

## QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS MUNICÍPIOS DE IBICARÉ, LACERDÓPOLIS, OURO E CAPINZAL

MOTTA, Édina<sup>†</sup>; FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias<sup>\*\*</sup>

### Resumo

A região de estudo, compreendida no Meio-Oeste catarinense, possui dois grandes reservatórios de água subterrânea: o Sistema Aquífero Guarani e o Sistema Aquífero Serra Geral. Com o objetivo de avaliar a qualidade das águas subterrâneas captadas via poços tubulares dos municípios de Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro e Capinzal, foram analisados os parâmetros físico-químicos: pH, sólidos dissolvidos totais, condutividade, cor aparente, cloreto, dureza total, fluoreto, nitrato, potássio, sódio, sulfato e turbidez; e; os parâmetros microbiológicos: bactérias heterotróficas, coliformes totais e termotolerantes da água coletada de 60 poços. Os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria n. 2.914 (BRASIL, 2011) do Ministério da Saúde e pela Resolução Conama n. 396 (BRASIL, 2008). Em relação aos aspectos físico-químicos, o pH apresentou valores entre 6,0 e 9,9; apenas as águas dos poços 9, 10 e 14 se apresentaram com pH acima de 9,5 e, portanto, fora dos valores recomendados. Para a cor e a turbidez, somente a água do poço 59 ultrapassou o valor máximo permitido para ambos os parâmetros; além deste, mais cinco poços excederam somente em turbidez. As águas apresentaram valores de condutividade elétrica que variaram de 45,8 a 650  $\mu$ Siemens/cm e sólidos totais dissolvidos, de 23,1 a 329 mg/L, dentro dos padrões de potabilidade, assim como os cátions e ânions analisados. Encontrou-se um elevado percentual de amostras com presença de coliformes totais (66,6%) e termotolerantes (63,3%), indicando água imprópria para consumo humano. Para bactérias heterotróficas, apenas os poços 7 e 27 ultrapassaram o limite de 500 UFC/mL. Palavras-chave: Aquífero Guarani. Aquífero Serra Geral. Qualidade da água. Potabilidade.

<sup>†</sup> Graduada em Ciências Biológicas em 2012; Técnica do Laboratório de Saneamento e Águas da Universidade do Oeste de Santa Catarina Campus de Joaçaba; edina.motta@hotmail.com

<sup>\*\*</sup> Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa; Professora da Área de Ciências Exatas e da Terra na Universidade do Oeste de Santa Catarina Campus de Joaçaba; eduarda.frinhani@unoesc.edu.br

## **Characterization of groundwater of municipalities of Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro and Capinzal**

### **Abstract**

*The study area, understood in the Meio-Oeste de Santa Catarina, has two large reservoirs of water underground: the Guarani Aquifer System and the Serra Geral Aquifer System. Aiming to evaluate the quality of groundwater via wells captured the towns of Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro and Capinzal, we analyzed the physical and chemical parameters: pH, total dissolved solids, conductivity, apparent color, chloride, total hardness, fluoride, nitrate, potassium, sodium, sulfate and turbidity and microbiological parameters: heterotrophic bacteria, total and fecal coliforms in water collected from 60 wells and the results were compared with the limits established by Ordinance 2.914 (BRASIL, 2011) of the Ministry of Health and by Conama Resolution 396 (BRASIL, 2008). With relation to the physical-chemical, the pH values were between 6.0 and 9.9 with only water wells 9, 10 and 14 presented with pH above 9.5, and therefore outside the recommended values. For color and turbidity, only 59 well water exceeded the maximum allowed value for both parameters, in addition to this, five more wells exceeded only in turbidity. The water is electrical conductivity values ranging from 45.8 to 650  $\mu$ Siemens/cm and total dissolved solids, 23.1 to 329 mg/L, within the standards of potability, as well as cations and anions analyzed. We found a high percentage of samples with presence of total coliforms (66.6%) and fecal coliforms (63.3%), indicating water unfit for human consumption. For heterotrophic bacteria only wells 7 e 7 exceed the limit of 500 CFU/ mL.*

*Keywords: Guarani Aquifer. Serra Geral Aquifer. Water quality. Drinkability.*

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 COMPOSIÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Nos últimos anos vêm sendo desenvolvidos, inúmeros estudos sobre o Sistema Aquífero Guarani (SAG) e o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), tanto em nível nacional, quanto também nos países vizinhos ao Brasil, visando a proporcionar um melhor entendimento das condições e potencialidades de armazenamento e vulnerabilidade dos dois sistemas (FREITAS; CAYE; MACHADO, 2003; BORGHETTI, BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004; PORTELA FILHO et al., 2005, ROSA FILHO et al., 2005; BETIOLLO, 2006; RIBEIRO, 2008; CONCEIÇÃO et al., 2009; CURTARELLI; SILVA; FERREIRA, 2010; ZANATTA; COITINHO, 2011).

A exploração desses grandes reservatórios associada aos aspectos construtivos e/ou à má utilização de poços pode estar alterando a qualidade de suas águas, a qual é extremamente relevante, pois permite direcionar seu uso para fins mais nobres, como o consumo humano e a produção de alimento. Nem sempre as alterações têm origem antrópica, podendo ser naturais, como é o caso do aumento da concentração de fluoreto, em razão da ascensão de águas profundas por meio de falhas.

Vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem na água controlam a sua composição química e a sua qualidade. A qualidade química da água subterrânea é, em geral, controlada por fatores como qualidade da água de recarga, tipo de aquífero, litologias percoladas, tempo de residência, entre outros (MANASSÉS, 2009).

A utilização das águas subterrâneas tem aumentado intensamente nos últimos anos. Entre as principais vantagens do uso das águas subterrâneas no abastecimento público comparativamente às águas superficiais estão os baixos custos de captação, já que não há necessidade de construir barragens, adutoras de recalque e estação de tratamento. Outro fator importante é que não causam impactos ambientais quando os poços são bem construídos (ZANATTA; COITINHO, 2002).

Apesar de as águas subterrâneas serem bem protegidas, podem estar sujeitas a fontes de poluição/contaminação naturais, decorrentes das características do solo, como ferro, manganês, arsênico e fluoretos (BRASIL, 2006).

## 1.2 O AQUÍFERO GUARANI

O SAG é considerado um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo (CURTARELLI; SILVA; FERREIRA, 2010). Situado na porção Centro-Leste do continente Sul-Americano, distribui-se entre os territórios da Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil (RIBEIRO, 2008).

Freitas (2003), durante seus trabalhos, encontrou uma condutividade elétrica média de 832,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para as águas do Aquífero Guarani. A média de sólidos totais dissolvidos foi de 521,35 mg/L. O pH variou de 7,36 a 9,45, com uma média de 8,42, característico de águas alcalinas.

A qualidade da água encontrada no Aquífero Guarani, em geral, é adequada para o consumo humano por apresentar boa proteção contra os agentes de poluição que afetam os mananciais de águas superficiais e haver uma possibilidade de captação nos locais onde ocorrem as demandas, e serem grandes as suas reservas de água, conferindo um importante papel para o desenvolvimento econômico e social (ZANATTA; COITINHO, 2002).

Porém, nas áreas de maior confinamento, as águas do sistema Aquífero Guarani não são, sem tratamento, adequadas ao consumo humano, em razão do elevado teor de sólidos totais e dissolvidos, além da presença de sulfatos e flúor acima dos limites recomendáveis (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004).

Machado (2006) conclui que o SAG não apresenta uma homogeneidade quanto à sua qualidade química, por apresentar, na maior parte da sua área de ocorrência, águas salobras ou muito salinas, impróprias para o consumo humano.

Portela Filho et al. (2005) revelaram a conectividade do SASG e do SAG, por meio de diferentes taxas de mistura de suas águas. O pH e os sólidos totais dissolvidos constituíram indicadores úteis na avaliação de procedência das águas dos mencionados sistemas aquíferos.

## 1.3 O AQUÍFERO SERRA GERAL

A Formação Serra Geral representa uma das maiores manifestações vulcânicas continentais da história geológica e está associada à tectônica distensiva de ruptura (BETIOLLO, 2006). É constituída

por camadas com porosidade predominantemente secundária (fraturas), sobrepostas ao Aquífero Guarani (ZANATTA; COITINHO, 2002).

A profundidade dos poços tubulares que captam água do Aquífero Fraturado Serra Geral varia entre 24 e 310 metros apresentando uma média de 117 metros. O intervalo de profundidade mais encontrado na região é entre 100 e 150 metros (FREITAS; CAYE; MACHADO, 2003).

Do ponto de vista físico-químico, as águas captadas dos poços nos aquíferos fraturados apresentam boa qualidade. Segundo Freitas, Caye e Machado (2003), as águas apresentam, para condutividade um valor médio de 255,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para sólidos totais dissolvidos, 239,9 mg/L. Em relação ao pH, as águas variam de ácidas a alcalinas (4,1 a 10,8).

Segundo Betiollo (2006), os poços que apresentam maior vazão são, na maioria, os que captam água do SAG. No SASG, os poços mais produtivos estão relacionados às estruturas tectônicas que fazem ascender água do SAG, fato comprovado pelas características hidroquímicas das águas subterrâneas.

## 1.4 EXPLOTAÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo o Relatório do Desenvolvimento Humano da Organização das Nações Unidas (2011), quase metade da população dos países em desenvolvimento não dispõe de condições sanitárias básicas, fato que contribui para a contaminação dos recursos hídricos, principalmente em razão do despejo direto de seus resíduos sobre as águas superficiais.

Os principais fatores de risco, que podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, na agricultura, são os resíduos de agrotóxicos e de dejetos animais usados como fertilizantes carregados pelas águas das chuvas até os rios, tornando essas fontes impróprias, até mesmo para lazer e dessedentação animal. Já nas áreas urbanas, a contaminação está relacionada ao destino final do esgoto doméstico, industrial e postos de combustíveis e de lavagem (ROHDEN et al., 2009).

A exploração feita sem entendimento das condições hidrodinâmicas podem trazer consequências irreparáveis, no caso de rebaixamento do nível aquífero e contaminação antropogênica. E o conhecimento da qualidade dessas águas é extremamente relevante, pois permite direcionar seu uso para fins mais nobres, como o consumo humano e a produção de alimentos (BETIOLLO, 2006).

Este trabalho apresenta informações relativas à qualidade da água consumida na região Meio-Oeste catarinense, gerando informações, não somente para uso técnico-científico, mas também para o conhecimento da população, incentivando-a a conservar e proteger os mananciais, e ainda, melhorando as condições sanitárias e ambientais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 COLETAS E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As águas subterrâneas foram coletadas aleatoriamente em poços tubulares já existentes nos municípios de Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro e Capinzal, pertencentes à Bacia do Rio do Peixe. Foram

coletadas amostras de 60 poços, no período de 17 de março a 13 de dezembro de 2011, sendo 9 em Ibicaré, 17 em Lacerdópolis, 20 em Ouro e 14 em Capinzal.

As análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento e Águas da Unoesc – *Campus* de Joaçaba. Os parâmetros analisados, as metodologias e os equipamentos utilizados estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros analisados, metodologia e equipamentos

Parâmetro	Metodologia	Equipamentos (Marca/Modelo)
pH	Potenciometria – SM* 4500-H+B	pHmetro Quimis Q400A
Sólidos dissolvidos totais	Condutivimetria	Condutivímetro Quimis – Q485M
Condutividade	Condutivimetria – baseado no SM 2510 B	Condutivímetro Quimis – Q485M
Cor aparente	Colorimetria	Spectroquant Pharo 300 Merck
Cloreto	Titulação argentométrica – SM 4500-Cl-A	–
Dureza total	Titulação complexométrica – SM 2340 C	–
Fluoreto	Colorimetria – baseado no SM 4500-F E	Spectroquant Pharo 300 Merck
Nitrato	Colorimetria – baseado no DIN 38405 D9	Spectroquant Pharo 300 Merck
Potássio	Fotometria de chama	Fotômetro Quimis Q398M2
Sódio	Fotometria de chama	Fotômetro Quimis Q398M2
Sulfato	Colorimetria – APHA 4500 – SO <sub>4</sub> – 2 E	Spectroquant Pharo 300 Merck
Turbidez	Nefelometria – SM 2130 B	Turbidímetro Oakton T – 100
Bactérias heterotróficas Coliformes totais e termotolerantes	Contagem em placa – Unidade formadora de colônia – ABNT MB 3462/1991 Fluorocult LMX – ausência ou presença – SM 9221 D	Autoclave Vertical Phoenix AV – 75; Cabine de Fluxo Unidirecional Quimis Q216F21RA1; Estufa Biopar S80BD

Fonte: as autoras.

Nota: \*SM = Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (2005).

Os poços amostrados foram georreferenciados utilizando GPS de navegação e fotografados no momento da coleta, de forma a avaliar seu aspecto construtivo e sua localização. Dados a respeito da profundidade do poço e vazão foram obtidos com os responsáveis pelos poços.

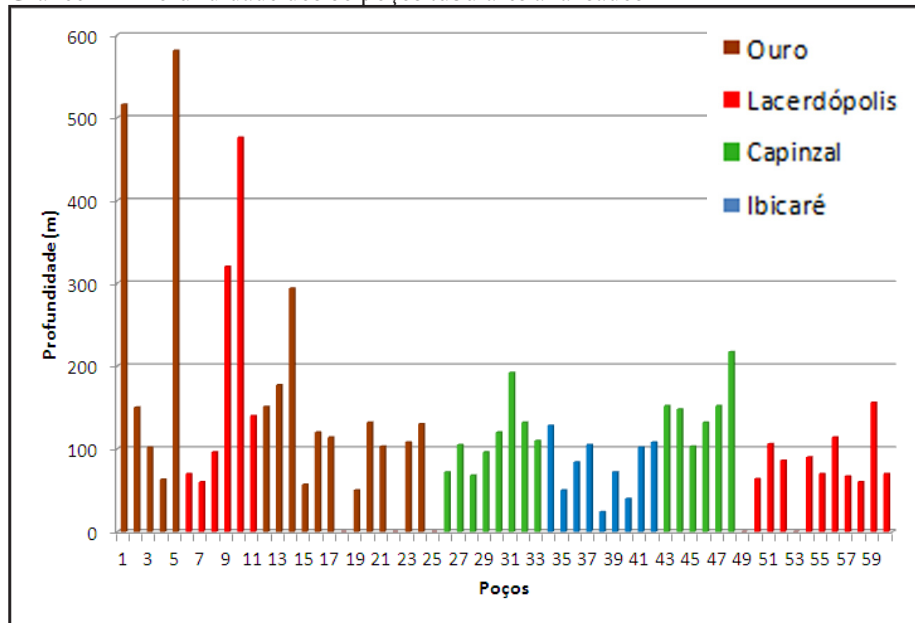
## 2.2 ANÁLISE DOS DADOS

Quando os resultados das análises químicas apresentavam valores inferiores ao do limite de detecção do método utilizado, foram considerados como iguais à metade dos valores dos limites de detecção nas propostas da análise estatística, para não ficarem lacunas no banco de dados e conservar a normalidade dos dados.

Os resultados obtidos foram comparados aos padrões estipulados pela Portaria n. 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e pela Resolução n. 396 do Conama (BRASIL, 2008).



Gráfico 1 – Profundidade dos 60 poços tubulares analisados



Fonte: as autoras.

A profundidade dos poços tubulares que captam água do Aquífero Fraturado Serra Geral varia entre 24 e 310 m, apresentando uma média de 117,01 m. Já o Aquífero Guarani ocorre em profundidades que variam de cerca de 360 m a 1.267 m, podendo alcançar até mais de 1.300 metros na região do Extremo-Oeste do Estado (FREITAS; CAYE; MACHADO, 2003).

Considerando as informações anteriores, dos 60 poços analisados, pode-se afirmar que os poços 1 e 5, localizados em Ouro, e o poço 10, em Lacerdópolis, atingem o Aquífero Guarani. Os poços 9 (Lacerdópolis) e 14 (Ouro) estão em uma profundidade de transição entre o Aquífero Serra Geral e o Aquífero Guarani.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

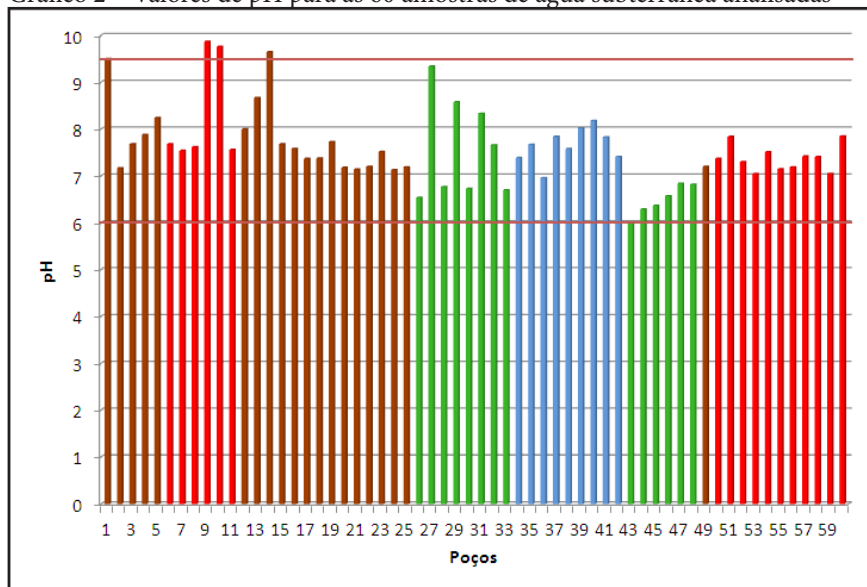
Durante o percurso da água entre os poros do subsolo e das rochas, ocorre a depuração desta por meio de uma série de processos físico-químicos, como troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso; e, bacteriológicos, como eliminação de microrganismos em consequência da ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizem. Esses acontecimentos agem sobre a água modificando suas características e podendo torná-la mais adequada para o consumo humano. Porém, nem sempre suas características são melhoradas, como é o caso do enriquecimento em sólidos dissolvidos e flúor, por exemplo.

#### 3.1.1 Parâmetros físicos

O potencial hidrogeniônico, ou pH, para as amostras de água da região de estudo, apresentou um valor médio de 7,58 com máximo de 9,87 e mínimo de 6 (Gráfico 2).



Gráfico 2 – Valores de pH para as 60 amostras de água subterrânea analisadas



Fonte: as autoras.

A Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece padrões de potabilidade para consumo humano. Para o pH, é permitida uma faixa de 6 a 9,5 (entre as linhas vermelhas representadas no Gráfico 2). Três dos poços analisados apresentaram valores superiores ao recomendado. Já a Resolução (conforme visualizada na Revista eletrônica <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/evidencia>>). Conama n. 396 de 2008, não apresenta limites para o pH.

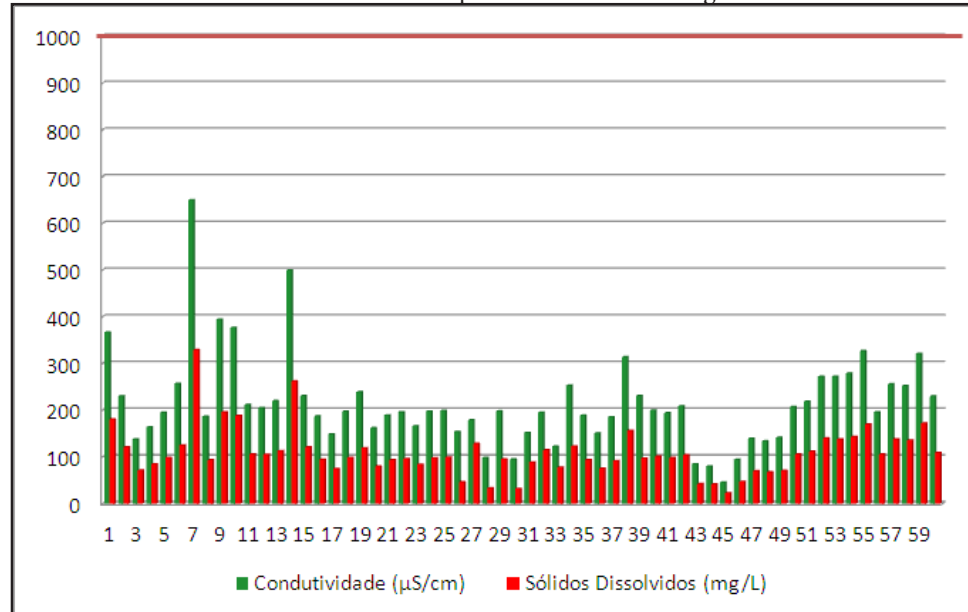
Valores acima de 8,5 para o pH da água podem estar associados à incrustação de carbonatos de cálcio, enquanto valores inferiores a 6,5 são propícios a processos de corrosão de materiais como concreto e certos metais.

Para Portela Filho et al. (2005), na ausência de outros dados hidroquímicos, o pH pode ser um indicativo da conexão entre os mencionados sistemas aquíferos, em que as áreas alcalinas, normalmente, apresentam afinidade com águas do SAG, enquanto tendências à neutralidade são características do SASG.

Para a condutividade elétrica das amostras analisadas, registrou-se uma média de 214,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com máxima de 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e mínima de 45,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Gráfico 3).



Gráfico 3 – Valores de condutividade e STD para as 60 amostras de água subterrânea analisadas



Fonte: as autoras.

A Portaria n. 2.914 (BRASIL, 2011) e a Resolução Conama n. 396 (BRASIL, 2008) não estabelecem limites para a condutividade elétrica em águas para o consumo humano. Já para sólidos totais dissolvidos, o valor máximo permitido é de 1000 mg/L pelas duas legislações, representado pela linha vermelha no Gráfico 3. (conforme visualização na Revista eletrônica <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/evidencia>>).

A condutividade elétrica é a capacidade de uma substância conduzir corrente elétrica. Conforme Manassés (2009), a água apresenta condutividade elétrica diretamente proporcional à quantidade de íons dissolvidos. Vários fatores podem influenciar a composição iônica, como geologia, regime de chuvas, temperatura e pH (CONCEIÇÃO et al., 2009).

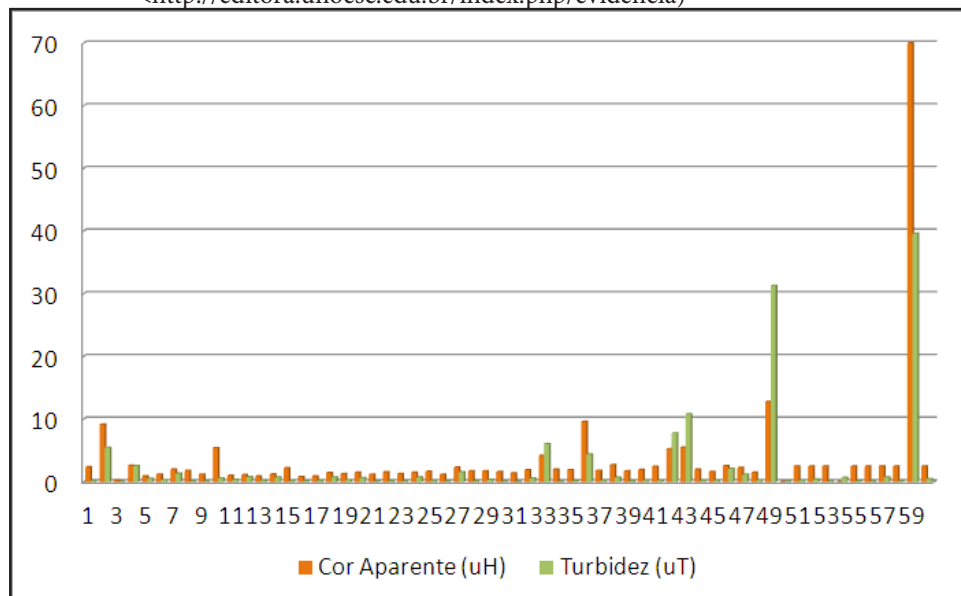
Os sólidos totais dissolvidos representam o total de teores de todos os constituintes minerais presentes na água. Estes teores indicam uma relação direta com a composição mineralógica da rocha-reservatório e com o tempo de percolação/residência das águas subterrâneas no interior do sistema (CAJAZEIRAS, 2007).

Neste estudo, o valor médio observado é de 108,69 mg/L, sendo o máximo 329 mg/L e o mínimo 23,1 mg/L (Gráfico 3). Em Freitas, Caye e Machado (2003), pode-se observar que os valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos encontrados em aquíferos porosos são maiores do que os encontrados em fraturados, mas a maioria ainda é considerada potável.

A turbidez e a cor aparente representam a transparência da água. A turbidez deve-se a substâncias em suspensão ou coloidais e as medidas são feitas baseando-se na intensidade luminosa que atravessa a água. A cor da água é consequência das substâncias em solução, ou seja, em águas não poluídas, a cor é determinada pela presença de ácidos húmicos/fúlvicos e compostos de ferro, mas, quando poluídas, deriva de uma variedade de compostos orgânicos (CONCEIÇÃO et al., 2009).

No Gráfico 4 são apresentados os valores de turbidez e cor aparente para as 60 amostras analisadas.

Gráfico 4 – Valores de cor aparente e turbidez para as 60 amostras de água subterrânea analisadas, com indicação do valor máximo permitido pela Portaria n. 2914/2011 para cor (—) e turbidez (—) (conforme visualização na revista eletrônica <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/evidencia>>)



Fonte: as autoras.

O valor médio encontrado neste estudo foi de 3,5 uT para turbidez; o maior valor encontrado foi de 39,6 uT e o menor, 0,07 uT. Em relação à cor aparente, a média foi de 3,5 uH, com valores mínimo e máximo de 0 e 70 uH, respectivamente.

A Portaria n. 2.914/011 estabelece valor máximo de 5,0 uT para o parâmetro turbidez e 15,0 uH para a cor aparente. Das 60 amostras analisadas, seis apresentaram turbidez superior ao estipulado. Para a cor aparente, apenas uma amostra ultrapassou o valor máximo permitido, apresentando um valor de 70 uH; esta também excedeu o limite para a turbidez: 39,6 uT. A Resolução Conama n. 396 (BRASIL, 2008) não estipula valores para estes parâmetros.

### 3.1.2 Parâmetros químicos

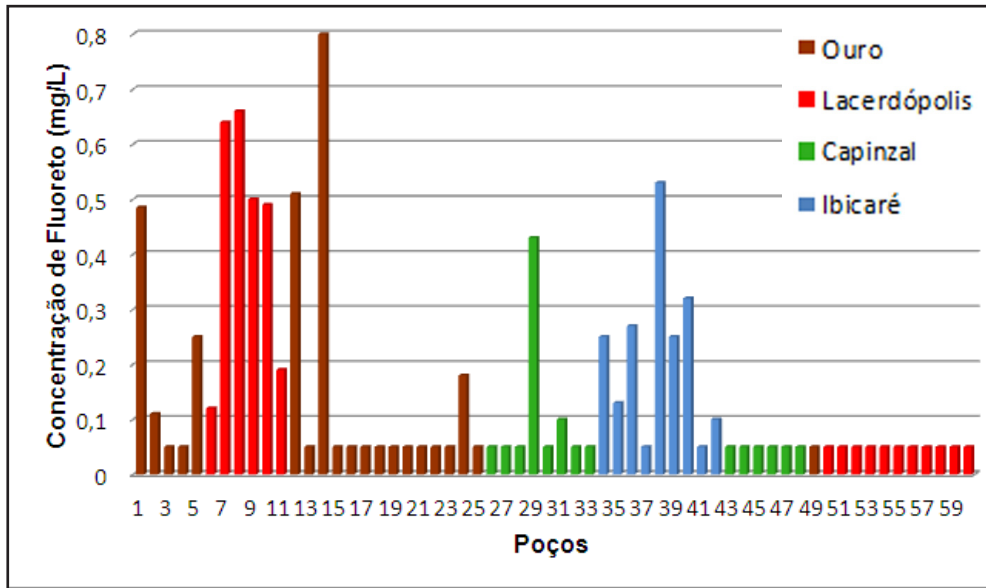
A composição química da água subterrânea é influenciada pela composição das rochas por onde passa, portanto, as características internas do aquífero são importantes, principalmente a porosidade primária da rocha, que define as características da água armazenada.

O fluoreto é frequentemente encontrado em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. A principal fonte de fluoreto em rochas ígneas, como o basalto, típicas do Aquífero Serra Geral, é a fluorita.

Neste trabalho o maior teor verificado foi de 0,80 mg/L no poço 14, localizado em Ouro. Dos poços analisados, 39 apresentaram concentração de fluoreto menor que o limite inferior de detecção do método utilizado (< 0,10); para efeitos de média, esses valores foram considerados como 0,05, ou seja, a metade do limite de detecção. Assim, obteve-se uma média de 0,15 mg/L (Gráfico 5).

Nenhuma das amostras ultrapassou o valor máximo permitido pela Portaria 2914/2011, e pela Resolução CONAMA 396/2008, que é de 1,5 mg/L.

Gráfico 5 – Concentrações de Fluoreto (F) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea analisadas

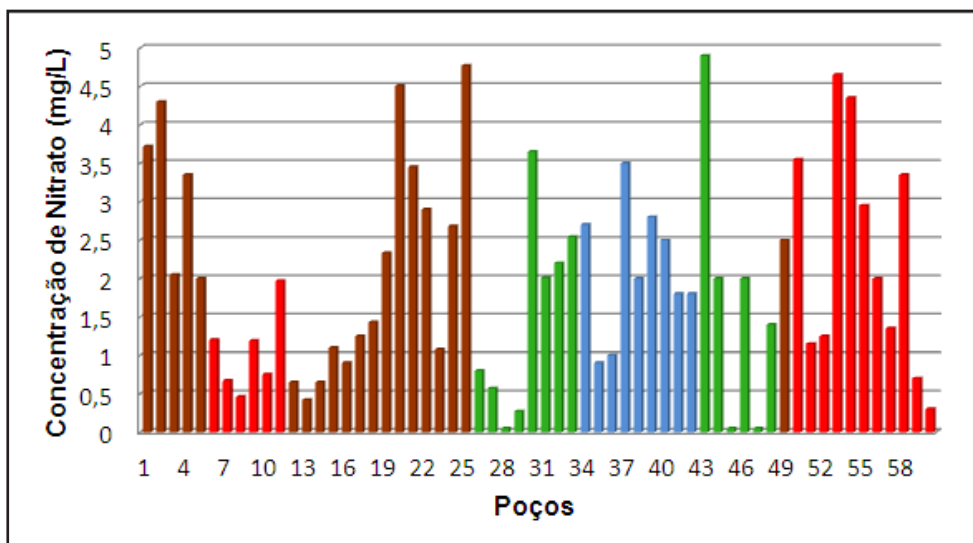


Fonte: as autoras.

Os teores mais altos de flúor em águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral podem sugerir o enriquecimento por meio da interação água-rocha por prolongado tempo. Outra hipótese se baseia no controle estrutural e na conexão hidráulica entre diferentes aquíferos, por intermédio de estruturas tectônicas que possibilitam a ascensão de águas de aquíferos soto-postos ao Aquífero Serra Geral (NANNI, 2008).

Ressalta-se que níveis que variam entre 1 e 1,2 mg/L são considerados ideais para se alcançar um máximo de proteção contra a cárie, sem riscos de ocorrer uma fluorose, que acontece em razão do excesso da concentração do íon fluoreto, responsável pelo desfiguramento do esmalte, causando manchas nos dentes (NEWBRUN, 1988 apud PIRES et al., 2002).

Neste trabalho, obteve-se uma média de 1,99 mg/L de nitrato, com máxima de 4,90 mg/L e mínima de < 0,1 mg/L, limite de detecção inferior do método utilizado (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Concentrações de Nitrato (NO<sub>3</sub>) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea analisadas

Fonte: as autoras.

A Portaria n. 2.914/2011 e a Resolução Conama n. 396/2008 determinam um valor máximo permitido de 10 mg/L de nitrato para ser considerada potável, nenhuma das amostras analisadas excedeu esse valor.

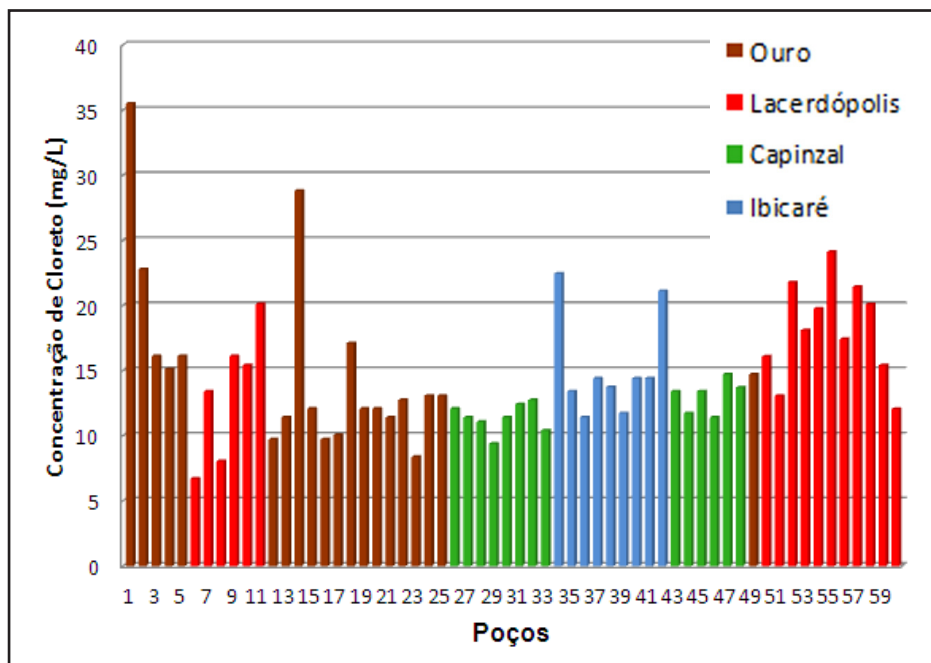
O nitrato é o poluente de ocorrência mais frequente nas águas subterrâneas. Em concentrações superiores a 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, pode causar metahemoglobinemia e câncer. Porém, segundo Cajazeiras (2007), concentrações de nitrato superiores a 5 mg/L indicam uma alteração, sendo essa concentração adotada como um valor de alerta. Os poços n. 20, 25, 43 e 53 apresentam concentrações entre 4,5 e 5,0 mg/L, valor considerado de risco.

Os cloretos são ânions abundantes em águas salobras. Este íon, também tem sido considerado um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões que costumam ter altas quantidades de cloretos, que são tóxicas para a maioria dos vegetais, inibindo seu crescimento (MANASSÉS, 2009).

O valor mais alto registrado entre as amostras coletadas foi o do poço n. 1, (35,5 mg/L) e o menor o do poço n. 10 (6,7 mg/L), com concentração média de 14,78 mg/L (Gráfico 7).

A Portaria n. 2.914/2011 estabelece para as águas potáveis um valor máximo de 250 mg/L para o cloreto. Os resultados obtidos mostram que as águas analisadas estão dentro dos padrões de aceitação para consumo humano.

Gráfico 7 – Concentrações de cloretos (Cl) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea analisadas



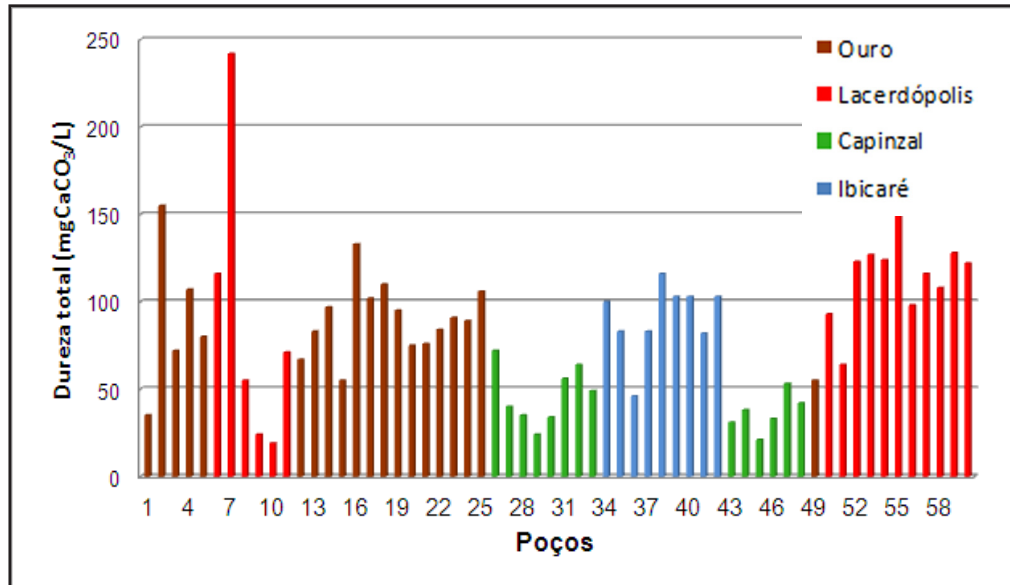
Fonte: as autoras.

Os cloretos produzem gosto desagradável nas águas de consumo, podendo ser corrosivas. Além disso, teores elevados de nitratos e cloretos são claros indicativos de poluição de origem orgânica dos aquíferos, provavelmente em decorrência de dejetos suínos e humanos (FREITAS; CAYE; MACHADO, 2003).

A dureza da água está relacionada à concentração dos cátions cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>). No Gráfico 8 estão representados os valores de dureza total. Observou-se um valor médio de dureza total de 82,7 mg/L. O valor máximo obtido foi de 242 mg/L, e o mínimo de 19 mg/L.

Nenhuma das amostras analisadas ultrapassou o valor máximo permitido pela Portaria n. 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) que é de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , assim como para a Resolução Conama n. 396 (BRASIL, 2008), que estabelece o mesmo valor.

Gráfico 8 – Concentrações de dureza total (mg  $\text{CaCO}_3$ /L) para as 60 amostras de água subterrânea analisadas

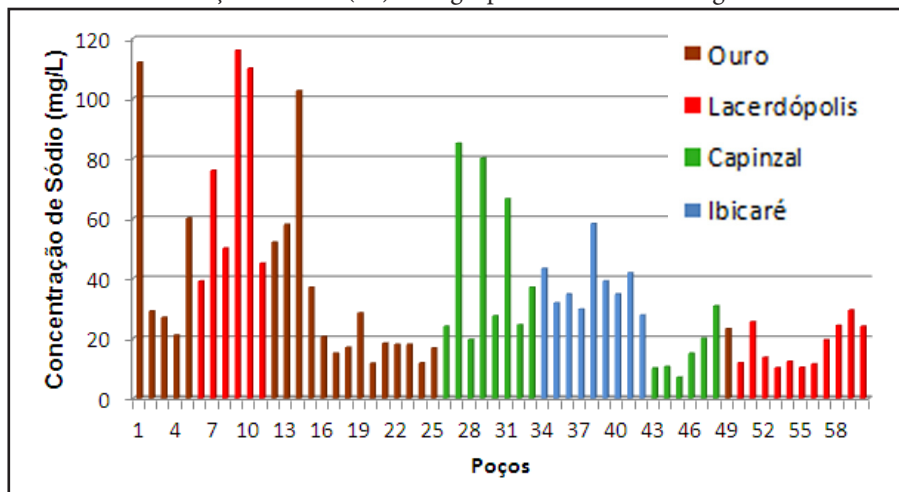


Fonte: as autoras.

Águas com elevada concentração de dureza podem ter um sabor desagradável e produzem efeitos laxativos. Reduzem a formação de espumas, implicando um maior consumo de sabão. Causam incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, tendo seu uso industrial limitado. Do ponto de vista sanitário, não há evidências de que a dureza cause problemas, pelo contrário, alguns estudos apontam que, em áreas com maior dureza na água, há uma redução na incidência de doenças cardíacas (VON SPERLING, 1996).

Para sódio se verificou que o teor médio de 35,38 mg/L, valor mínimo de 7 e máximo de 116 mg/L. No entanto, todas as amostras se encontram dentro dos padrões exigidos pela legislação, que permite concentrações de sódio de, no máximo, 200 mg/L (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Concentrações de Sódio (Na) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea analisadas

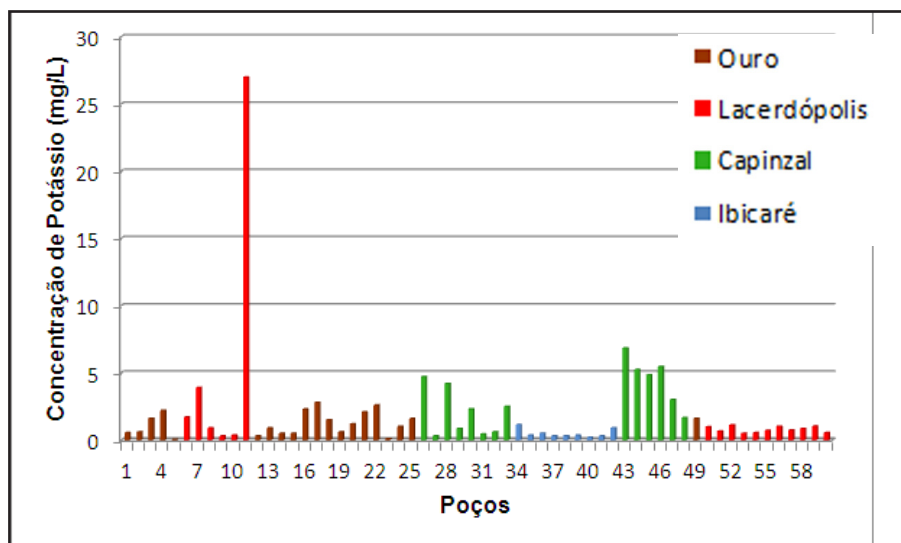


Fonte: as autoras.

Em águas superficiais o sódio é frequentemente atribuído a contaminações antrópicas. Altos níveis de sódio estão relacionados à doenças cardiovasculares (CAJAZEIRAS, 2007).

O potássio ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas. Para este estudo, obteve-se uma média de potássio igual a 1,91 mg/L, o valor máximo foi de 27 mg/L e o mínimo de 0,05 mg/L (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Concentrações de Potássio (K) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea



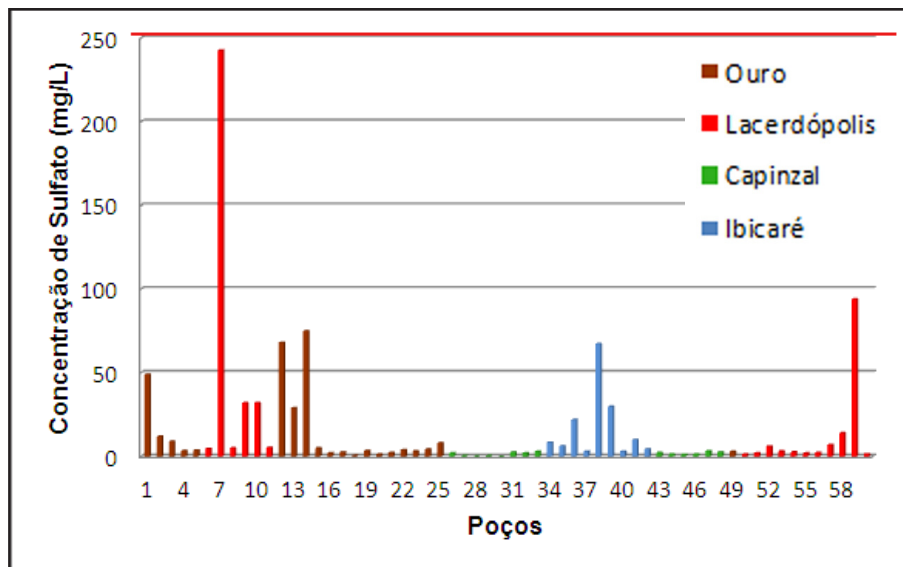
Fonte: as autoras.

Nas águas subterrâneas o teor médio de potássio é inferior a 10 mg/L, sendo mais frequente valores entre 1 e 5 mg/L (BATISTA, 2007). Os valores de potássio amostrados estiveram dentro dos valores considerados mais frequentes para águas subterrâneas exceto a amostra 11, cuja concentração chegou a 27 mg/L. O valor atípico para potássio nesta amostra pode ser em razão de uma possível fonte de contaminação não identificada, como fertilizantes à base de potássio.

O íon sulfato constitui a principal fonte de enxofre (CONCEIÇÃO et al., 2009). Águas com elevado teor de sulfato possuem um gosto desagradável, podendo até ser purgativas.

Neste trabalho o teor médio de sulfato encontrado foi de 15,34 mg/L. O maior valor encontrado foi de 242,5 mg/L, e o menor, 0,1 mg/L (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Concentrações de Sulfato (SO<sub>4</sub>) em mg/L para as 60 amostras de água subterrânea analisadas



Fonte: as autoras.

A amostra 7 apresentou a maior concentração de sulfato (242,5 mg/L) entre as amostras analisadas. Também apresentou uma alta concentração de sódio (76 mg/L) e condutividade (650  $\mu$ S/cm). Apesar desse poço apresentar profundidade de 60 m e pH 7,54, característico do SG, os teores de sulfato e sódio são típicos do Aquífero Guarani, o que sugere misturas por águas oriundas de aquíferos subjacentes.

### 3.1.3 Parâmetros microbiológicos

Em relação aos resultados obtidos na determinação de coliformes totais, 66,6% das amostras avaliadas apresentaram contaminação, o que corresponde a 40 das 60 amostras analisadas. Das 40 amostras que apresentaram resultado positivo para coliformes totais, 37 também indicaram presença de coliformes termotolerantes (61,66%).

A presença de coliformes termotolerantes indica a possibilidade de contaminação por fezes, e, conseqüentemente de microrganismos patogênicos existentes nelas, que podem incidir no aparecimento de doenças gastrointestinais na população, como gastroenterite e enteroparasitoses (KEMERICH, 2008).

Um percentual considerado elevado, pois a presença de coliformes indica água imprópria para o consumo humano conforme a Portaria n. 2.914/2011, que classifica como água potável aquela ausente de coliformes (totais e termotolerantes) em 100 mL. A Resolução n. 396/2008 do Conama cita que para as águas subterrâneas se enquadrarem nas Classes 1, 2 e 3, não devem apresentar coliformes termotolerantes em 100 mL.

Sempre que possível, optou-se em coletar diretamente do poço (Fotografia 1), mas quando não havia essa possibilidade, coletou-se na entrada da caixa-d'água (Fotografia 2), ou dentro da caixa-



d'água (Fotografia 3). Quando essa situação ainda não era possível, as amostras foram coletadas na torneira mais próxima do poço (Fotografia 4).

Fotografia 1 – Amostra coletada direto do poço



Fonte: as autoras.

Fotografia 2 – Amostra coletada na entrada da caixa d'água



Fonte: as autoras.

Fotografia 3 – Amostra coletada na caixa d'água com sólidos sedimentados possíveis de observar



Fonte: as autoras.

Fotografia 4 – Amostra coletada em uma torneira após a caixa d'água localizada nas proximidades de um confinamento de bovinos



Fonte: as autoras.

De acordo com os resultados obtidos, 65% das amostras que apresentaram contaminação por coliformes totais e/ou termotolerantes foram coletadas nas torneiras disponibilizadas pelos responsáveis ou na caixa-d'água.

As amostras que apresentaram contaminação por coliformes totais e/ou tolerantes e foram coletadas em torneiras ou no reservatório, podem ter sofrido contaminação no sistema de distribuição (tubulações) e armazenamento (reservatórios), não se podendo concluir a respeito dos parâmetros microbiológicos do lençol subterrâneo, mas da água consumida.

Assim, entre as 28 amostras coletadas diretamente do poço, 50% (14 amostras) apresentaram contaminação por coliformes totais e 46,4% por coliformes termotolerantes. Situação preocupante, visto que a contaminação no poço está relacionada aos aspectos construtivos e á presença de fontes de contaminação como fossas criação de animais; e, considerando a interconectividade dos aquíferos, pode comprometer a qualidade dos destes.

A presença de animais nas proximidades dos poços é algo que deve ser observado por questões básicas de higiene, pois facilita a contaminação por excrementos animais (coliformes), carreados

pelo escoamento da água da chuva e infiltração no subsolo. Dos entrevistados, 61,6% disseram que possuíam animais, entre suínos, bovinos, ovinos, aves e domésticos (Fotografias 5 e 6).

Fotografia 5 – Criação de suínos a alguns metros do poço



Fonte: as autoras.

Fotografia 6 – Criação de bovinos junto ao poço

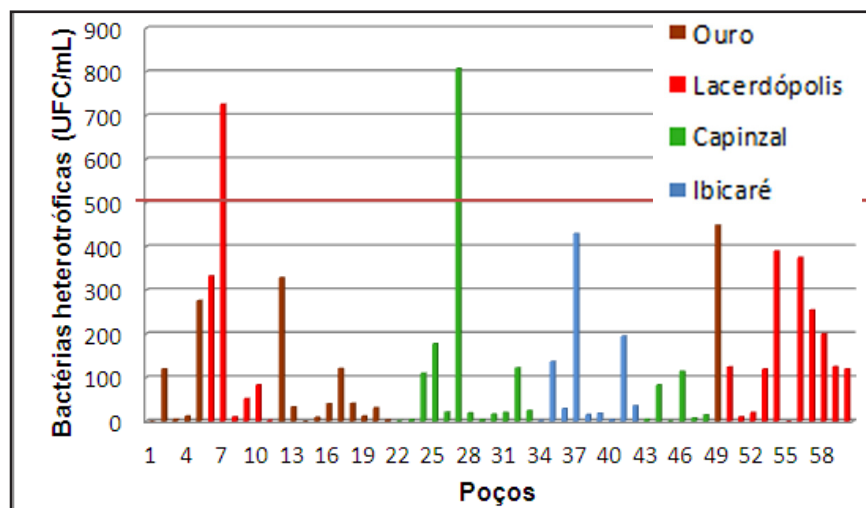


Fonte: as autoras.

No entanto, deve-se deixar claro que a contaminação microbiológica da água não impossibilita o aproveitamento desta para o consumo humano. É apenas um indicativo da qualidade e que muitas vezes um tratamento simplificado pode deixá-la apta ao abastecimento público.

Para bactérias heterotróficas, microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes (DOMINGUES et al., 2007), encontrou-se uma média de 114 Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL), com valores que variaram de 0 a 808 UFC/mL (Gráfico 12).

Gráfico 12 – Contagem de bactérias heterotróficas em placa (UFC/mL) para as 60 amostras de água subterrânea analisadas



Fonte: as autoras.

A Portaria n. 2.914/2011 recomenda que não seja ultrapassado o limite de 500 Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL). Apenas os poços 7 e 27 ultrapassaram este limite. Já a Resolução Conama n. 396/2008 não estabelece limites para esse parâmetro.

Apesar de a maioria das bactérias heterotróficas não ser patogênica, pode apresentar riscos à saúde, favorecendo o aparecimento de doenças de veiculação hídrica, e também deteriorar a qualidade da água, provocando o aparecimento de odores e sabores desagradáveis (DOMINGUES et al., 2007).

## 4 CONCLUSÃO

Os estudos realizados nos municípios de Ibicaré, Lacerdópolis, Ouro e Capinzal permitiram ampliar o conhecimento a respeito da qualidade físico-química e aspectos microbiológicos das águas subterrâneas analisadas, cuja principal finalidade é o abastecimento público. Por isso, é de relevada importância o cumprimento dos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes: a Portaria n. 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde e a Resolução n. 396 de 2008 do Conama.

Em relação aos parâmetros físicos, observou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores de sólidos totais dissolvidos dentro do limite estipulado pelas legislações. Três excederam o valor máximo de pH permitido pela Portaria n. 2.914/2011. Os resultados para a cor e turbidez foram muito semelhantes; o poço 59 foi o único que ultrapassou o VMP para ambos os parâmetros, além deste, mais cinco poços excederam os padrões de potabilidade somente em turbidez.

Quanto aos parâmetros químicos, somente cloreto, dureza, fluoreto, nitrato e sódio apresentam valores máximos permitidos pela Portaria n. 2.914/2011; a concentração de nenhum deles excedeu a permitida.

Já o resultado bacteriológico mostra que 67% das águas analisadas se apresentaram impróprias para o consumo humano em decorrência da presença de coliformes totais e termotolerantes, fato que pode estar relacionado a problemas no aspecto construtivo dos poços e/ou contaminação por fezes e microrganismos patogênicos.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of Water & Wastewater**. 21.ed. Baltimore: Centennial Edition, 2005.

BATISTA, Mike Henderson Santana. **Interação entre Águas Minerais de Itaparica e o Aquífero Periférico**. 2007. 70 f. Monografia (Especialização em Geologia)–Universidade Federal da Bahia – Instituto de Geociências, Salvador, 2007.

BETIOLLO; Leandro Menezes. **Caracterização Estrutural, Hidrogeológica e Hidroquímica dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral no Nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2001. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, 2006.

BORGHETTI, Nadia Rita Boscardin; BORGHETTI, José Roberto; ROSA FILHO, Ernani Francisco da. **Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: ABRH, 2004. 214 p.

BRASIL. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e de outras providências. Brasília, DF, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Resolução Conama n. 396, 3 abr. 2008.

\_\_\_\_\_. Controle de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Portaria n. 2.914, 12 de dez. 2011.



\_\_\_\_\_. Inspeção sanitária em abastecimento de água. Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006.

CAJAZEIRAS, Cláudio Cesar de Aguiar. **Qualidade e uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar/CE**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da et al. **Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP)**. São Paulo: Unesp, Geociências, v. 28, n. 1, p. 65-77, 2009.

CURTARELLI, Marcelo Pedroso; SILVA, Daniel José; FERREIRA, Celso Moller. Estudo do balanço hídrico na bacia do rio Canoas em Urubici, SC, Brasil: subsídio à proteção da zona de recarga direta do Sistema Aquífero Guarani. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté: Universidade de Taubaté, v. 5, n. 3, p. 108-121, 2010.

DOMINGUES, Vanessa Oliveira et al. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. **Saúde**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2007.

FREITAS, Marcos Alexandre de; CAYE, Bráulio Rogério; MACHADO, José Luiz Flores. (Org.). **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina – Proesc: Projeto Oeste de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI, 2003. 100 p.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. **Água subterrânea e a saúde da comunidade em bairro de Santa Maria – RS**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MACHADO, José Luiz Flores. **A Verdadeira Face do “Aquífero Guarani”**: Mitos e Fatos. 2006. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/artigoENPerf%20Machado.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2011.

MANASSÉS, Fábio. **Caracterização hidroquímica da água subterrânea da formação Serra Geral na região Sudoeste do Estado do Paraná**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

NANNI, Arthur Schmidt. **O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. 375 f. Tese (Doutorado do Programa de Pós-graduação em Geociências)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Sustentabilidade e Equidade: Um Futuro Melhor para Todos. **Relatório do desenvolvimento humano**. Nova York: ONU, 2011.

PIRES, Leonardo Doro et al. Determinação do índice de fluoreto em água de abastecimento público na cidade de Juiz de Fora. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 21-29 jan./mar. 2002.

PORTELA FILHO, Carlos Vieira et al. Compartimentação magnética-estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aquífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 3, p. 369-381, set. 2005.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Aquífero Guarani**: gestão compartilhada e soberania. Estudos avançados, v. 22, n. 64, p. 227-238, 2008.

ROHDEN, Francieli et al. Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo-Oeste de Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2199-2203. 2009.

ROSA FILHO, Ernani Francisco da et al. Caracterização hidroquímica do Aquífero Guarani na porção Centro-Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 19, n. 1, p. 87-94, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996. 240 p.

ZANATTA, Lauro César; COITINHO, João Batista Lins. Utilização de Poços Profundos no Aquífero Guarani para Abastecimento Público em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, São Paulo. **Anais...** ABAS, 2002. Disponível em: <[www.aquiferoguarani.ufsc.br/artigos/zanatta.pdf](http://www.aquiferoguarani.ufsc.br/artigos/zanatta.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2011.

Recebido em 20 de julho de 2012

Aceito em 4 de setembro de 2012