem vários tipos de nitratos, que podem ser remédios, venenos, fertilizantes, etc. Os nitratos recebem o nome do metal cujo óxido está sendo usado, como, por exemplo: nitrato de prata; nitrato de sódio; nitrato de ferro; etc.	Não essenciais (3).	Usado, como remédio, como sendo um vaso-dilatador, no tratamento de anginas, insuficiência cardíaca e na disfunção erétil masculina (causa da impotência). Altamente tóxicos para humanos até se estiver acima do limite para o consumo humano (2) e (3).	Águas doces classes 1 e 2, não pode exceder o limite de 10 mg/L (14).
<b>NO<sub>2</sub></b>	Fontes naturais: são composições químicas liberadas por alguns tipos de bactérias, sal ou éster do ácido nitroso (HNO <sub>2</sub> ) ou ânion dele derivado. Fontes artificiais (usos): Em conjunto com os nitratos, os nitritos são também utilizados para conservar a carne, mantendo a cor e inibindo o crescimento de microrganismos.	Não essenciais (3)	Os nitritos podem formar nitrosaminas que são cancerígenas, sendo tóxico para os humanos.	Se encontrados na água, não devem ultrapassar o limite de 1,0 mg/L (14)
<b>Sr</b>	Fontes naturais: A abundância média de Sr na crosta da Terra é 384 ppm; em solos Sr varia de 3,6-160 ppm; O estrôncio é encontrado principalmente em celestita (SrSO <sub>4</sub> ) e na estroncianita (SrCO <sub>3</sub> ) (15). Fontes artificiais: Atualmente a principal aplicação do estrôncio é em cristais para tubos de raios catódicos de televisores em cores. Existem regulamentações que exigem a utilização deste metal para filtrar os raios X, evitando que incidam sobre o telespectador (9).	Não essenciais (3).	Puro é extremamente reativo e queima espontaneamente em presença do ar, pelo qual pode ser considerado um agente causador de incêndio. O Sr-90 é radioativo, se acumula no corpo. A exposição prolongada à radiação provoca diversas desordens incluindo o câncer de ossos. Altamente tóxicos para humanos (3).	Nas águas doces classes 1 e 2, pode ser encontrada 0,0-1-10 mg/L e não deve exceder o limite de 0,375 mg/L para fins de abastecimento público.
<b>Ba</b>	Fontes naturais: O bário é um elemento metálico quimicamente semelhante ao cálcio, contudo é macio e, na forma pura, apresenta aspecto branco prateado semelhante ao chumbo. Este metal oxida-se muito facilmente quando exposto	Não essencial (3)	O bário é uma grande causa de derrames e acidentes vasculares quando em excesso no organismo. Deposita-se nos ossos, olhos e pulmões, causando forte vasoconstrição (3).	Nas águas doces classes 1 e 2, pode ser encontrada 0,7 - 900 mg/L e não deve exceder o limite de 0,7 mg/L para água potável.

	<p>ao ar e é altamente reativo com água ou álcool.          Alguns dos compostos de bário são notáveis pela elevada massa específica, como o sulfato de bário, <math>BaSO_4</math>, ( barita ) (6).          Fontes artificiais (usos):          Utilizado fluidos para a perfuração de poços de petróleo e na produção da borracha; como contraste em diagnósticos por raio-X, e em vidros (6).</p>			
--	--	--	--	--

**Fontes:** Santos (1) (1997), OMS (2) (1998), Figueiredo (3) (2000), Mineropar (4) (2001), Scarpelli (5) (2012), Teixeira et al (6) (2003), CONAMA (7) (2008), Vaz & Lima (8) (2003), Wikipedia (9) (2012), Combs Jr (10) (2005), Koljonen et al (11) (1992) in Mineropar, 2001), Winter (12) (1998 in Mineropar,2001), Ayers e Westcot (13) (1985), Brasil (14) ( 2011), CETESB (15) (2009). Modificado de: Araújo e Pinese (2006).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAIS

##### 3.1.1 Imagens e Referências

Inicialmente realizou-se uma revisão de bibliografia nacional e internacional em: livros, artigos, periódicos, internet, cartas topográficas e mapas.

Através do INPE (Instituto de Pesquisa Espacial), foram adquiridas imagens de satélites LAND SAT 5, SAD 69 DATUM, UTM ZONA 22, SUL, 54 D À 48D OESTE que possibilitaram compor mapas sobre o município de Ibiporã e checar coordenadas geográficas, bem como, perceber a composição da paisagem e sua organização, auxiliando os trabalhos em campo.

Essa área foi escolhida como recorte espacial por contemplar os dois sistemas aquíferos: Aquífero Guarani (SAG) e o Aquífero Serra Geral (SASG), e pelo município utilizar-se das águas do Aquífero Guarani (SAG) para abastecimento público.

##### 3.1.2 Programa de Tratamento de Imagens

Para a elaboração de banco de dados, georreferenciamento de imagens, classificação e edição de imagens, processamento de dados, análise espacial de informações e confecção da cartografia utilizou-se de um Sistema de Informação Geográfica o ArcGis 9.0 (no ArcGis o uso do ArcCatalog e ArcMap).

Para a estruturação de banco de dados hidrogeoquímicos e análise espacial de dados regionalizados utilizou-se o programa Excel 2007, visando à organização dos dados para composição de tabelas. Também foi utilizado o software Acqua Chem versão 3.7, desenvolvido por Waterloo Hydrogeologic, Inc., 1997. É um pacote de software desenvolvido especificamente para gráfica e numérica análise e modelagem de dados de qualidade da água. Com este software foi possível trabalhar com dados geoestatísticos para realização de histogramas e diagrama de Piper.

### 3.1.3 Materiais de Laboratório

- ◆ Frascos de polietileno previamente lavados com HCl 10% (v/v) de 200ml e de 2 litros
- ◆ Membrana Ha em ester de celulose 0,45UM – 047 mm, branca quadriculada
- ◆ Luvas de silicone
- ◆ Pipeta de 10 ml
- ◆ Funil de vidro
- ◆ Presilha
- ◆ Rolha
- ◆ Kitasato de 500 mL;
- ◆ Câmara de vácuo
- ◆ Becker 200 ml;
- ◆ Balão volumétrico 50 ml
- ◆ Tubos de ensaio

### 3.1.4 Materiais de Campo

- ◆ Máquina digital;
- ◆ GPS MAP 60 CSx ( marca Garmim)
- ◆ Multi Water Quality Checker - série u-50 (Horiba)
- ◆ Água deionizada

## 3.2 METODOLOGIA

### 3.2.1 Levantamento de Dados e Cadastramentos dos Poços

A fase de levantamento de dados envolveu a coleta de material bibliográfico, aspectos socioeconômicos e dados relativos aos poços existentes no município de Iporã que exploram o Aquífero Guarani e o Aquífero Serra Geral. As fontes de base de informações referem-se ao levantamento de campo; visitas aos órgãos públicos como a prefeitura Municipal de Iporã, ao SAMAE (Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto) e empresas perfuradoras de poços: Água Limpa, Yguatu, Hidroingá e Geopoços.

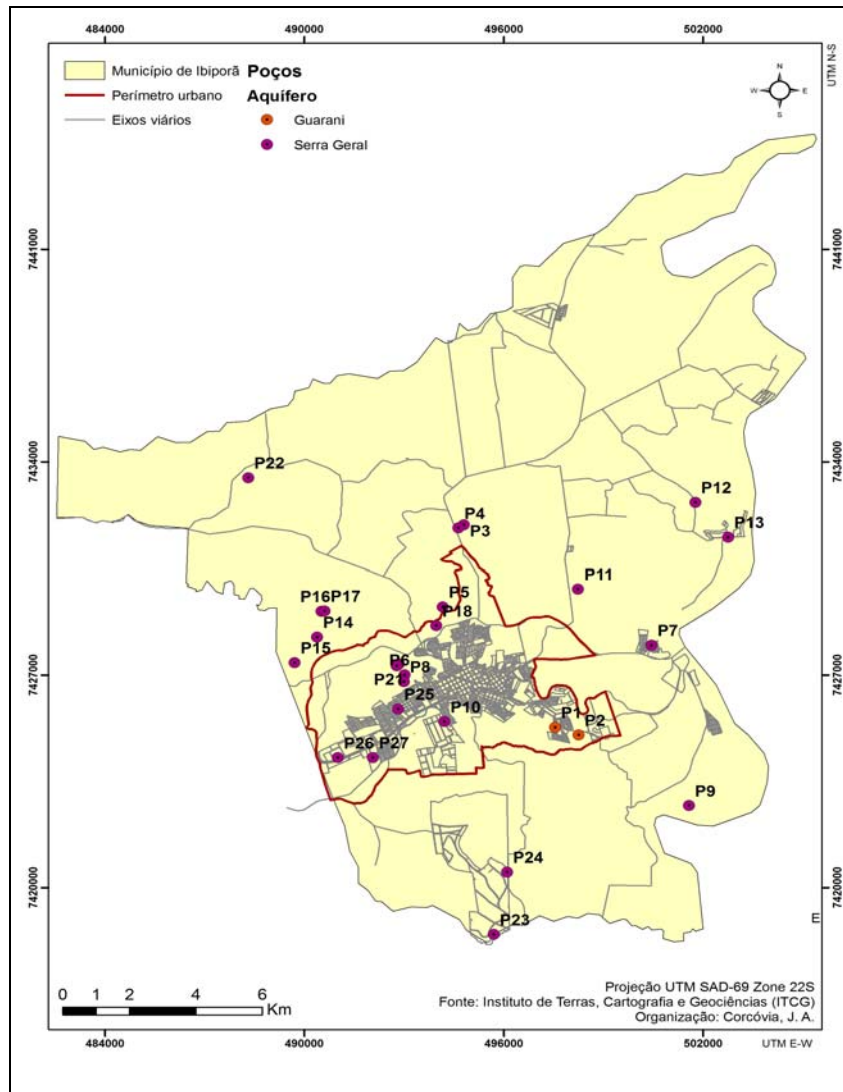
Das empresas citadas, somente a Yguatu não repassou as informações solicitadas, evidenciando esta falta de informação na produção dos mapas, sendo notória a ausência de dados na porção norte de cada mapa.

Os dados solicitados às empresas foram referentes à localização dos poços perfurados, data de perfuração e nome dos proprietários, vazão, profundidade, nível estático e nível dinâmico. Foram obtidos dados cadastrais sobre 40 poços na zona urbanizada e de expansão no município de Ibiporã, mas somente 27, foram devidamente localizados e verificados seus dados em campo, e esses dados foram plotados em mapa (figura 3).

Neste cadastramento, foram observados os dados dos poços referentes à profundidade total, a qual aquífero pertence, e identificado o proprietário; também, as características do aquífero (nível estático e dinâmico), e dados de produção (vazão).

As coordenadas da área foram obtidas através de trabalhos de campo, sendo que dos 27 poços analisados na pesquisa: 2 são de propriedade do SAMAE (Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto) e utilizados no abastecimento público e o restante, de particulares, sendo destinados ao uso industrial, doméstico e comercial.

**Figura 3** – Cadastramento dos poços do SAG e SASG na área de estudo.



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

### 3.2.2 Levantamento Bibliográfico

Numa primeira fase, realizou-se levantamento bibliográfico dos principais trabalhos científicos e dissertações relacionados à hidrologia básica e águas subterrâneas destacando os Aquíferos Guarani e Serra Geral. Num segundo momento, a pesquisa foi dirigida para gestão sustentável de recursos hídricos e análise das principais legislações vigentes no país sobre recursos hídricos para colaborar na composição de um plano de Gestão de recursos hídricos para o município estudado.

### 3.2.3 Planejamento das Amostras

Através de imagens de satélites Landsat 5 do município de Ibiporã e informações da localização de poços das empresas perfuradoras foi possível delimitar a área, sendo investigados um total de 27 poços: 2 são do Aquífero Guarani e 25 do Aquífero Serra Geral.

### 3.2.4 Trabalhos de Campo e Procedimentos

Os trabalhos de campo foram realizados em duas etapas distintas. A primeira ocorreu de 02 a 06 de agosto de 2011; os objetivos eram de obtenção de coordenadas geográficas da área de estudo e dos poços identificados anteriormente através das informações cadastradas pelas empresas perfuradoras. As coordenadas geográficas foram obtidas através de aparelho GPS de navegação marca: Garmin, GPSMAP 60CSX (sistema de posicionamento global). Também foram utilizadas imagens de satélites para a observação da paisagem, uso do solo, rede hidrográfica e urbanização, auxiliando em estudos posteriores e na confecção de mapas. Esses dados coletados possibilitaram o entendimento de como o uso do solo pode interferir na qualidade da água do município estudado.

As amostras foram coletadas em frascos de polietileno de 2 litros, enxaguadas pelo menos cinco vezes com a água do poço e mantidas em caixa de isopor com gelo até a chegada ao laboratório. As medidas de pH, temperatura da água, condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos, turbidez, ORP (Redução da oxidação Potencial) foram realizadas no local da coleta através do aparelho de aferição denominado Multi Water Quality Checker-Série U-50 (MANUAL HORIBA, 2011).

As amostras foram levadas à câmara fria do departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina, onde somente em novembro foram realizadas as análises. Esse longo período entre a coleta e a análise tornou necessário realizar uma nova coleta que ocorreu entre os dias 1 a 4 de março de 2012, para análises de carbonato, bicarbonato e sulfato, além desses elementos, também foram analisados cálcio, cloretos, flúor, nitratos e nitritos através do laboratório SEBRAQ (Serviço Brasileiro de Análises Ambientais e Químicas e Biológicas). Essas análises seguiram a metodologia 20<sup>th</sup> Stantart for Examination of Water and Wastewater.

### 3.3 METODOLOGIA ANALÍTICA

#### 3.3.1 Preparação das Amostras

Todos os métodos analíticos descritos na metodologia da pesquisa estão dispostos na tabela 1.

No laboratório de Geologia, no departamento de geociências da UEL, as amostras foram acidificadas com  $\text{HNO}_3$  1% e transportadas para o laboratório de Química da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Neste laboratório, as amostras inicialmente foram filtradas com o auxílio do vácuo ligado em um Kitassatu de 500ml, colocou-se uma membrana de celulose de 0,47 mm que foi presa por uma presilha com uma rolha e um filtro de vidro. Posteriormente, transferiu-se a amostra para um frasco de polietileno de 200 ml. Cada frasco foi identificado com o número do poço do qual foi extraída a amostra. Finalizada a preparação das amostras, as mesmas foram enviadas para a câmara fria da Química da UEL e posteriormente foram analisadas.

#### 3.3.2 Procedimentos de Análises

Para as leituras no aparelho de absorção atômica foi necessário calibrar o aparelho, utilizando padrões internacionais. Esta técnica de análise é usada para determinar qualitativamente e quantitativamente a presença de metais em uma solução qualquer (embora possam ser usadas amostras sólidas), usando como princípio a absorção de radiação ultravioleta por parte dos elétrons. Os elétrons ao sofrerem um salto quântico depois de devidamente excitados por uma fonte de energia, que pode ser a chama de um gás e um comburente. Como comburente pode ser usado o ar-acetileno ou o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Através desse procedimento analítico foram analisados quatro parâmetros: Ca, Fe, Mg, Mn, observados na tabela 1.

Através da fotometria de emissão de chamas, que foi realizado no laboratório de Química da UEL, foram verificados os elementos: Sódio ( $\text{Na}^+$ ) e Potássio ( $\text{K}^+$ ). As concentrações de Sódio e Potássio nas amostras foram calculadas através do gráfico de calibração. Essa técnica analítica está baseada em espectroscopia atômica sendo uma das técnicas mais antiga e simples. Nesse caso, a amostra contendo cátions metálicos é inserida em uma chama e é analisada pela quantidade de radiação emitida pelas espécies atômicas ou iônicas excitadas. Os elementos, ao receberem energia de uma chama, geram espécies

excitadas que, ao retornarem para o estado fundamental, liberam parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico.

Apesar da simplicidade da técnica, diversos conceitos importantes estão envolvidos no desenvolvimento de experimentos usando a fotometria de emissão de chama, desde os princípios de espectroscopia até a estatística no tratamento de dados, passando por preparo de amostra e eliminação de interferências.

Os dados analíticos da qualidade da água foram realizados em ICP – AES (Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo), no Laboratório Multiusuário da UEL. O ICP – AES é um equipamento que dispõe de um espectrômetro seqüencial ARL 3410. Esta técnica analítica é capaz de identificar e quantificar mais de quarenta elementos químicos em faixa de concentrações na ordem de partes por bilhão (ppb).

Para todas as leituras, foram realizadas calibrações no equipamento, utilizando-se padrões internacionais. Os parâmetros analisados no ICP-AES foram: Al, As, Ba, Cd, Cu, Pb, Ni, Se, Ti, Zn e estão dispostos na tabela 1.

**Tabela 1** – Método analítico empregado na pesquisa

PARÂMETRO	MÍNIMO DETECTADO (mg/L)	MÉTODO DE ANÁLISE
pH	-	Multiparâmetro
Condutividade Elétrica	-	Multiparâmetro
Turbidez	-	Multiparâmetro
Temperatura da água	-	Multiparâmetro
Oxigênio dissolvido	-	Multiparâmetro
Sólidos Totais Dissolvidos	-	Multiparâmetro
Alumínio	0,006	ICP-AES
Arsênio	-	ICP-AES
Bário	0,0002	ICP-AES
Bicarbonato	-	Titulometria (argentométrico)
Cádmio	0,001	ICP-AES
Cálcio	-	Absorção Atômica
Carbonato	-	Titulação com nitrato de prata
Cloreto	-	Titulometria (argentométrico)
Cobalto	0,002	ICP-AES
Cobre	0,001	ICP-AES
Chumbo	0,005	ICP-AES
Ferro	0,002	Absorção Atômica
Estrôncio	-	ICP-AES
Fluoreto	-	Turbidimetria
Magnésio	-	Absorção Atômica
Manganês	0,0002	Absorção Atômica
Níquel	0,003	ICP-AES
Nitrato	-	Espectrometria UV
Nítrito	-	Espectrometria UV
Potássio	1	Fotometria de emissão de chama
Selênio	-	ICP-AES
Sódio	1	Fotometria de emissão de chama

Sulfato	-	Turbidimetria
Titânio	-	ICP-AES
Zinco	0,0002	ICP-AES

**Fonte:** Manual Horiba (2009), Laboratório de Análises SEBRAQ(2011), Cetesb - Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água - vol. II- SP (2009); Org: CORCÓVIA, J. A. (2013)

#### 3.4 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

A base cartográfica do município de Ibiporã foi revisada no SIG Arc Gis, cedido pela prefeitura de Ibiporã, sendo uma base em formato DXF. Primeiramente, no ArcCatalog, houve a criação dos “SHAPEFILES” (é um formato popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vetor usado por Sistemas de Informações Geográficas também conhecidos como SIG) .transformando as planilhas do “EXCEL” com os dados de coordenadas em UTM (Projeção de Mercator) retiradas em campo dos poços cadastrados, depois baixaram-se arquivos em “SHAPEFILES”(banco de dados) do site do ITCG (bases cartográficas de uso do solo, relevo e hidrografia, divisão de municípios do Pr) para serem trabalhados no “ArcMap”.

Através do mapa do Paraná, foi realizado um recorte do município dentro do ArcMap, que foi utilizado posteriormente, como fonte de dados as imagens do Satélite LANDSAT 5. Este satélite contém as imagens da região, sendo as mesmas gratuitas e atualizadas. Essas imagens são disponibilizadas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, do Ministério da Ciência e Tecnologia. Depois de gerados os mapas, os mesmos foram exportados com a extensão “JPEG”.

Com a base confeccionada, a mesma pode ser utilizada na elaboração de mapas hidroquímicos. Assim, as imagens e os dados forma tratados no programa “SURFER 8.0” que possui um sistema de estatístico denominado “Krigagem Ordinária” facilitando a interpolação dos dados obtidos em campo.

#### 3.5 ANÁLISE DE DADOS GEOQUÍMICOS

Após a obtenção das leituras de todos os parâmetros, foi elaborada uma tabela e esta, inserida no programa “SURFER”, onde foi possível expressar os resultados obtidos de forma clara e objetiva. Os parâmetros analisados foram os físicos e químicos. A avaliação dos resultados das análises baseou-se em parâmetros determinados pela legislação ambiental e sanitária em vigor: a Resolução CONAMA 396/2008 (Brasil, 2008), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e

pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011) que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade.

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DO SAG E SASG

Os dados de análises de água obtidos através de trabalho de campo e dados pré-existent das empresas perfuradoras de poços foram analisados a partir de um conjunto de dados referentes à área de estudo que engloba os Aquíferos Guarani e Serra Geral.

Geraram-se os dados em diagramas de Piper (DREVER, 1997), buscando-se separar os politipos das águas, verificando qual a tendência de cada zona. Para isso empregou-se o uso do Programa Aquachem Waterloo hydrogeologic's.

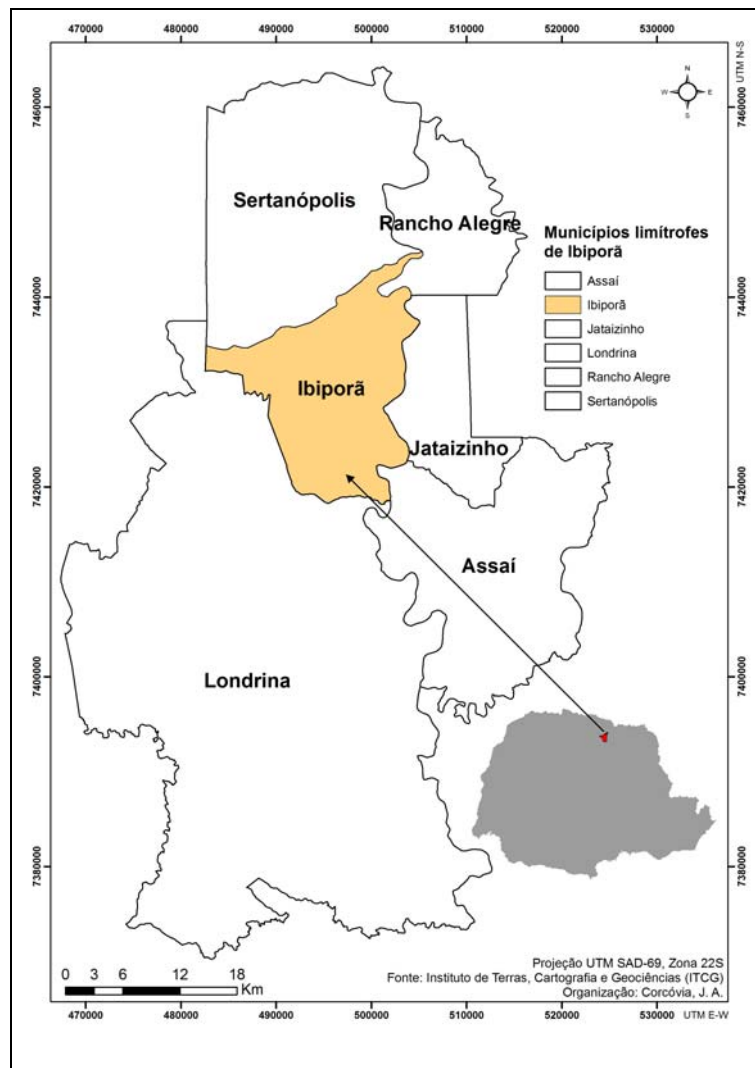
O diagrama de Piper é utilizado para classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos cátions e ânions dominantes. Os diagramas de Piper, também chamados de diagramas trilineares (PIPER, 1944), são extraídos plotando-se as proporções dos cátions principais ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) e dos ânions principais ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ) em dois diagramas triangulares respectivos, e combinando as informações dos dois triângulos em um losango situado entre os mesmos.

As proporções são traçadas nos gráficos triangulares e suas escalas, para a proporção das variáveis, e correspondem a 100 por cento. Os gráficos mostram, assim, as proporções relativas dos íons principais, mas não suas concentrações absolutas.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE IBIPORÃ.

O município de Ibiporã encontra-se a 400 km da capital do estado, a 500 km da cidade de São Paulo e a 14 km da cidade de Londrina (figura 4). As coordenadas geográficas apontam a localização de Ibiporã à 23°17' de Latitude Sul e 51°03' de Longitude Oeste. Possui uma área de 302 km<sup>2</sup> com uma população total de 48.200 habitantes (IBGE, 2010) e Taxa de Crescimento de 2,11% ao ano. A localização fisiográfica de Ibiporã está na microrregião de Londrina, parte integrada da mesma região geográfica do Norte Paranaense.

**Figura 4** – Localização da área do município de Ibiporã – PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

#### 4.1 GEOMORFOLOGIA

A topografia do Estado pode ser delineadas cinco grandes paisagens naturais: o litoral, a Serra do Mar, o primeiro planalto ou de Curitiba, o segundo planalto ou de Ponta Grossa, o terceiro planalto ou de Guarapuava (NOGUEIRA e BRITO, 2010, p.284).

Este município se apresenta em grande plano inclinado para oeste, limitado a leste pela Serra do Cadeado, onde atinge 1.100 a 1.500 metros, a oeste, está limitado a 200 metros nas bordas do vale do Rio Paraná. Os platôs ou mesetas dos divisores de água apresentam no terceiro planalto as linhas orográficas principais, que acompanham as fendas estruturais das rochas eruptivas (MAACK, 1968, p. 320).

As formas superficiais do município se assemelham e acompanham o contexto geomorfológico da região contida entre os seguintes delimitadores hidrográficos: a leste pelo rio das Cinzas, a oeste pelo rio Tibagi, a norte pelo rio Paranapanema e ao sul pelo rio Ivaí (Serra da Esperança).

Destacam-se, dentre as paisagens típicas, as mesetas estruturais, dando origem a uma topografia de aspecto tabuliforme entremeada, em diversas áreas, pelas formas onduladas, como colinas e platôs, com chapadas de encostas suavizadas (NOGUEIRA e BRITO, 2010, p. 284).

#### 4.2 GEOLOGIA

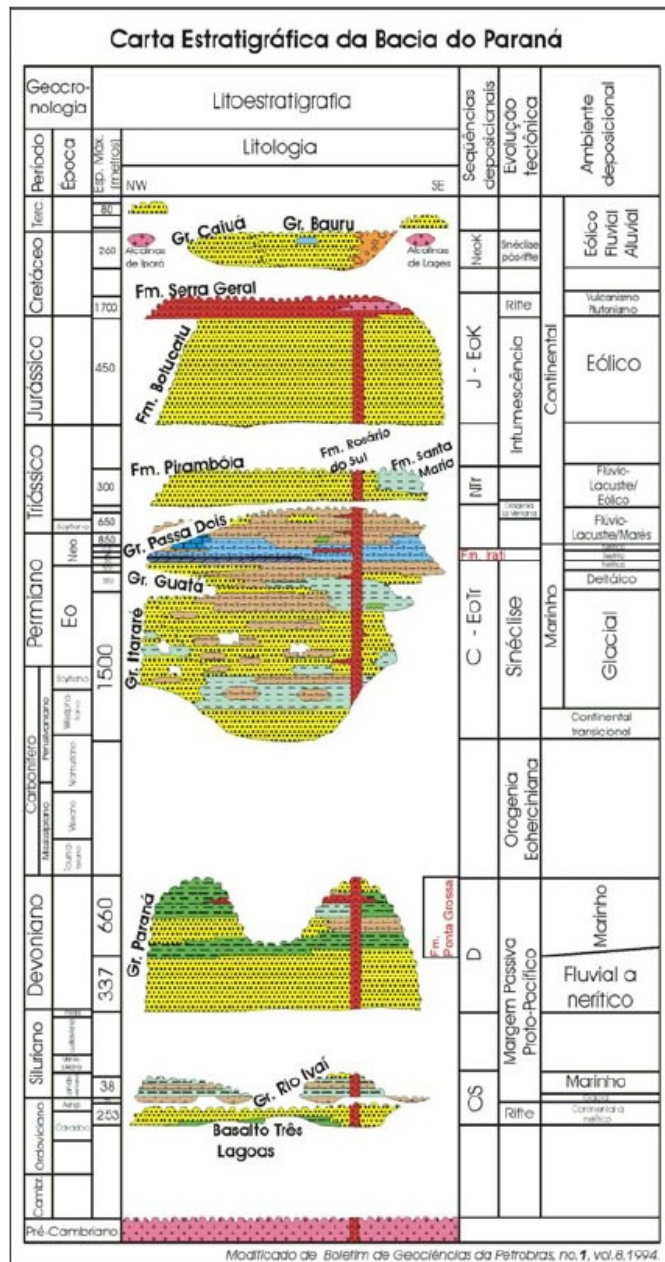
O Estado do Paraná está inserido em duas grandes unidades geotectônicas: o Escudo Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná (HASUI e MIOTO, 1992). Na primeira unidade afloram rochas do proterozoico, constituídas principalmente por granitos, migmatitos e metassedimentares diversos. Na porção oeste, encontram-se as rochas sedimentares e vulcânicas básicas da Bacia Sedimentar do Paraná, que mergulham suavemente em direção oeste.

O relevo e as macros estruturas geológicas paranaenses se enquadram da seguinte maneira: Partindo de uma compartimentação geomorfológica, temos cinco grandes compartimentos (indo de Leste a Oeste): Planície Litorânea, Serra do Mar, Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto. Alguns autores colocam que a Serra do Mar seria o limite entre o 1º Planalto com a Planície Litorânea.

Os planaltos paranaenses formam extensas superfícies com inclinação para oeste em consequência do mergulho das camadas da Bacia Sedimentar do Paraná de acordo com MAACK (1968).

A área de estudo encontra-se no Terceiro Planalto Paranaense, estando na unidade geomorfológica que delimita a formação mesozoica da Bacia Sedimentar do Paraná. Ibiporã encontra-se sobre basaltos da Formação Serra Geral, atravessando arenitos das formações Botucatu e Piramboia (Figura 5), de idade mesozoica. Embora não aflore na área, essas duas formações estão presentes nos poços cadastrados no município de Ibiporã.

**Figura 5 - Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná.**



Fonte: Modificado de Milani e al., 1994.

## **Formação Pirambóia**

A formação Piramboia (Figura 5) é constituída principalmente de arenitos esbranquiçados a rosados, finos a médios, alternando lentes argilosas. Caetano-Chang e Wu (2003, p. 35) citam que os sedimentos foram depositados principalmente por agentes eólicos alternando fácies fluviais subordinadas. A base da Formação Pirambóia é constituída de depósitos de dunas úmidas; enquanto no topo vão se encontrando estruturas na forma de "ergs" dominantes, depositados em áreas mais secas. Brito e Bertini (1981, p. 144) destacam que esta formação tem grande ocorrência no centro-leste de São Paulo. No Estado do Paraná, a Formação Piramboia ocorre ao longo de toda a Serra Geral podendo aflorar junto à base das escarpas e sotoposta à Formação Botucatu, onde forma pequenas grutas devido à erosão diferencial. Os arenitos da Formação Pirambóia apresentam-se intercalando pelitos e arenitos finos (figura 5).

Não há consenso sobre a base da sequência Juro-EoCretácea. Milani et al (2007) colocam como base a Formação Botucatu, alocando a Formação Piramboia no final da Era Mesozoica, como parte do Grupo Passa Dois. Zalán et al (1990) e Silva et al (2008) classificam as rochas da formação Piramboia como parte de uma deposição triássica, junto com a formação Santa Maria, chamando-as de Grupo Rosário do Sul. Maack (1970) destaca a Formação Botucatu na base como tendo um fácies fluvial, ao qual ele denomina de Formação Piramboia.

## **Formação Botucatu**

Trata-se de um arenito de granulação média, bem selecionado apresentando estratificação cruzada. A cimentação dos grãos normalmente é férrica, resultando num arenito duro, pouco friável e bem "cozido", com uma grande resistência à erosão. A recorrência entre os derrames e sedimentação leva a uma recorrência em que se alternam camadas areníticas e basálticas até a predominância da camada superior.

Segundo Soares e Assine (1992 apud PORTELA FILHO et ali, 2002 p. 370):

*A fácies inferior da rocha é constituída de rochas depositadas em ambientes eólicos. O membro basal é representado por arenitos, mal selecionado e conglomerático, composto de areia grossa e seixos, depositados numa fase de fluxo torrencial em climas secos. O membro superior é constituído por arenitos essencialmente quartzosos, com cimento de calcedônia microcristalina. Apresenta uma melhor seleção dos sedimentos em relação ao membro inferior, demonstrando origem eólica.*

## **Formação Serra Geral**

A Formação Serra Geral é representada por um espesso pacote de lavas basálticas continentais, com variações químicas e texturais importantes, resultantes de um dos mais volumosos processos vulcânicos dos continentes, de idade jurássico-cretácea. É representada por uma sequência vulcânica constituída predominantemente por derrames de basaltos de natureza toleítica (LENZ et al., 1966).

Esta unidade cobre mais de 1,2 milhão de km<sup>2</sup>, correspondentes a 75% da extensão da Bacia do Paraná. Com espessura de 350 m nas bordas a mais de 1.000 m no centro da bacia, o volume atual é estimado em torno de 790.000 km<sup>3</sup> (WHITE, 1988).

A constituição geológica do município de Ibiporã, observada na figura 6, é bastante homogênea, representada pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral. A origem do basalto é a lava vulcânica que extravasou para a superfície através de grandes fissuras. A zona principal de efusão das lavas situa-se ao longo do Arco de Ponta Grossa, identificado no Mapa Geológico do Estado pelo enxame de diques (veios verticais) de direção geral N 45° W (MELFI et al., 1988).

A área de afloramento da Formação Serra Geral corresponde atualmente ao que restou da erosão sofrida a partir do período Cretáceo, há mais ou menos 65 milhões de anos. Cada derrame de lava, pode atingir espessura de 30 a 40 metros e compõe-se de três zonas principais: base, zona central e topo. A base constitui a zona vítrea e vesicular, que se altera facilmente (LEINZ, 1963).

A parte central é a mais espessa e formada por basalto maciço, porém recortado por numerosas juntas (ou fraturas) verticais a horizontais. O topo de um derrame típico apresenta os denominados *olhos de sapo*, pois ao se resfriarem, os gases tendem a ir para a superfície, formando, nas porções superiores dos derrames, bolhas, que são posteriormente preenchidas (amígdalas) ou permanecem vazias (vesículas). Este tipo de rocha contém muitas vezes, linhas de fraqueza verticais, que resultam em formas colunares poliédricas, nas estruturas amígdoloidais. Ao se alterarem e formarem solo, produzem blocos

arredondados de rocha alterada, que se escamam como *cascas de cebola*. Estas feições são comuns nas encostas do município (MELFI et al., 1988). Muitas vezes a erosão e decomposição seletivas fazem ressaltar na topografia as unidades de derrames, formando verdadeiras escarpas com declividades acima de 20%, delimitadas por quebras de relevo positivas e negativas, aproximadamente coincidentes com os contatos entre os derrames.

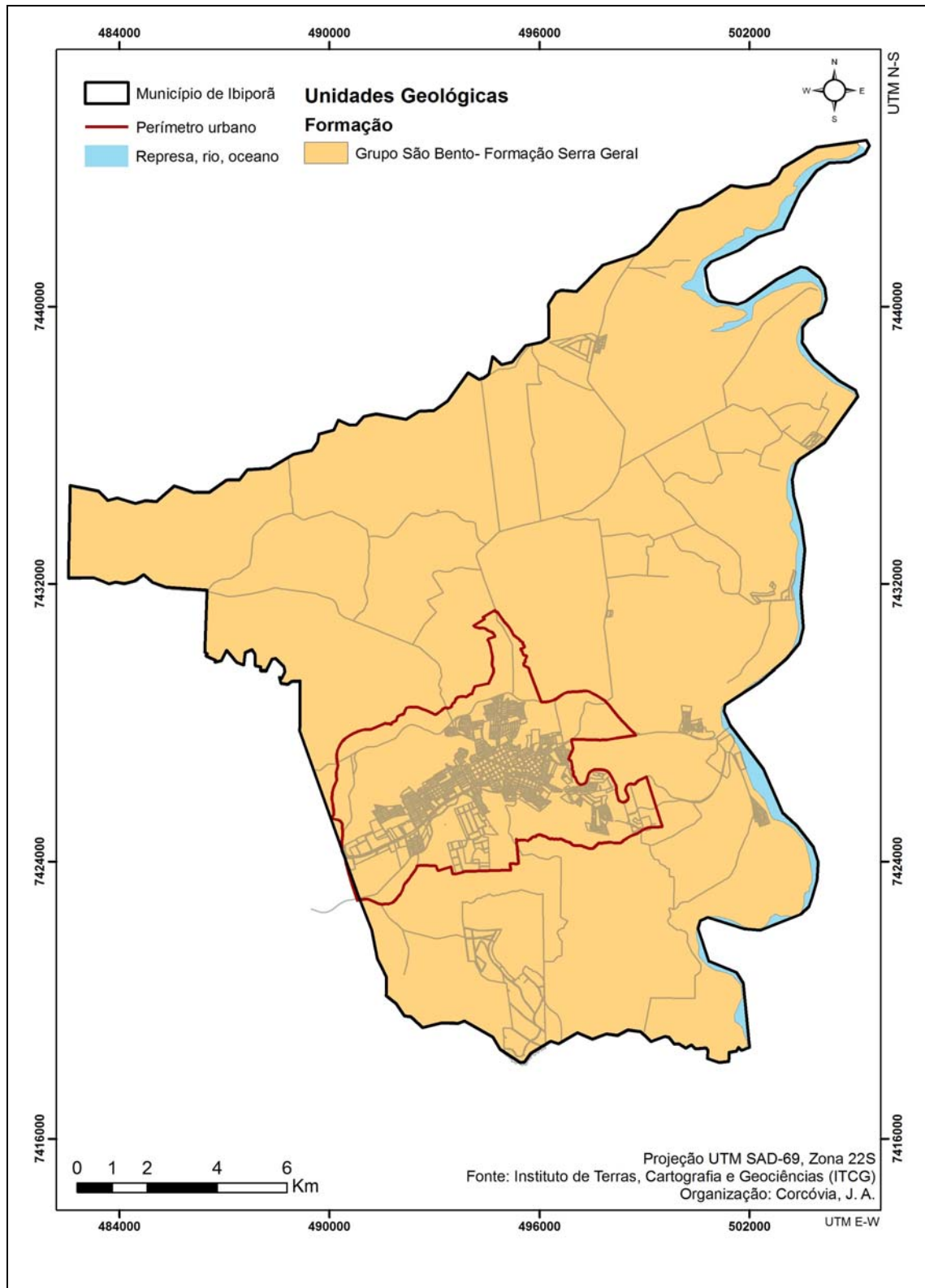
O padrão de fraturamento, descrito por Celligoi (1993, p.21) revela que em geral, é bastante acentuado, sendo que a maioria dos planos de fratura é relativamente extensa, ocupando em sua grande parte toda a altura dos afloramentos, apresentando uma boa regularidade da superfície e persistência nas suas orientações.

Ainda de acordo com Celligoi (1993, p.22), o processamento dos planos de fratura revelou 4 famílias de juntas, todas subverticais, com altitudes predominantes: N\_S, N45°W, N50°E e N83°E. As três últimas coincidem com os padrões descritos por ZALÁN et al. (1987).

Os padrões de fraturamento, juntamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames (LEINZ, 1963), pode funcionar como canais alimentadores de aquíferos subterrâneos, necessitando medidas de monitoramento da descarga de efluentes químicos e industriais para evitar a contaminação de águas subterrâneas.

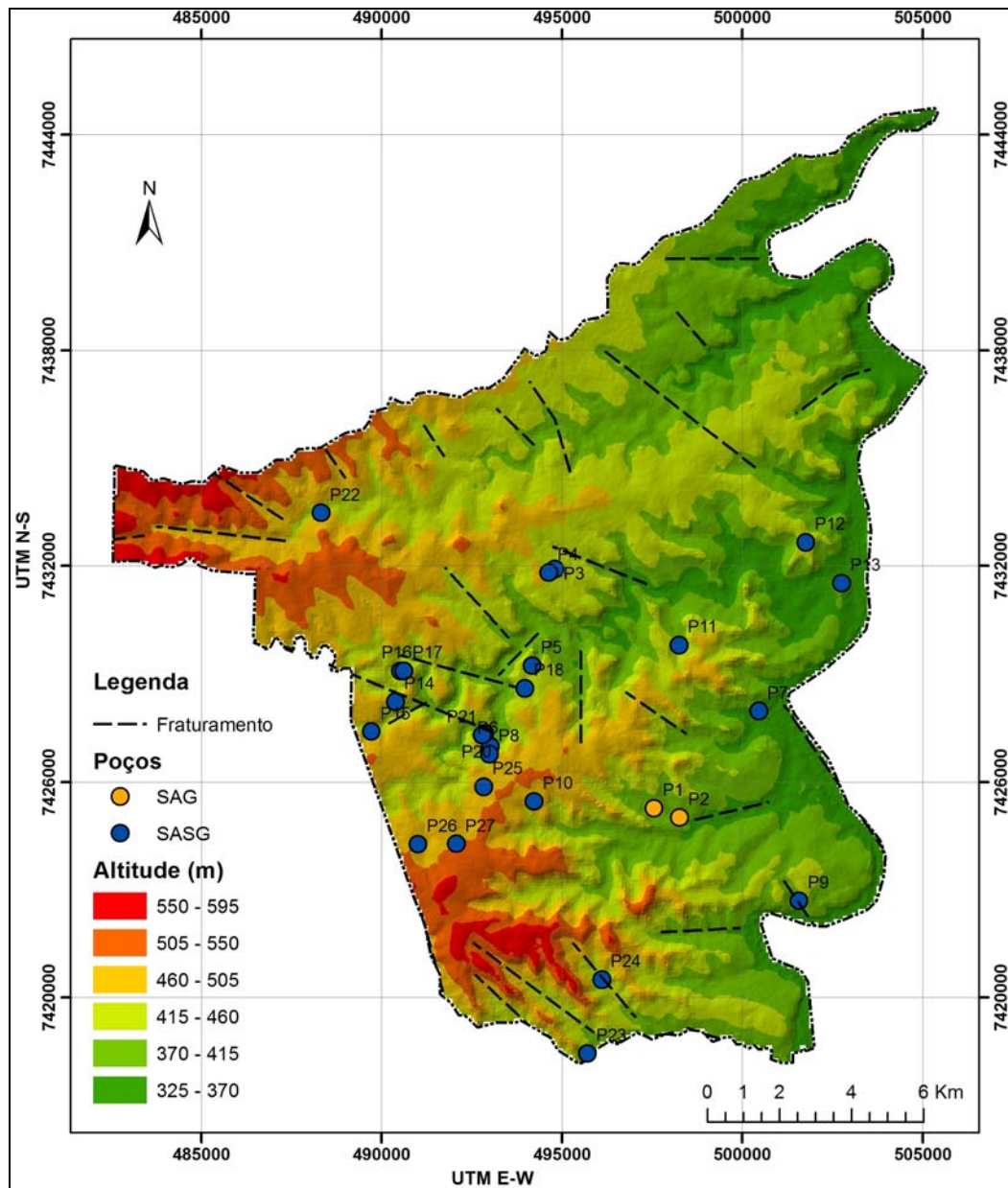
Na área de estudo, podemos observar um padrão de fraturamento através da figura 7.

**Figura 6** – Unidades geológicas dentro do município de Ibiporã-PR.



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

**Figura 7** – Fraturas no município de Ibiporã – PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

### 4.3 SOLOS

O sistema de identificação, classificação e mapeamento dos solos do Brasil iniciou-se na década de cinquenta, culminando com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). Este sistema é dividido em 13 ordens, sendo que algumas não são comuns no Paraná. No quadro 4 são relacionadas as ordens de maior ocorrência no Estado e, de forma resumida, são dados os conceitos, além de algumas

informações sobre as qualidades e limitações ao uso agrícola e os significados do ponto de vista ambiental e urbano.

**Quadro 4** – Principais classes de solos encontradas no Paraná.

<b>Classe (ordem)</b>	<b>Termos de conotação ou memorização</b>
Neossolos	Solos jovens em início de formação (sem horizonte B). Nome derivado do grego neos (novo)
Cambissolos	Solos com horizonte B incipiente e em estágio inicial de formação
Argissolos	Solos com acumulação de argila no horizonte B
Nitossolos	Solos com agregados do horizonte B com superfícies brilhantes. Nome derivado do latim nitidus (brilhante)
Latossolos	Solos velhos e profundos
Espodossolos	Solos muito arenosos com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e alumínio no horizonte B
Gleissolos	Solos com cores acinzentadas. Nome derivado do russo gley (massa pastosa)
Organossolos	Solos com altos teores de matéria orgânica.

**Fonte:** Embrapa, 2006.

Ibiporã apresenta relevo predominantemente Suave Ondulado. Sua maior altitude encontra-se no Pico do Guarani com 486 metros. O Relevo da sede do município é também ondulado com declividades acentuadas próximas às nascentes de córregos, chegando às vezes a declividades superiores a 20% (MINEROPAR, 2003).

Geologicamente, a Região Norte do Estado se caracteriza pela ausência de rochas intermediárias e predomínio de derrames básicos (PINESE, 1989).

A gênese desses derrames está associada a Formação Serra Geral que ocorre na forma de diques devido à ascensão de material vulcânico por fissuras e falhas resultantes do evento conhecido como o arqueamento de Ponta Grossa (PINESE, 2002).

De acordo com Bering e Santos (2008) a região em questão apresenta solos de media e/ou alta fertilidade, tais como o Latossolos, Neossolos, e Nitossolos.

**LATOSSOLOS** - são solos profundos, bastante intemperizados (velhos e alterados em relação à rocha) e geralmente de baixa fertilidade. Ocupam, normalmente, os topos de paisagens, em relevos mais planos. De maneira geral, são muito porosos, permeáveis, com boa drenagem (não tem excesso de água) e são muito profundos (mais de 2 metros de espessura). É a principal classe de solo encontrada no Paraná, sendo distribuído em 31% do território estadual. A Planície Litorânea e as áreas mais declivosas do estado apresentam a menor ocorrência dessa classe de solo.

Para a agricultura, suas características, tais como boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural. Embora geralmente sejam de baixa fertilidade, as práticas de adubação e correção do solo, realizadas pelos produtores rurais, os tornam muito produtivos.

**NEOSSOLOS** - são solos rasos em estágio inicial de evolução, apresentando mais comumente apenas horizonte A sobre o horizonte C ou sobre a rocha de origem (camada R).

São predominantes em 22% do território paranaense, ocorrendo em todas as regiões, porém com pouca incidência na região noroeste.

Na agricultura, possui como principais obstáculos ao uso: o relevo declivoso, pouca espessura e presença de pedras. Podem ser de baixa ou alta fertilidade e, quando ricos quimicamente, são muito utilizados para a agricultura, principalmente por agricultores familiares que possuem pequena área. Quando possuem baixa fertilidade e relevos inclinados, os solos devem ser reservados para preservação da flora e fauna.

**NITOSSOLOS** - São solos caracterizados pela presença de um horizonte B cujos agregados apresentam em sua superfície brilho característico (reluzente). Esse brilho pode ser causado pela presença de argila vinda dos horizontes superficiais do solo em suspensão na água, ou de superfícies alisadas formadas por expansão e contração das argilas do solo.

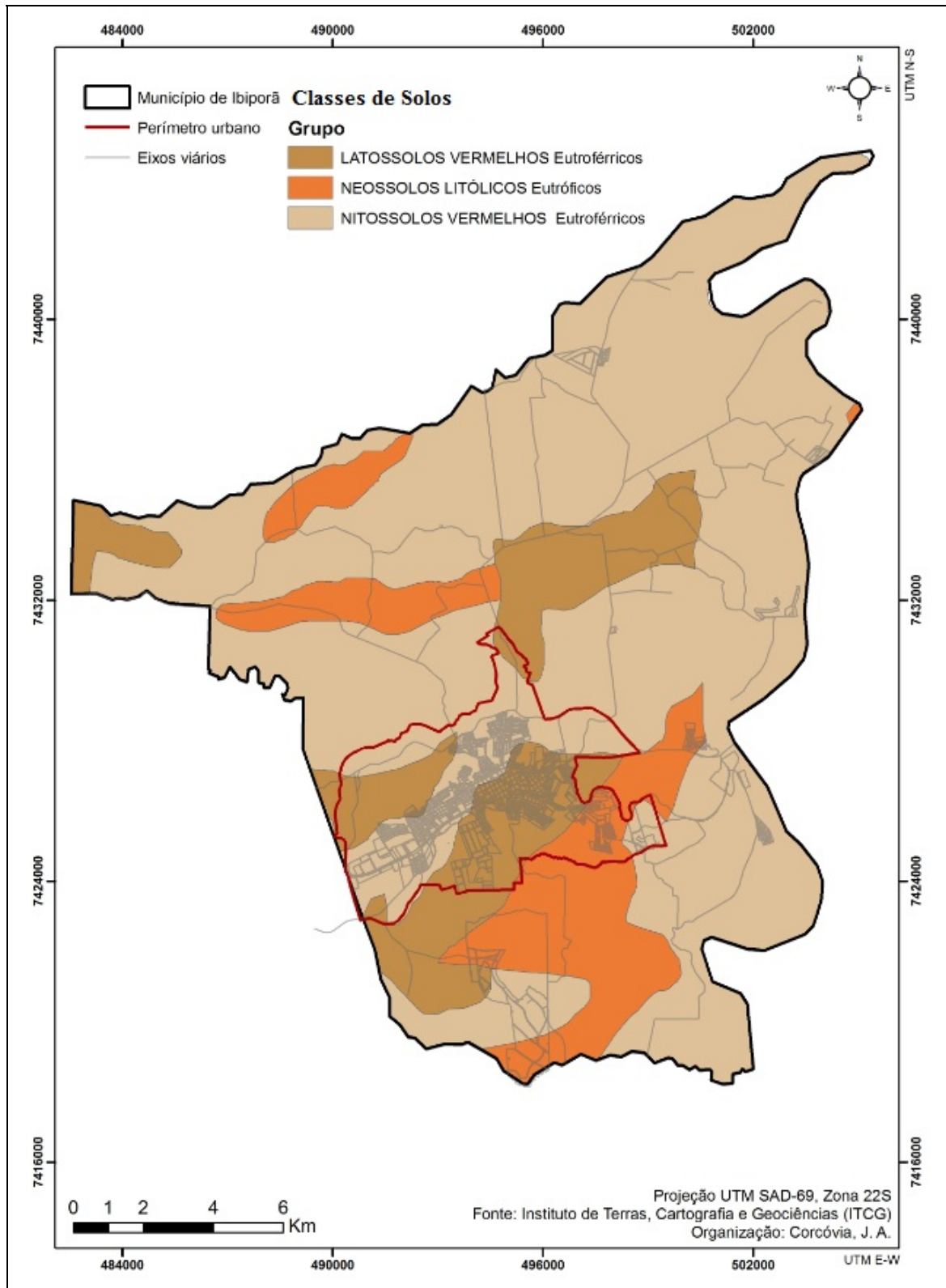
São predominantes em 15% do território paranaense, principalmente nas regiões de rochas basálticas (norte, oeste e sudoeste do estado) e em relevos moderadamente declivosos.

Para a agricultura são, em sua maioria, de boa fertilidade, embora possam ocorrer em relevos mais acidentados que prejudicam a mecanização dos solos ou aumentam o risco de erosão.

Especificamente, a combinação da geologia bastante homogênea, restrita ao basalto e suas variedades, com o clima mesotérmico, brando e úmido, sem estação seca, é responsável pela presença de um perfil de intemperismo pouco variado em todo o município de Ibiporã (figura 8).

Predominam neste perfil os *nitossolos vermelhos eutroféricos*, principalmente nas partes altas e aplainadas do relevo. Nas encostas com declividade acentuada estes solos assumem a variedade identificada como *latossolos vermelhos eutroféricos*. Nos terrenos íngremes e nas escarpas subverticais, são abundantes os afloramentos de rocha com uma delgada cobertura de *neossolos litólicos eutróficos*.

**Figura 8** – Caracterização das classes de solo do município de Ibiporã.



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

#### 4.4 HIDROGRAFIA

O contexto geológico e geomorfológico do Estado foram condicionantes que determinam os padrões dos rios paranaenses, predominantemente de planaltos, com grande potencial hidráulico, chegando em alguns casos com declividade amplitudinal entre 700 a 900 metros, apresentando dessa maneira uma reduzida capacidade de navegação (NOGUEIRA e BRITO, 2010, p. 285).

As bacias hidrográficas mais importantes do Estado, segundo seu potencial hidráulico, são aquelas que correspondem aos rios: Iguaçu, Tibagi, Ivaí e Piquiri.

Para o município de Ibiporã, o rio Jacutinga é o mais importante, sendo um dos afluentes mais importantes do rio Tibagi.

De acordo com Ipardes (2005), o Rio Tibagi nasce nos Campos Gerais, no segundo Planalto e é o principal afluente do Rio Paranapanema. Percorre aproximadamente 550 km. Os rios que drenam o município são: Tibagi, Ribeirão Engenho de Ferro e Ribeirão Jacutinga (Figura 9).

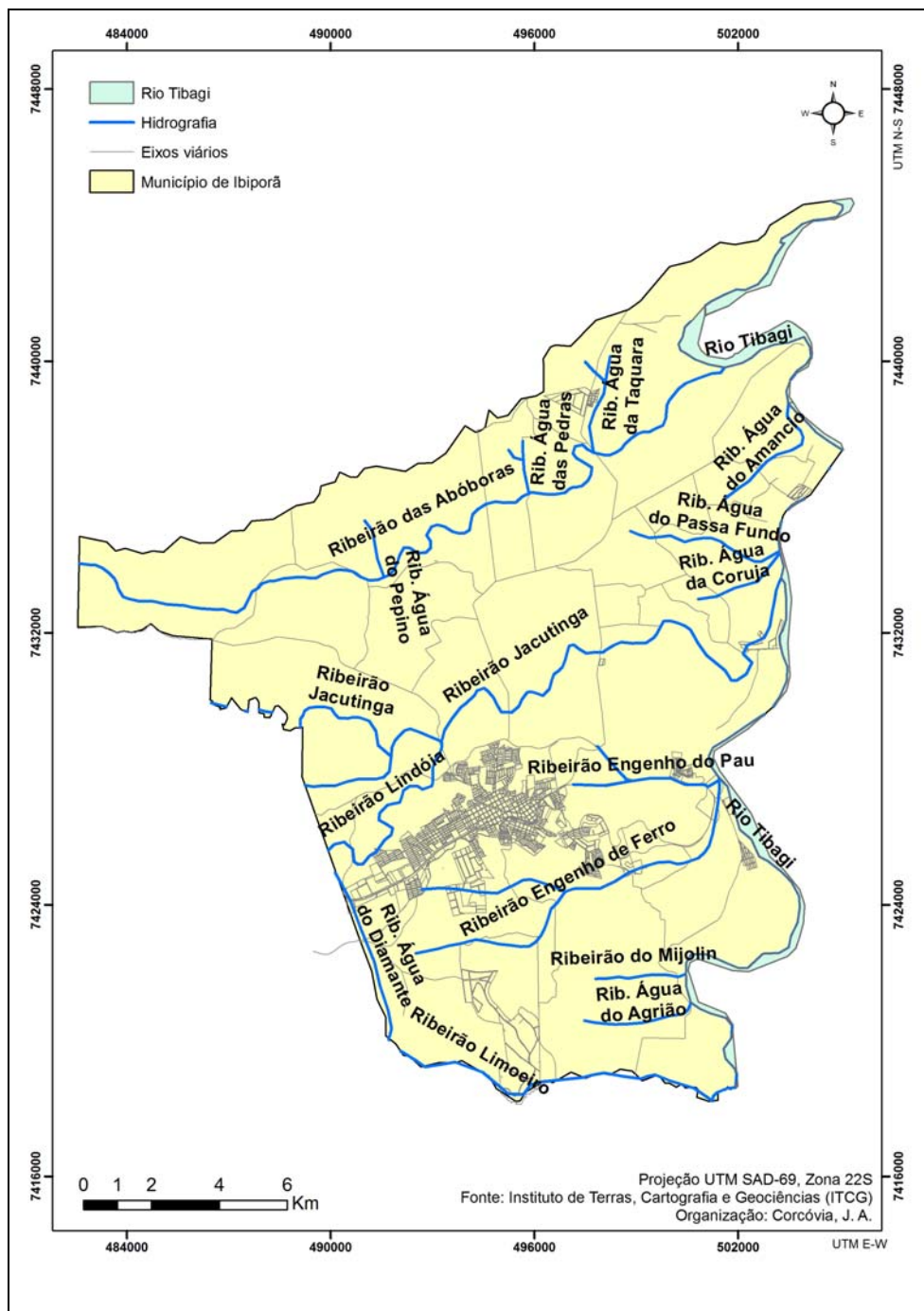
Embora se tratem de rios de dimensões relativamente grandes, localmente eles não são muito aproveitados. O município utiliza para abastecimento público a água do Ribeirão Jacutinga e a água subterrânea do Aquífero Guarani. Na zona rural mais especificamente, além deste tipo de abastecimento, os munícipes fazem uso de poços do aquífero Serra Geral.

De toda a água acumulada, apenas uma parte pode ser explorada sob condições naturais. Segundo Rocha (1991), as águas do Aquífero Guarani, em geral, apresentam boa qualidade para o abastecimento público e outros usos. Encontra-se confinada. Seus poços podem chegar a 1.500 metros de profundidade e produzir vazões superiores a 700 m<sup>3</sup>/h. Em Ibiporã, as águas do Aquífero Guarani estão sendo utilizadas no abastecimento público através de dois poços tubulares. Um poço possui vazão de 311,16 m<sup>3</sup>/h e profundidade final de 428 metros; o outro, vazão de 730 m<sup>3</sup>/h e profundidade final de 385 metros. O Sistema Aquífero Guarani é uma das mais importantes reservas de água subterrânea em território brasileiro, sendo por isso recurso estratégico para demandas futuras de água (CETESB, 2001).

Apesar de apresentar unidade geológica, estruturalmente o SAG é todo compartimento constituindo subsistemas aquíferos com distinção hidrodinâmica e química. (OLIVEIRA e VIEIRA, 2010 p. 174).

Ressalta-se que mesmo encontrando-se mais protegidas que as águas superficiais devido estarem localizadas nas rochas, sob o solo e o manto de alteração, não estão imunes aos contaminantes externos, por isso, a sua qualidade deve ser motivo de preocupação.

**Figura 9** – Hidrografia do município de Ibiporã.



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

#### 4.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

A região do município de Ibiporã encontra-se no segmento CFa - Clima Subtropical Úmido Mesotérmico, úmido com verões quentes, com geadas severas pouco frequentes, tendência de período chuvoso no verão, sem estação seca bem definida.

Essa classificação foi proposta por Wladimir Kopen em 1923, usualmente utilizada na avaliação de climas. Este modelo está embasado em uma atenção maior nos aspectos de ‘temperatura’, à precipitação pluvial e às características sazonais (AYOADE, 1998, P.232). Tal especificação climática advém da concepção de estabilidade dos climas pluviais temperados nas áreas onde há influência de chuvas em todos os meses do ano, porém apresentando temperaturas superiores a 22° C durante os meses do verão.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2002, p. 63), a manifestação dessas condições climáticas encontra-se ligada diretamente à dinâmica atmosférica da área, que se apresenta como resultado do jogo interativo entre sistemas atmosféricos intertropicais (massas de ar Equatorial Continental, Tropical Atlântica e Tropical Continental).

Dados climáticos na perspectiva a seguir são oriundos do banco de dados do IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná, referentes ao período de janeiro/1973 a dezembro/2007, cujo resumo climatológico mensal foi obtido pela Estação pluviométrica de Ibiporã, identificada como Estação Raul Juliatto.

#### 4.6 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

Os índices de precipitação avaliados no período compreendido entre 1973 e 2007 apontam para uma maior intensidade de chuvas nos meses de janeiro e sequencialmente dezembro. A maior precipitação mensal ocorre estatisticamente em janeiro, tendo apresentado índices pluviométricos de até 210,8 mm, e os menores índices mensais aconteceram nos meses de agosto, com média de 47,9 mm e julho, com 53,9 mm. A média anual do período estudado foi de 1.582,5 mm.

Embora esteja entre os meses de menor precipitação, o mês de junho estabeleceu o maior volume de chuvas durante um período de 24 horas, tendo atingido 114,8 mm em 1997. Em se tratando de análise de precipitação máxima, a pluviosidade em 24 horas, através da estatística temporal pode identificar que se trata de um evento atípico que pode ter sido provocado por uma frente fria.

De acordo com França (2002, p.56), os anos de 1973, 1976, 1982 e 1990 foram significativos sob o aspecto de cheias, com intensidade alarmante no mês de maio de 1983. A coincidência entre inundação e período de precipitação se deu sobremaneira no verão de 1989/1990, não tendo sido estabelecido ligações com os picos estatísticos de precipitação da região de influência direta.

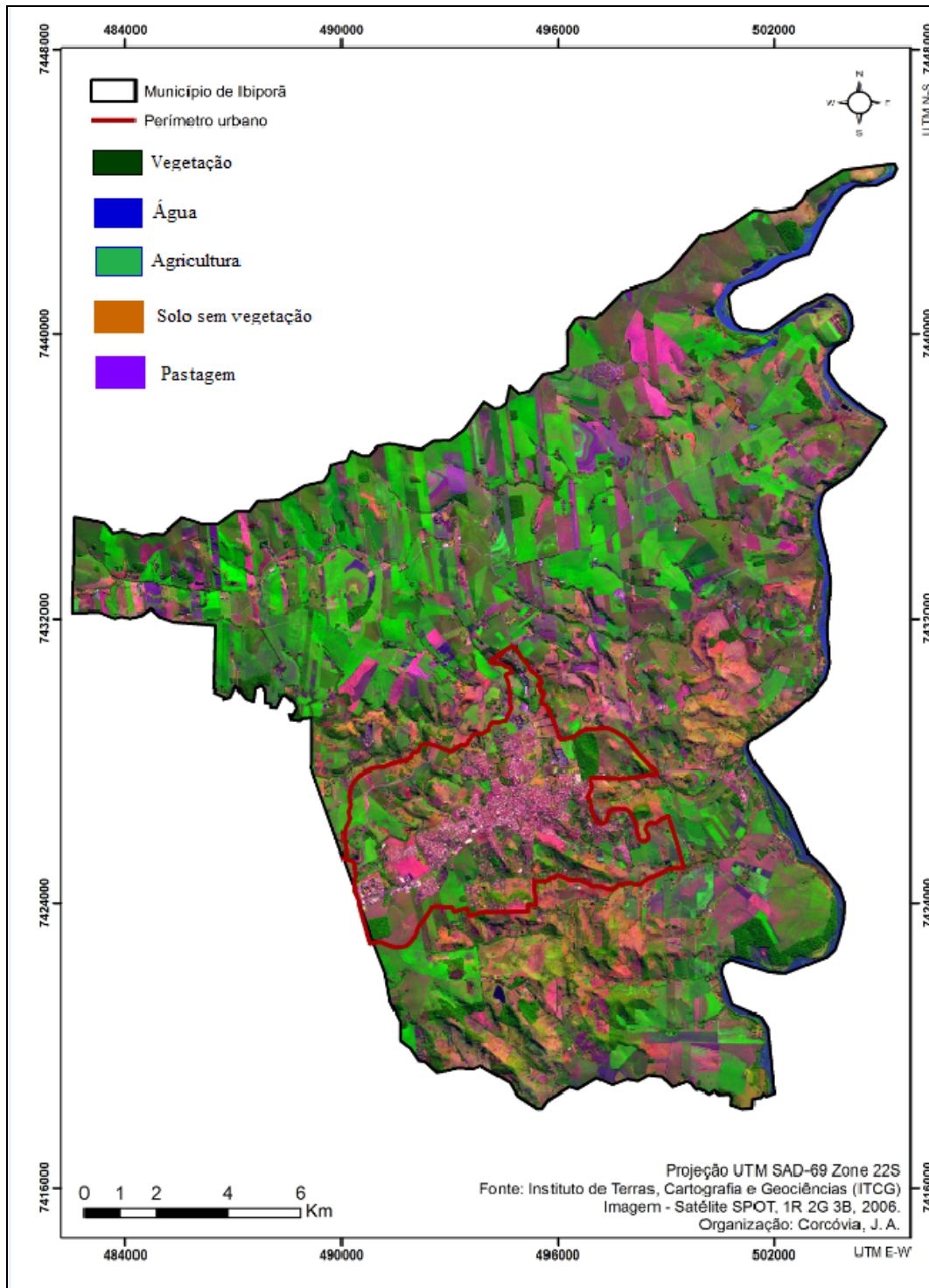
#### 4.7 USO DO SOLO

Do total de 298,870 km<sup>2</sup> de extensão do município (ITCG, 2012), cerca de 72,33% deste total, é utilizado para fins agrícolas, destacado na figura (10) seguido por pastagem com 14,47%, remanescentes florestais com 9,30%. A área urbana ocupa aproximadamente 6% do total da área e lagos e rios apenas 0,25%, sendo melhor visualizado o Rio Tibagi por sua extensão no município. O alto índice de remanescentes florestais e cobertura vegetal em relação aos municípios vizinhos encontrado no município, remetem diretamente a qualidade de vida tanto na área rural como para a população da área urbana.

Segundo Troppmair & Galina (2003), a Organização das Nações Unidas sugere 12m<sup>2</sup> de área verde por habitante para que haja equilíbrio entre a quantidade de oxigênio e gás carbônico. Constatou-se que dos 38,42 km<sup>2</sup> da sede urbana de Ibiporã, os remanescentes florestais e a cobertura vegetal estão presentes em 4,19 km<sup>2</sup>, equivalendo a 89,23 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, bastante acima dos 12% do padrão proposto.

A agricultura é um ponto conflitante do uso do solo, pois o seu predomínio é visível entre os outros tipos de uso, como demonstra a figura 10. O solo sem vegetação abrange cerca de 6% da área do município. Observa-se que muitas vezes esses solos nus encontram-se próximos às margens de rios e lagos, como foi observado através de trabalhos de campo.

**Figura 10 - Uso do solo do município de Ibiporã**



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

#### 4.8 VEGETAÇÃO

O processo de uso e ocupação do solo no território brasileiro sempre foi feito de forma desordenada, devastando e poluindo grandes áreas. Neste contexto, o Estado do Paraná não foge à regra e atualmente sua cobertura florestal está reduzida a aproximadamente 18% (SANQUETTA, 2003).

Os resultados desse processo de degradação constante são a extinção de várias espécies da fauna e flora, e o comprometimento de ecossistemas inteiros. O que resta são apenas fragmentos de vegetação (ANJOS et. al., 1998).

Na região do município de Ibiporã, a vegetação originalmente dominante era a floresta estacional semidecidual (floresta tropical) da qual hoje encontramos apenas pequenos fragmentos, que podem ser observados na figura 10. Dentro do município há uma área de preservação permanente na região que é o Horto Municipal de Ibiporã, que está localizado a 20 km a nordeste da cidade de Londrina. O Horto de Ibiporã, com 60 ha, está totalmente isolado, sendo que o fragmento florestal mais próximo, de reduzido tamanho, está a pelo menos 10 km de distância (ANJOS et. al., 1998).

De acordo com Anjos et. al. (1998), essa cobertura florestal possui as seguintes espécies arbóreas dominantes: *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae), que atinge 35 metros de altura, *Euterpe edulis* (Areceae), *Galesia intergrifolia* (Phytolacaceae) e *Ficus glabra* (Moraceae).

#### 4.9 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A população do município é de 48.200 habitantes, de acordo com dados do censo de 2010 (IBGE, 2010), assim dividida:

**Quadro 5 – População Ibiboraense**

Homens:	23.442	48,63% da população total
Mulheres:	24.758	51,37% da população total
População urbana	45.896	95,22% da população total
População rural	2.304	4,78% da população total
<b>População Total</b>	<b>48.200</b>	<b>100 % da população</b>

**Fonte:** IBGE (2010).

Neste censo, observado no quadro 5, verificou-se uma predominância de habitantes na zona urbana de 95,22% e apenas 4,78% residentes na zona rural. Há uma preponderância de habitantes do sexo feminino.

De acordo com dados do IparDES (2010), Ibiporã é referência nacional, tanto na qualidade e abastecimento de água como no acesso ao esgotamento sanitário e tratamento de resíduos. Segundo Takeda et al. (2008), o município de Ibiporã destaca-se pelos índices na área de saneamento e habitação em toda a região metropolitana.

Apesar da área urbana do município aparentar uma ocupação relativamente planejada (a urbanização se deu em sua maior parte entre a rede hidrográfica e não sobre elas como no município limítrofe, de Londrina). A invasão nas áreas de preservação permanente ocorre e merece preocupação para o controle desse processo de expansão nestes locais de proteção para que se possa prezar essa qualidade de serviços oferecidos à população bem como para o processo de planejamento urbano municipal.

#### 4.10 QUALIDADE DE VIDA

A situação do abastecimento de água no município em relação aos seus vizinhos segundo dados do IBGE (2010), é boa. A rede geral, canalizada, alcança de 90 a 100% da população.

Com relação ao esgotamento sanitário, o município de Ibiporã possui uma rede geral canalizada que atende aproximadamente 83% dos domicílios, onde apenas 5% são atendidos com fossa séptica. Ressalta-se que 93% dos domicílios são abastecidos com água na rede geral canalizada e apenas 7% com canalização em poço no terreno. Quanto aos resíduos, Ibiporã está na quinta posição, com 92% dos resíduos coletados (IPARDES, 2010).

A destinação do lixo é analisada no quesito de saneamento básico para o cálculo do ICH. Londrina é o município de melhor adequação, 96% dos domicílios possuem coleta direta, seguido de Cambé e Ibiporã, com coleta entre 95% e 92% dos domicílios.

Ibiporã apresenta uma taxa de mortalidade de crianças de até cinco anos de 12,28 para cada 1000 nascidos vivos (IPARDES, 2010). Os baixos índices de mortalidade de Ibiporã são provavelmente reflexos, pelo menos em parte, dos melhores indicadores de saneamento.

#### 4.11 História

Ibiporã foi fundada em território pertencente ao município de Sertanópolis (município limítrofe, a norte) em 1947 (IBIPORÃ, 2012), sendo que os seus primeiros habitantes ali chegaram em 1934 e seu fundador e planejador foi Francisco Gutierrez Beltrão.

A organização deste município começou no final deste referido ano, porém o povoado contava com algumas benfeitorias.

A água era o maior problema que os moradores da cidade enfrentavam. O Prefeito da época, José Pires de Godoy, procurou resolvê-lo indo buscá-la nas minas que a produziam em boa quantidade. Porém, nem sempre os donos das nascentes cediam de bom grado as águas de suas propriedades. De acordo com Bisotto (2008), alguns pioneiros que houve resistência até com armas de fogo, dificuldades que foram resolvidas com diálogo e bom senso.

Na mina conhecida como Água do Tucano, hoje Fundo de Vale, foi construído um grande reservatório onde a água era captada e levada, através de canos, para a caixa d'água central, situada onde, hoje, está o Cine Teatro. Dali era distribuída à população (BISOTTO, 2008, v.1, p. 24).

Essa caixa d'água, construída por Alberto Spiacci, foi aproveitada pelos arquitetos do Cine Teatro na década de 1980, que a inseriram em seus projetos arquitetônicos, mantendo-a como reservatório do teatro. Embaixo da mesma, funciona uma bomboniere (Bisotto, 2008). Outras caixas foram construídas para a maior comodidade dos moradores que tinham que transportar toda água de que precisassem em tambores ou baldes próprios.

De acordo com Bisotto (2008, p.25 e 26):

*Ilda Vazzi conta que, quando sua família morava na Rua José Bonifácio, diante do Hospital Santa Terezinha, ela e seus irmãos levavam um tambor que enchiam d'água. Tampavam-no com uma tampa de rosca e em seguida retornavam rolando o tambor cheio até sua casa. Foram tempos difíceis. Todos os pioneiros falam sobre as dificuldades que cada família passou principalmente pela falta ou má qualidade das águas encontradas em alguns poços que havia em alguns quintais.*

Hoje, Ibiporã conquistou o selo de qualidade de água, considerada uma das melhores do país e conta com o recurso das águas subterrâneas do aquífero Guarani para suprir a demanda de seu abastecimento público.

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A amostragem da água para a presente pesquisa ocorreu em época seca (julho e agosto), havendo neste período um menor ingresso de águas pluviométricas no sistema aquífero e, conseqüentemente, uma menor dissolução dos sais encontrados na água subterrânea. Não havendo possibilidade de realização da amostragem durante todo o ano (estação seca e úmida), os valores expressos nesta pesquisa referem-se tão somente ao período seco, por isso, maior ocorrência dos íons dissolvidos nestes aquíferos (SAG e SASG).

Todos os parâmetros físicos discutidos nesta pesquisa são indicativos das condições em que se encontram os aquíferos Serra Geral e Guarani no município de Ibiporã. Tais condições podem indicar condições físico-químicas dos aquíferos em questão.

Na busca de atingir os objetivos da pesquisa, os resultados hidroquímicos foram comparados com as descrições propostas por Licht (1998), sobre anomalias positivas e negativas, evidenciando a presença de elementos tóxicos ao organismo humano. Alguns elementos foram correlacionados à tipologia de cada aquífero através do diagrama de Piper, mostrando que talvez possa existir uma conexão entre o SAG e o SASG, o que no futuro poderá afetar a saúde da população local, dependendo da qualidade da água encontrada.

Assim, a pesquisa poderá facilitar uma abordagem para composição de plano de recurso hídrico para o referido município, pelas autoridades competentes.

### 5.1 ANÁLISE DE VAZÃO E PROFUNDIDADE

Em relação à vazão, expressos nos gráficos 1 e 2 e à profundidade verificada no gráfico 3, observa-se que as maiores vazões encontradas nos poços estudados foram às dos poços 1 e 2 pertencentes ao SAG, que ultrapassam o limite de  $700 \text{ m}^3/\text{h}$  sobressaindo aos do SASG, pois suas maiores vazões alcançam o limite de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ , sendo destaque o poço 3 apresentando-se com melhor vazão de todos os poços cadastrados do SASSG na área.

Relativo à profundidade, os poços do SAG são também os mais profundos, como demonstrado no gráfico 3; cabendo ressaltar que o poço 2 está sendo utilizado para abastecimento do município de Ibiporã e que os mesmos encontram-se confinados, estando livres de possíveis contaminações antrópicas. O poço 3 é o mais profundo dentre os pesquisados do SASG na área.

Em relação aos poços do SASG, verifica-se que os mesmos são de médio porte, com profundidades médias de 120 metros. A profundidade do nível estático, em sua grande maioria (88%), é superior ou igual a 15 metros, o que indica águas subterrâneas pouco profundas e, conseqüentemente, vulneráveis à contaminação.

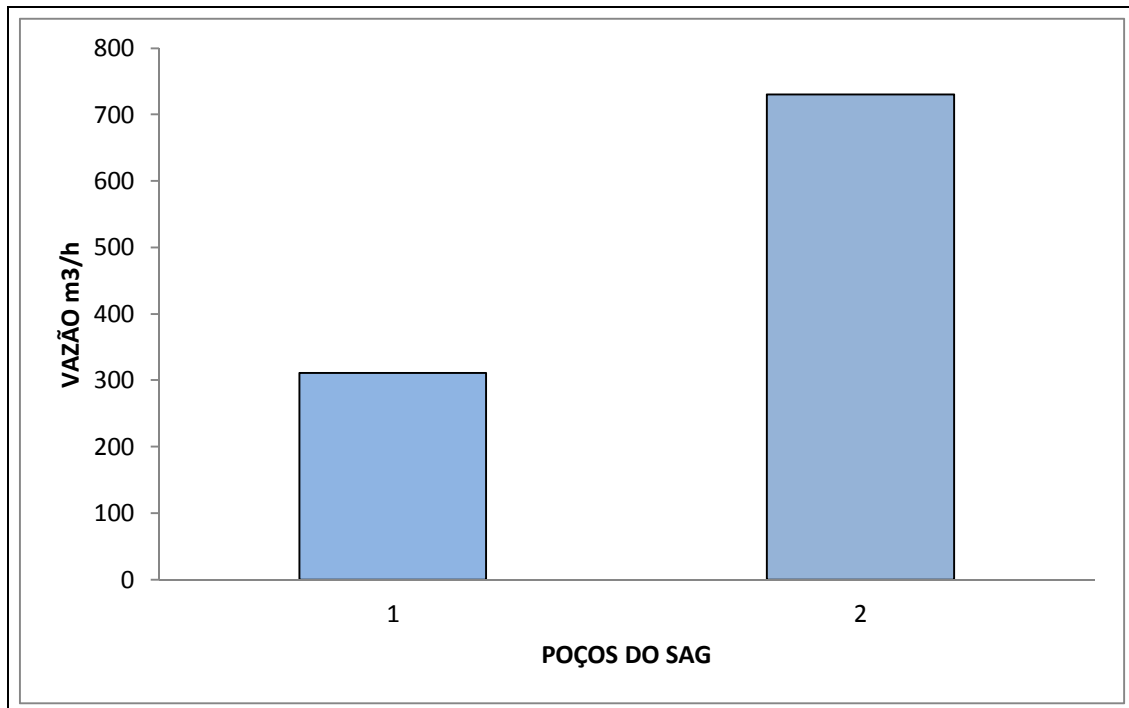
A vazão dos poços comporta-se de forma muito heterogênea. Mais de 70% dos poços apresentam vazão menor ou igual a 15 m<sup>3</sup>/h. Já os poços perfurados do SAG possuem vazão acima de 310 m<sup>3</sup>/h, com profundidades superiores a 490 metros, assim. Devido ao seu confinamento, os mesmos são menos sujeitos a contaminantes antrópicos.

A tabela 2 possui dados gerais sobre a pesquisa como: números dos poços, data de perfuração, altitude, nível estático e dinâmico, profundidade e vazão. Dos dados apresentados foram demonstrados: a vazão e profundidade, observados nos gráficos: 1, 2 e 3.

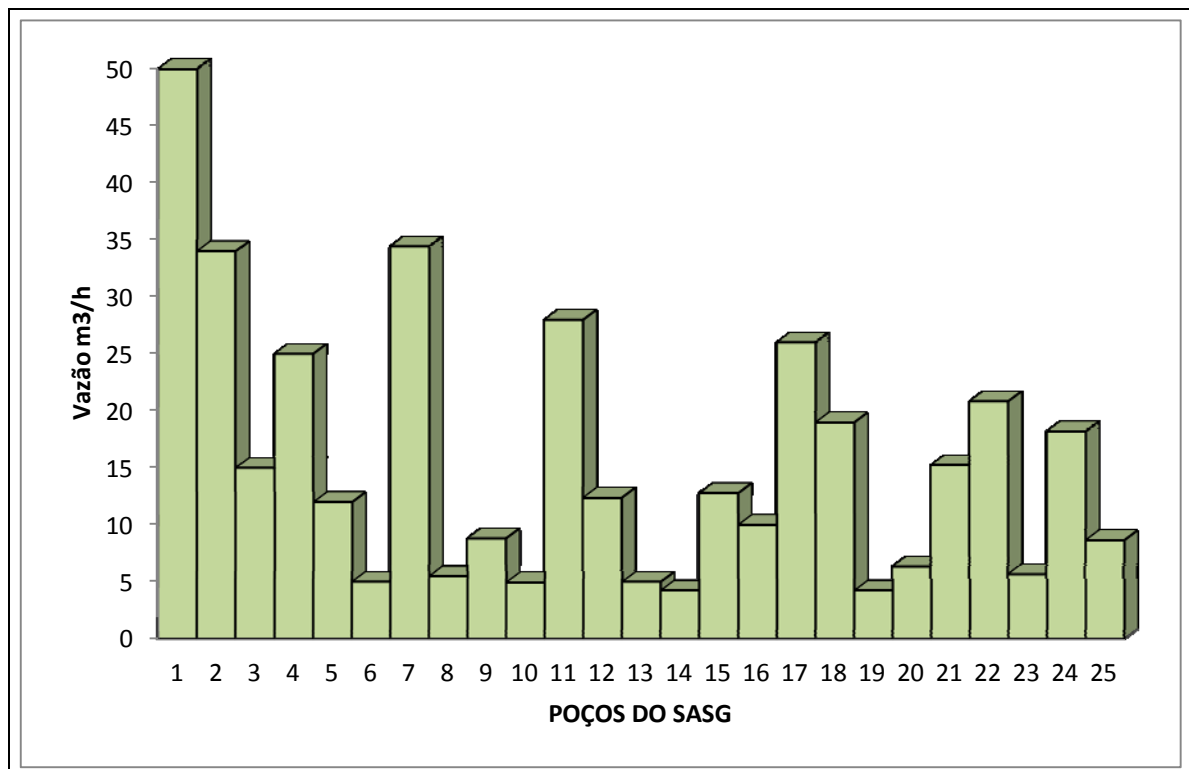
**Tabela 2 - Dados sobre os poços do SAG e SASG**

POÇOS	DATA PERF.	AQUÍFERO	NÍVEL		VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)	NÍVEL DINÂMICO (m)	COTA (m)
			ESTÁTICO (m)	PROF. (m)			
P1	02/07/02	Guarani	-91,36	498	311,16	2,75	380
P2	11/07/02	Guarani	-105	585	730	6,96	400
P3	01/11/05	Serra Geral	120	300	50	245	456
P4	17/01/00	Serra Geral	17,64	135	34	20	450
P5	17/03/04	Serra Geral	35	78	15	70	408
P6	14/08/02	Serra Geral	14,5	72	25	49	422
P7	15/11/07	Serra Geral	8	90	12	54	353
P8	06/12/01	Serra Geral	92	120	5	102	431
P9	22/10/02	Serra Geral	22,31	110	34,43	56,25	370
P10	09/05/02	Serra Geral	20,08	100	5,48	115,68	487
P11	15/09/95	Serra Geral	18	138	8,8	27,58	492
P12	08/05/02	Serra Geral	24,3	120	4,95	75,19	337
P13	12/10/98	Serra Geral	18	237	28	95,3	362
P14	06/07/95	Serra Geral	15	120	12,37	37	410
P15	08/12/00	Serra Geral	18	120	5	38	428
P16	26/05/97	Serra Geral	7,5	125	4,23	40	432
P17	14/09/95	Serra Geral	19	120	12,77	27,9	435
P18	24/03/97	Serra Geral	14	76	10	70	435
P19	19/07/95	Serra Geral	18,5	123	26	38	425
P20	03/09/98	Serra Geral	19	125	19	39	417
P21	20/04/06	Serra Geral	7,5	125	4,23	39	449
P22	18/05/99	Serra Geral	141	192	6,33	190,93	450
P23	20/12/03	Serra Geral	7,8	130	15,23	40,45	392
P24	15/12/03	Serra Geral	14,1	136	20,84	35,91	415
P25	14/01/03	Serra Geral	104,21	196	5,66	157,06	451
P26	19/08/03	Serra Geral	48,31	152	18,2	79,5	450
P27	14/01/03	Serra Geral	84,21	190	8,66	157,03	451

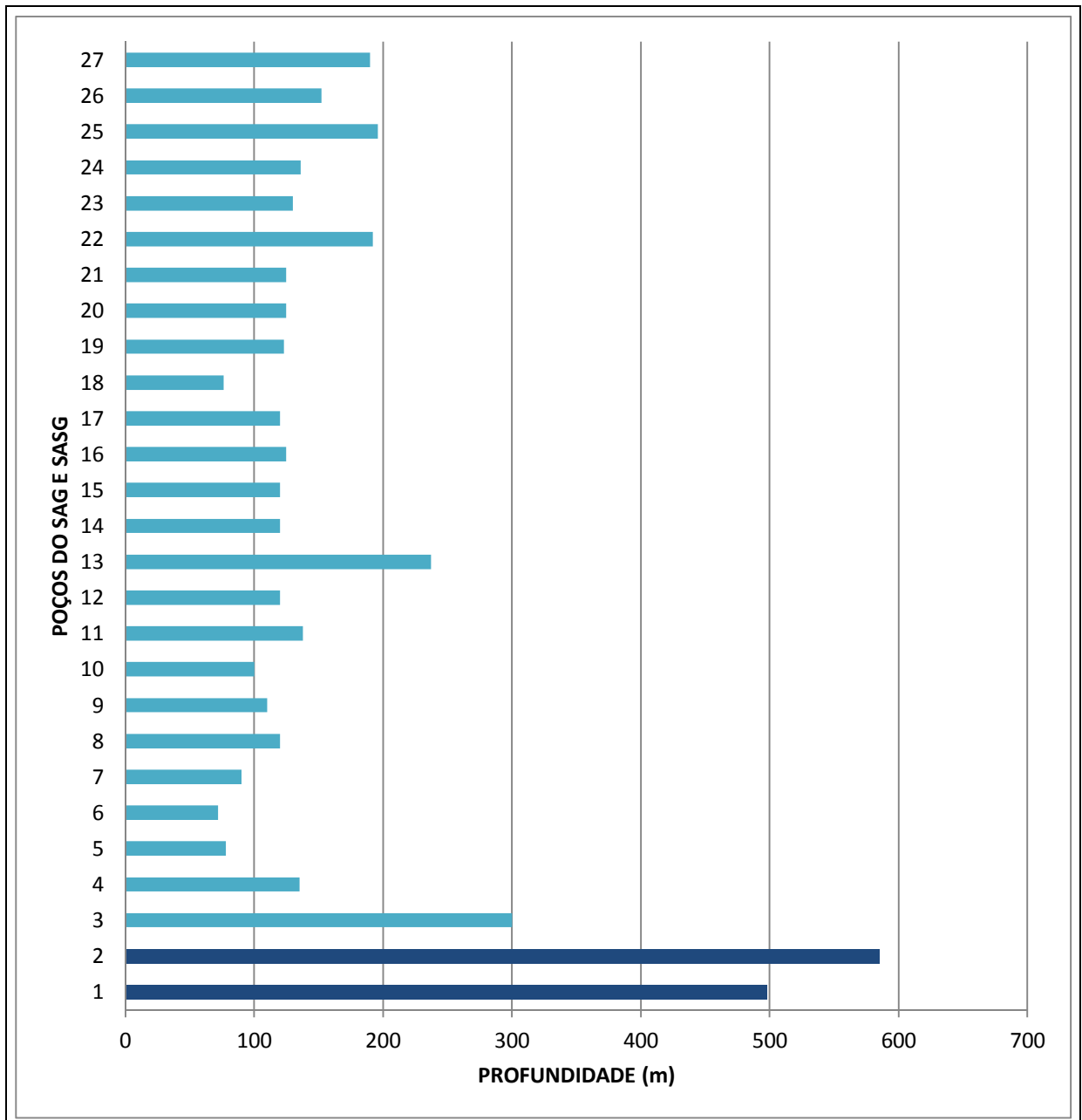
**Fonte:** Empresas perfuradoras Água Limpa, Yguatu e Hidroingá (2010); Organização: CORCÓVIA, J. A (2013)

**Gráfico 1** – Vazão dos poços do Aquífero Guarani (SAG) em Ibiporã-PR

**Fonte:** Empresas perfuradoras Água Limpa, Yguatu e Hidroingá (2010); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

**Gráfico 2** – Vazão dos poços do Aquífero Serra Geral (SASG) em Ibiporã-PR

**Fonte:** Empresas perfuradoras Água Limpa, Yguatu e Hidroingá (2010); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

**Gráfico 3** – Profundidade dos poços do Aquífero Guarani (SAG) e Serra Geral (SASG)

**Fonte:** Empresas perfuradoras Água Limpa, Yguatu E Hidroingá (2010). Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

## 5.2 ANÁLISE HIDROGEOQUÍMICA: PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

A avaliação dos resultados das análises baseou-se em parâmetros determinados pela legislação ambiental e sanitária em vigor, resolução CONAMA 396/2008 e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Através de análises “*in situ*”, com a utilização do aparelho Multiparâmetros de qualidade da água, foram determinados os parâmetros de: temperatura, oxigênio dissolvido

(O.D), sólidos totais, pH, oxidação da redução potencial (O.R.P), turbidez e condutividade elétrica. Vale ressaltar que esse analisador possui a facilidade da realização no local da coleta.

Em relação às análises químicas, destaca-se a importância de se “conhecer os processos químicos que ocorrem em águas naturais, para poder inferir corretamente qual anomalia hidrogeoquímica observada resulte de ação natural ou de agentes antrópicos” (ZANETTI, 2009, p.86).

Sobre o mesmo contexto, Licht (2001, p. 22) salienta que “o espaço geoquímico é multivariado por natureza, e as covariações entre as variáveis (elementos e compostos) e sua posição espacial refletem os diversos processos ativos no espaço geográfico sob investigação”.

Segundo Mellanger et al. (1984), estudos geoquímicos, por maior que seja a quantidade ou diversidade de variáveis analisadas, sempre estarão observando a natureza com uma visão parcial.

Assim, os indicadores hidrogeoquímicos podem contribuir na avaliação da qualidade da água subterrânea e na qualidade ambiental do município de Ibiporã. Esses elementos foram distribuídos em tabelas de parâmetros físicos e parâmetros químicos que, por sua vez, foram divididos entre ânions, cátions e elementos traços.

### 5.2.1 Parâmetros Físicos

Para análise dos parâmetros físicos, foi elaborada a tabela 3, com os resultados de temperatura, pH, ORP, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos totais. Desta tabela, foram compostos mapas interpretativos sobre os parâmetros investigados em campo.

**Tabela 3** – Parâmetros analíticos das amostras de água subterrânea.

VMP (1)	Indif. (°C)	6,0 a 8,5 pH	< 500 Eh (mV) Red. da Oxidação Pot.(ORP)	< 0,5 Cond. Elétrica (mS/cm)	< 5 Turbidez (NTU)	> 5 Oxic. Dissolvido (mg/L)	< 1000 Sólidos Totais Dissol. (mg/L)
P1	32°	9,17	167	0,201	2,48	11,1	131
P2	33°	7,25	264	0,316	2,83	9,1	205
P3	16°	7,66	261	0,031	4,55	8,8	21
P4	17°	8,63	201	0,165	2,72	17,2	107
P5	17°	8,15	214	0,171	1,83	7,9	104
P6	17°	7,91	243	0,391	3,51	14,4	253

P7	16°	6,92	208	0,184	2,87	9,1	113
P8	17°	7,91	243	0,391	3,51	14,4	253
P9	15°	8,81	220	0,147	2,02	14,9	95
P10	16°	7,25	226	0,153	2,45	9,3	112
P11	22°	7,81	216	0,223	2,01	6,7	145
P12	22°	9,22	124	0,204	3,17	5,7	133
P13	19°	8,21	205	0,244	4,55	14,9	159
P14	22°	7,38	297	0,211	2,13	12,7	137
P15	24°	8,68	261	0,174	1,69	9,3	113
P16	15°	8,42	267	0,214	1,02	9,4	139
P17	17°	8,48	261	0,251	1,09	9,8	201
P18	22°	8,65	205	0,196	2,09	6,6	128
P19	19°	5,89	458	0,236	2,43	8,7	147
P20	20°	6,92	432	0,214	2,44	8,9	158
P21	19°	7,51	315	0,077	3,27	8,9	51
P22	17°	7,54	288	0,161	2,68	11,6	104
P23	21°	9,17	167	0,201	2,48	11,2	131
P24	20°	8,39	253	0,301	2,21	18,6	196
P25	23°	8,39	211	0,162	1,48	17,6	104
P26	22°	9,57	129	0,176	3,44	5,3	114
P27	19°	8,51	275	0,233	1,83	12,9	152

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido – Segundo Resolução n° 396 CONAMA (BRASIL, 2008).

**Fonte:** Análise *in situ* através do aparelho multiparâmetros (HORIBA); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

- **Temperatura (°C)**

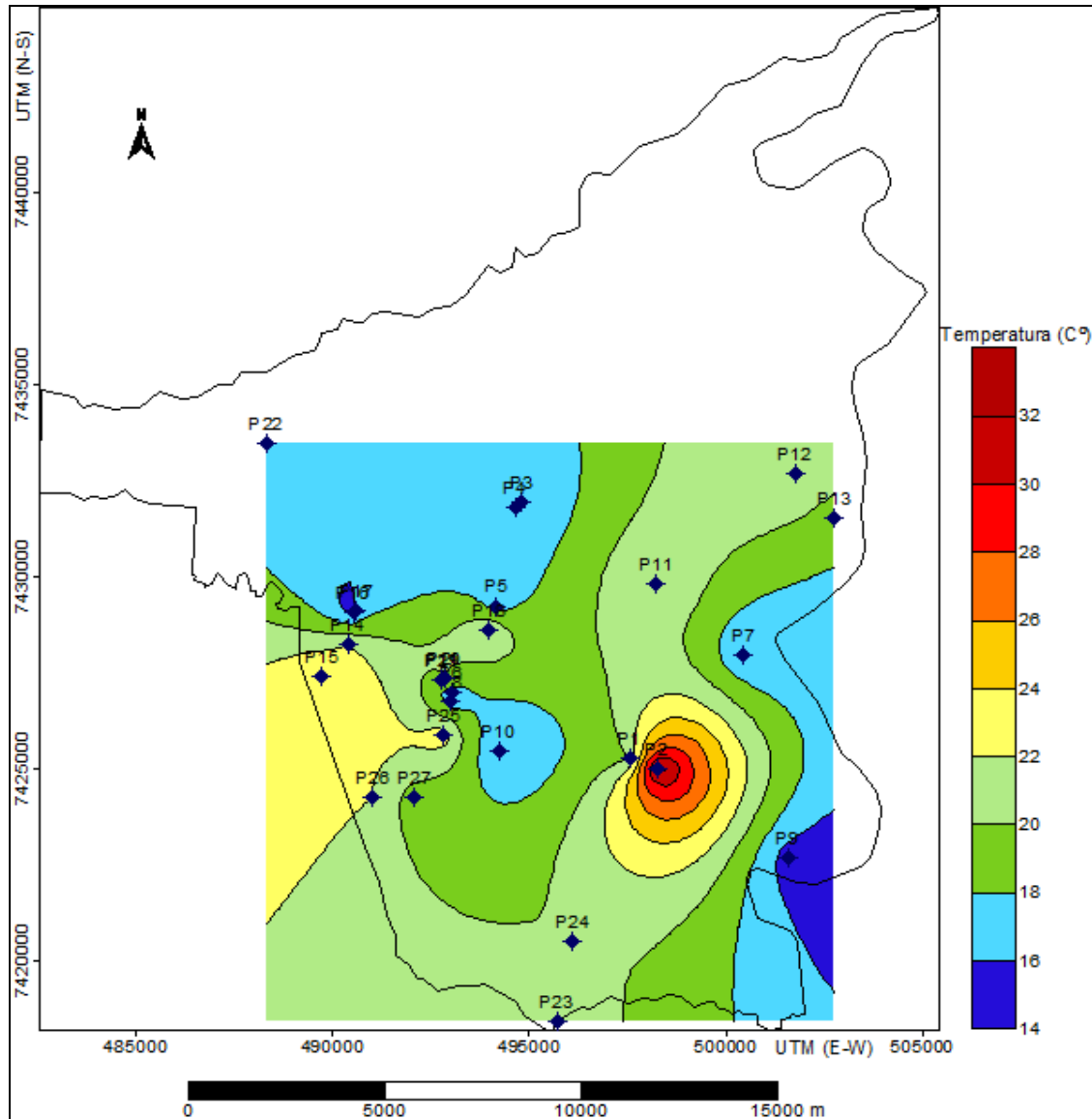
As águas subterrâneas possuem uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica. Exceções são os aquíferos pouco profundos, como o Serra Geral. Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m). No aquífero Guarani são comuns temperaturas de 40 a 50°C em suas partes mais profundas. Em regiões vulcânicas ou de falhamentos profundos águas aquecidas podem aflorar na superfície dando origem às fontes termais (ANA, 2005).

A temperatura da água é “influenciada por diversos fatores como: temperatura do ambiente, turbidez, flutuação fluviométrica, dentre outros” (ZANETTI, 2009, p.95).

A temperatura máxima encontrada foi de 33° (P2), pertencente ao Aquífero Guarani. Sua temperatura elevada diz respeito à sua profundidade (585 m) e o tipo de aquífero (confinado) (Figura 11). Essa alta temperatura segue até os domicílios acarretando problemas

nas tubulações. E a mínima de 15° (P16) pertencente ao aquífero Serra Geral. A resolução nº 396 CONAMA /2008 não define a temperatura para consumo humano.

**Figura 11** – Análise de temperatura do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

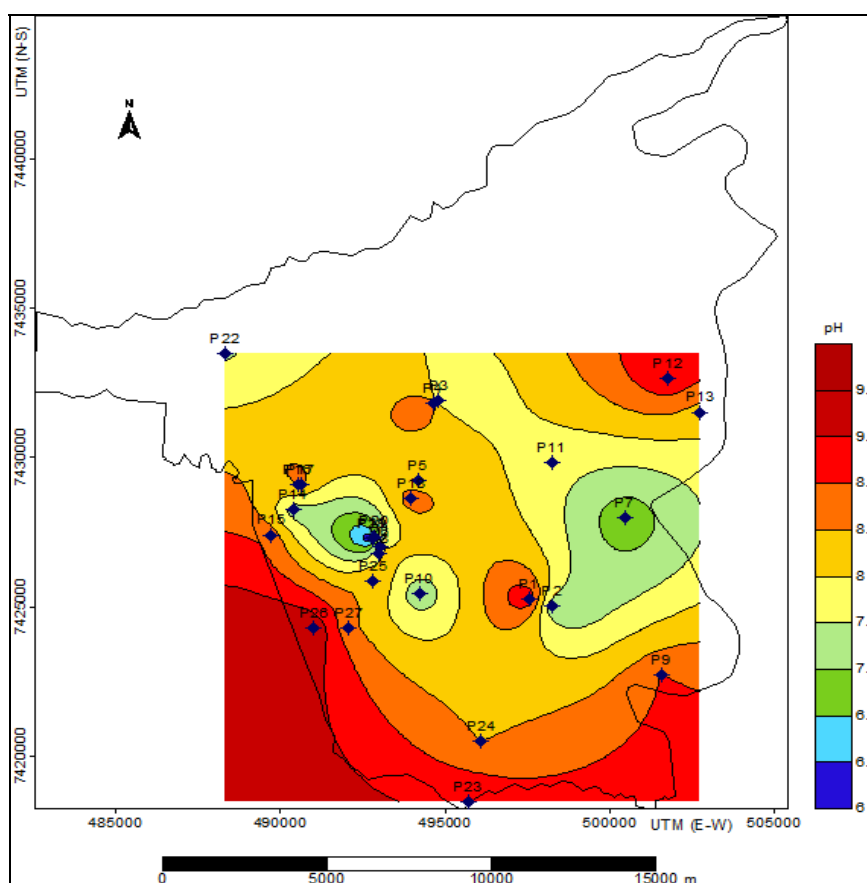
- **pH (Potencial hidrogeniônico)**

Na água quimicamente pura, os íons  $H^+$  estão em equilíbrio com os íons  $OH^-$  e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Quanto mais próximo ao valor neutro, a água está mais apropriada ao consumo. Os principais fatores que determinam o pH da água são: o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente de 5,5 a 8,5 (SANTOS, 1997).

Nos pontos de amostragem, o pH variou entre 5,9 a 9,5 (Figura 12 e tabela 3). Os valores mínimos e máximos permitidos para o consumo humano de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 correspondem de 6,0 a 8,5.

Observa-se poços com pH elevado (poços: 1, 4, 9, 12,18, 23 e 26.) sendo estes pertencentes ao aquífero Serra Geral, exceto o poço 1 que pertence ao aquífero Guarani, este está sendo utilizado para fins de abastecimento. Não é possível indicar, a partir dos dados existentes, as causas para tal distribuição na área em estudo, mas esses valores nos remetem a indicativos de mudanças na composição química da água na região.

**Figura 12** – Análise de pH do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

- **ORP (Potencial de Oxi-redução)**

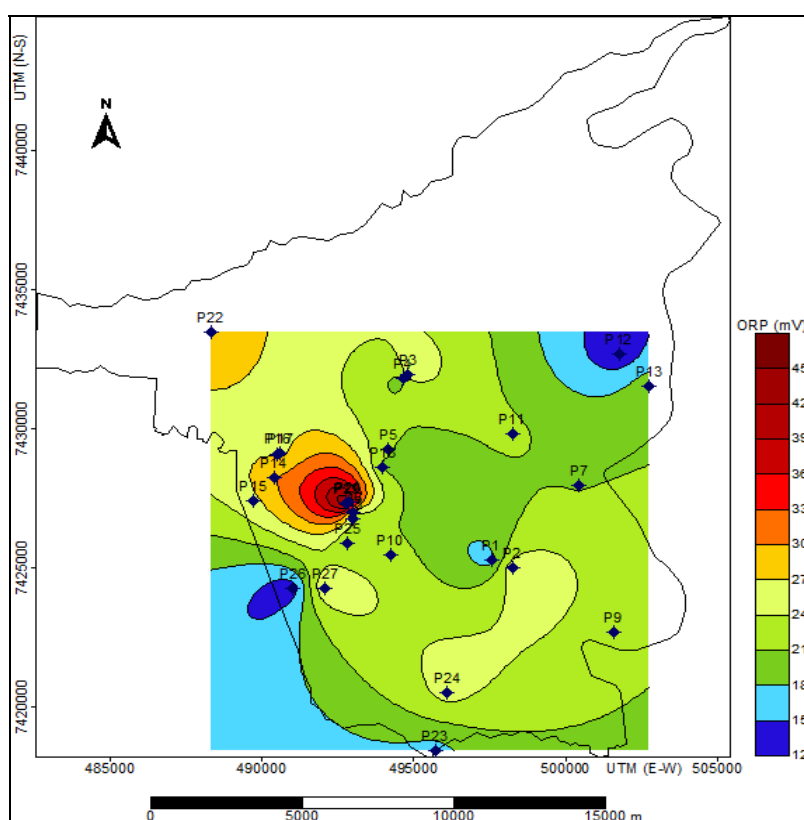
O meio redutor frequentemente está associado à presença de matéria orgânica que, ao oxidar, fornece os elétrons para reduzir espécies oxidadas de outros elementos, por exemplo, em consequência da redução para  $Fe^{2+}$ ,  $Fe_2O_3$  pode ser dissolvido.

Outros elementos com comportamento semelhante são: manganês (Mn), enxofre (S) e nitrogênio (N) (CETEM, 2000).

O potencial redox (ORP ou Eh) é usado para avaliar a disponibilidade de elétrons para reações de oxirredução. O Eh representa o potencial entre um eletrodo (p.ex., de platina) e o eletrodo de referência de  $H^2$  no estado padrão, que por definição é zero. Na prática, o eletrodo de referência é o de prata/cloreto de prata (SANTOS, 1997).

Este parâmetro também foi analisado *in situ* através do aparelho multiparâmetros. Nota-se através da figura 13, que a máxima encontrada nas amostras analisadas foi de 458 Eh (mV) no poço 19 e a mínima foi de 124 Eh (mV) no poço 12. Todas as amostras encontram-se em conformidade com a legislação vigente, sendo que o máximo permitido é de 500 Eh (mV) de acordo com Bottura (2003). Quanto menor o Eh, mais as bactérias e microorganismos tendem a proliferar na água.

**Figura 13** – Análise de ORP do SAG E SASG em Ibiporã-PR



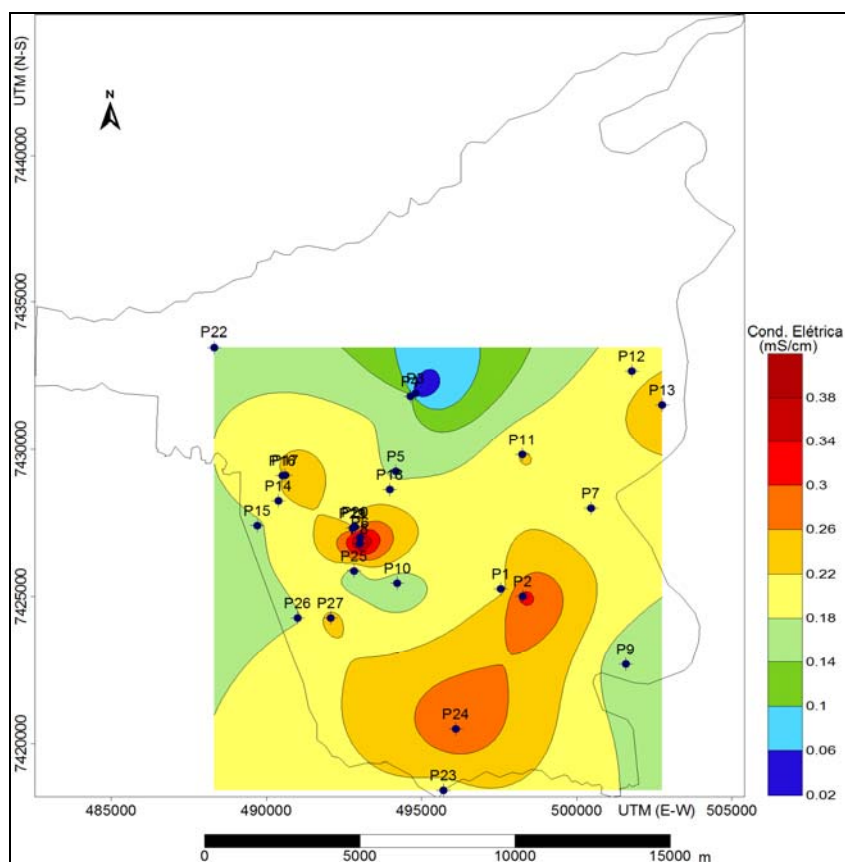
**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

### ● Condutividade Elétrica

Capoane e Silva (2007) afirmam que baixa condutividade significa pouca quantidade de íons e, por consequência, uma baixa quantidade de sais na água. Na área estudada, a variação da condutividade elétrica pode ser observada através figura 14 e tabela 3, sendo que o maior valor foi de 0,391 (P6 e P8) mS/cm e o menor valor foi de 0,31 mS/cm (P3).

A condutividade elétrica foi obtida *in situ* com o aparelho multiparâmetros. As variações observadas podem ser atribuídas: as variações de cargas de íons ao longo dos períodos sazonais, pois as diluições com as águas provenientes das precipitações pluviométricas, as diferenças construtivas dos poços possibilitam maiores ou menores carregamentos de sedimentos para o interior dos poços e as pressões antrópicas exercidas no perímetro de proteção dos poços. Todas as amostras encontram-se em conformidade com a legislação vigente.

**Figura 14** – Análise de condutividade elétrica do SAG e SASG em Ibiporã-PR



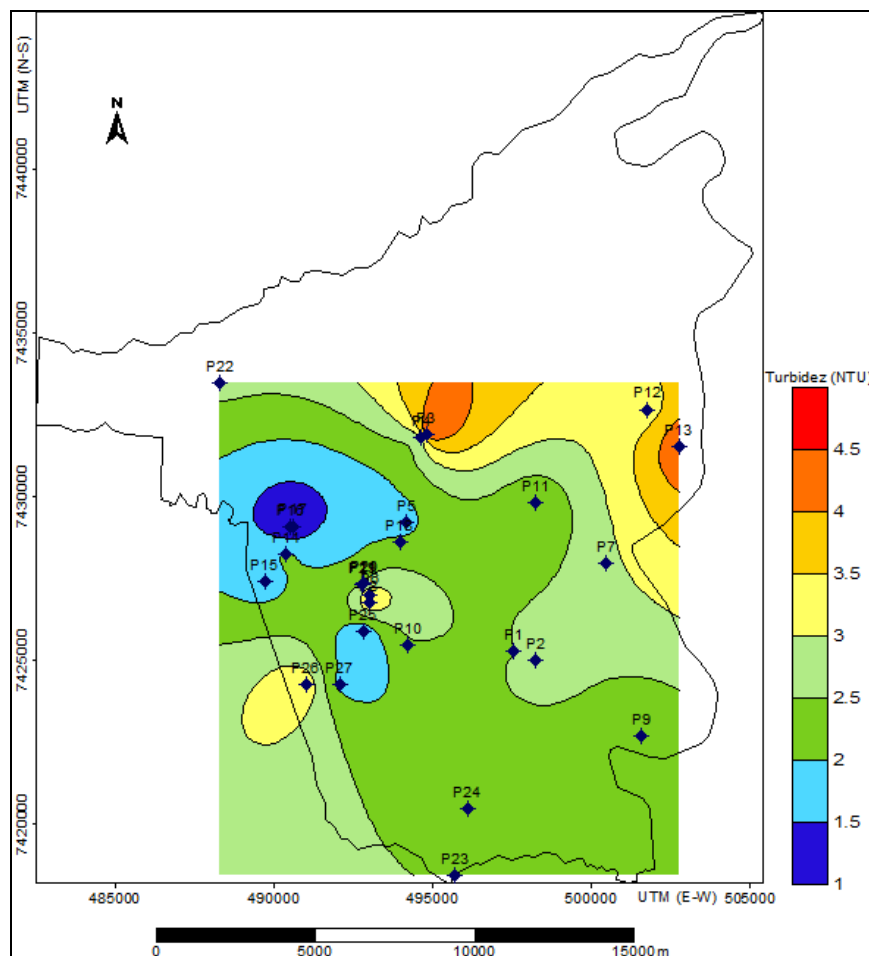
**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

● **Turbidez**

A turbidez foi medida através do equipamento multiparâmetros, expresso na tabela 3. Os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver a luz.

Segundo a Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. Em relação à turbidez analisada nas 27 amostras no município de Ibiporã (Figura 15), todas as amostras encontram-se em conformidade com a portaria citada. As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas por excesso de turbidez. “Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar” (BATALHA e PARLATORE, 1993). Isso não ocorre na área estudada.

**Figura 15** – Análise de turbidez do SAG e SASG em Ibiporã-PR



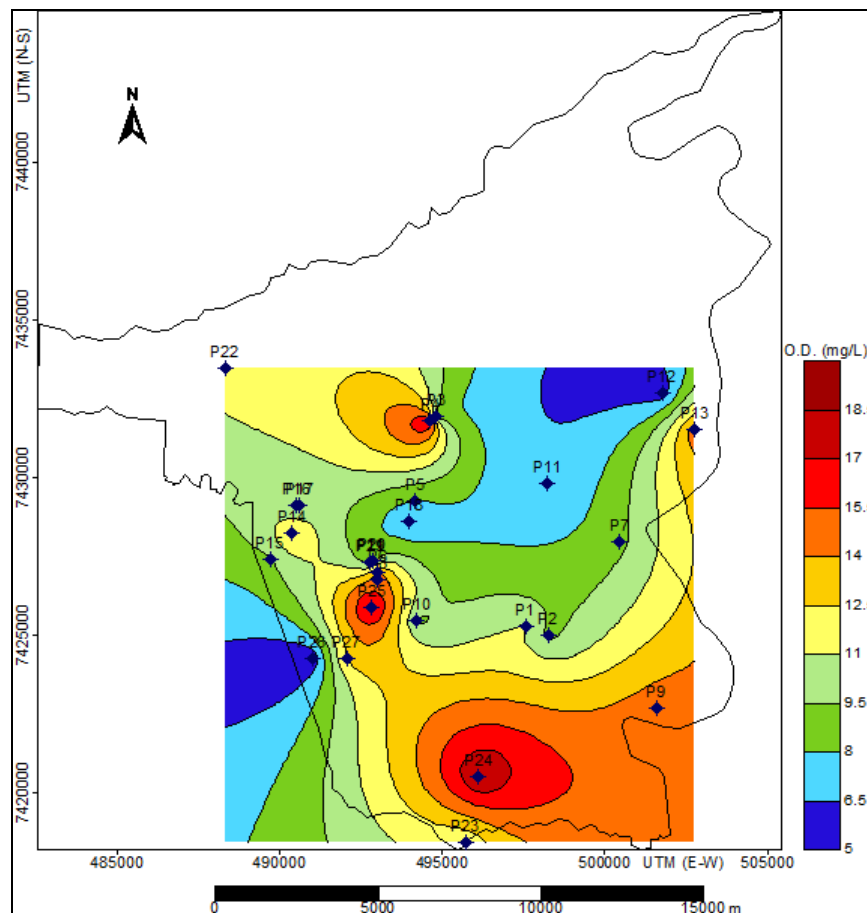
**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J. A. (2013).

### *O.D. (Oxigênio Dissolvido)*

*O oxigênio dissolvido (O.D.) na coluna d'água possui grande importância na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos, como em relação à respiração e metabolismo dos organismos aeróbios, agindo desta forma como fator limitante à sobrevivência, para a manutenção de processos bioquímicos (como fotossíntese e decomposição de matéria orgânica) e na dinâmica de parâmetros físico-químicos (como potencial de oxi-redução e pH). (LAMPERT e SOMMER, 1997)*

No parâmetro sobre oxigênio dissolvido analisado nesta pesquisa, a máxima encontrada foi de 18,6 mg/L (P 4), a mínima de 5,3mg/L (P26) e a média de 9,8 mg/L (figura 16), esses indicadores podem ser observados na figura 14. Registra-se que não há poço com quantidade inferior a 5 mg/L, patamar mínimo aceitável pela Resolução Conama 396. Vale ressaltar que quanto menor o nível de O.D. presente na água, menor o potencial de oxirredução, e o pH dessa água será inferior ao neutro (7,0).

**Figura 16** – Análise de oxigênio dissolvido do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

- ***STD (Sólidos Totais Dissolvidos)***

De acordo com a CETESB (2001), nos estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

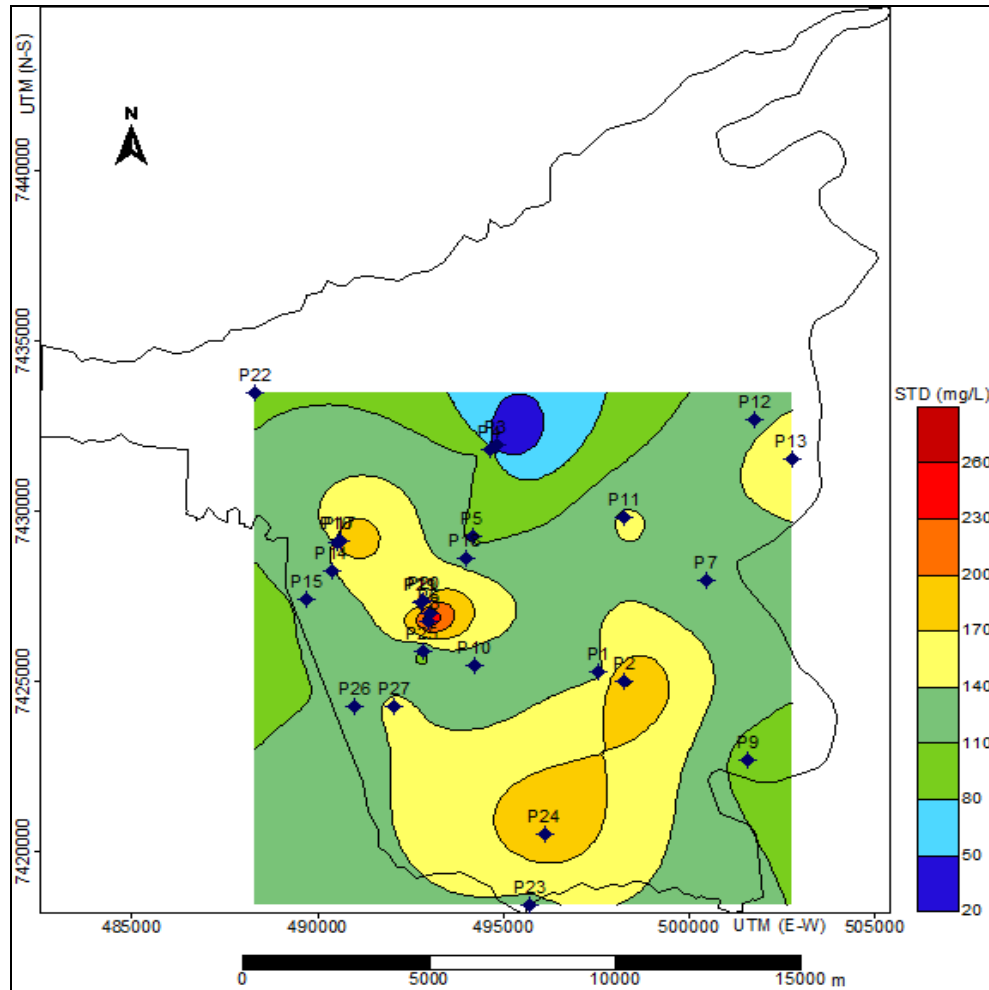
Nas águas do SAG, o teor de sólidos totais dissolvidos está correlacionado com os íons cloreto, sulfato e sódio, o que é explicado pela predominância desses íons nas zonas de médio e alto confinamento.

Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, nas águas do SASG, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

Segundo o padrão de potabilidade para o consumo humano da Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011), o limite máximo permissível de STD na água é de 1000 mg/L.

Pode-se notar que todas as amostras (Figura 17) estão em conformidade com a portaria referida, sendo que a máxima identificada foi de 253 mg/L (P6) e a mínima foi de 21 mg/L (P3), não havendo nenhum padrão anômalo identificado na área.

**Figura 17** – Análise de sólidos totais dissolvidos do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013). Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013)

### 5.2.2 Parâmetros Químicos

Os dados investigados em campo sobre bicarbonato, carbonato, cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito e sulfato foram dispostos na tabela 4 e elucidados posteriormente com o auxílio de mapas.

**Tabela 4** – Parâmetros químicos (ânions)

Poços	Bicarbonato $\text{Na}^+ \text{HCO}_3^-$ VMP —	Carbonato $\text{CO}_3^-$ —	Cloreto $\text{Cl}^-$ 250 mg/L	Fluoreto $\text{F}^-$ 1,5 mg/L	Nitrato $\text{NO}_3^-$ 10 mg/L	Nitrito $\text{NO}_2^-$ 1,0 mg/L	Sulfato $\text{SO}_4^{2-}$ 250 mg/L
P1*	30,3	60,6	4,89	0,13	ND	0,01	3,89
P2*	32,31	62,3	4,89	0,14	ND	0,01	3,58
P3	18,18	ND	3,08	0,05	ND	0,02	ND
P4	84,84	ND	3,44	0,05	ND	0,02	ND
P5	70,7	16,16	10,86	0,03	ND	0,01	ND
P6	124,5	ND	5,43	0,02	ND	0,01	ND
P7	105,24	ND	2,23	0,11	ND	0,01	ND
P8	173,68	ND	2,9	0,02	ND	0,01	ND
P9	105,04	ND	2,17	0,09	ND	0,01	ND
P10	101	ND	2,02	0,05	ND	0,01	ND
P11	101	ND	4,16	0,05	ND	0,01	ND
P12	90,9	20,2	8,33	0,11	ND	0,11	2,43
P13	94,94	ND	8,69	0,03	ND	0,02	ND
P14	96,96	ND	4,89	0,11	ND	0,01	ND
P15	42,42	ND	11,59	0,19	2,32	0,2	ND
P16	145,44	ND	2,08	0,11	ND	0,2	ND
P17	5,05	ND	3,26	0,09	ND	0,02	ND
P18	145,44	ND	12,31	0,05	ND	0,02	ND
P19	135,34	ND	8,87	0,08	ND	0,01	ND
P20	135,34	ND	8,87	0,08	ND	0,01	ND
P21	36,36	ND	4,53	0,03	ND	0,01	ND
P22	48,48	16,16	5,25	0,05	ND	0,02	5,49
P23	68,68	ND	3,26	0,11	ND	0,01	ND
P24	167,66	ND	2,35	0,1	ND	0,02	ND
P25	22,22	32,32	3,62	0,43	ND	0,01	5,76
P26	38,38	48,48	3,44	0,29	ND	0,01	0,29
P27	10,1	24,24	22,45	0,35	ND	0,01	0,29

\* POÇOS DO SAG      **ND** – ABAIXO DO LIMITE DE DETECÇÃO DO APARELHO.  
**VPM** – Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria 2914/2011

**Fonte:** Laboratório Multiusuário da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e SEBRAQ (Serviço Brasileiro de Análises Químicas); Organização: CORCÓVIA, J.A (2013)

- **Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Os valores de concentração de  $\text{Na}^+ \text{HCO}_3^-$  mostraram-se inferiores ao limite permitido para águas subterrâneas que é de 1000 ppm. As amostras analisadas possuem valores máximo de 173,68 mg/L no poço P 8 e mínimo de 5,05 mg/L no poço P27 (Tabela 4).

Essa presença de bicarbonato infere a água um pH alcalino. Na figura 18, verifica-se suas frequências. Segundo Ayers e Westcot (1985), a dureza de uma água é proporcional à presença de sais de cálcio e magnésio.

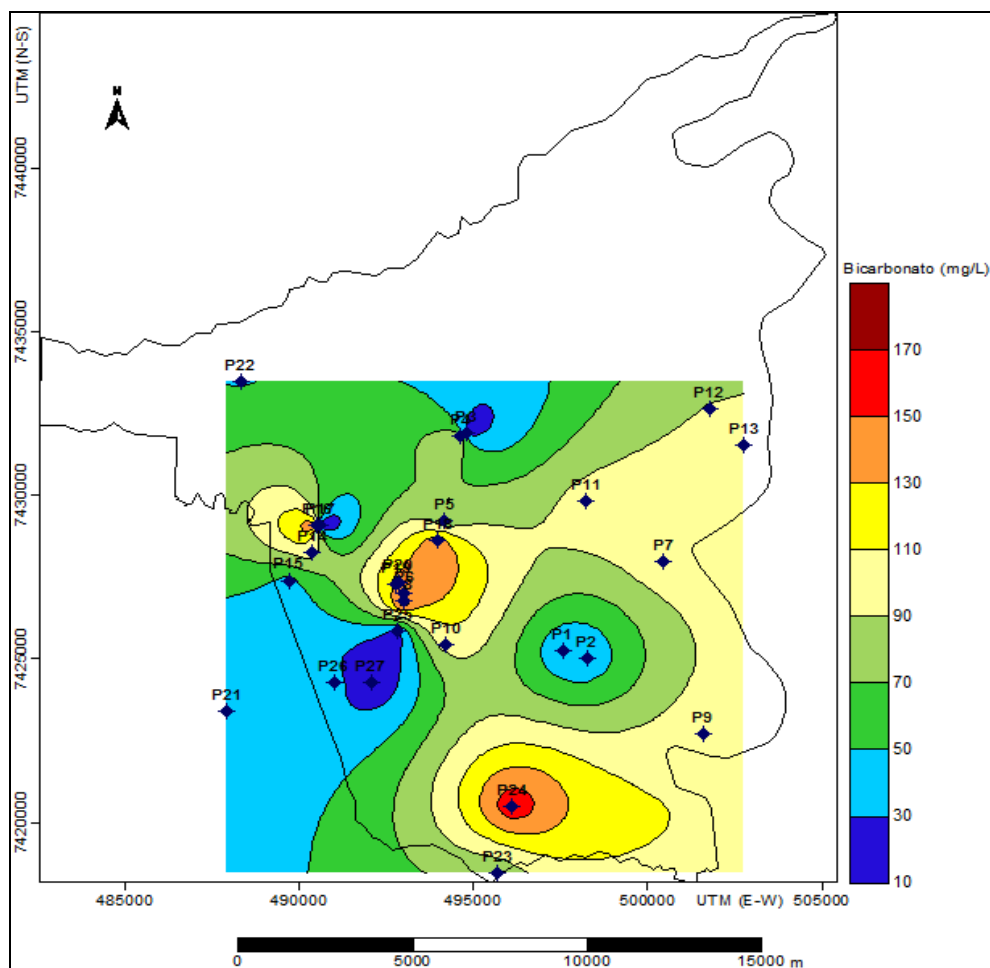
A dureza de uma água (quadro 5) pode ser temporária quando devida à presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio ou permanente, quando originada por cloretos, sulfatos e nitratos de cálcio e magnésio (AYERS e WESTCOT, 1985). Estes sais, em ordem decrescente de abundância na água, são bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos. A quantidade de cálcio é duas vezes maior do que a de magnésio, porém estes valores variam muito de local para local. Alguns valores típicos para bicarbonatos: água chuva – 10 mg/L; água superficial, < 200 mg/L e água subterrânea – 1 000 mg/L. É importante ressaltar que bicarbonato não é sinônimo de dureza. De acordo com dados do SAMAE, expressos no talão de água do consumidor, a dureza da água do Aquífero Guarani é de 2, sendo a mesma classificada como muito macia, reagindo excessivamente com o sabão.

**Quadro 6** – Classificação de bicarbonato de acordo com a dureza

Dureza (ppm Ca <sup>++</sup> , Mg <sup>++</sup> )	Classificação
0 – 15	Muito macia
15 – 50	Macia
50 – 100	Média
100 – 200	Dura
Mais de 200	Muito dura

**Fonte:** (AYERS e WESTCOT, 1985.)

**Figura 18** – Teores de bicarbonato do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

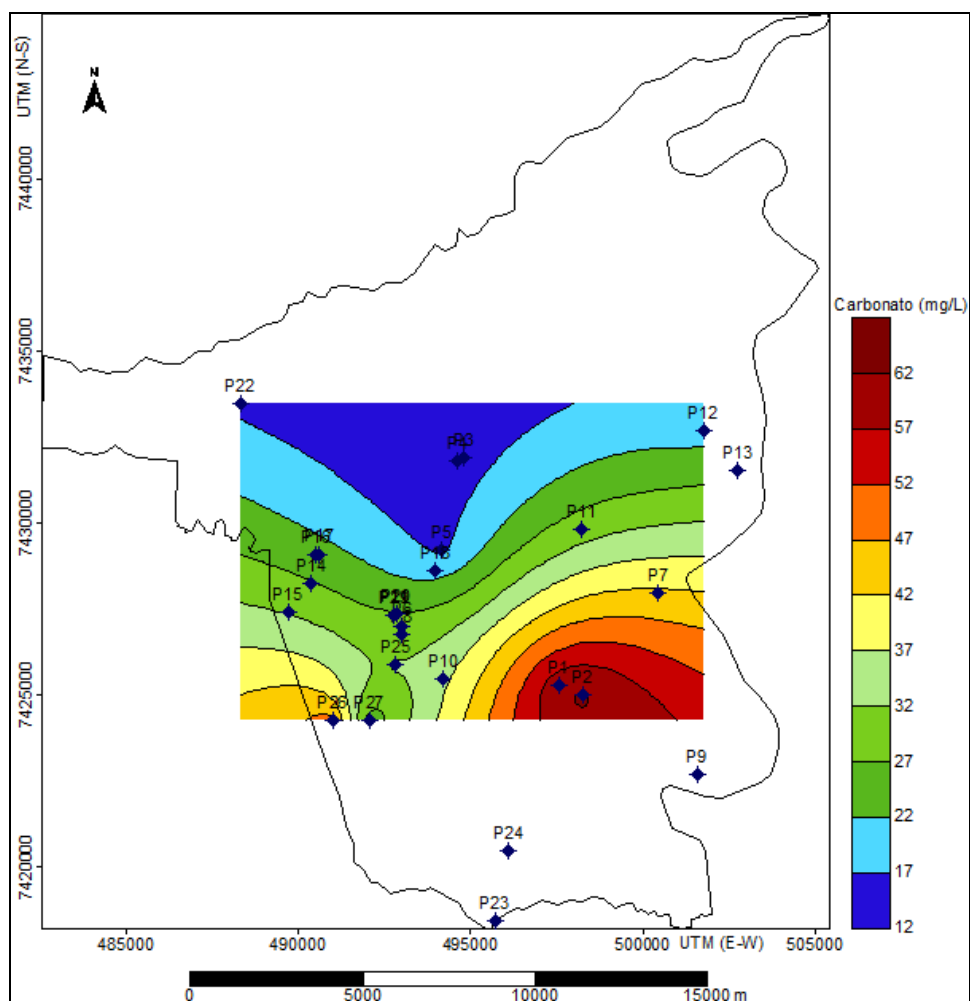
- **Carbonato ( $CO_3^{2-}$ )**

Nas amostras analisadas, dados expressos na tabela 4, mais de 50% dos resultados estão abaixo do limite detectado pela metodologia aplicada na análise química. O valores máximo 60,60 mg/L nos poços do Aquífero Guarani e mínimo 16,16 mg/L nos poços do Serra Geral, tem como média de 32,32 mg/L (Figura 19). O mapa não abrangeu os poços na região sul e sudeste o que o torna incompleto em relação à tendência desse parâmetro.

Em se tratando do carbonato de sódio, o mesmo é utilizado em fotografia, em limpezas, no controle do pH da água, no tratamento têxtil, como aditivo alimentar, na fabricação de vidros, sabão, tintas, papel, corantes e no tratamento da água de piscinas.

Vale ressaltar que a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde não identifica os limites máximos e mínimos para consumo humano.

**Figura 19** – Teores de carbonato no SAG e SASG em Ibioporã-PR

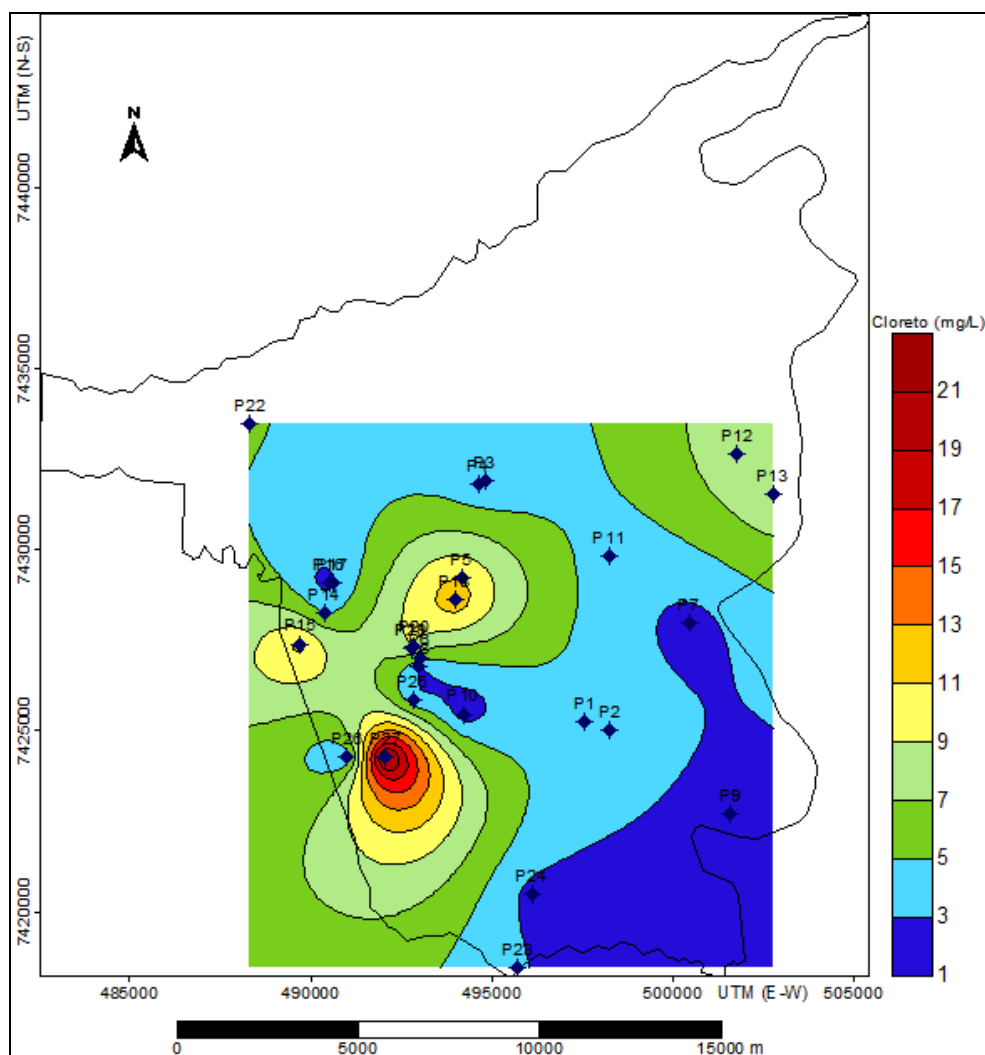


**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Cloreto (Cl)**

A portaria nº2914/2011, do Ministério da Saúde, estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. Deve-se frisar que “os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por desmineralização (deionização) ou evaporação” (BRASIL, 2011).

Analisando as amostras dos poços do SAG e SASG através da tabela 4 e figura 20, pode-se verificar que a máxima encontrada foi de 24,24 mg/L (P27) e a mínima de 2,02mg/L (P10), com média de 4,89 mg/L, salientando que os poços 1 e 2 pertencem ao SAG, essas águas não atingiram 4 mg/L. Vale ressaltar que todas as 27 amostras analisadas encontram-se dentro do limite permitido para água potável de acordo com a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

**Figura 20** – Teores de cloreto no SAG E SASG em Ibiporã-PR

**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Fluoreto (F<sup>-</sup>)**

Segundo Pires (2005), o flúor é um elemento essencial aos mamíferos, pois promove o endurecimento da matriz mineral, à base de apatita, dos dentes e esqueleto. O teor definido como ideal na água potável é definido pela Organização Mundial da Saúde em 0,79 mg/L para países tropicais, embora o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aceite valores de até 1,5 mg/L.

A tabela 4 e figura 21, mostra que as máximas estão entre o P 27 e P10 do SASG. A mínima encontrada foi de 0,02 mg/L (P6).

Nos poços 25, 26 e 27, o teor de flúor não está acima do limite permitido pela legislação vigente, sendo de 1,5 mg/L, mas demonstra que estão acima da média para a área; eles pertencem ao SASG, são utilizados para irrigação e para consumo humano.

Em um trabalho feito pela Agência Nacional de Águas - ANA (2005) retratou de forma geral da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Nele foi possível detectar teores elevados de fluoreto, acima de 5 mg/L, Sendo que o valor máximo permitido é de em alguns poços de grande profundidade que captam o Sistema Aquífero Guarani confinado em Presidente Prudente, no Estado de São Paulo.

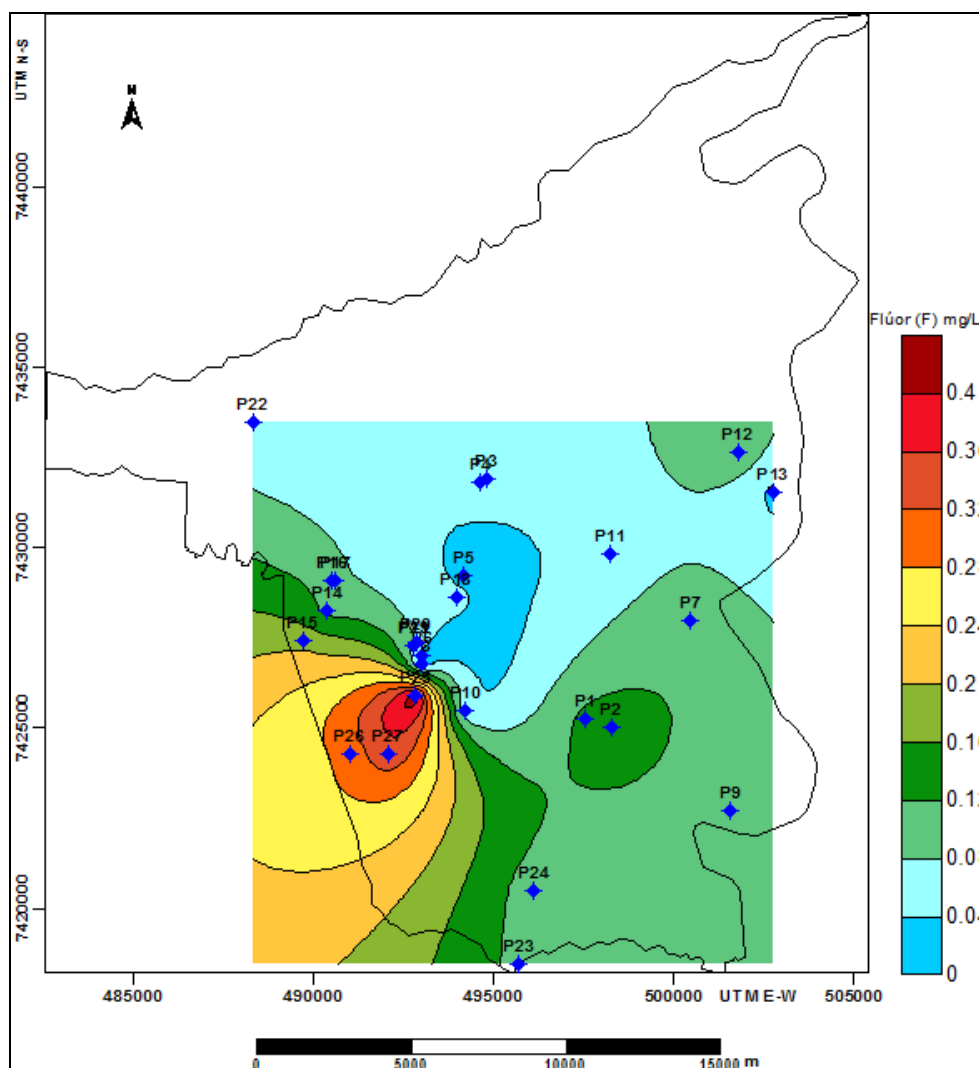
Fraga (1992) aponta que o enriquecimento em flúor em águas subterrâneas seja resultado da interação água-rocha em prolongado tempo de residência, e é bastante aceito no meio científico, como demonstra Carrilo-Rivera et al. (2002) e Kim e Jeong (2005).

Nanni (2006) cita esta hipótese de filiação litogeoquímica para explicar as concentrações anômalas de flúor que foram descritas por Fraga como atreladas a zonas de fluxo lento no Sistema Aquífero Serra Geral/SASG no Estado do Paraná (1992). Outra hipótese está alicerçada no controle estrutural para a origem de flúor nas águas do SASG e baseia-se na conexão hidráulica entre diferentes aquíferos, por intermédio de estruturas tectônicas que possibilitam a ascensão de águas de Aquíferos sotopostos ao SASG, neste caso as unidades pertencentes ao SAG. Como produtos têm-se águas com diversas condições de mistura (LISBOA E MENEGOTTO, 1997), (PORTELA FILHO et al, 2002), (MACHADO, 2005).

Registram-se, nas águas do aquífero Serra Geral, alguns casos de ocorrência de íon fluoreto em concentrações elevadas, a exemplo de Itambaracá, no norte do Estado, o que impede o aproveitamento do aquífero para abastecimento público (PINESE et al. 2001).

Nos poços estudados em Ibiporã (Figura 21), o teor médio de F foi de 0,09 mg/L, sendo que houve variação de 0,02 a 0,43 mg/L, destacando as máximas nos poços 25, 26 e 27 do SASG, como já citados.

**Figura 21** – Teores de flúor no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )**

Por ser bastante solúvel, o nitrato é dissolvido e transportado para as águas subterrâneas por ação da água da chuva. Essa situação é bastante comum em regiões que utilizam águas subterrâneas para abastecimento (ESTEVES, 1998).

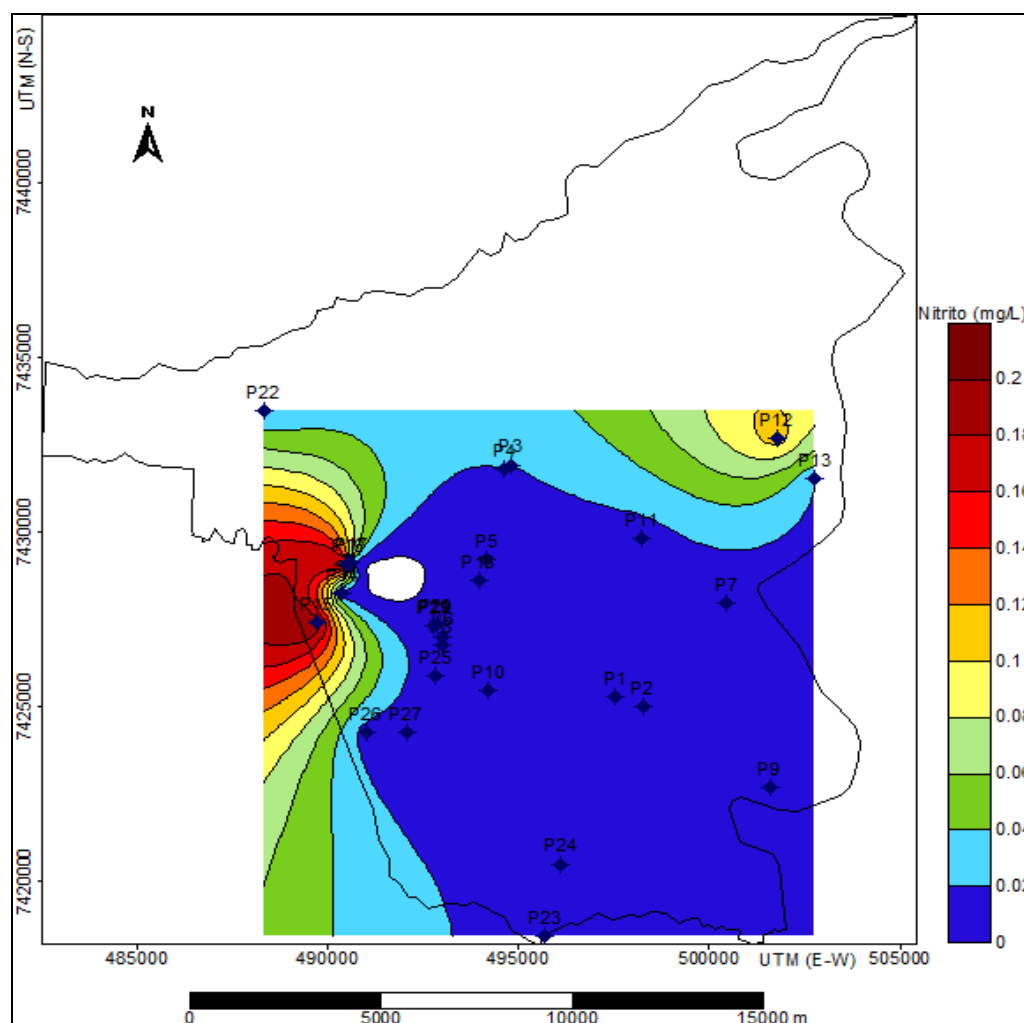
A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece como limite aceitável de padrão de potabilidade, o valor máximo de 10 mg/L. Observa-se através da tabela 4 que apenas o poço 15 (2,4 mg/L) apresentou concentração de nitrato estando com valor bem abaixo do permitido. Como todos os outros poços estavam abaixo do limite de detecção do aparelho ICP – AES, não foi possível elaborar um mapa de identificação dos teores.

- **Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )**

O nitrito e o nitrato têm sido considerados contaminantes ambientais de larga escala. O conhecimento dos teores dos íons  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NO}_2^-$  tem despertado grande interesse na sociedade, uma vez que a grande concentração tem causado problemas ao meio ambiente e a saúde humana (MELLO, 1999).

Os limites estão definidos pela Resolução CONAMA 396 (2008) e pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que estabelece que os valores máximos dos íons  $\text{NO}_2^-$  é de 1,00 mg/L para consumo. Nas amostras observadas na tabela 4, foi identificado uma máxima de 0,20 mg/L e a mínima de 0,01 mg/L, estando todas as amostras dentro do limite permitido (figura 22).

**Figura 22** – Teores de nitrito no SAG e SASG em Ibioporã-PR



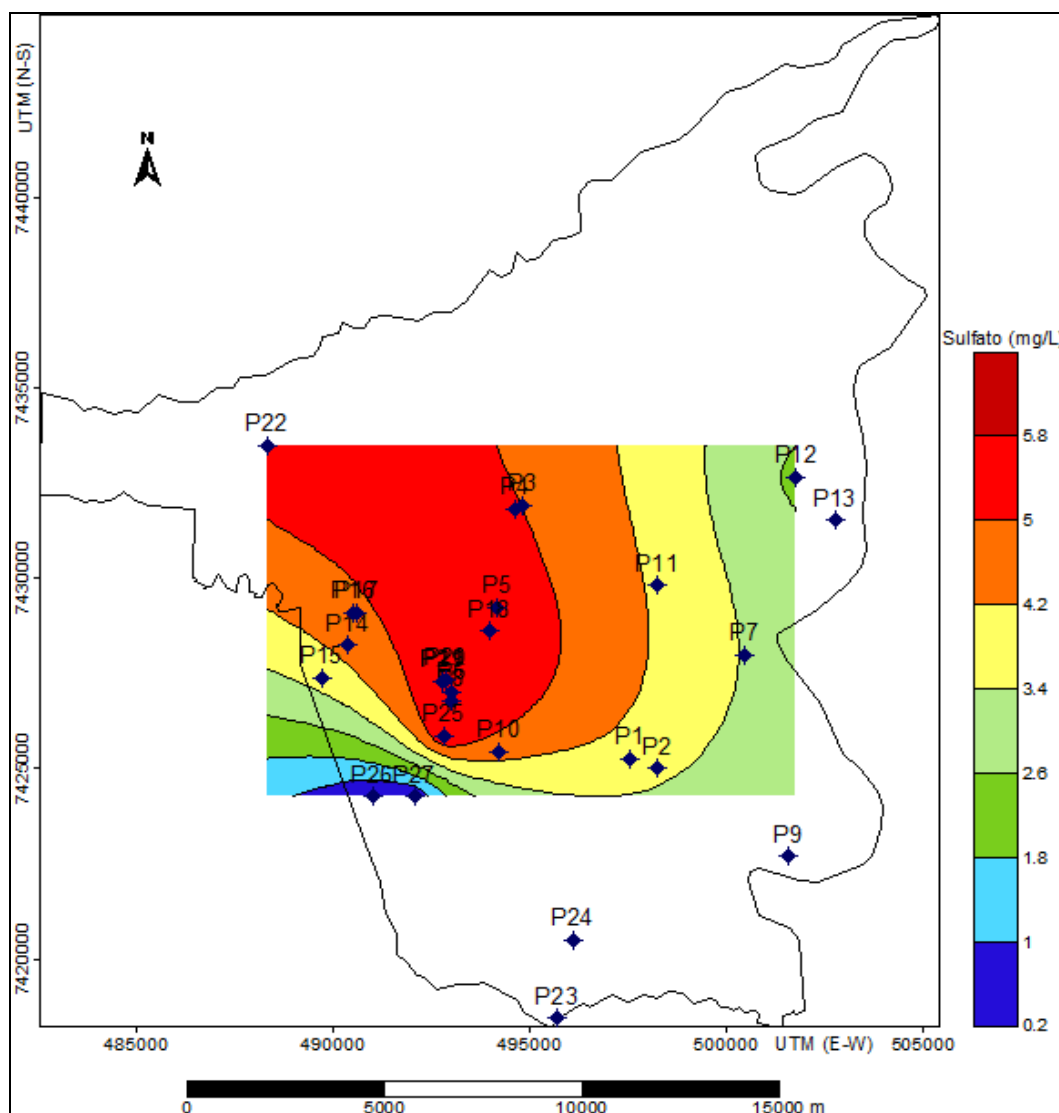
**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

• *Sulfato* ( $\text{SO}_4^2$ )

Nota-se concentrações de sulfato em apenas 7 poços dos 27 analisados (tabela 4), sendo que a máxima encontrada foi de 5,49 mg/L na área e a mínima de 0,29 mg/L, a média da área foi de 3,58 mg/L, estando bem abaixo do limite permitido pela legislação brasileira (figura 23). Como o mapa mostra, cerca de 80% das amostras estão abaixo do limite de detecção da técnica empregada, deixando uma lacuna em sua porção sul e leste.

As concentrações de sulfato além de 250 mg/L não são recomendadas para água de abastecimento público de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008).

**Figura 23** – Teores de sulfato no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

Os parâmetros de sódio, potássio, magnésio e cálcio foram dispostos e observados em uma tabela específica, sendo os mesmos cátions. A tabela 5 serviu de base de dados para a elaboração dos mapas da área estudada.

**Tabela 5** – Parâmetros químicos (cátions)

POÇOS	Sódio Na <sup>+</sup> VMP 200 mg/L	Potássio K <sup>+</sup> 20 mg/L	Magnésio Mg <sup>2+</sup> 10 mg/L	Cálcio Ca <sup>2+</sup> 500 mg/L
P1*	18,74	0,07	0,694	0,4
P2*	17,44	0,07	0,794	0,41
P3	1,12	ND	5,189	0,1
P4	7,65	ND	2,385	12,5
P5	10,67	ND	1,65	5,7
P6	5,04	ND	5,188	12
P7	9,36	ND	5,743	16,07
P8	3,33	ND	5,119	9,99
P9	7,85	ND	1,65	9,9
P10	3,39	ND	2,128	13
P11	4,94	ND	1,65	13,5
P12	15,59	ND	2,128	13
P13	7,05	ND	5,743	9
P14	8,06	ND	1,742	16,2
P15	14,06	ND	1,742	1,5
P16	7,12	ND	1,449	16,5
P17	10,87	ND	2,128	21,28
P18	13,73	ND	0,144	6
P19	5,97	ND	1,781	20,1
P20	5,97	ND	1,781	20,1
P21	2,13	ND	1,781	2,8
P22	3,13	ND	0,144	12,4
P23	10,77	ND	0,511	7,3
P24	7,75	ND	1,781	23,9
P25	13,58	ND	0,814	1
P26	8,66	ND	0,814	0,8
P27	18,2	ND	1,449	1,3

\* Poços do SAG

VMP - Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria 2914/2011

ND– abaixo do limite de detecção do aparelho

**Fonte:** Laboratório multiusuário da Universidade Estadual de Londrina (UEL) E SEBRAQ (Serviço Brasileiro de Análises Químicas); Elaboração: CORCÓVIA, J.A (2013)

- **Cálcio (Ca<sup>2+</sup>)**

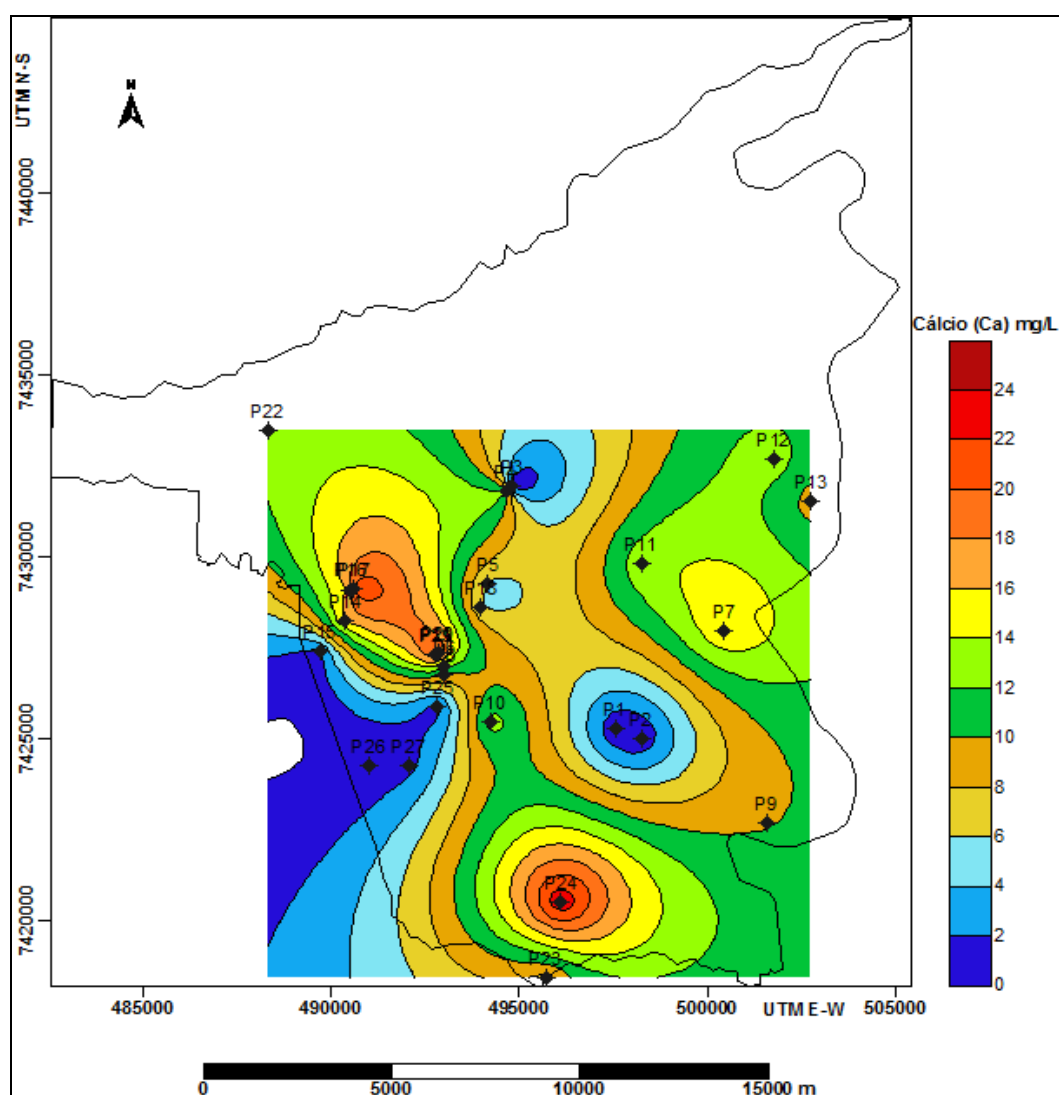
Na área de estudo, os níveis de cálcio encontrado foi de valor máximo de 23,90 mg/L (P 24) e mínimo de 0,40 mg/L (P 1 e P2 pertencentes ao SAG). A Portaria 2914/2011 e Resolução CONAMA 396/2008 não estabelece parâmetros de cálcio para águas subterrâneas. A figura 24 mostra as variações das concentrações de cálcio em todas as

amostras. Evidenciando maior concentração nos poços do SASG. Esses teores são encontrados na tabela 5.

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros (FORD, 1982).

A presença significativa de teores de cálcio na área de estudo pode estar relacionada, na sua maioria, aos basaltos da Formação Serra Geral, pois em “rochas ígneas básicas o cálcio aparece como constituinte essencial dos silicatos, especialmente no grupo dos plagioclásios” (MOCELLIN e FERREIRA, 2009, p. 575). Cabe frisar que o cálcio é benéfico para a saúde humana, pois mantém os ossos saudáveis, além de ajudar a controlar as contrações musculares e ajudar na coagulação sanguínea.

**Figura 24** – Teores de cálcio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Magnésio ( $Mg^{2+}$ )**

Na tabela 5 e figura 25 evidencia-se um padrão de normalidade de acordo com a legislação vigente, sendo a máxima encontrada no P7 e P13 (teores acima de 5,4 mg/L) e a mínima de 0,69 no P1 do SAG.

Nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 mg/L a 40 mg/L (Brasil, 2008). O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas.

Os níveis do Mg na área de estudo, são identificados em concentrações médias de 1,74 mg/L, com máxima de 5,74 mg/L e mínima de 0,14 mg/L, sendo o desvio padrão de 2,84 mg/L. Portanto, o grau de dispersão dos valores de Mg, em relação a média da área de estudo, não está acima dos níveis permitidos (10 mg/L) e tolerados pela legislação (BRASIL, 2008).

Para estes dados, de acordo com Hindi (2007), este íon é, sobretudo, proveniente dos ferromagnesianos do basalto; acredita-se ser exceção a proveniência de outras fontes.

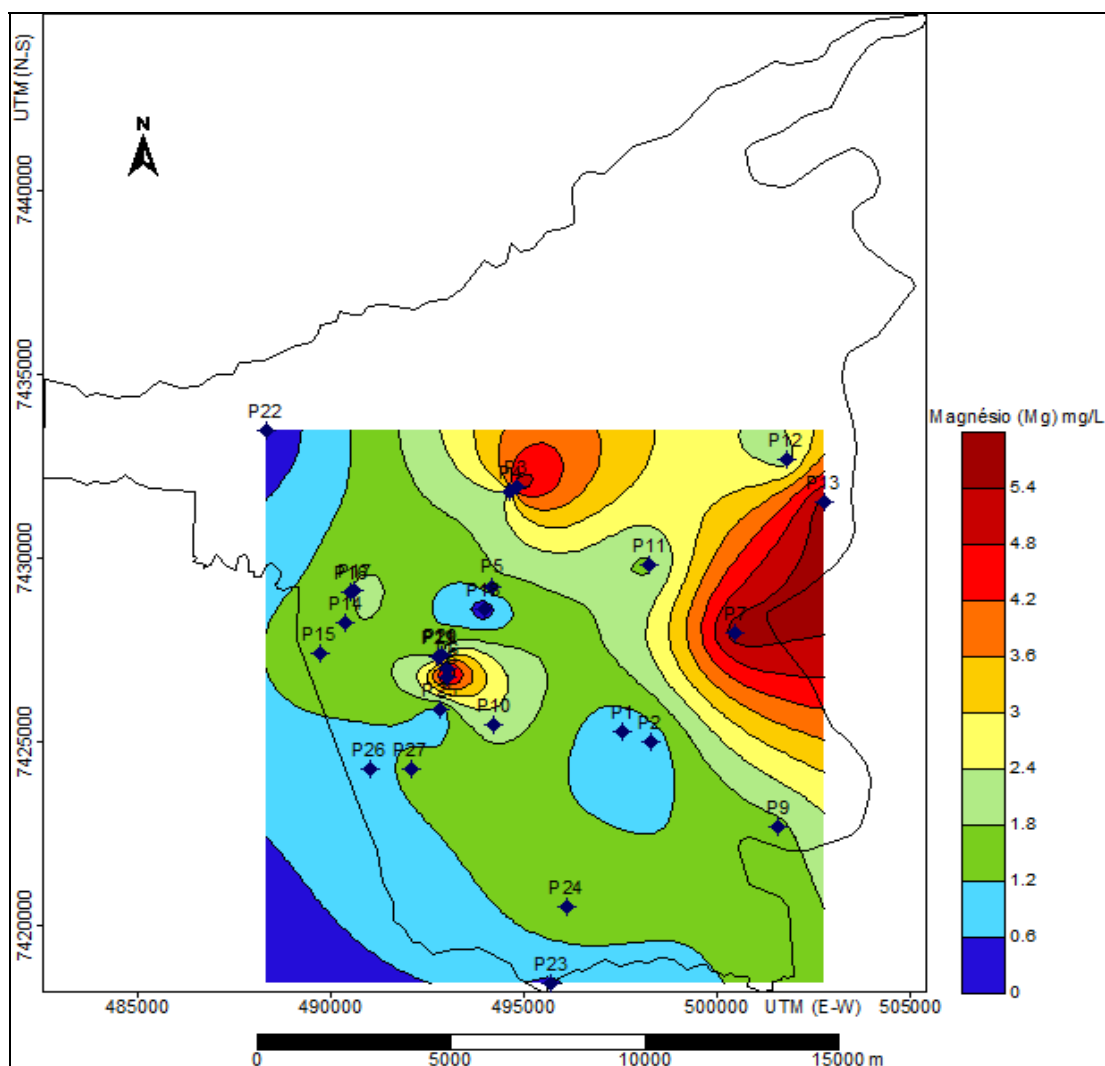
Apresentam-se nos poços 3 ao 19, 21, 24 e 27 (SASG), com destaque para os elevados níveis dos poços 7 e 13 (5,743 mg/L), sendo caracterizados como anomalias hidroquímicas positivas (GOVETT, 1983 In LICHT, 1998; BRANCO, 1999).

Acredita-se que a estrutura confinada do aquífero SAG seja responsável pelos baixos teores do Mg nos poços 1 e 2. A quantidade observada nas amostras é proveniente dos tipos de rochas pelas quais a água percolou no espaço de tempo em que ficou depositada no subsolo.

Os agentes responsáveis pelos teores altos de Mg nos poços citados (tabela 5) , provavelmente estão relacionados com suas fraturas, pois esses poços citados são do SASG, que apresenta fraturas. As atividades industriais e comerciais do local podem estar influenciando esses poços, de acordo com estudos realizados em poços de São Paulo (CETESB, 2001).

Os destaques são para o poço 7, local de instalação de uma indústria de biodiesel, e para o poço 13, local onde funcionava uma granja que hoje se encontra desativada.

**Figura 25** – Teores de magnésio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Potássio ( $K^+$ )**

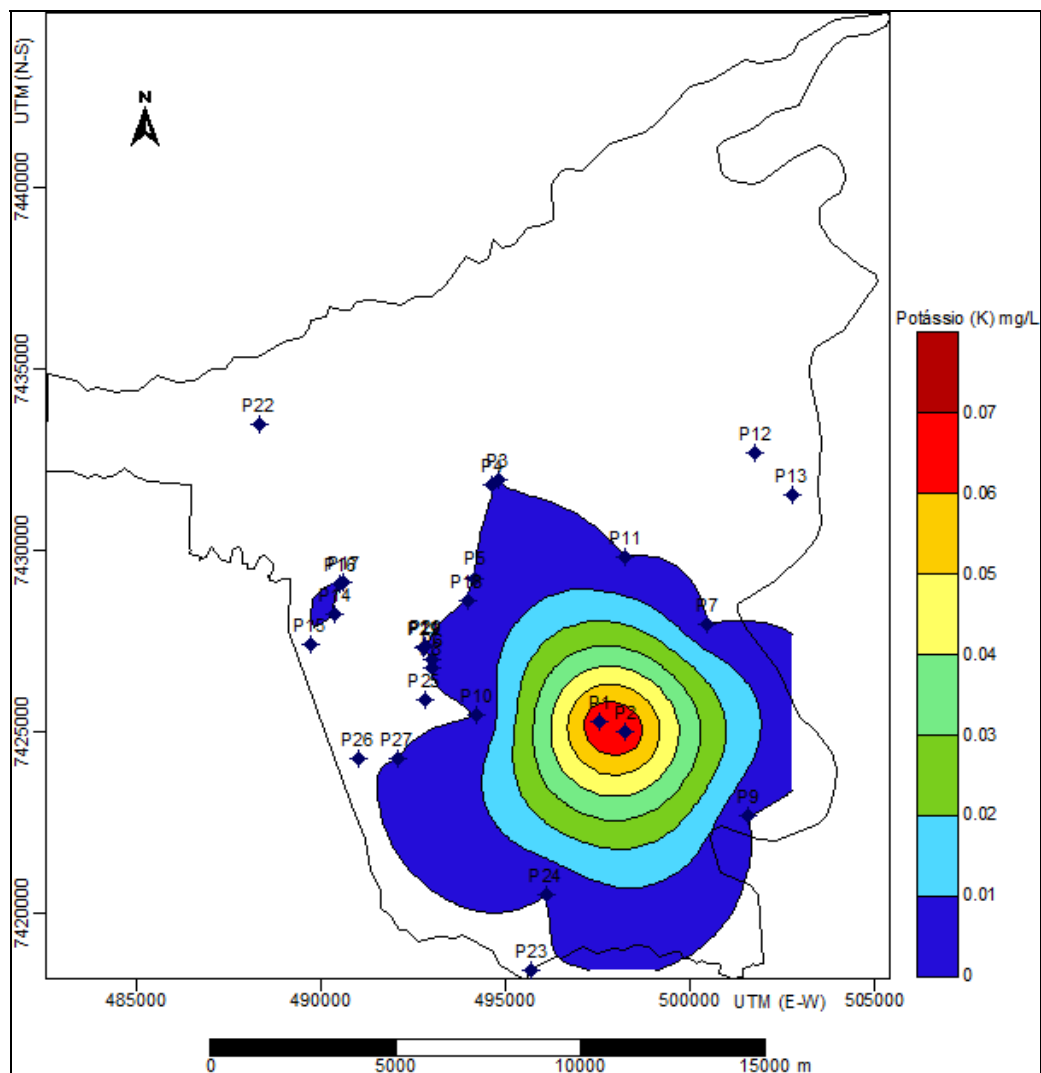
O potássio nunca é encontrado livre na natureza. É um dos metais mais reativos e eletropositivos e, depois do lítio, é o metal mais leve que se conhece.

Em ocorrência natural, o potássio é o sexto elemento mais abundante da crosta, tendo amplo uso na produção de fertilizantes agrícolas, sendo também utilizado para a produção de sal sem sódio para aplicações terapêuticas (PIRES, 2008).

A figura 26 mostra a distribuição das concentrações de potássio em todas as amostras analisadas. O valor máximo obtido foi de 0,07 mg/L poços do SAG (P1 e P2) e nos outros poços a metodologia de análise química não conseguiu detectá-lo. Isso ocasionou partes em branco no mapa. A Portaria 2914/2011, bem como a Resolução

CONAMA 396/2008, não estabelece um limite máximo ou mínimo de potássio para o consumo humano.

**Figura 26** – Teores de potássio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

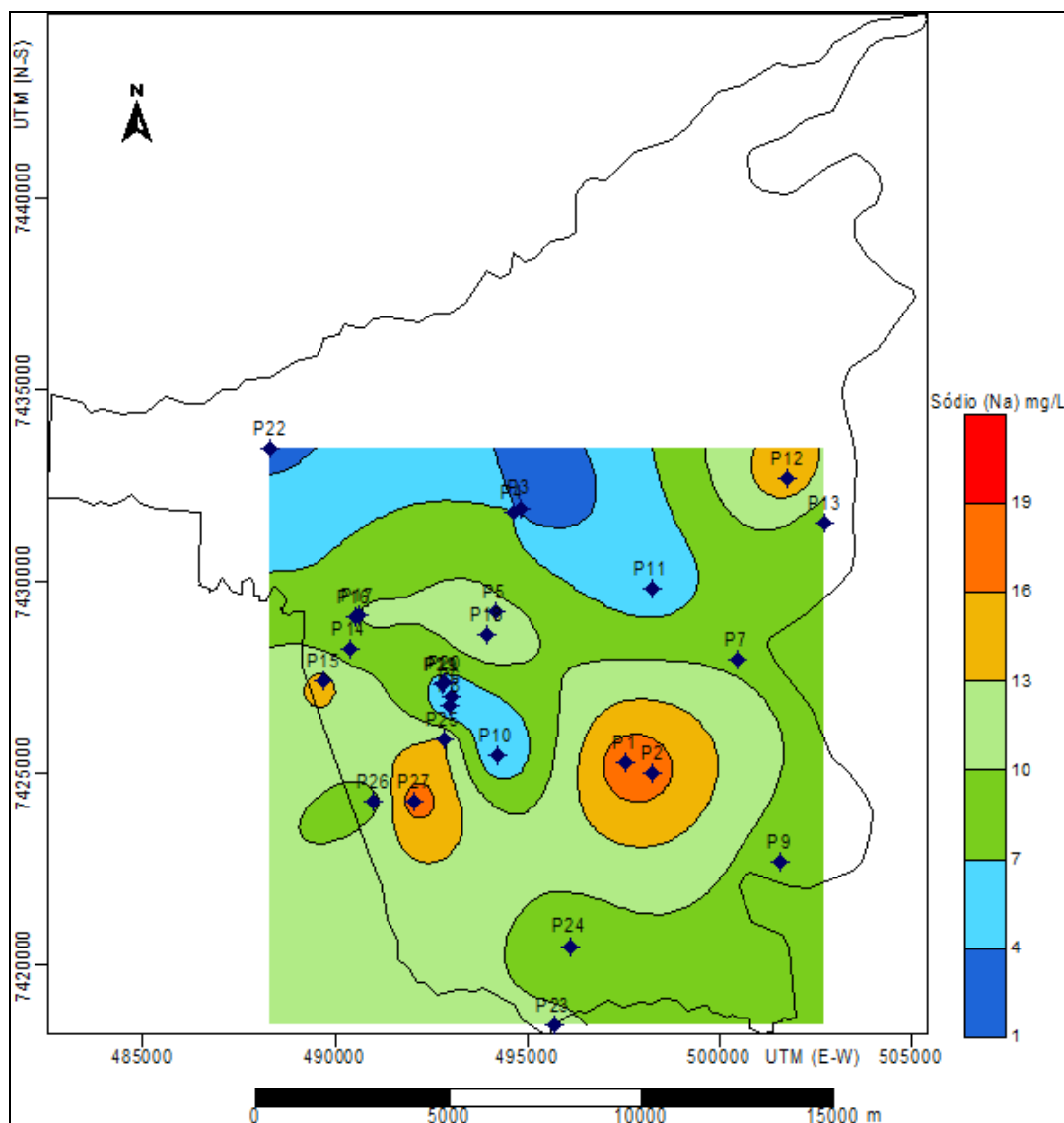
- **Sódio ( $Na^+$ )**

Segundo a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), o máximo de sódio permitido em água para consumo humano é de 200 mg/L. Os valores encontrados em todas as amostras estão bem abaixo dos valores encontrados em águas naturais. Pode-se observar, na tabela 5 e figura 27, que todas as amostras estão dentro do limite permitido.

A mínima encontrada foi no P3 (1,12 mg/L), do SASG, e a máxima no P1 (18,74 mg/L), do SAG. A média foi de 8,6 mg/L.

A ingestão por via oral de 12 g/kg de NaCl é tóxica para os seres humanos, conforme Mineropar (2001). O sódio é um elemento essencial à vida e não possui restrição quanto aos teores máximos em água. Entretanto, pessoas hipertensas devem ter uma dieta balanceada de sais, principalmente sódio e potássio (PIRES, 2005).

**Figura 27** – Teores de sódio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

Para análise dos parâmetros de alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobalto, cobre, chumbo, cromo, estrôncio, ferro, manganês, níquel, selênio, titânio e zinco foi

elaborada a tabela 6, pois se trata de elementos traços, sendo esses elementos separados das outras análises, para compor um panorama geral da pesquisa.

Tabela 6 – Parâmetros químicos (elementos traços)

POÇOS	Alumínio* Al <sup>3+</sup> VMP 0,1 mg/L	Arsênio* As 0,01 mg/L	Bário* Ba <sup>2+</sup> 0,7 mg/L	Cádmio* Cd <sup>2+</sup> 0,001 mg/L	Cobalto* Co <sup>2+</sup> 0,02 mg/L	Cobre* Cu <sup>+</sup> 0,009 mg/L	Chumbo* Pb <sup>2+</sup> 0,01 mg/L	Cromo* Cr <sup>2+</sup> 0,05 mg/L	Estrôncio** Sr <sup>2+</sup> 0,020/0 ,375 mg/L	Ferro* Fe <sup>2+</sup> 0,3mg/ L	Manganes* Mn <sup>2+</sup> 0,1 mg/L	Níquel* Ni <sup>2+</sup> 0,025 mg/L	Selênio* Se 0,01 mg/L	Titânio** Ti <sup>2+</sup> 0,005 mg/L	Zinco* Zn <sup>2+</sup> 0,18 mg/L
P1 +	0,02131	0,00078 1	0,00274 75	0,00057 19	0,00007 46	ND	0,00513 58	0,0018	0,04271 1	0,0021	0,00029 4	0,0002	0,000404	0,0027242	0,00736
P2 +	0,02032	0,00078 2	0,00274 95	0,00057 13	0,00007 85	ND	0,00539 24	0,0023	0,04292 1	0,0026	0,00029 1	0,00020 2	0,000503	0,0027242	0,00756
P3	0,00095	0,00019 9	0,02562 25	0,00009 22	0,00006 97	0,00629 03	0,00093 92	0,0024	0,01687 4	0,0024	0,00025 9	0,00053 86	0,000636	0,002605	0,01677
P4	0,0018	0,00031 3	0,00002 74	0,00005 043	0,00004 78	ND	0,00057 2	0,001	0,00637 9	0,0018	0,00013 6	0,00037 7	0,009454	0,0027752	0,00978
P5	0,00443	0,00028 2	0,00061 78	0,00002 452	0,00001 85	ND	0,00029 09	0,0026	0,00658 8	0,0017	0,00021 7	0,00020 13	0,000638	0,002934	0,01254
P6	0,00131	0,00025 4	0,00057 03	0,00003 356	0,00006 1	ND	0,00034 16	0,0019	0,08387 0,0019	ND	0,00041 9	0,00070 93	0,002302	0,0040581	0,00532
P7	0,00289	0,00025 6	0,00288 43	0,00001 767	0,00010 33	0,00171 32	0,00024 65	0,0011	0,03406 0,0011	ND	0,00659 5	0,00107 23	0,001264	0,0047002	0,05455
P8	0,00254	0,00023 6	0,00506 84	ND	0,00003 0,00003	39	0,00015 46	0,0019	0,06016 8	0,0032	0,00031 5	0,00055 89	0,000885	0,0030369	0,01195
P9	0,00094	0,00021 9	0,00038 66	0,00007 34	0,00004 56	0,00052 15	0,00017 99	0,0031	0,06452 5	0,0022	0,00048 7	0,00070 13	0,000746	0,0041588	0,05741
P10	0,00094	0,00026 9	0,00038 66	ND	0,00004 56	0,00280 51	0,00019 48	0,0013	0,06452 5	ND	0,00048 7	0,00080 16	0,001116	0,0041588	0,05741
P11	0,00419	0,00031 9	0,00366 84	ND	0,00006 47	ND	0,00019 48	0,0038	0,01603 5	ND	0,00049 3	0,00080 16	0,001116	0,0049213	0,03492
P12	0,00278	0,00031 9	0,00091 66	ND	0,00002 38	0,00204 92	0,00016 3	0,0022	0,04318 7	ND	0,00203 2	0,00064 14	0,000577	0,0038934	0,00621
P13	0,00283	0,00028 8	0,01167 19	0,00004 85	0,00004 22	0,00048 7	0,00016 08	0,0017	0,01766 9	0,0035	0,00066 0,00066	0,00075 03	0,00172	0,0044203	0,01095
P14	0,0023	0,00025 4	0,00017 11	ND	0,00004 79	0,00104 37	0,00028 27	0,0023	0,01831 8	0,0031	0,00029 2	0,00070 58	0,001372	0,0036597	0,13761
P15	0,00248	0,00023 2	0,00069 85	ND	0,00004 61	0,00176 36	0,00027 17	0,0021	0,02769 8	0,0023	0,00026 6	0,00091 72	0,001087	0,003811	0,12126

P16	0,00248	0,00025	0,00069	ND	0,00004	4,112E-	0,00014	0,02769	0,00026	0,00033	0,000553	0,003811	0,12126
		2	85		61	05	98	8	6	7			
P17	0,00276	0,00042	0,00149	ND	0,00009	0,00062	0,00014	0,01506	0,00035	0,00067	0,004469	0,003768	0,01635
		1	36		44	42	98	1	8	61			
P18	0,00383	0,00015	0,00074	ND	0,00001	0,00607	0,00016	0,06036	0,00050	0,00125	0,00079	0,0038238	0,04408
		2	71		9	21	03	5	6	39			
P19	0,00151	0,00071		ND	0,00003	0,00624	0,00015	0,04266	0,00057	0,00060	0,00068	0,0039028	0,05917
		0,00012	31		64	1	54	2	1	61			
P20	0,00151	0,00016	0,00071	ND	0,00003	0,00624	0,00016	0,04266	0,00057	0,00060	0,00069	0,0039028	0,05917
		2	31		64	1	09	2	1	61			
P21	0,00215	0,00024		ND	0,00003	0,00035	0,00016	0,07982	0,00098	0,00095	0,002361	0,0033569	0,02643
		6			09	66	58	9	8	45			
P22	0,00272	0,00028	0,00387	ND	0,00003	0,00272	0,00014	0,01881	0,00133	0,00019	0,002361	0,0044732	0,02353
		9	51		82	38	39	2	1	79			
P23	0,00208	0,00028	0,00156	ND	0,00003	0,00068	0,00014	0,06153	0,00018	0,00061	0,000806	0,0036452	0,02392
		9	11		51	41	39	5	2	66			
P24	0,00426	0,00029	0,00396	ND	0,00004	0,00068	0,00014	0,06153	0,00027	0,00140	0,004865	0,0041919	0,01418
		6	57		98	41	17	5	8	75			
P25	0,00294	0,00029	0,00049	0,00000	0,00000	0,00272	0,00012	0,00804	0,00016	0,00095	0,000806	0,0042552	0,00679
		6	69	5	4	38	86	3	9	45			
P26	0,00425	0,00020	0,00044	0,00005	0,00000	0,00083	0,00015	0,00484	0,00026	0,00061	0,000569	0,0027385	0,00679
		5	5	567	18	27	68	6	2	66			
P27	0,00594	0,00032	0,00271	ND	0,00000	0,00144	0,00014	0,00798	0,00031	0,00140	0,000734	0,0040597	0,01995
		7	89		6	32	08	3	5	75			

+ POÇOS DO SAG \*VMP – VALOR MÁXIMO PERMITIDO PELA RES. CONAMA 396/2008 \*\*VMP - VALOR MÁXIMO PERMITIDO PELA PORTARIA MS. 2914/2011 ND – ABAIXO DO LIMITE DE DETECÇÃO DO APARELHO

**Fonte:** Laboratório multiusuário da Universidade Estadual de Londrina (UEL) E SEBRAQ (Serviço Brasileiro De Análises Químicas); Elaboração: CORCÓVIA, J.A (2013)

- **Alumínio ( $Al^{3+}$ )**

O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. A presença de chuvas ácidas pode provocar a lixiviação do alumínio do solo, levando-o para a água subterrânea tornando-a inviável para o consumo (SHINZATO, 1997). A presença de alumínio em água subterrânea não pode estar acima de 0,1 mg/L (BRASIL, 2008). De acordo com os dados da tabela 6 e figura 28, nenhuma amostra analisada encontra-se fora do limite permitido pela legislação vigente.

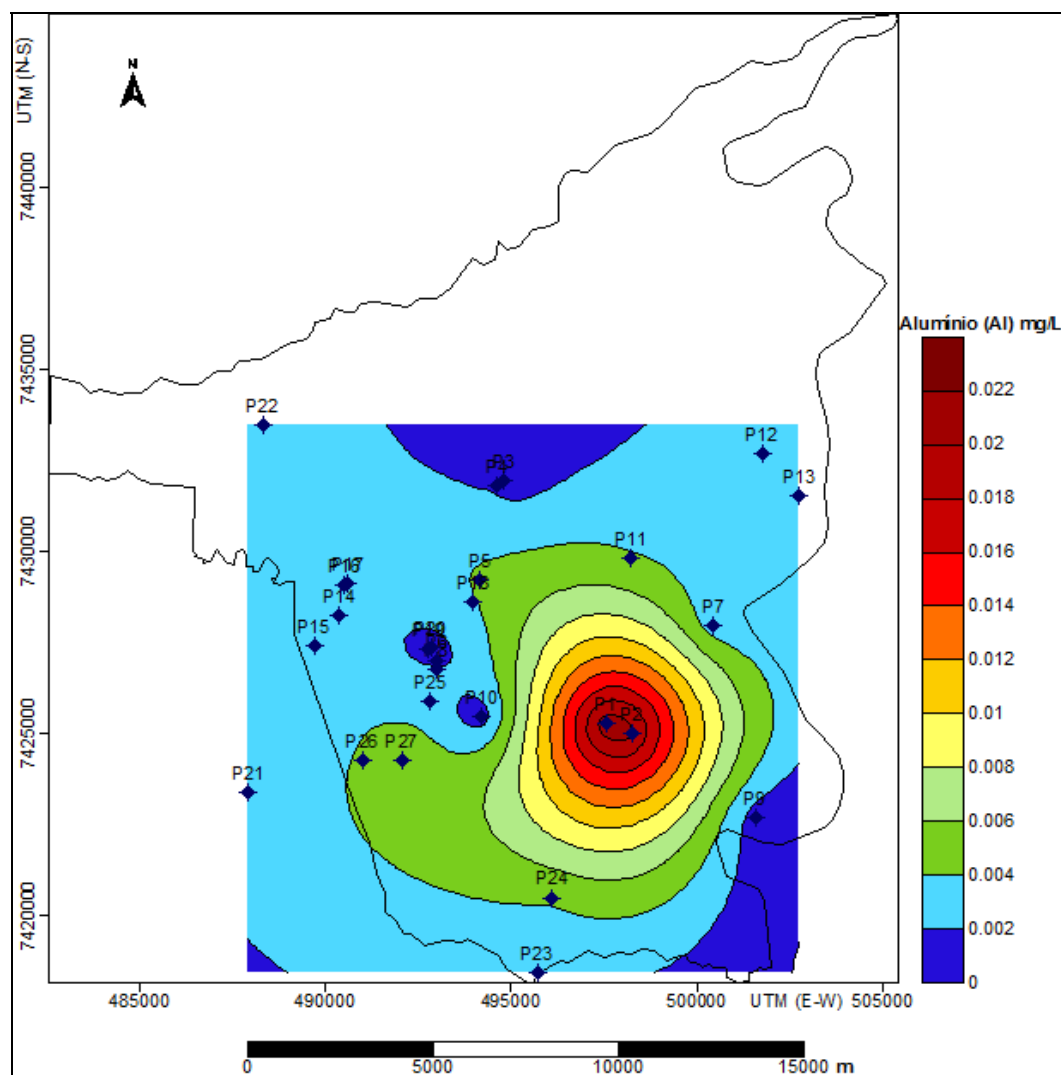
Os níveis de Al na área de estudo apresentam concentração média de 0,002 mg/L, com máxima de 0,004 mg/L e mínima de 0,0009 mg/L: são valores abaixo do limite permitido pela legislação vigente, mas que demonstram um certo predomínio de anomalias negativas nos poços 19, 20, 23, 24 e 25.

Acredita-se que as anomalias negativas especialmente desses poços, sendo do SASG, seja devido ao seu fraturamento. São poços que estão em áreas de atividades rurais e áreas de atividades com pastagens. As concentrações de alumínio estariam relacionadas à calagem do solo para correção de sua acidez, e o calcário pode neutralizar os teores de alumínio trocáveis (EMBRAPA, 1999; LARACH et al, 1984).

Uma hipótese provável de estes poços apresentarem uma discrepância em relação aos outros poços estudados seria que, na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0, e esses poços possuem pH baixo.

O aumento da concentração de alumínio está associado ao período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Verifica-se que as anomalias positivas dos poços 1 e 2 estejam relacionadas à pouca mobilidade do Al para o pH que é elevado, acima do 7,5 indicando nestes meios neutros a levemente alcalinos.

**Figura 28** – Teores de alumínio no SAG e SASG em Ibioporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

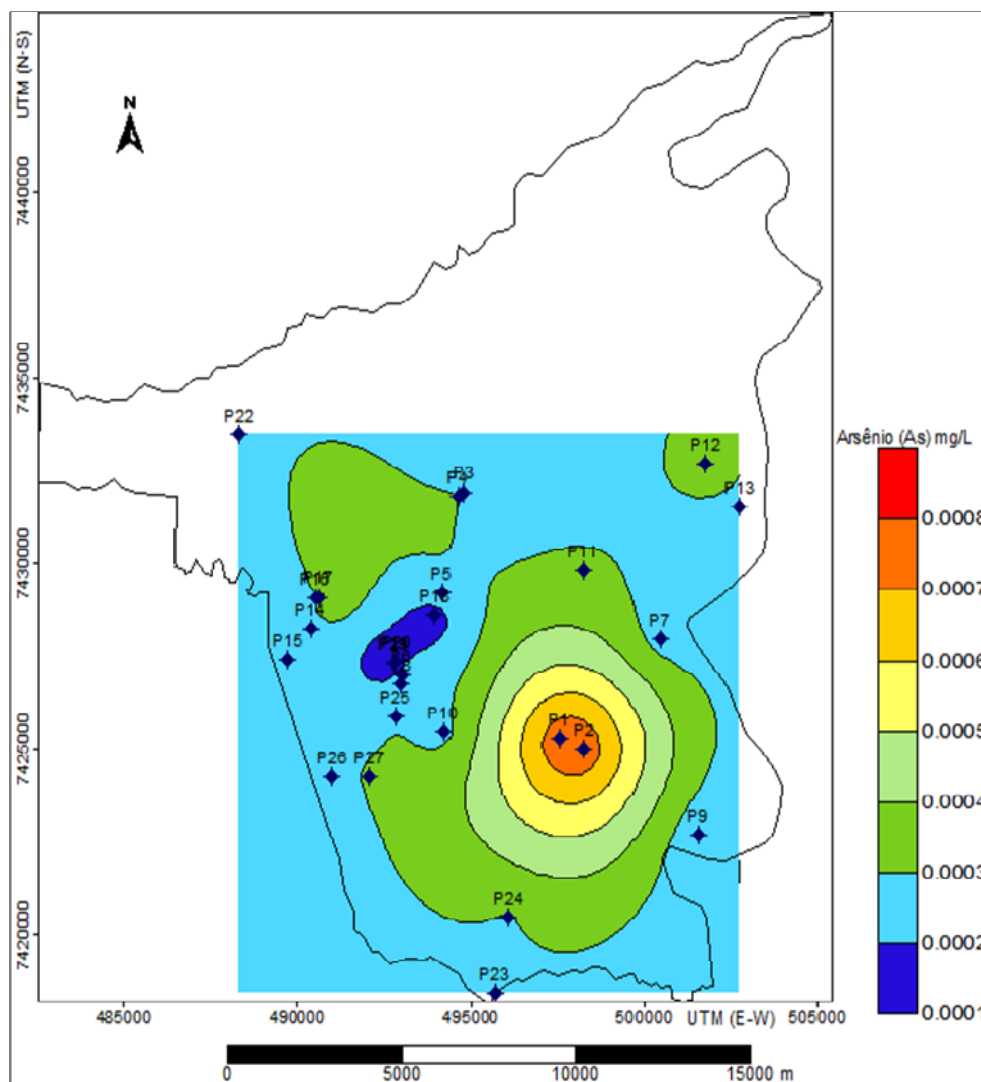
- **Arsênio (As)**

A presença de arsênio nas águas subterrâneas deve-se, fundamentalmente, a fontes difusas naturais resultantes da interação água/rocha (ou solo), responsável pela dissolução dos compostos de arsênio, adsorvidos no minério de pirita, e dependente de fatores biogeoquímicos, geotermiais ou geo-hidrológicos (ÁVILA, 2006).

De acordo com a tabela 6 e figura 29, não foram identificados padrões anômalos nas amostras, evidenciando que essas águas não sofreram contaminação, sendo a máxima encontrada nos poços de captação (P1 e P2) do SAMAE, com limites superiores a 0,0078 mg/L. A mínima encontra-se no P19 (0,00012 mg/L), do SASG. A média da área é de

0,00028mg/L. De acordo com Resolução CONAMA 396 (2008) o limite máximo permitido é de 0,01 mg/L.

**Figura 29** – Teores de arsênio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

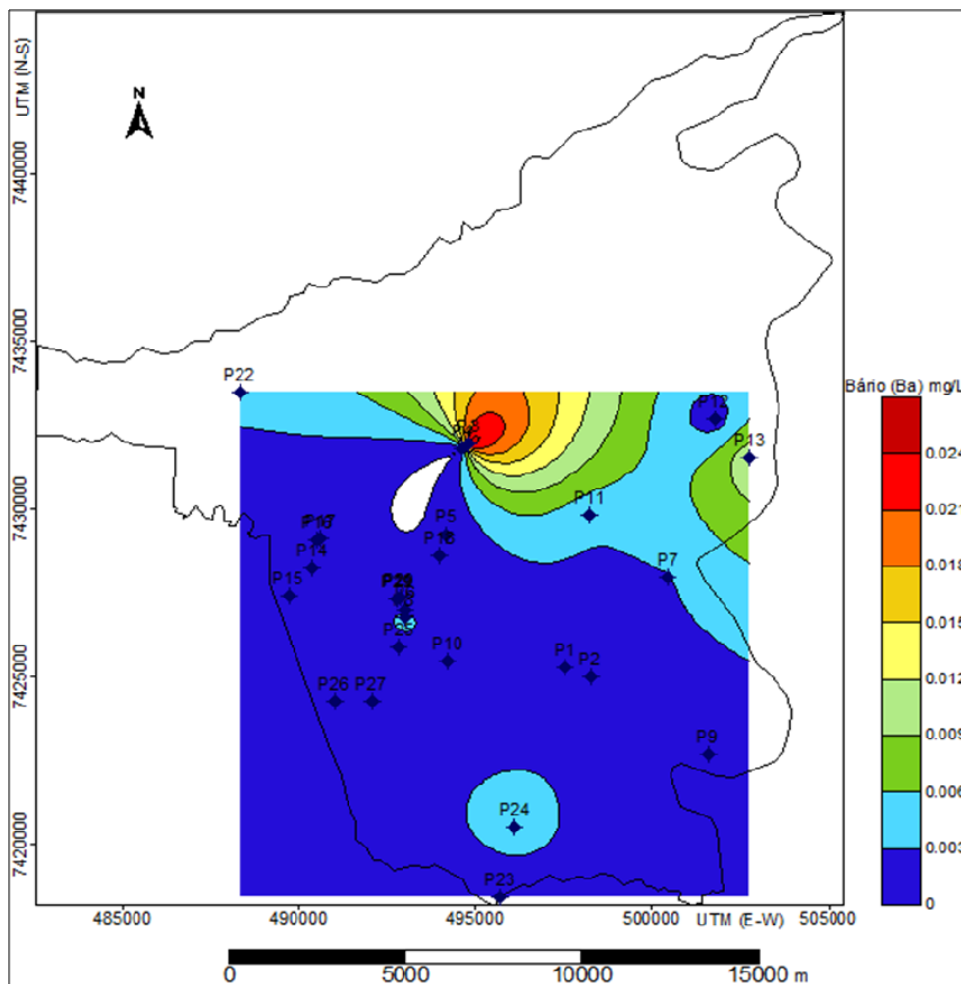
- **Bário ( $Ba^{2+}$ )**

Ocorre naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais, geralmente em concentrações entre 0,7 e 900 mg/L. De acordo com a Resolução CONAMA 396 (2008), o valor máximo permitido de bário na água potável é de 0,7 mg/L.

Nas amostras analisadas, os limites não excederam o permitido, sendo a máxima encontrada no poço P3 (0,0256225 mg/L) e a mínima no poço P4 de 0,00002 mg/L como demonstrado na figura 30. A média ficou em 0,0009 mg/L. Em relação à média,

exceção feita ao P3 do SASG, os poços do SAG (1 e 2) apresentaram concentração maior desse elemento em relação à área como um todo.

**Figura 30** – Teores de bário no SAG e SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Cádmio ( $Cd^{2+}$ )**

Está presente em águas doces em concentrações traço, geralmente inferior a 0,001 mg/L (ELINDER, 1992). O cádmio pode ser conduzido à solubilização graças à ação do intemperismo (MCCOMISH & ONG, 1988).

O nível de cádmio na água está inversamente relacionado ao pH e a concentração de matéria orgânica (CALLAHAN et al., 1979). É um metal que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O padrão de potabilidade fixado pela portaria 2914/2011 é de 0,001 mg/L (CETESB, 2009). Na pesquisa, os resultados obtidos encontram-se dentro dos valores permitidos.

Os limites analisados para este parâmetro na área de estudo são extremamente baixos (tabela 6). Alguns poços nem puderam ser aferidos, por isso o programa Surfer não conseguiu reunir os dados para krigagem. Portanto não foi possível a construção de um mapa.

- **Cobalto ( $Co^{2+}$ )**

A abundância média de Co na crosta da Terra é de 29 ppm; em solos, é de 1,0 a 14 ppm; em córregos, é de 0,2 µg/L, e em águas subterrâneas, é de 1 a 10 µg/L (CETESB, 2009).

O Cobalto ocorre apenas em poucos minérios como sulfetos e arsenetos e também associado ao minério de níquel, sua principal fonte.

É amplamente utilizado em ligas de aços diversos, em galvanoplastia, em fertilizantes, rações animais, em porcelana e para dar coloração azul ao vidro.

A solubilidade de cobalto é controlada por co-precipitação ou adsorção por óxidos de manganês e ferro, por precipitação de carbonato, e pela formação de íons complexos.

Cobalto é considerado essencial para algas e algumas bactérias e também para animais e para o homem, que é um elemento formador da vitamina B12.

No Brasil, de acordo com Resolução CONAMA 396/2008, o máximo de cobalto para água potável é de 0,02 mg/L. Nas amostras coletadas do SAG e SASG em Ibiporã, os valores foram muito baixos, como demonstrado na tabela 6, por isso, não foi possível a elaboração de uma mapa no programa SURFER, devido a interpolação de dados pelo programa.

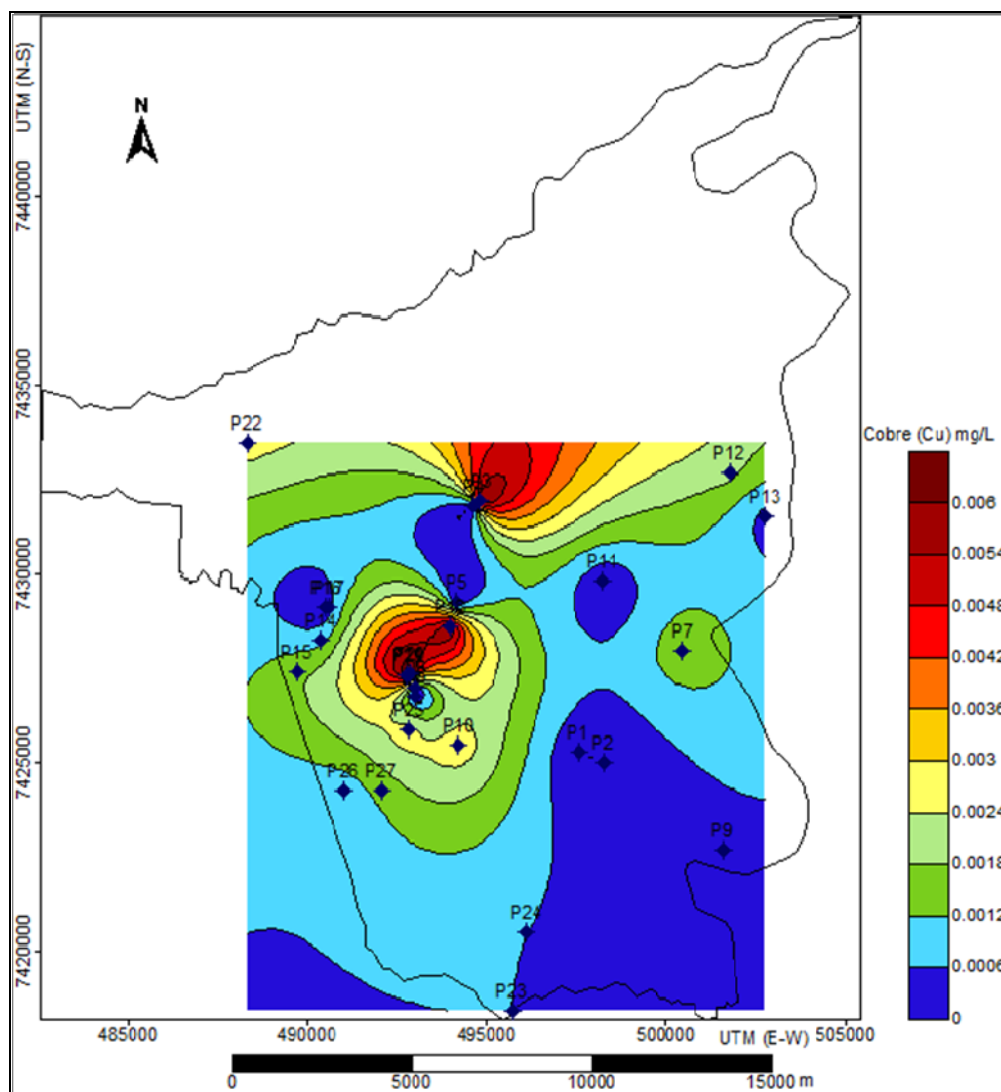
- **Cobre ( $Cu^{+}$ )**

O cobre é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais, são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/L e nas águas subterrâneas, são inferiores a 1µg/L.

A ingestão de altas doses pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão (CETESB, 2009).

Segundo a Resolução 396/2008 do CONAMA, o teor máximo permitido em águas de abastecimento público é 0,009 mg/L. Com base na tabela 6, nota-se que as concentrações de cobre estão abaixo do permitido para esse elemento (0,009 mg/L) pela legislação vigente, sendo que 6 poços estavam abaixo do limite de detecção do aparelho e a maior concentração está no P3, acima de 0,006 mg/L, a mínima de 0 e média de 0,00008 mg/L (Figura 31).

**Figura 31** – Teores de cobre no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Chumbo ( $Pb^{2+}$ )**

Em geral, o chumbo encontra-se na água sob a forma solúvel, suspenso e em baixas concentrações. Aparece na natureza principalmente como sulfato de chumbo,

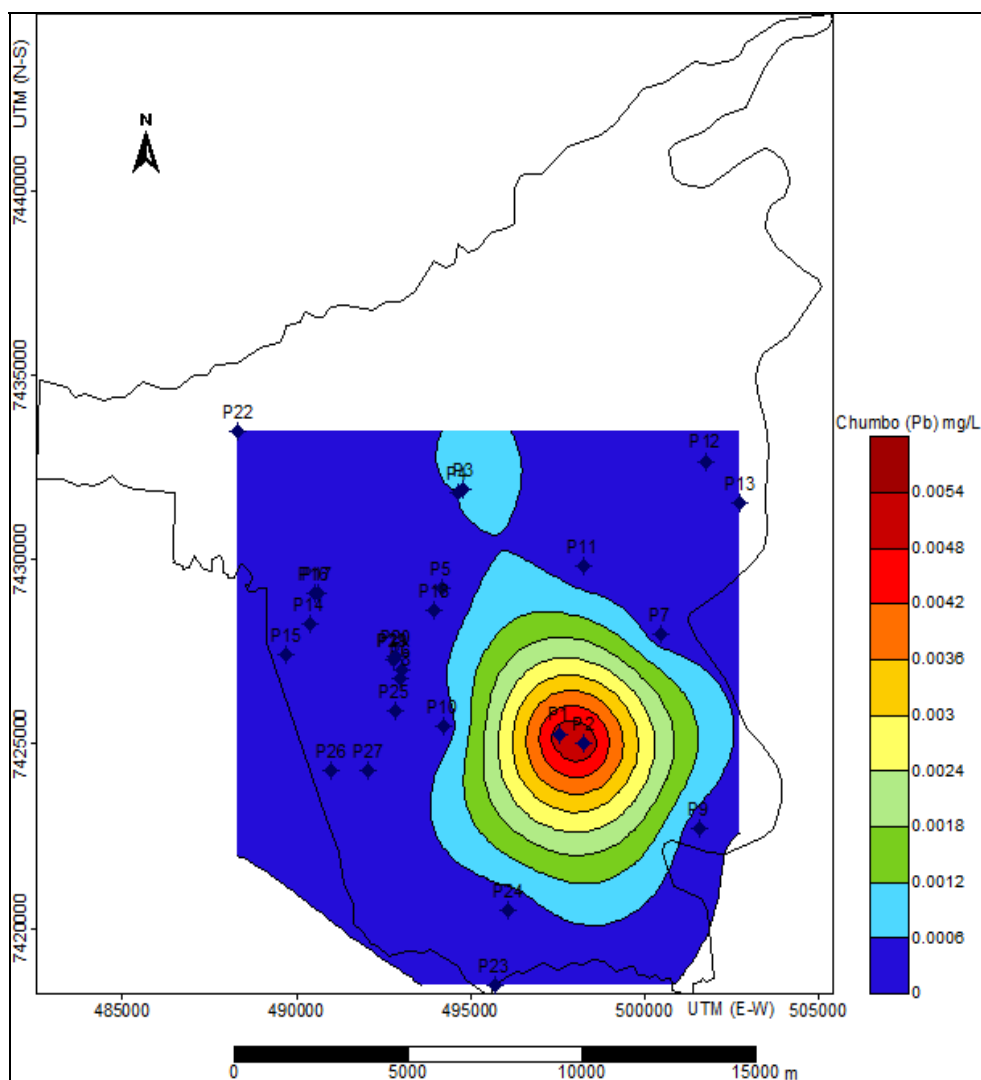
carbonato de chumbo, sulfeto de chumbo e clorofosfato de chumbo, tendo sua mobilidade afetada pelo pH, matéria orgânica, dureza, oxigênio dissolvido e presença de outros metais. Em pH de 4 a 6, complexos orgânicos contendo chumbo podem ser lixiviados (SMITH et. al., 1995). A solubilidade varia de 0,5 mg/L em águas moles e apenas 0,003 mg/L em águas duras. Para abastecimento público são recomendáveis concentrações máximas de 0,01 mg/L, como representado na tabela 6 (BRASIL, 2008).

A determinação de chumbo em águas subterrâneas e potáveis é de grande importância para estimar quais fontes podem expor a comunidade à contaminação por seus elementos traço. Na análise de água para determinação do teor de chumbo, a principal preocupação do analista é a determinação precisa deste elemento, em um grande número de amostras. A concentração de chumbo pode variar de níveis de traços a concentrações relativamente altas.

De acordo com a tabela 6 e figura 32, observa-se uma concentração dentro do limite permitido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, sendo a mínima encontrada no P25 (0,00001286). As máximas encontradas foram nos poços P1(0,0051 mg/L) e P2 (0,0053mg/L) pertencentes ao SAG, e a média de teor de Pb para área foi de 0,0016 mg/L. Estes valores não ultrapassaram o limite permitido para consumo humano, que é de 0,01 mg/L. Contudo, serve de alerta o futuro, visto que o P2 é fonte de abastecimento do município de Ibiporã.

O teor acima, verificado no P2, não infere sua contaminação, mesmo verificando-se a presença de uma indústria de reciclagem de tinner, próxima à localização do poço. Essa indústria faz despejos de rejeitos diretamente no rio Engenho de Ferro que passa próximo ao poço, mas devido o aquífero Guarani estar confinado a mais 490 metros de profundidade pode não estar afetado pela contaminação antrópica, devido sua profundidade. No entanto não foi possível detectar qual o motivo do aumento deste parâmetro na área.

**Figura 32** – Teores de chumbo no SAG e SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Cromo ( $Cr^{2+}$ )**

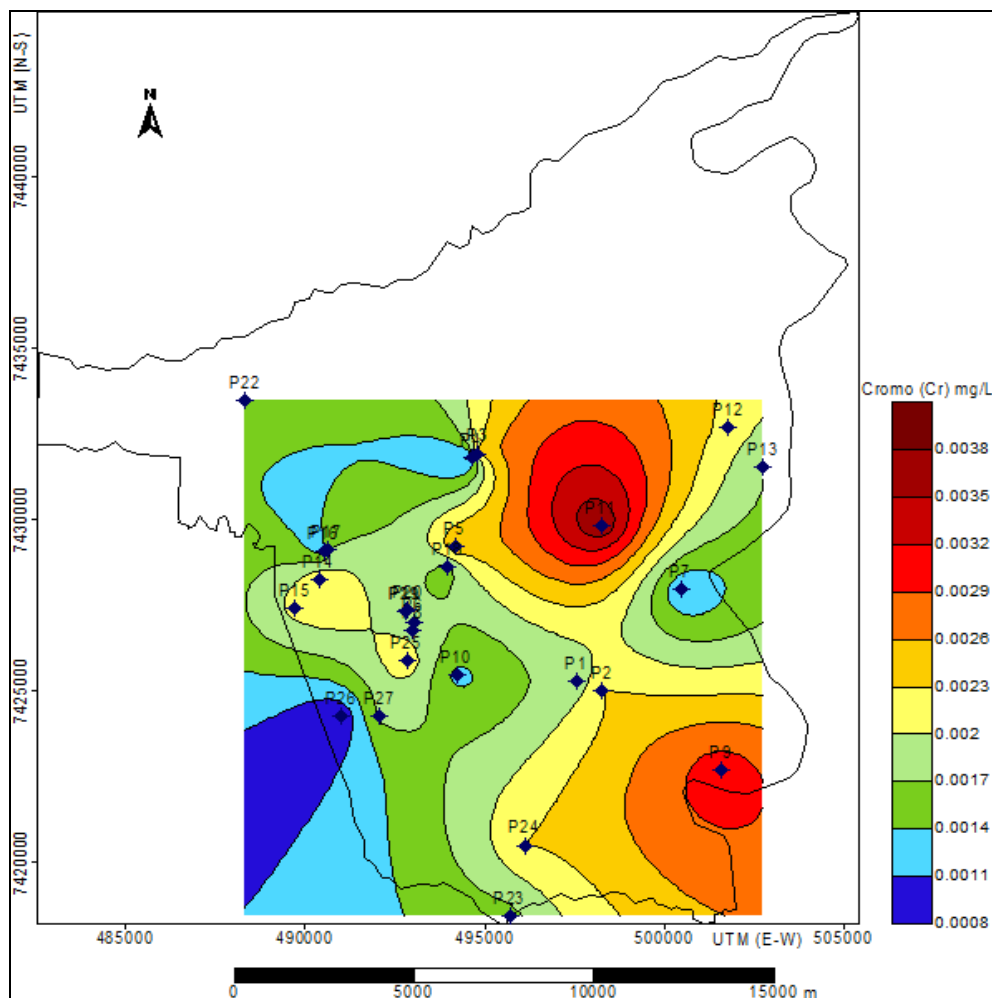
A presença de cromo nas águas subterrâneas está normalmente associada à contaminação de origem antrópica.

Águas naturais podem contê-lo somente como elemento traço. Porém, na região de Urânia foram desenvolvidos estudos sobre a presença de cromo nas águas subterrâneas e constatou-se, que a ocorrência deste elemento é natural (HIRATA e RODOLFI, 1993; HIRATA et al., 1994).

Nas amostras dos poços estudados no município de Ibiporã (figura 33), os valores encontrados estão nos limites permitidos pela legislação vigente que é de 0,05 mg/L,

sendo a mínima no P26 (0.0008 mg/L), a máxima no P9 e P11(0,0038 mg/L), possuindo uma média de 0,0018 mg/L. Ressaltando que, nos poços do SASG, os valores são mais elevados.

**Figura 33** – Teores de cromo no SAG e SASG em Ibiporã-PR

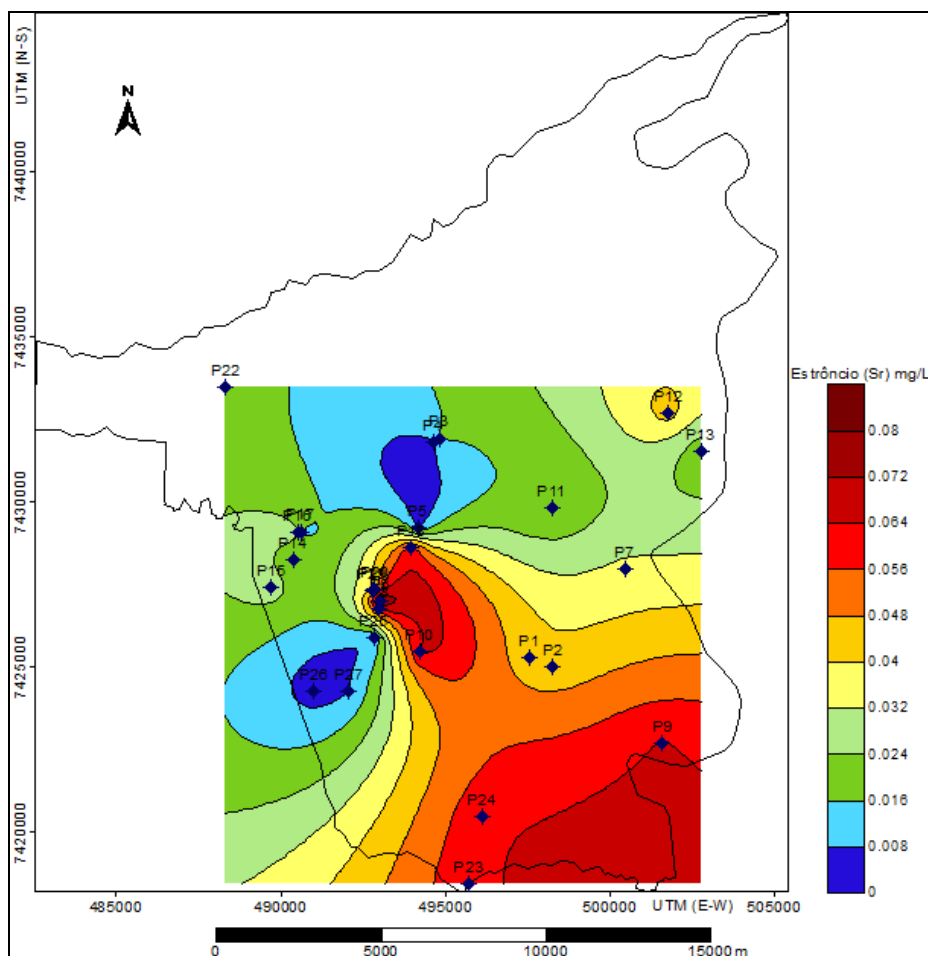


**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Estrôncio ( $Sr^{2+}$ )**

Em córregos, o estrôncio atinge 50  $\mu\text{g/L}$ , e em águas subterrâneas varia de 0,01 a 10 mg / L. Os níveis do Sr na área estudada encontram-se em concentrações médias de 0,34 mg/L, com máxima de 0,08 mg/L (P9 e P10) e mínima de 0,04 mg/L (P1 e P2) (Figura 34). Portanto, o valores de Sr em relação à média da área de estudo, está abaixo dos limites máximos (0,020 a 0,375 mg/L) tolerados pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Em relação à área, ocorre uma anomalia hidroquímica positiva nos poços 9, 10, 18,19, 20, 23, 24 sendo os mesmos pertencentes ao SASG. Os poços 10,18, 19 e 20 encontram-se na área mais industrializada do município e os poços 9, 23 e 24 na área rural, utilizada para fins agrícolas.

**Figura 34** – Teores de estrôncio no SAG E SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ )**

O uso de substâncias orgânicas emulsificantes e polifosfatos nos processos de perfuração e desenvolvimento dos poços criam condições para que as ferro-bactérias, naturalmente ocorrentes nos aquíferos, proliferem com mais facilidade, fazendo-se necessário uma boa limpeza no processo de complementação do poço (FORD, 1982).

Basílio et. al. (2005, p.21) afirmam que, de um modo geral, o ferro ocorre na rede cristalina de vários minerais ou dissolvidos na forma de íons ( $\text{Fe}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+3}$ ). No aquífero Serra geral, há uma maior predominância de ferro, pois, de acordo com Celligoi (1993 p. 65), as rochas, na sua maioria de origem vulcânica e intrusiva, são caracterizadas, em relação aos seus piroxênios, augita e pigeonita.

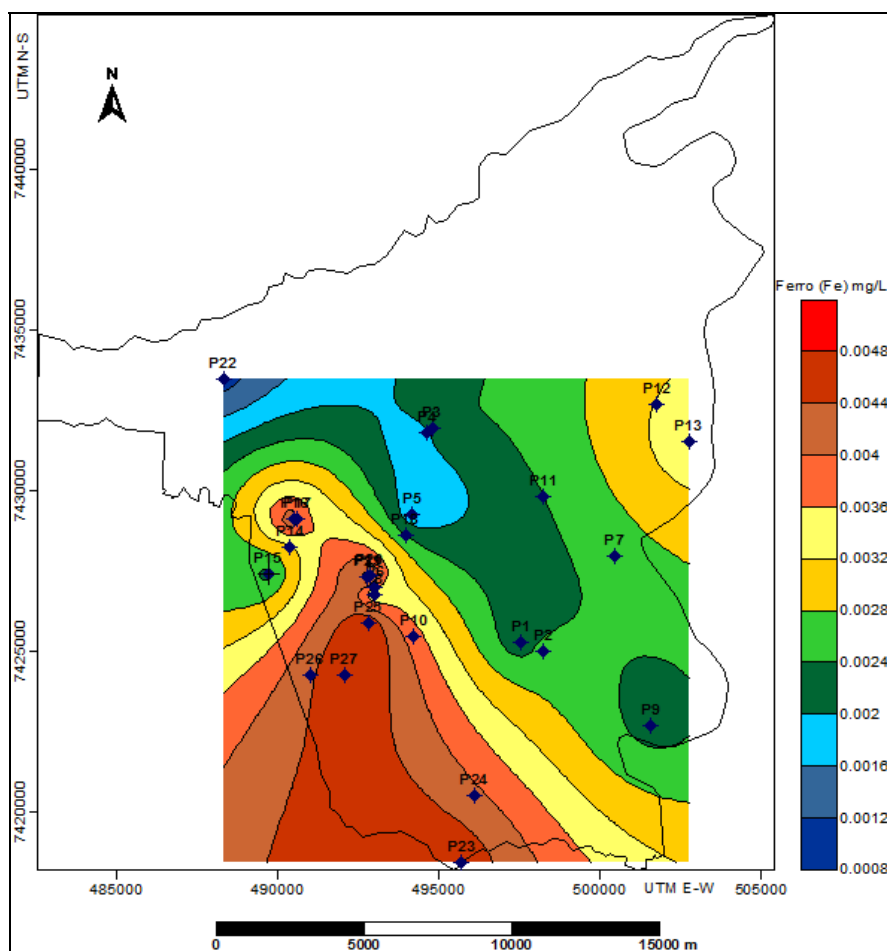
De acordo com Santos (1997, p. 92) “o ferro ocorre sob diversas formas químicas, frequentemente aparecendo associado ao manganês”. Um alto teor de ferro em água

subterrânea pode estar associado à ocorrência de ferro-bactérias ou mesmo corrosão do revestimento ou filtro do poço.

É um elemento que está presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3mg/L. É essencial à vida e encontrado em quase todos os seres vivos. Através da tabela 6 e figura 35, verifica-se que valor máximo de todas as amostras encontrase abaixo do permitido para consumo humano sendo de 0,3 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008).

O poço 27 destaca-se com máxima de 0,004 mg/L, a mínima de 0,001 mg/L (P5). A média da área foi de 0,003 mg/L. Em algumas amostras não foi detectado pela metodologia aplicada.

**Figura 35** – Teores de ferro no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

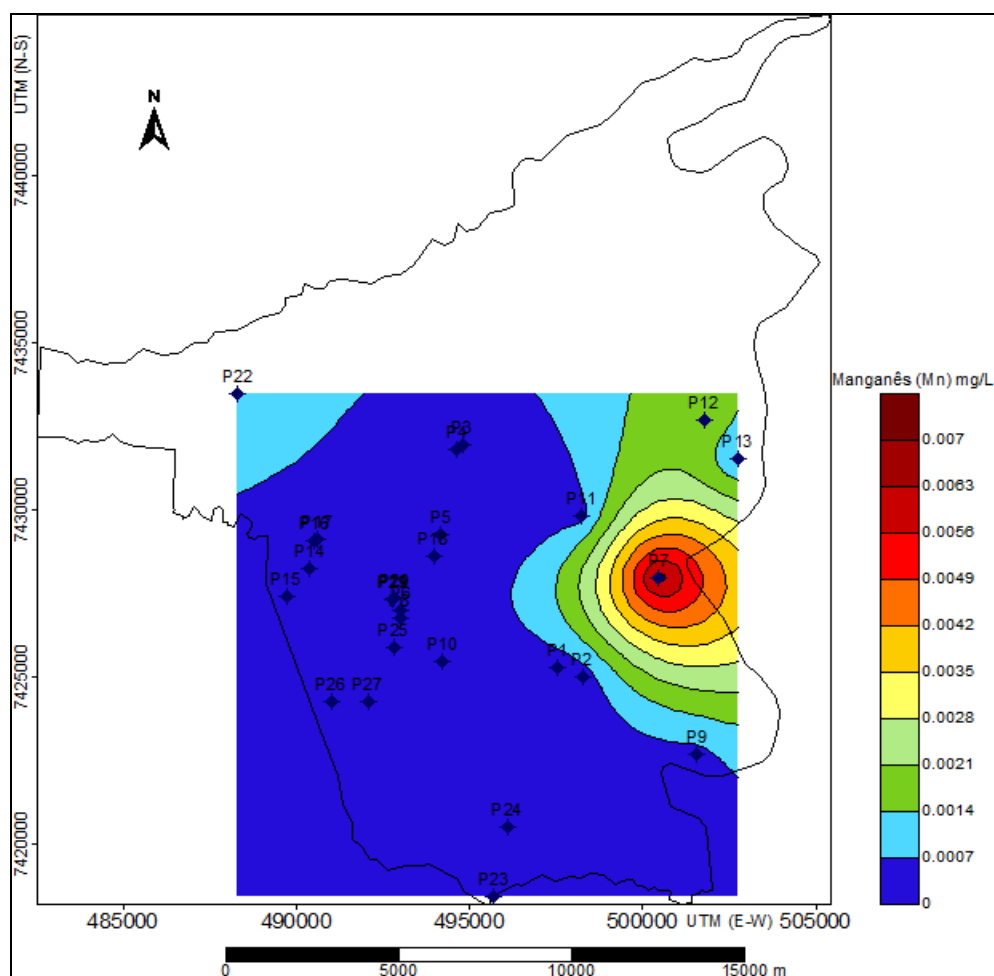
- **Manganês ( $Mn^{+}$ )**

Em águas subterrâneas ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/L (Brasil, 2008), um valor menos frequente que o ferro, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros. Desenvolve coloração negra na água, podendo se apresentar nos estados de oxidação  $Mn^{+2}$  (mais solúvel) e  $Mn^{+4}$  (menos solúvel).

Concentração menor que 0,05 mg/L geralmente é aceita por consumidores, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água (CETESB, 2009, p.18).

Nas amostras de água subterrânea expressas na tabela 6 e figura 36, foi possível verificar que os limites encontrados estão dentro do permitido pela legislação vigente cujo a máxima é de 0,1 mg/L. A mínima encontrada na área estudada foi de 0,0001 mg/L em quase todos os poços, incluindo os do SAG. O que mais chama atenção, é o poço 7 (SASG) que revela uma discrepância em seu entorno, sendo a máxima de 0,007 mg/L. Este poço pertence a empresa de biodiesel Biopetro, podendo ser este o motivo da anomalia aparente. Ressalte-se que áreas onde se encontra vinhaça estão mais propensas a serem contaminadas, principalmente onde ocorrem fraturas. No caso deste poço, não há produção de vinhaça nas proximidades, mas há a utilização de compostos para Biodiesel, que são alocados próximo à área do poço estudado, podendo ser este o motivo da alta concentração deste elemento nesta área.

**Figura 36** – Teores de manganês no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

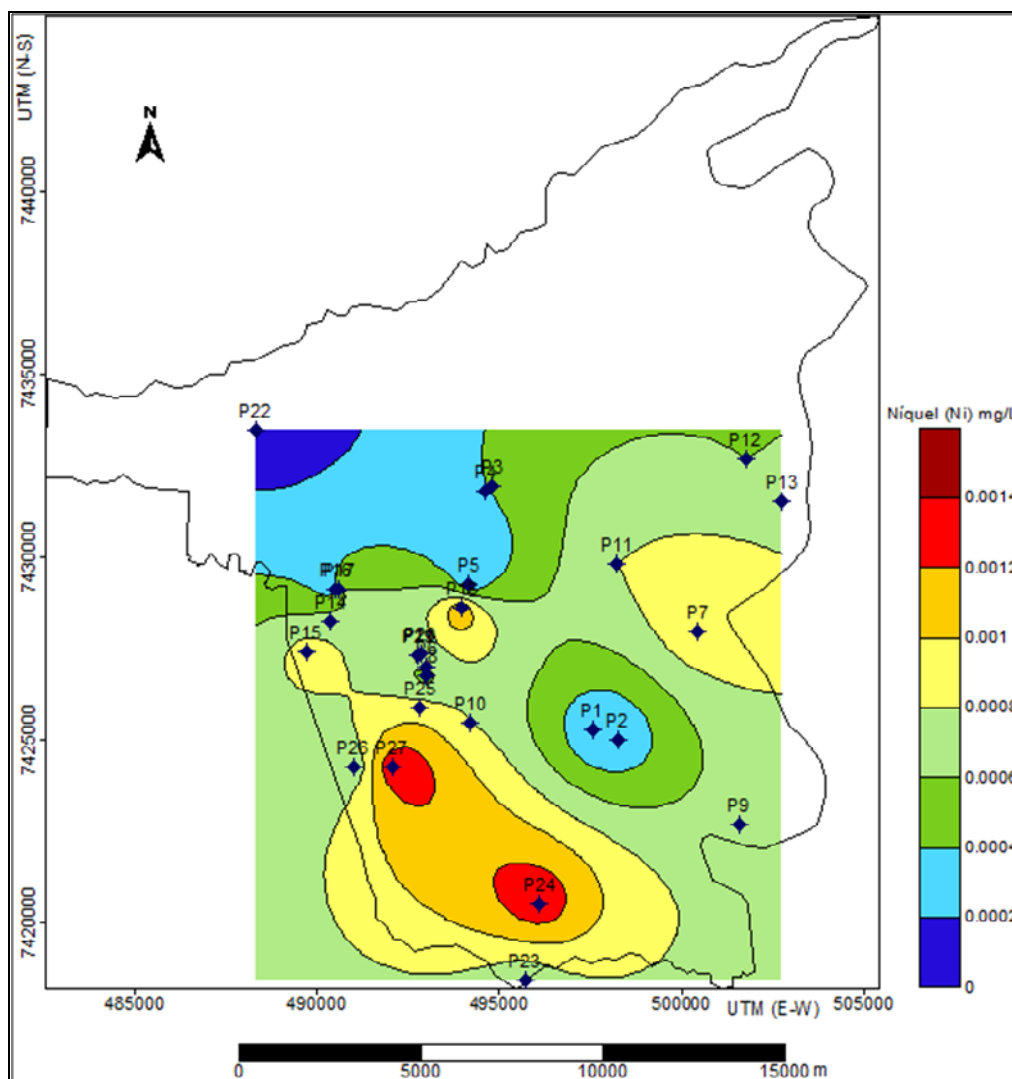
- **Níquel ( $Ni^{2+}$ )**

O teor de níquel nas águas está ao redor de 0,1 mg/L. Concentrações superiores a 11,0 mg/L podem ser encontradas em áreas de mineração. No ser humano, altas doses levam à intoxicação, afetando nervos, coração e sistema respiratório, podendo causar dermatites em pessoas sensíveis (CETESB, 2009).

Segundo a Resolução 396/2008 do CONAMA, o teor máximo permitido em águas de abastecimento é 0,025 mg/L (Figura 37 e tabela 6). Em relação a esse parâmetro, todos os poços analisados estão abaixo do limite permitido para consumo humano. Vale destacar que a máxima foi de 0,0014 mg/L (P24 e P27), a média de 0,0006 mg/L e a mínima de 0,0001 mg/L.

É notório que os poços 24 e 27 sobressaem aos demais, sendo que o P24 encontra-se em área de extensa agricultura e o P27 é uma área de fábrica, ambos fazem parte do SASG.

**Figura 37** – Teores de níquel no SAG e SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

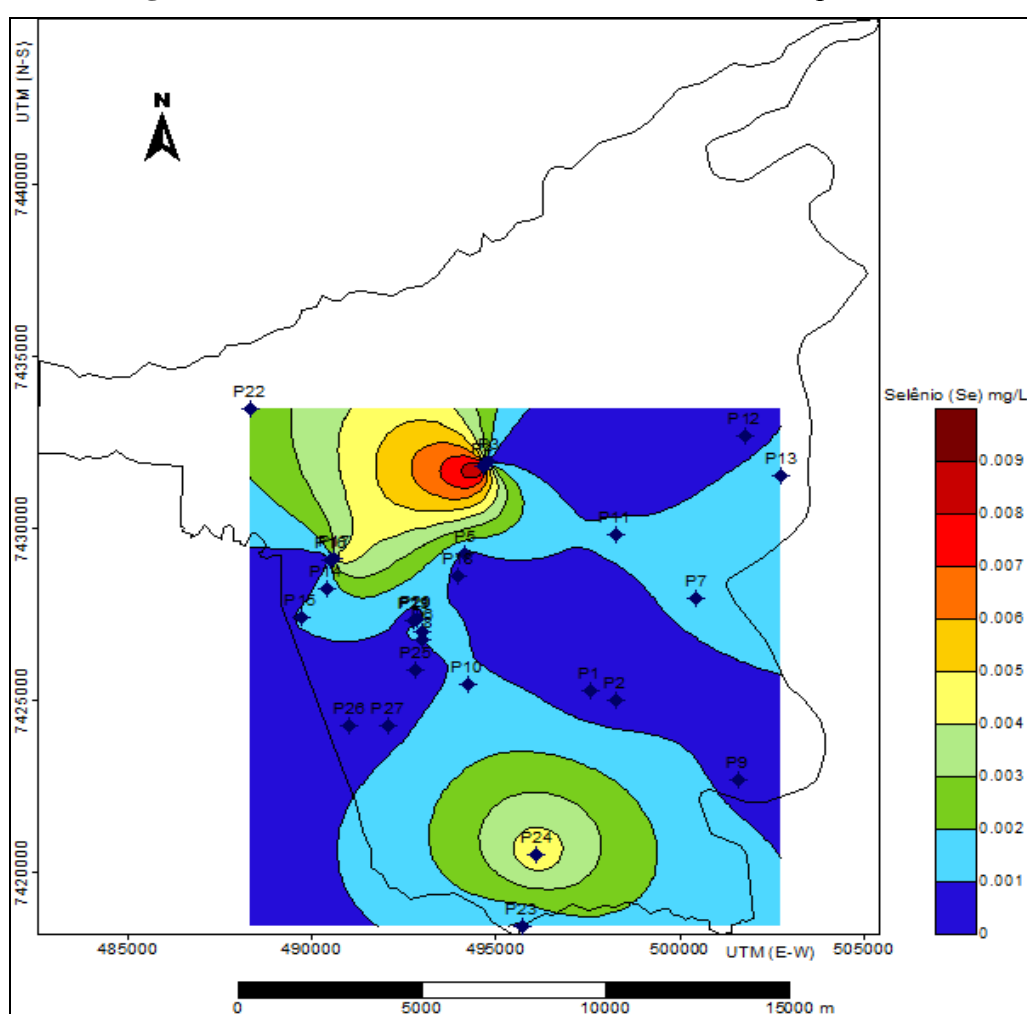
- **Selênio (Se)**

Sob condições naturais, a concentração de selênio nas águas subterrâneas varia geralmente de 0,3 a 3 µg/L. As propriedades organolépticas da água podem ser afetadas a partir de concentrações de 10 a 25 µg/L (odor). Águas superficiais apresentam níveis de selênio menores do que as encontradas nas águas subterrâneas (RIBEIRO et. al, 2005).

A Resolução CONAMA 396/2008, estabelece o limite máximo de 0,01 mg/L para água doce classe I.

A água potável para o abastecimento público deverá atender ao valor máximo permitido de 0,01 mg/L segundo a Portaria 2914/2011. Na área estudada (Figura 38), o valor máximo encontrado foi de 0,009 mg/L (P4), a média de 0,008 mg/L e mínima de 0,0004 mg/L no poço P1. Portanto, os valores estão dentro do limite permitido pela legislação vigente.

**Figura 38** – Teores de selênio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



Fonte: Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

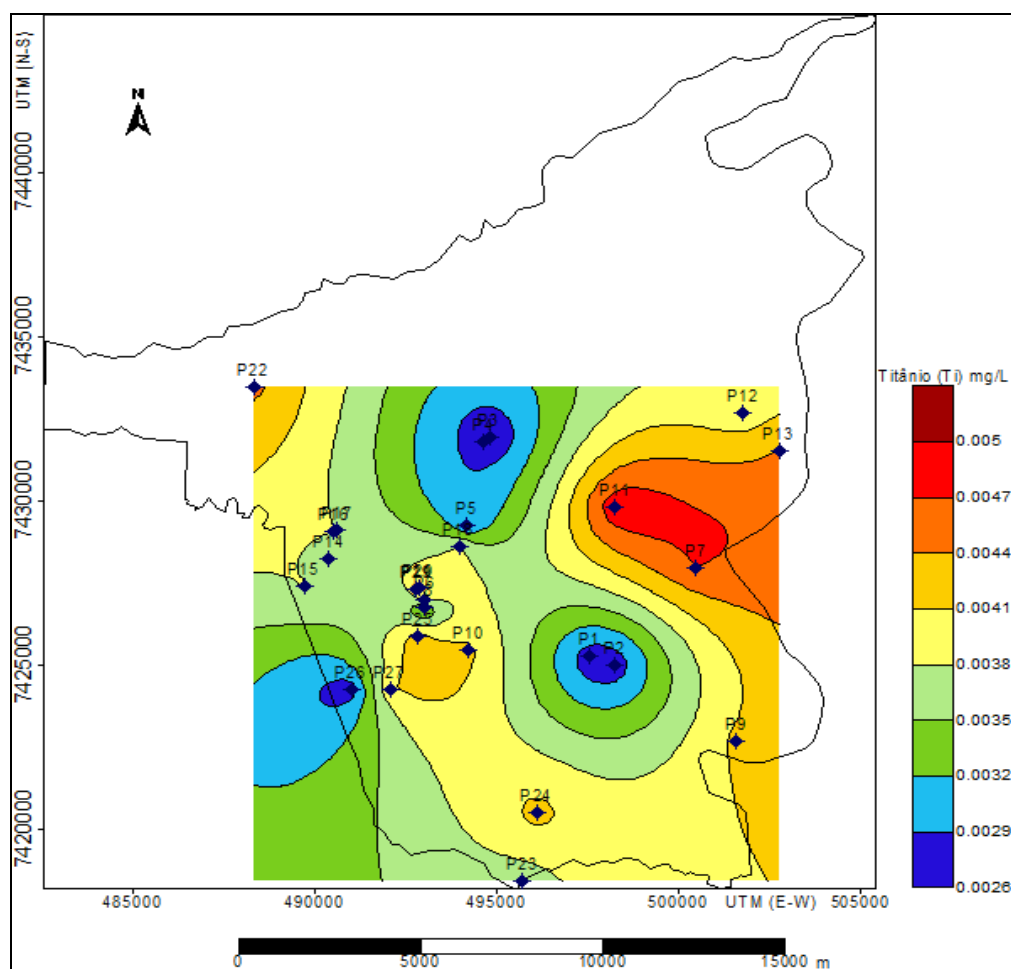
- **Titânio ( $Ti^{2+}$ )**

O titânio é um metal de brilho prateado, mais leve do que o ferro, quase tão forte quanto o aço, e quase tão resistente à corrosão quanto à platina. No campo industrial, o titânio é usado principalmente sob forma de óxido, cloreto e metal.

Os óxidos de titânio que apresentam interesse econômico são a ilmenita, o leucóxênio, o rutilo e, mais recentemente, o anastásio e a perovskita (ANGELO, 1984). Em águas subterrâneas quase não é encontrado, sendo o limite máximo estabelecido para o consumo humano de 0,005 mg/L de acordo com a Portaria 2914 (BRASIL, 2011).

Na figura 39 e tabela 6, os teores de Ti possuem como valor máximo 0,0046 mg/L (P7 e P11), destacando as atividades industriais para o P7 e intensas atividades agrícolas para o P11. Com valor mínimo de 0,0026 mg/L nos poços 1, 2, 3, 4 e 26, sendo a média da área de 0,0038 mg/L. Essas análises mostram que os valores encontrados estão abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

**Figura 39** – Teores de titânio no SAG e SASG em Ibiporã-PR



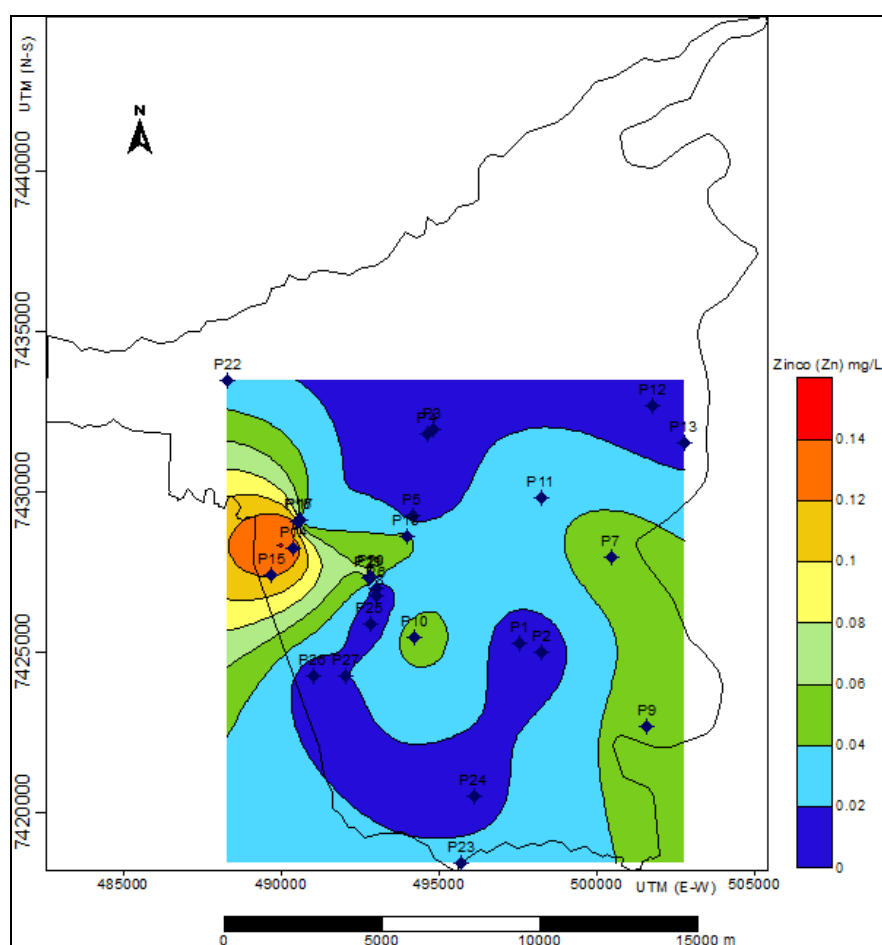
**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

- **Zinco ( $Zn^{2+}$ )**

Segundo a resolução CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008), a concentração máxima permitida é de 0,18 mg/L. Em águas muito poluídas e em condições redutoras ocorre a precipitação de compostos solúveis de zinco. Em pH ácido, o zinco permanece na forma de íon livre. Em águas não contaminadas, este íon tende a se adsorver e é transportado por sólidos suspensos. Nestas, a concentração de zinco é alta, assim sua remoção por precipitação do hidróxido só é possível quando o pH for básico, ou seja, maior que 8,0 (SILVA, 2003).

Através da tabela 6 e figura 40, observa-se que das 27 amostras analisadas, todas se encontram dentro do limite permitido pela resolução CONAMA 396/2008, que estabelece o máximo de 0,18 mg/L para o consumo humano. Cerca 18,5 % das amostras estão abaixo do limite de detecção da metodologia de análise química empregada. A máxima encontrada foi de 0,13 mg/L (P15), a média da área para Zn foi de 0,019 mg/L e a mínima de 0,005 mg/L.

**Figura 40** – Teores de zinco no SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

### 5.3 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁREA

Através dos dados obtidos por meio da análise dos elementos de bicarbonato, cálcio, carbonato, cloreto, magnésio, sódio, sulfato e potássio, foi elaborado um diagrama de Piper correspondente à área estudada. Através desse diagrama, algumas considerações sobre a predominância dos elementos na região foram ressaltadas, observando autores que já expuseram suas contribuições sobre o assunto.

- **Composição química do SASG**

De acordo com Celligoi (1993), “as águas subterrâneas do Sistema Serra Geral podem ser classificadas como sendo bicarbonatadas cálcicas”.

Esta composição está relacionada à “tipologia química para água doce na Bacia do Paraná, referenciada por diversos autores, como: DAEE (1979), Fraga (1986), Giampá e Souza (1982) e Rebouças e Fraga (1988)” citada em Celligoi (1993, p. 68).

Ainda de acordo com o autor supracitado, “sendo o cálcio um elemento com grande solubilidade, está presente em grande número de minerais de rochas como augitas e pigeonitas (ferro), bem como plagioclásios cálcicos e subcálcicos” (CELLIGOI, 1993, p.68). Com isso há uma predominância desse elemento em relação ao sódio.

Ocorre, portanto, um teor relativamente elevado de sílica dissolvida nessas águas, o que indica serem águas provenientes de basaltos, uma vez que, nesses tipos de rocha, a sílica praticamente se encontra de forma combinada nos minerais essenciais silicáticos.

- **Composição química do SAG**

Analisando a composição química do SAG, deve-se ressaltar a importância de estudos por renomados autores para o entendimento da hidroquímica do SAG, que segundo Hindi (2007):

*No Estado do Paraná, são poucos os estudos tratando das características químicas do SAG. Rosa Filho, Salamuni, Bittencourt (1987) consideram alguns tipos químicos de águas captadas em rochas basálticas do aquífero Serra Geral, como resultantes da mistura de águas oriundas do SAG que estariam recarregando o aquífero suprajacente, hipótese também apontada por Bittencourt (1996), que trata, especificamente, dos controles geoquímicos das águas termais no Paraná. (HINDI, 2007, p. 4)*

De acordo com Hindi (2007), as águas da região estudada podem ser classificadas como bicarbonatadas sódicas. As mesmas características são evidenciadas nas águas dos poços do SAG em Londrina (Limoeiro).

Nas áreas de médio confinamento, as águas adquirem uma variação de bicarbonatadas para sulfatadas, com predomínio de sódio e potássio (STD acima de 500 mg/L<sup>1</sup>) (Rosa Filho et al, 2011).

Esta composição está relacionada à zona de médio confinamento, pois segundo Hindi (2007, p. 67), para diferentes condições de confinamento, pode-se inferir um modelo geral de evolução das águas do SAG, que passariam de bicarbonatadas cálcicas a sódicas e, finalmente, a sulfatadas sódicas.

De acordo com Oliveira (2009) ocorre alteração química das águas pela solubilização de minerais das unidades sotopostas do SAG. Variações hidroquímicas também estão relacionadas às variações mineralógicas representativas das distintas fácies que compõem o SAG juntamente com os componentes ambientais. É necessário observar o grau de confinamento de um aquífero, superfície potenciométrica, linhas de fluxo e estratigrafia.

Nas zonas confinadas, onde o nível piezométrico do SAG é inferior à base do aquífero basáltico, ocorre uma mistura de águas e, conseqüentemente, alteração química, promovida pelo aporte de fluxos descendentes contendo minerais solubilizados dos basaltos.

Observando o diagrama de Piper da área estudada (figura 41), os poços do SAG (P1 e P2) encontram-se como o descrito nos trabalhos do Hindi (2009), com uma tendência para composição bicarbonatada sódica. Essa tendência se refere à porção confinada do SAG, com pH alcalino, acima de 8,5, com sólidos totais de 131 a 205 e temperatura acima de 36°.

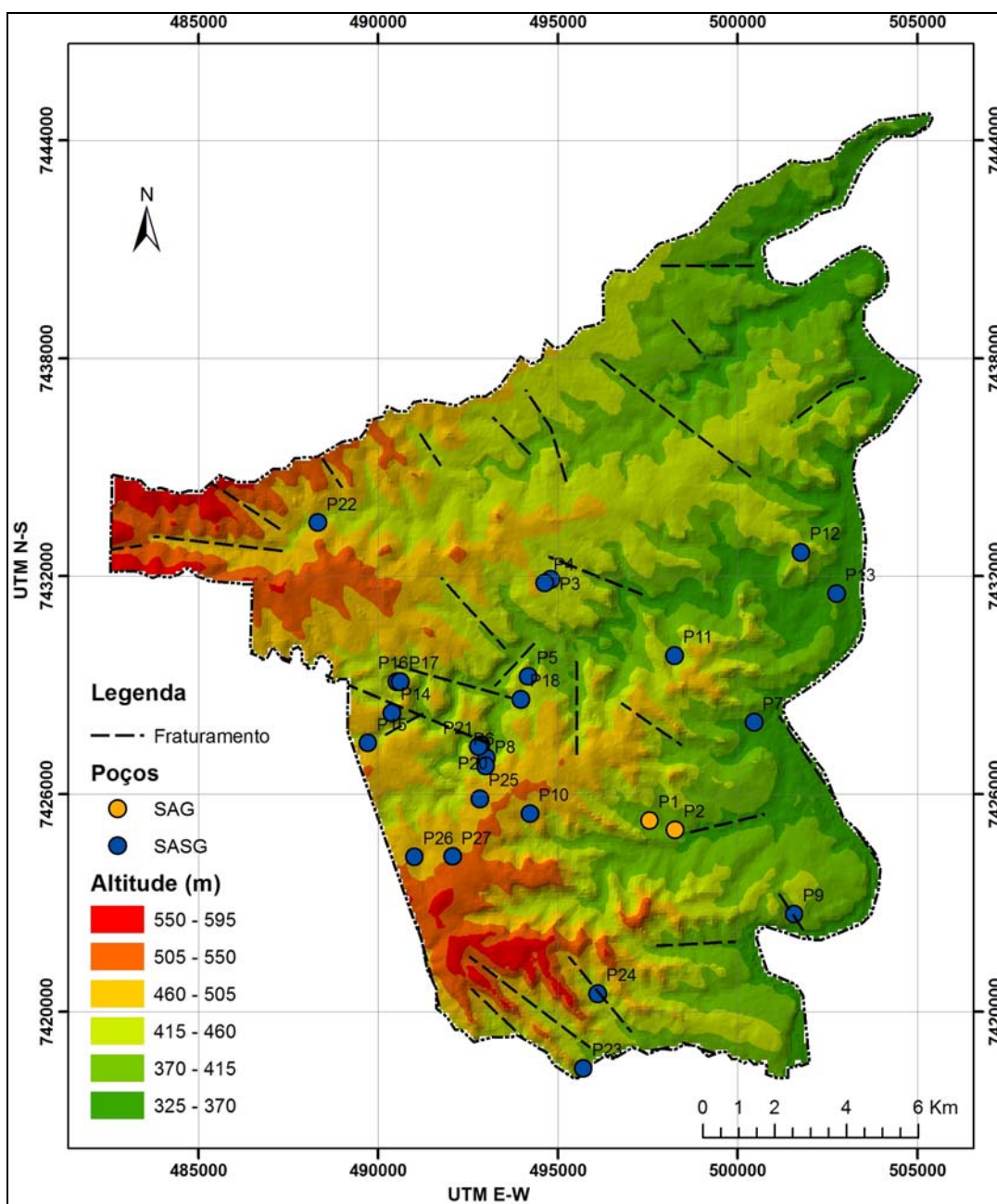
Essas amostras estão alocadas em área de médio confinamento, localizadas nas formações Botucatu e Piramboia que demonstram teores de sais elevados, provenientes da dissolução de cimento calcífero, liberando cálcio e bicarbonato para água.

Com relação aos poços do SASG na área estudada, na sua maioria, encontram-se como o descrito por Celligoi (1993) com águas bicarbonatadas cálcicas.

Essa água subterrânea provém de aquífero fraturado, formado pela sequência de derrames de rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral. Estas rochas, apesar de ígneas, são fornecedoras de volumes consideráveis de água a partir do seu sistema de fraturas. Por outro lado, esses aquíferos fraturados (Figura 42) são facilmente contaminados devido à presença de geoestruturas tectônicas que são responsáveis pela



**Figura 42** – Fraturamento do SAG e SASG em Ibiporã-PR

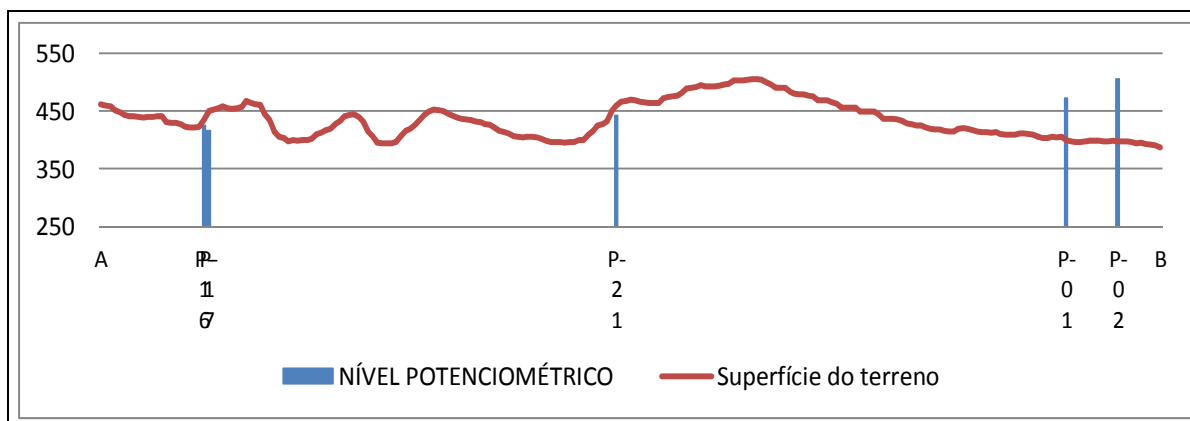


**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

Foi elaborado um perfil entre os poços do SAG e SASG, identificado na figura 43, a fim de perceber se há alguma correspondência entre os dois aquíferos, neste contexto; este nível potenciométrico foi elaborado através do programa Excel (figura 43). Os poços de análise foram os 16, 17 e 1 e 2 por estarem abrangendo uma quantidade de poços maiores, sendo suas altitudes destacadas de 250 a 550 metros, assim abrangendo os dois aquíferos da área. O perfil mostra o quanto o P1 e P2 são confinados, pois os níveis

potenciométricos do poço 1 e 2 do SAG sobressaem a superfície do terreno, enquanto os 16, 17 e 21 do SASG não, o que pode ser identificado através do perfil da figura 43.

**Figura 43** – Análise de Perfil dos poços do SAG e SASG em Ibiporã-Pr



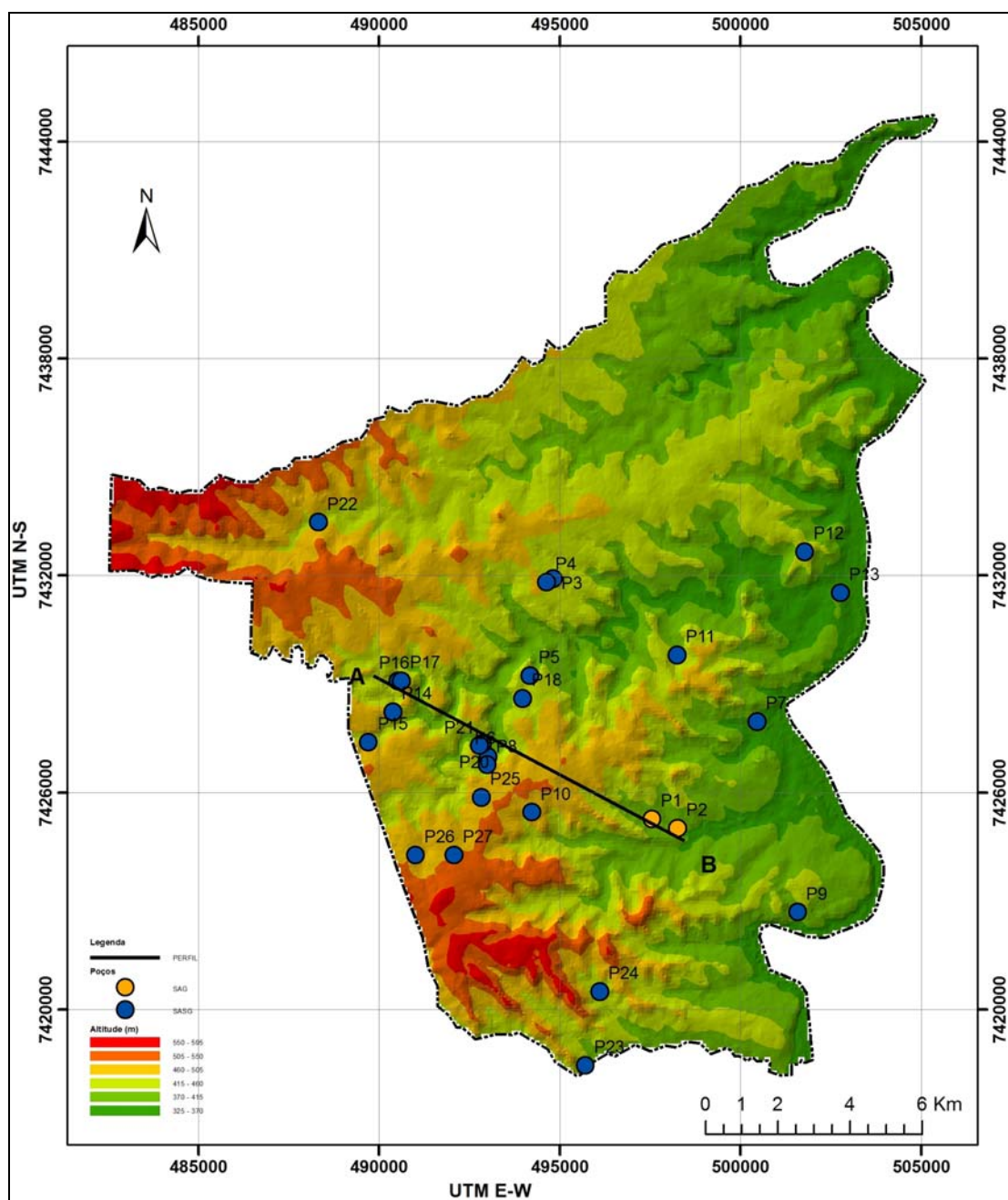
**Organização:** CORCÓVIA, J. A (2013).

A figura 44 ilustra a potenciometria da área de estudo, dos 27 poços de amostragem. Percebe-se um alinhamento entre os poços do SAG e do SASG, destacam-se os poços 14, 16, 17, 20, 21, 1 e 2, sendo os dois últimos do SAG, ressaltado que próximo ao P1 e P2 há presença de traços de fratura abaixo do P2, como pode ser observado na figura 40; também traços de fratura recortando o P16 e P17; e do P8, P6 e P21 há outras traços de fraturas maiores.

Os poços do SAG estão sotopostos aos do SASG, pois sendo jorrantes, os mesmos atingem um nível acima dos 100 m<sup>3</sup>/S em relação aos poços do SASG.

Como interpretação, pode estar ocorrendo, através de traços de fraturas presentes nesta área, uma conexão entre os dois aquíferos. Esta possível conexão já foi mencionada por Hirata e Rolffi (1994), Portela Filho (2002), Nanni (2006) e Hindi(2007); sendo referenciada nesta pesquisa.

**Figura 44** – Potenciometria dos poços do SAG e SASG em Ibiporã-PR



**Fonte:** Mapa base do ITCG (2013); Organização: CORCÓVIA, J.A. (2013).

#### 5.4 DISCUSSÃO SOBRE O PAPEL DO MUNICÍPIO NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Em países federativos, a competência do município concentra-se em funções que, de maneira geral, se relacionam com a dotação ou prestação de serviços públicos locais e com funções de planejamento, fiscalização e fomento, que estão relacionadas, dentre outras, com o ordenamento territorial, a proteção do meio ambiente e, também, com algum nível de regulação de atividades econômicas. No caso brasileiro, recentemente os municípios com maior capacidade

de investimento passaram a incorporar funções relacionadas à prestação de serviços sociais mais abrangentes que, tradicionalmente, eram restritos às esferas estadual e federal.

Observa-se, a partir da década de 1990, uma tendência à ampliação do papel das esferas públicas locais em relação à gestão do meio ambiente, não obstante esse papel se restrinja às funções que não implicam atos de autoridade (monitoramento, recolhimento de dados), ou às funções que, embora impliquem atos de autoridade (funções substantivas), estão circunscritas nos níveis inferiores de relevância e autonomia administrativa.

No caso específico da gestão de recursos hídricos, a participação municipal em organismos de bacia tem sido a principal, se não única, forma de interação com outros atores públicos e privados relacionados à água. A lei 9.433/97 e seus textos regulamentares asseguraram a participação dos municípios enquanto usuários de recursos hídricos no âmbito das esferas públicas deliberativas (comitês e conselhos estaduais), entretanto, nenhum texto legal definiu com clareza a relação entre a gestão das águas com o planejamento local do território cuja competência e responsabilidade é, sobretudo, dos governos municipais.

Nesse sentido, permanecem indefinições quanto ao papel fundamental do município como formulador e implementador de políticas urbanas de impacto nos recursos hídricos, quer através de determinações contidas em planos diretores, leis de uso e ocupação do solo, zoneamentos, códigos de obras, parcelamentos do solo, políticas de regularização fundiária urbana, dentre outras, quer pela ausência formal, ou de fato, desses instrumentos.

Muitos fatores dificultam a atuação do município na gestão da água, sendo o principal a impossibilidade legal, por determinação Constitucional, de os municípios gerenciarem diretamente os recursos hídricos contidos em seus territórios, a não ser por repasses de algumas atribuições através de convênios de cooperação com os Estados ou a União.

Por sua vez, a ausência de uma definição clara da natureza e das funções dos governos locais, em geral, ligadas às tarefas tradicionais de administração e fiscalização territorial e prestação de alguns serviços locais, e o fato de a maioria dos municípios terem pouca autonomia orçamentária, tendo em vista que dependem fortemente de transferências financeiras dos outros níveis de governo, dificulta ou até mesmo inviabiliza uma participação mais efetiva na gestão das águas.

Esses aspectos se agravam em áreas metropolitanas onde as administrações municipais possuem, muitas vezes, interesses e prioridades antagônicas, criando ambientes de dissenso com pouco espaço para a cooperação.

A natureza essencialmente setorial dos interesses dos governos locais faz com que atuem mais como usuários dos recursos hídricos do que como gestores “imparciais” desses

recursos. A debilidade e a falta de hierarquia institucional dos governos locais, ante os atores com interesse no recurso, trariam maior vulnerabilidade e possibilidade de captura e politização na gestão das águas.

Por sua vez, o enfretamento das questões relacionadas à degradação dos recursos hídricos em áreas densamente urbanizadas não será resolvido, simplesmente, com o aporte de novas e eficientes tecnologias.

Experiências recentes no Brasil têm demonstrado a exequibilidade de medidas voltadas para o gerenciamento da demanda, como forma de racionalização do uso da água e solução de problemas de escassez hídrica, considerando, inclusive, o binômio quantidade/qualidade. Nesse sentido, os problemas de escassez nem sempre serão solucionados pela ampliação da oferta de água, mas por um conjunto de medidas que tornem mais eficientes e criteriosamente utilizados os recursos disponíveis.

É nesse ponto que se insere a necessidade de uma maior articulação das questões consideradas de esfera local com os atributos legais e “sistêmicos” que estruturam a gestão dos recursos hídricos quando referida à escala da bacia hidrográfica. Demonstrar a necessidade de articulação dessas duas escalas de atuação, bem como explicitar os obstáculos político-institucionais e legais existentes que dificultam a aplicação prática do conceito de gestão integrada dos recursos hídricos é, certamente, a melhor forma de estimular a busca de soluções para as atuais dificuldades.

Ao dar centralidade às questões municipais relacionadas aos recursos hídricos, busca-se, portanto, direcionar o foco para questões até então pouco discutidas nos meios técnicos e acadêmicos envolvidos com o gerenciamento dos recursos hídricos, a saber, o papel determinante do município no planejamento do território e sua influência na gestão das águas. Esse papel ganha maior relevo no caso de bacias urbanas.

O instrumento de regulação propriamente dito do sistema de gestão dos recursos hídricos é a outorga de direito de uso da água, hoje administrada pelo Instituto das Águas do Paraná, tendo em vista que a cobrança tem se instituído como um pacto entre usuários estabelecidos. Em tese, a outorga poderia ser utilizada para uma melhor compatibilização entre os usos da água, inserindo maior racionalidade na forma como a água é utilizada e na distribuição espacial dos usuários dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas. Mas o que se observa é o que os órgãos gestores, responsáveis pelas outorgas, limitam-se à simples análise técnica de disponibilidade hídrica, desconsiderando outras questões relacionadas ao planejamento territorial.

Dessa forma, articular os instrumentos específicos do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos com instrumentos de regulação que agem sobre o território seria a maneira

de compensar tais limitações. Tal constatação nos leva à necessidade de identificar quais são os instrumentos disponíveis, na normativa urbana, e de que forma eles poderiam ser utilizados na gestão de recursos hídricos.

A grande maioria dos municípios brasileiros, com exceção das grandes cidades, segundo avaliações recorrentes, não atualiza a sua legislação urbana básica há muito tempo. Na maior parte das vezes, trata-se de normas antigas, elaboradas na década de 70. Em geral, os técnicos locais, responsáveis pela aplicação da lei, têm pouco ou nenhum conhecimento da lógica que orientou a formulação daqueles instrumentos. A legislação, que vai se tornando obsoleta com o passar do tempo, perde legitimidade e passa a ser modificada de forma pontual, caso a caso, muitas vezes ao sabor de pressões políticas ou econômicas. As mudanças recorrentes de partes específicas da legislação acabam criando uma superposição de normas, o que dificulta enormemente a sua aplicação e a sua compreensão pelos “não iniciados”. Perde-se a eficácia e a legitimidade e cria-se um aparato normativo confuso e inconsistente, que pode ser aplicado de forma discricionária, fortalecendo a irregularidade “legítima”, pela ineficácia da lei.

Do acima exposto conclui-se que as municipalidades, em princípio, dispõem de um conjunto importante de instrumentos que podem atuar de forma integrada e preventiva, ampliando de forma substantiva, a eficácia na gestão dos recursos hídricos. No entanto, esses instrumentos carecem de maior efetividade pela incapacidade das administrações locais em fazer valer as normas instituídas.

A Constituição de 1988 e o Estatuto da Cidade redefiniram as competências locais do ponto de vista da normativa urbana, criando novos instrumentos de intervenção, fundados no princípio da “função social da propriedade”, e trazem expectativas de que o quadro acima apontado venha a se modificar. O Estatuto reconhece a importância da consideração de questões de natureza ambiental ao definir diretrizes para a política urbana (REZENDE, 2003), garantindo:

*O direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer” O Estatuto coloca entre outras diretrizes a “compatibilização necessária do crescimento das cidades com os recursos ambientais de forma a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente” e a “adoção de padrões de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica não só do Município e do território sob sua área de influência. (ESTATUTO DAS CIDADES, 2001).*

No município de Ibiporã, o Estatuto das Cidades, criado em 2001, só foi incorporado a partir de 2008, com a instituição do plano diretor do município através da Lei nº 2.167/2008, complementado com as seguintes leis: Lei nº 2.172/2008 que trata do zoneamento do uso e ocupação do solo; Lei 2.173/2008 que instituiu o parcelamento e o desmembramento do solo da área urbana para fins urbanos; Lei 2.174/2008 que incorporou o código de obras através; Lei nº 2.175/2008 que trata do sistema viário; e Lei 2.176/2008 que delimita o perímetro urbano que até então não era claramente definido.

Os novos instrumentos podem ser classificados em dois grandes grupos: aqueles que criam novos direitos subjetivos, independentemente da decisão do poder público para a sua efetivação, como o usucapião especial urbano e a concessão especial de uso para fins de moradia; e aqueles que ampliam a capacidade de intervenção da autoridade local, como a edificação compulsória, o IPTU progressivo no tempo, a desapropriação, a outorga onerosa do direito de construir, a transferência do direito de construir, as operações urbanas consorciadas, o direito de superfície, etc.

Existe um campo ainda pouco explorado sobre as potencialidades de aplicação dos novos instrumentos no gerenciamento dos recursos hídricos. Ao ampliar o grau de flexibilidade na aplicação das normas, esses instrumentos podem ter maior efetividade não apenas na prevenção, mas também na correção das situações existentes. Segundo Tucci (2004), uma utilização exemplar dos novos instrumentos pode ser observada no município de Estrela (RS) Brasil, que permitiu (através de lei municipal) a troca de áreas de inundação (proibida para uso) por solo criado ou índice de aproveitamento urbano acima do previsto no Plano Diretor nas áreas mais valorizadas da cidade (TUCCI, 2004).

Sobre as leis citadas, não é clara a participação do município de Ibiporã na elaboração de um plano de gestão municipal de recursos hídricos. Essas leis vieram para compor os instrumentos legais, mas ainda não contemplam a gestão dos recursos hídricos em sua totalidade.

Dentre os instrumentos de responsabilidade da administração local, o mais importante, sem dúvida, é o plano diretor. Como estabelece o art. 182 da Constituição, o Plano Diretor deve ser:

*“aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana”. “A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor”. (ESTATUTO DAS CIDADES, 2001)*

Pelo papel atribuído ao Plano Diretor e aos novos instrumentos, essas alterações na ordem jurídica tiveram fortes consequências na alteração do conteúdo e abrangência do plano urbano municipal e na redefinição da esfera do planejamento como campo de enfrentamento dos diversos interesses que se articulam em torno da produção e reprodução do ambiente construído.

A lei nº 2.449/2011, que dispõe sobre a Política Ambiental de Proteção, Controle, Conservação e Recuperação da Qualidade do Meio, demonstra um grande avanço para uma Política Municipal de Meio Ambiente efetiva. Institui um Sistema Municipal de Meio Ambiente; estabelece princípios, diretrizes, instrumentos; e distribui competências para o seu funcionamento. Cabe à Secretaria de Agricultura, Abastecimento e de Meio Ambiente implementar os instrumentos da Política de Meio Ambiente e conservação dos solos e das águas do Município. Com isso, os primeiros passos para a elaboração de um plano de gestão para o município foram dados. Os órgãos competentes podem se utilizar dos dados coletados nesta pesquisa para auxiliar em sua composição.

É necessário frisar que esses dados não são conclusivos, mas deixam claro que as águas dos aquíferos Guarani e Serra Geral são de boa qualidade, principalmente as do SAG que servem também como fonte de abastecimento municipal.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que é de fundamental importância que se implemente o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos na sua totalidade; em especial, que se implemente as Agências de Bacias Hidrográficas, conforme nova proposta de Modelo de Gestão, no âmbito da ÁGUAS PARANÁ; que se elabore o Plano Estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica; que se implemente a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e também os demais instrumentos previstos na Lei Estadual de Recursos Hídricos, para que se possa iniciar o exercício deste novo modelo. Isso possibilitará a consolidação de um modelo de gestão para o Estado do Paraná, contemplando o município de Ibiporã/Pr.

O Paraná incluiu-se na Lei Estadual de Recursos Hídricos a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos, devidamente regulamentado, e que garante, com essa legislação vigente, o retorno de 92,5% dos recursos advindos da cobrança pelo uso da água para a Bacia Hidrográfica de onde foi captada.

É necessário comentar os avanços em relação aos recursos hídricos em Ibiporã efetivados através da Lei 1582/99, de 18 de outubro de 1999 – que Reformulou o Código de Posturas do Município de Ibiporã, instituído pela Lei nº 114/64, modificado pela Lei nº 786/68. As Leis Municipais nº 1358/95 e nº 1834/2003, que estabelecem a Política de gerenciamento de resíduos sólidos, constituem um verdadeiro marco para as preocupações ambientais dentro do município.

Houve mais tarde, um grande avanço com a observação e implementação do ESTATUTO DAS CIDADES (2001), alterando e definindo as leis de zoneamento, o plano diretor, o uso do solo (IBIPORÃ, 2008); mas que somente com a lei nº 2.449/2011, que dispõe sobre a Política Ambiental de Proteção, Controle, Conservação e Recuperação da Qualidade do Meio, iniciou-se a composição de um plano de gestão de recursos hídricos. Mesmo a passos lentos, é necessário abordar esta questão dentro do município e o presente estudo poderá colaborar para a implantação desse plano.

Buscou-se, em escala local, analisar como é a relação entre as águas subterrâneas do SAG e SASG, no município de Ibiporã, e verificar a qualidade do SAG, pois o mesmo contribui com cerca de 50% do abastecimento municipal. Foram analisados os elementos químicos: alumínio, arsênio, bário, bicarbonato, cádmio, cálcio, carbonato, cobalto, cloreto, cromo, cobre, manganês, magnésio, sulfato, potássio, sódio, flúor, ferro, nitrato, nitrito, selênio, chumbo, estrôncio, titânio zinco, encontrados na área de estudo. Procurou-se verificar a razão da ocorrência de anomalias. Também, foi observada a composição química

da água subterrânea local, para elucidar uma possível conexão entre os dois aquíferos. Não foi encontrada nenhuma anomalia química na qualidade da água subterrânea da área em estudo, mas alguns teores se destacaram em relação à média, como o alumínio, chumbo, flúor e magnésio.

Cabe ressaltar que, em se tratando do chumbo, nos poços do SAG, houve uma preocupação de seu teor médio porque esses poços são fonte de abastecimento público, mesmo que a quantidade desse elemento não tenha ultrapassado os teores máximos determinados pela Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria 2914/2011.

Não foi possível verificar as causas do teor elevado de alumínio na área. Há necessidade de estudos mais aprofundados sobre este parâmetro. O magnésio foi o parâmetro com maior índice, demonstrando as características das águas encontradas na região, já que o mesmo está diretamente ligado ao ferro e este está presente em rochas basálticas.

Os parâmetros físicos analisados foram: temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos totais. A discrepância ficou estabelecida na temperatura e pH, pois os dois aquíferos encontram-se em profundidades diferentes, e o SAG sendo mais profundo, possui um grau geotérmico diferenciado. A temperatura da água destes poços, na área de estudo, varia entre 30° a 40°. O pH está mais alterado nos poços do SAG devido à sua composição e profundidade. Embora alguns parâmetros, como temperatura e pH, tenham extrapolado os limites permitidos, as águas da região estudada não deixam de ser de boa qualidade para o consumo humano até o presente estudo.

É necessário estar atentos para uma política de gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos, assim como para um embasamento legal que levem em conta a realidade das questões aqui abordadas, torne concreta e possível a ação de vigilância da qualidade das águas subterrâneas utilizadas para o consumo humano, tanto em poços particulares como os de abastecimento público e que contribuam para a proteção desses recursos hídricos.

O poder público deve buscar criar programas que beneficiem a proteção das águas subterrâneas, pois o aproveitamento desse recurso hídrico já está previsto nas resoluções do CONAMA, que delegam aos gestores públicos e privados a promoção de estudos e planos de delimitação e proteção dos aquíferos. Assim, garante-se às futuras gerações esse bem que deve servir a todos de forma sustentável.

Permanece o desafio do melhoramento técnico da gestão municipal capacitando-a a agir com mais eficiência. Coloca-se, também, a necessidade da criação de estruturas cooperativas, não apenas entre os vários municípios de uma mesma área

metropolitana, mas também entre estes municípios e a instância estadual, responsável pela gestão dos recursos hídricos por atribuição constitucional.

### **Recomendações:**

De forma geral, as águas subterrâneas, no País, e em especial no município de Ibiporã são de boa qualidade com propriedades físico, químicas e bacteriológicas adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano. Na sua forma natural, as principais restrições que eventualmente existem e deve ser fiscalizado pelos órgãos competentes são (MMA, 2007):

- *Perfuração de poços sem a elaboração de projetos construtivos e sem seguir normas técnicas. A inadequada construção, sem vedação sanitária, de poços rasos e profundos pode torná-los fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas;*
- *Proliferação indiscriminada de poços, que gera problemas de superexploração dos aquíferos, provocando o significativo rebaixamento do nível freático e que tem indiretamente comprometido a qualidade das águas;*
- *Carência dos sistemas de saneamento é uma realidade comum em todo o País e, em especial, nas zonas rurais e subúrbios dos grandes centros urbanos. Nessas áreas, é bastante comum a associação do uso de poços rasos e profundos com fossas negras. Nesse caso, é comum a contaminação microbiológica e por nitratos das águas subterrâneas;*
- *Disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões. O chorume, líquido resultante da decomposição do lixo, infiltra e atinge os aquíferos. A impermeabilização da base do aterro, a drenagem e o tratamento do lixiviado são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos;*
- *Atividade industrial em que a disposição inadequada de resíduos sólidos, associada a eventuais acidentes, contamina o solo e a água subterrânea;*
- *Em áreas rurais, o uso de insumos agrícolas, como agrotóxicos (inseticidas, herbicidas, pesticidas e fungicidas, entre outros) e fertilizantes tem grande potencial de contaminação difusa. O impacto da atividade agrícola sobre a qualidade das águas subterrâneas no país ainda é desconhecida, em função dos poucos estudos realizados sobre o tema.*
- *Uma medida fundamental para o gerenciamento da qualidade da água subterrânea é o estabelecimento de uma rede de monitoramento de poços. A avaliação espacial e periódica da qualidade da água, que normalmente apresenta uma variação sazonal, só pode ser obtida por um monitoramento sistemático.*
- *Composição de resfriadores para água subterrânea do SAG extraída no município, pois esse aquecimento poderá danificar os encanamentos residenciais no futuro.*

Por fim, a pesquisa está longe de ser conclusiva, pois são necessários estudos mais aprofundados na área acerca dos resultados encontrados, mas, ao mesmo tempo,

esses indícios podem levar outros pesquisadores à realização de estudos mais completos na região.

## REFERÊNCIAS

- ALIEVI, A. A. **O consumo de água subterrânea do aquífero serra geral na regional de saúde de Londrina (PR) e implicações à saúde coletiva:** uma discussão da geografia da saúde apoiada na hidroquímica. Londrina, 2012, 183 f. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual de Londrina, 2012.
- ANA – Agência Nacional de Águas. SIH (Superintendência de Informações Hidrológicas). **Águas subterrâneas.** Brasília, 2005.
- ÂNGELO, S. M. M. de A. **Titânio.** Balanço Mineral Brasileiro, Brasília – 1984 p. 286 – 298.
- ANJOS, N.; DELLA LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. **Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos.** Ponte Nova: Editora Graff Cor, 1998. 97 p.
- ARAÚJO, P. R. & PINESE, J.P.P. – Geoambientes, Elementos Químicos e Saúde Humana. In: YAMAKI, H.; PINESE, J.P.P.; ASARI, A.Y.; BARROS, M.V. (Org.). Geografia e Meio Ambiente: reflexões e proposições. 1 ed. Londrina: Midiograf II, 2006, v. 1, (p. 131 a 162).
- ARAÚJO, P. R. **Interação hidrogeoquímica e geografia da saúde na bacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, zona Norte de Londrina, PR.** 2006, 136 f. (Dissertação de Mestrado), Londrina, 2006.
- ÁVILA, P., PEREIRA, M.R., NOVAIS, H., FERREIRA, A. Arsénio nos solos, sedimentos e águas na envolvente da mina do Tuela (Vinhais, NE Portugal). **Livro de resumos do VII Congresso Nacional de Geologia,** 2006.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. (FAO) **Irrigation and drainage paper 29 (Rev. 1),** Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome, Italy. 1985.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 5ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332p.
- BASÍLIO, M.S., FRIESE, K., LENA, J.C., NALINI, Jr., H.A., ROESER, H.M.P. Adsorção de As, Cu, Pb e Cr na avaliação da capacidade de fixação de metais por resíduos de mineradoras de ferro. **Química Nova,** 2005, 28(5):822-828.
- BATALHA, B. H. L.; PARLATORE, A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano:** bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, 1993. 198p.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. (Ed.). **Mapa de solos do Estado do**
- BISOTTO, M. L.S. **Compêndio histórico de Ibiporã:** v. I. Ibiporã, 2008. 266p.
- BITTENCOURT, A. V.; ROSA FILHO, E. F.; HINDI, E. C.; BUCHMANN FILHO, A. C. A influência dos basaltos e de misturas com águas dos Aquíferos Sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra-Geral Bacia do Rio Piquiri, Paraná – BR. In: **Rev. Águas Subterrâneas** n. 17/ Maio 2003.

BOTTURA, J.A.– Caracterização da Contaminação e Remediação de Solos e Águas Subterrâneas. **Apostila do Curso de Especialização em Gestão Ambiental**. CEPPE, UnG, São Paulo. 2003.

BRANCO, S. M. Água, Meio Ambiente e Saúde. In: REBOUÇAS, Aldo C; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José, G. **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. p. 227-248.

BRASIL. **Lei nº 9.984. de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília - DF.

BRASIL, Ministério das Cidades. PlanHab – **Estudos técnicos**: caracterização dos tipos de municípios. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. Fundação João Pinheiro – FJP. Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br>>.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/MMA, Conselho Nacional do Meio-Ambiente/CONAMA. **Portaria Nº 518 de 25 de Março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf)>. Acesso em: 15 set. de 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/MMA, Conselho Nacional do Meio-Ambiente/CONAMA. **Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 11 de setembro de 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente/MMA, Conselho Nacional do Meio-Ambiente/CONAMA. **Resolução Nº 396 de 03 de Abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 13 de setembro de 2011.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**: dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981**: dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da União, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Águas envasadas e Gelo. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 20 jul. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 14 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 14 dez. 2011, Seção 1, p. 39/46.

BRASIL. **Recursos Hídricos**: conjunto de normas legais. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. 3ª ed. Brasília: MMA, 2004.

BRITO, I. M.; BERTINI, R. J. **Estratificada bacia do Paraná - III**. O Grupo Passa Dois. Anuário do Instituto de Geociências, Volume 5, 1981. Disponível em: <[http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario\\_1981/vol\\_05\\_56\\_81.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_1981/vol_05_56_81.pdf)>.

BUCKLAND, J., ZABEL, T., Economic and Financial Aspects of Water Management Policies. In: F. N. Correa (Ed) **Selected Issues in Water Resources Management in Europe**. 2 ed..

CAETANO-CHANG, M. R. e WU, F. T. Diagênese de Arenitos da Formação Pirambóia no Centro-Leste Paulista, In: **São Paulo**, UNESP, Geociências, v. 22, n. Especial, p. 33-39, 2003. Disponível em: [http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/22\\_especial/3.PDF](http://petro.rc.unesp.br/revistageociencias/22_especial/3.PDF). Acesso em: 21 jun. 2012.

CALLAHAN, M.A.; SLIMAK, M.W.; GABLE, N.W. **Water-related fate of 129 priority pollutants**. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards. EPA-440/4-79-029 a. 1979.

CANDY, J. M.; MCARTHUR, F. K.; OACKLEY, A. E.; TAYLOR, G. A. Aluminum Accumulation in Relation to Senile Plague and Neurofibrillary Tangle Formation in the Brains of Patients with renal Failure. **Journal of Neurological Sciences**, v. 107, p.210-218. 1992.

CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Revista Ciência e Natura**, v. 29, p. 97-109, Santa Maria, 2007. Disponível em: [http://cascavel.ufsm.br/revista\\_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/55/67](http://cascavel.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/55/67)

CARRILLO-RIVERA JJ, CARDONA A, EDMUNDS WM. Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high-fluoride concentration in abstracted groundwater: San Luis Potosi basin, Mexico, **Journal Hydrol**, 2002, 261:24–47.

CELLIGOI, A & DUARTE, U. Critérios hidrogeológicos na locação de poços tubulares em rochas basálticas da Formação Serra Geral. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBT., 8, Recife, 1996. **Anais...** Salvador: ABAS.

CELLIGOI, A. Aspectos hidrogeoquímicos da Formação Serra Geral em Londrina – PR. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBT., 8, Recife, 1994. **Anais...** Recife: ABAS. p. 425-433

CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da formação serra geral em Londrina – PR**, 1993.83 f.. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP.

CETEM/CANMET. **Projeto conceitual preliminar para recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**. Relatório, 2000.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Características químicas de interesse ambiental**; CETESB/SP-SP, 2011. Disponível em: <[www.setorpesqueiro.com.br/cetesb](http://www.setorpesqueiro.com.br/cetesb)>. Acesso em 13 jan. 2012.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo- significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Apêndice A, **Série Relatórios**, 2009.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. Cetesb, 2001.

COMBS JR, G.F. – Geological impacts on nutrition. in SELINUS, O.; ALLOWAY, B.; CENTENO, J.A.; FINKELMAN, R.B.; FUGE, R.; LINDH, U.; SMEDLEY, P. – Essentials of Medical Geology: impacts of the natural environment on public health. **ELSEVIER Academic Press**, Califórnia, USA, 2005.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. **Estudos de águas subterrâneas – regiões administrativas 10 e 11 – Presidente Prudente e Marília**. São Paulo. 1979, v.1. Texto. 220 p.

DREVER, J. I. **The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments**. 3rd ed., 1997, p. 436.

ELINDER, C. G. **Cadmium as an environmental hazard**. LARC Sci Publ v. 118, pg.123-132, 1992.

EMBRAPA. Ministério da Agricultura: Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. 412p. 1999.

EMBRAPA. Ministério da Agricultura: Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos (atualização)** Brasília: Serviço de Produção e Informação (SPI), Brasil. 2011. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br>>. Acesso em: 11 dez. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

ESTATUTO DAS CIDADES. **Art.2º, inciso I. Ibid, art.2º, inciso IV. Ibid, art.2º, inciso VII**. Brasília, Senado Federal, 2001

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, Interciência/ FINEP, 1998. 602 p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A..  
**Hidrologia: conceitos e aplicações.** CPRM, LABHID, 2009. 812 p.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e ambiente.** Campinas: Editora UNICAMP, 2000.

FILHO, J. M.; FEITOSA, F. A. C. (Org). **Hidrologia: conceitos e aplicações.** Fortaleza: CPRM/LABHID\_UFPE, 1977.

FORD, L. A. **Magia Química,** Editorial Diana: México, 1982, p. 174.

FORTES, E.; OLIVEIRA, S.B.; VOLKMER, S. Aplicações da técnica de seppômen na análise paleoclimática e morfoestrutural: O caso da bacia hidrográfica do rio São Pedro – Faxinal – PR. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO II SEMINÁRIO IBÉRICO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2010, Coimbra. **Anais...** Coimbra, 2010.

FRAGA, C. G. & LIBOA, A. A. A origem do flúor em água subterrâneas da Bacia do Paraná análise introdutória. 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Porto Alegre, RS, **Anais...** ABAS, 1990, 1, N°16, p. 98-106.

FRAGA, C. G. & REBOUÇAS, A. C. Hidrologia das rochas vulcânicas do Brasil In: **Revista da Água Subterrânea**, n. 12, ago. 1988. pp. 29-55.

FRAGA, C. G. **Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da bacia do Paraná.** Tese (Doutorado), USP. São Paulo-SP, 1992

FRAGA, C. G. **Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná.** Dissertação (Mestrado), USP. São Paulo, 1986

FRANÇA, V. O rio Tibagi no contexto hidrogeológico paranaense. In: MEDRI, Moacyr E. (Org.). **A bacia do rio Tibagi.** Londrina, PR: M.E. Medri, 2002. p. 45-61.

GIAMPÁ, C. E.Q; SOUZA, J.C de. Potencial aquífero dos basaltos da formação Serra Geral no estado de São Paulo. In: 2º CONG. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Anais...** Salvador, ABAS, 1982.

GOLDENSTEIN, S., A Cobrança como Instrumento de Gestão Ambiental. In: A. C. Mendes Thame (Org.) **A Cobrança pelo Uso da Água.** IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA, São Paulo, 2000, pp. 165 – 178.

GOVETT, G. J. S. Handbook of Exploration Geochemistry. v. 3: Rock Geochemistry in Mineral Exploration, **Elsevier Scientific Publishing Company**, 1983, 461 p.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S. B. (Org). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HASUI, Y.; MIOTO, J.A. **Geologia Estrutural aplicada.** São Paulo, ABGE/Votorantin, 1992.

HINDI, E. C. **Hidroquímica e hidrotermalismo do sistema aquífero guarani no estado do Paraná.** Tese (Doutorado) - Curitiba, 2007. xv, 153 f.: il.; tab.; graf., mapas.

HIRATA, R.; RODOLFFI, G. **Presença de cromo nas águas subterrâneas em Urânia**. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Geológico. 1993, 24p. (Relatório Técnico).

HIRATA, R.; RODOLFFI, G.; ALMO-DOVAR, M.L.N. O cromo nas águas subterrâneas do noroeste paulista: origem e linhas para uma pesquisa de detalhe: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriú, 1994. Boletim de resumos expandidos. Camboriú, SBG, v.3, p.333-334.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: região sul**. Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: **Censo 2010**.

IBIPORÃ (município). **Decreto Lei nº 786/85**. Reformula o código de Postura do Município e dá outras providências. Tribuna de Ibiporã - Diário Oficial, 1999.

IBIPORÃ (município). **Decreto-Lei nº 1582/99**, de 18 de outubro de 1.999 Reformula o código de Postura do Município e dá outras providências. Tribuna de Ibiporã - Diário Oficial, 1999.

IBIPORÃ (município). **Decreto-Lei nº 2.449/2011**. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Ibiporã e dá outras providências. Tribuna de Ibiporã - Diário Oficial, 18/04/2011.

IBIPORÃ (município). **Decreto-Lei nº 114/64**, Institui o código de Postura do Município e dá outras providências. Câmara Municipal de Ibiporã, 1964.

IBIPORÃ, **Prefeitura Municipal**. Avaliação Temática Integrada. Ibiporã, 2008

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.167/2008**. Institui o Plano Diretor Municipal.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.172/2008**. Dispõe sobre o Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da área urbana do Município e dá outras providências.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.173/2008**. Dispõe sobre o Parcelamento e o remembramento do solo para fins urbanos e dá outras providências.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.174/2008**. Dispõe sobre o Código de Obras do Município de Ibiporã e dá outras providências.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.175/2008**. Dispõe sobre o Sistema Viário do Município de Ibiporã.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Lei Nº 2.176/2008**. Institui o Perímetro Urbano do Município de Ibiporã.

IBIPORÃ, Prefeitura Municipal. **Processo Participativo - Relatório**. Ibiporã, 2008

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Vários Paranás: estudos socioeconômicos-institucionais como subsídios ao plano de desenvolvimento regional**. Curitiba. IPARDES, 2010.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico do Município de Iporã**, 2010. Curitiba. IPARDES, 2010. Disponível em . <http://www.ipardes.gov.br>. Acesso em 16/04/2011.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências - **Secretaria do meio ambiente e recursos hídricos do Paraná**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

KIM, K.; JEON, G Y. G. **Factors influencing natural occurrence of fluoride-rich ground waters: a case study in the southeastern part of the Korean Peninsula**. Chemosphere 58:1399–1408. 2005.

KOLJONEN, T. (Ed.); ELO, S.; GUSTAVSSON, N.; HUHMA, L.K.; KAURANNE, K.; KOLJONEN, T.; NORAS, P.; PESONEN, L.J.; RUOTOISTENMÄKI, T.; SALTIKOFF, B.; SILLANPÄÄ, M.; TANSKANEN, H.; VAASJOKI, M.; VUORELA, P. – **The geochemical Atlas of Finland**. Hensinque: Geol. Survey of Finland, 1992.

LAMPERT, W. & SOMMER, U. **Limnoecology: the Ecology of Lakes and Streams**. Tradução de: James F. Haney. Nova York; Oxford: Oxford University Press, 1997.

LARACH, J. O.; A. CARDOSO; A. P. CARVALHO; D. P. HUCHMÜLER; P. J. FASOLO & M. J. RAUEN. **Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Curitiba, Embrapa/ Suldesul/ Iapar, 1984. 791 p.

LEINZ, V. **Geologia geral**. 2.ed. São Paulo: Nacional, 1963. 474 p.

LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica**. Princípios, técnicas e métodos. CPRM, Rio de Janeiro, 216 p, 1998. Técnico elaborado para o SIECESC (RT33/2000).

LICHT, O.A.B. **A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil**. 2001. 236 p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental)-Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

LISBOA, N. A.; MENEGOTTO, E. Condicionantes geoquímicos do sistema aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul, Brasil. Anais do V, SBGq, Salvador, p.134-136, 1997.

LOBATO, F., BALTAR, A., ARAÚJO, R. G. et al. **Elements for a Brazilian Water Resources Management Strategy**, Draft Report, 2002.

LOGAR, J. **Interpretação de análises químicas de águas**, 1 ed. Tradução de: LEMOS, A. M. Recife, 1965.

MAACK, R. **Notas preliminares sobre as águas do sub-solo da Bacia Paraná-Uruguaí**. Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, Curitiba, 1970.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3 ed. Curitiba, PR. Imprensa Oficial, 1968.

MACHADO, J. L. F. **A redescoberta do aquífero Guarani**. Reportagem Scientific American Brasil, Abril, 2006. Edição 47, p. 1-6.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. 2005. 237f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2005.

MANUAL HORIBA – **Water Quality Measurement**. Disponível em: <<http://www.horiba.com>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

MCCOMISH, M. F.; ONG, J. H. Trace metals. In: **Environmental inorganic chemistry: properties, processes, and estimation methods**. New York: Pergamon Press, p. 1-12, 1988.

MELFI, A. J. ; PICCIRILLO, E. M. ; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin: an introduction. In: PICCIRILLO E. M. & MELFI, A. J. (Ed.). **The mesozoic flood volcanism of the Parana basin: petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo: USP, 1988. p. 1-14.9

MELLANGER, M.; CHORK, S.C.Y.; DIJKSTRA, S.; ESBENSEN, K.H.; KÜRZL, H.; LINDQVIST, L.; SAHEURS, J.P.; SCHERMANN, O.; SIEWERS, U.; WESTERBERG, K. The multivariate chemical space and the integration of the chemical, geographical and geophysical spaces. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 21, p. 143-148, 1984.

MELLO, C. C. de. **Investigando traços de nitrato em águas naturais**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Ensino de Química Experimental para o 2o. Grau, Setor de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999. 30f.

MENDONÇA, F. DE A; M.I. DANNI-OLIVEIRA. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In: M.E. MEDRI; E. BIANCHINI; O.A. SHIBATA & J.A. PIMENTA (Ed.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, Edição dos editores, 595p. 2002, p. 63-68.

MILANI, E. J; FRANÇA, A. B; MEDEIROS, R. A. Roteiros Geológicos, Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná. In: **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 135-162, Nov. 2006 / Maio 2007.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. Plano Diretor de Mineração – RMC. **Avaliação preliminar de áreas de mineração em atividade e os direitos minerários**. Curitiba : MINEROPAR, 2003. Relatório Interno.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. – **Atlas geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001. 80p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. – **Atlas geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba. MINEROPAR, 2012. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Cadernos de Recursos Hídricos 5** – Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil, 2006. Disponível em [http: <www.aguasparana.pr.gov.br>](http://www.aguasparana.pr.gov.br). Acesso em: 26 maio 2011.

MOCELLIN, R. C.; FERREIRA, F. J. F. Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do estado do Paraná, Brasil. **Rev. bras. geociências**. [online]. 2009, v.39, n.3, pp. 567-579. ISSN 0375-7536.

MOREIRA, L. R. L. **Direito ambiental: legitimação e atuação do ministério público**. Curitiba: Editora Juruá, 2004.

MPPR. **Página do Ministério Público do Estado do Paraná**, Paraná, 2006. Disponível em: <<http://www.mp.pr.gov.br> > Acesso em: 20 jun. 2011.

MUÑOZ, H. R. Razões para um Debate sobre as Interfaces da Gestão dos Recursos Hídricos no Contexto da Lei de Águas de 1997. In: **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei de águas de 1997**. 2 ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

NANNI, A. S.. O Flúor em águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. In: SEMANA ACADÊMICA DOS ALUNOS DE PÓSGRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS, 1., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 101-104.

NATIONAL RESEACH COUNCIL. Committee on lead in the human environment a report, **National Academy of de Sciences**, Washington, DC. 1980.

NELSON, A. E. **Oncogenic osteomalacia: is there a new phosphate regulating hormone?** Clin Endocnnol (Oxf), y.A1, n.6 p.635-642,1997.

NOGUEIRA, G.F; BRITO, C.M.O. Caracterização Geográfica e Aspectos Socioambientais da Mineração de Argila em Jataizinho –Pr. In: STIPP, N.A.F. (Org.). **Análise ambiental em ciências da terra, Londrina: UEL**, 2010, p.368, n.v.3 il.

OLIVEIRA. L.,A.; VIEIRA. A., S. Estado da Arte do Sistema Aquífero Guarani – SAG. In: **Caminhos de geografia**. Uberlândia v. 11, n. 34 junho/2010 p. 174 - 189 .

OMS - **Organização Mundial de Saúde**. Tradução de: Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998.

PARANÁ (estado). **Lei Estadual nº 12.726, de 1999**. Curitiba: Diário Oficial do Estado do Paraná, 1999.

**Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Embrapa Solos, Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. 74 p.

PINESE, J. P. P. **Caracterização petrológica e geoquímica dos diques do Arco de Ponta Grossa**. 1989 (Dissertação de Mestrado. Instituto Astronômico e Geofísico da USP). São Paulo. 196 p., 1989.

- PINESE, J.P.P. Síntese geológica da bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, Moacyr E. **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: M. E. Medri, 2002. p.21 -38.
- PINESE, J.P.P.; ALVES, J.C.; LICHT, O.A.B.; PIRES, E.O.; MARAFON, E. características geoquímicas naturais da água de abastecimento público da porção extremo norte do estado do paraná, brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2002.
- PIPER, A.M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. **Transactions** - American Geophysical Union 25. 914-923, 1944.
- PIRES, E. de O. **Ambiente e saúde: o caso das águas superficiais em Itambaracá-PR**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.
- PIRES, E. de O. Geografia da saúde e geologia médica como instrumentos de planejamento e gestão em saúde ambiental: o caso das anomalias de flúor e da fluorose dentária em Itambaracá-Pr. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.
- PORTELA FILHO C.V.; FERREIRA F.J.F.; ROSA FILHO E.F.; BUCHMANN A.C; ROSTIROLLA- SP. 2002. Estudo preliminar da conexão entre os Aquíferos Serra Geral e Guarani com base em dados aeromagnetométricos e hidroquímicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12. Florianópolis, **Anais...** SC, Brasil.5
- REBOUÇAS, A. C. Diagnóstico do setor de hidrogeologia. **Caderno técnico**. São Paulo. ABAS, 1996. 46 p.
- REBOUÇAS, A. C.; FRAGA, C.G. **Hidrogeologia das rochas vulcânicas do Brasil**. Ver. De Águas Subterrâneas, n. 12, 1988, ABAS.
- REBOUÇAS, A.C. Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. In: CONG. BRAS. ÁGUAS SUBT., 8, Recife, 1994. Anais...Recife: ABAS. p. 500 – 509.
- REZENDE, V. F. Política urbana ou política ambiental, da Constituição de 88 ao Estatuto da Cidade. In: CARDOSO, Adauto L.; RIBEIRO, Luiz César Q. (Org.) **Reforma Urbana e gestão democrática: promessas e desafios do estatuto da cidade**. Rio de Janeiro, Revan: 2003.
- RIBEIRO, L., VIEIRA, E. M., ALVES, M.G., ALMEIDA, F. T. Aplicação de SIG na visualização da contaminação por Selênio no Aquífero da Região de Buena – Município de São Francisco do Itapoana/RJ. XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...** INPE, p. 3261-3267, 2005.
- ROCHA, J. S.M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1991.
- ROSA FILHO, E. F.; SALAMUNI, R.; BITTENCOURT, A. V. L. Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n 37, 1987. p. 22-52

- ROSA FILHO, E.F da, HINDI, L. E. M; BITETENCOURT, A. V. L. **As águas subterrâneas no estado do Paraná**. Curitiba: ed. Do Autor, 2010. 145 p.
- ROSA FILHO, E.F da, HINDI, L. E. M; MANTOVANI, L. E. ; BITETENCOURT, A. V. L. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor, 2011, 200 p.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. 8 ed., 2 reimp. São Paulo : Contexto, 2008 – (Repensando a Geografia) ISBN 85-85134-82-8
- SANQUETTA, C. R.. **Os números atuais da cobertura florestal do paraná**, 2003.  
Disponível em:<[www.ambientebrasil.com.br//florestal/artigos/cobertura\\_florestal.html](http://www.ambientebrasil.com.br//florestal/artigos/cobertura_florestal.html)>  
Acesso em: 15 maio 2011.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: **Hidrologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.
- SÃO PAULO (Estado), Decreto no 12.486, de 20.10.78 - NTA 60 Águas de consumo alimentar. In: **Legislação: água para o consumo humano, potabilidade, fluoretação**. São Paulo, CETESB, 1994. p.51-2.
- SCARPELI, W. **Introdução à geologia médica**. São Paulo: I FENAG IG/USP, 2003.  
Disponível em: <[www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.html](http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.html)>. Acesso em: 05 abr. 2012.
- SHINZATO, M.C. Comportamento geoquímico de íons metálicos associados a solos/sedimentos e águas subterrâneas em indústrias de reciclagem. **Exame de qualificação. Instituto de geociências da USP**, São Paulo - SP, 58 p.,1997.
- SILVA, J. A. **Curso de direito constitucional positivo**. Minas Gerais, Malheriros, 2008, 926 p.
- SMITH, E.T, S. R. effect of soil pH on availability to crops of metals in savage sludgetreated soils. Nickel, copper and zinc uptake and toxicity to ryegrass. **Environmental Pollution**, v. 85, n. 3, p.321-327, 1995.
- SOARES, P. C. & ASSINE, M. L. 1992. A sequência Triássico – Jurássica da bacia do Paraná. **Acta Geológica Leopoldinensia**, 36:137 – 138.
- SOUZA, H.B & DERSIO, J.C. **Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água - CETESB**, São Paulo/SP, 1997.
- SOUZA, I. A.; GASPARETTO N. V. L.; SOUZA, M. L. Ocorrência de microorganismos e de metais pesados na água subterrânea de Maringá-PR. In: I SEMINÁRIO NACIONAL DE IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS URBANOS: DESAFIOS E SOLUÇÕES. **Anais...** Curitiba, 19-22 jun. de 2002 (no prelo).
- TAKEDA, M.; POLIDORO, M.; BARROS, O. N. F. Mapeamento do índice de carência habitacional e índice de longevidade na região metropolitana de Londrina. XXIV SEMANA DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA E III SEMINÁRIO DE GEOGRAFIA DO NORTE DO PARANÁ. **Anais...** 2008.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de textos, 2ª. Reimpressão, 2003.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, Maria C; BINI, Luís M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, Anna E. A. M; AGOSTINHO, Â. A; HAHN, Norma S. **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM, 1997.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Áreas Verdes. **Revista Território & Cidadania**. Ano III, n. 2. 2003.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília – UNESCO, 2001.

TUCCI, Carlos E.M. **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. Rega / Global Water Partnership South América. v. 1, n. 1 (jan./jun., 2004) Santiago: GWP/South América, 2004.

VAZ, A.J.; LIMA, I.V. Imunotoxicologia dos metais. In: AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. Editora Atheneu, SP, 2003.

WHITE, I.C. **Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar).

WIKIPÉDIA – **A enciclopédia livre**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki>>. Acesso em: 5 ago. 2012.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J. de, et alli. Bacia do Paraná, In: RAJA-GABAGLIA, PEDERNEIRAS G.; MILANI, E. J.: **Origem e evolução das bacias sedimentares**. Rio de Janeiro, Ed. Gávea, PETROBRÁS, 1990.

ZANETTI, K. **Considerações hidroclimáticas e hidrogeoquímicas do município de Porto Rico (Pr) e relações com a saúde coletiva no alto rio Paraná**. 2009, 142f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.