

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO JACUTINGA E CONTÍGUOS

Vilmar Comassetto¹; Alexandre Matthiensen²; Jonatas Alves³; Celí Teresinha Araldi Favassa⁴; Vitor Motoaki Yabiku⁵; Maikon Eduardo Waskiewic⁶ & Jackson Bólico⁷

Resumo - Esse trabalho trata do diagnóstico dos poços tubulares profundos e da qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Jacutinga e Sub-Bacias Contíguas, localizada na região centro-oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil. No território da bacia foram identificados 2.477 poços perfurados, distribuídos numa área de 2.170 Km². Destes, 1.531 poços estão em operação e 648 foram considerados secos. A análise das informações incluem, além da qualidade da água de 100 poços de uso comunitário, as características hidrodinâmicas, aspectos construtivos dos poços e uso da água. Foi observado um número expressivo de poços com a qualidade de água comprometida, principalmente do ponto de vista microbiológico. Essas informações constituem um importante subsídio na tomada de decisões para o planejamento e execução dos programas de gestão integrada da água, objetivando a proteção e uso sustentável deste recurso.

Palavras-Chaves – Água subterrânea, Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga, Centro-oeste de Santa Catarina.

Abstract - The aim of this work was a diagnosis of deep wells and groundwater quality in the Jacutinga River basin and its contiguous sub-basins, located in the mid-west region of Santa Catarina State, southern Brazil. It was identified 2,477 deep wells in the basin territory, an area of 2,170 km². From this total 1,531 are in operation and 648 are dry. The results include, besides the water quality analysis of 100 community wells, the hydrodynamic characteristics, constructive aspects of the well and the main use of water. A significant number of wells with impaired quality of water, especially microbiologically, were observed. This information constitutes large subsidies in decision-making for planning, implementation and management of integrated water programs for protection and sustainable use.

¹ Comitê do Rio Jacutinga e Sub-bacias Contíguas. E-mail: vcomassetto@yahoo.com.br; ² Embrapa Suínos e Aves, Concórdia/SC e Comitê do Rio Jacutinga e Sub-bacias Contíguas. E-mail: alexandre.matthiensen@embrapa.br; ³ Universidade do Contestado E-mail: jonatas@unc.br; ⁴ Universidade do Contestado E-mail: celi@unc.br; ⁵ Universidade Federal do Estado de Santa Catarina-UFSC, E-mail: vmyabiku@yahoo.com.br; ⁶ Universidade do Contestado – Curso de Ciências Biológicas. E-mail: maikonew@consorciolambari.com.br; ⁷ Universidade do Contestado – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. E-mail: jackson@consorciolambari.com.br;

1 - INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, juntamente com a Bacia do Rio do Peixe, compõem a Região Hidrográfica 3, conforme Lei Nº 10.949/1998 (SANTA CATARINA, 1998), que dispõe sobre a caracterização das Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina. Trata-se de uma bacia em que se observa um crescimento populacional com intenso processo de urbanização, desenvolvimento de atividades agropecuárias e implantação de indústrias, que conjuntamente, são apontadas como principais responsáveis pelo aumento da demanda de água na região. Com o desenvolvimento dessas atividades, além do aumento no consumo de água, observa-se também o comprometimento de sua qualidade, especialmente da água superficial, que tem como principais fontes de contaminação o setor agropecuário, industrial e os esgotos gerados nas cidades. O comprometimento da qualidade da água superficial para determinados usos, associado à crescente demanda, tem levado a um aumento significativo na exploração e consumo de água subterrânea, principalmente daquela situada no Aquífero Serra Geral.

Diante dessa situação, tem-se observado o aumento no número de poços profundos perfurados, submetendo a água subterrânea a um consumo cada vez mais crescente, que, em alguns casos, tem levado a situações de sobre-exploração do aquífero, situação que pode levar muitos poços da região ao esgotamento completo. Além disso, observa-se também um aumento na exposição da água subterrânea a situações que têm comprometido sua qualidade como, por exemplo, as resultantes de sua contaminação devido a vários fatores, os quais precisam ser diagnosticados e avaliados a fim de se adotar políticas públicas voltadas à utilização racional desse recurso. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi elaborar um diagnóstico da água subterrânea na bacia, considerando dois aspectos principais: 1) Cadastrar os poços tubulares profundos existentes na bacia e 2) Diagnosticar a qualidade físicoquímica e biológica da água de 100 poços profundos de uso comunitário. Com esses resultados espera-se formar um banco de dados com subsídios técnicos para a gestão integrada da água, sua proteção e uso sustentável, processo que, se adequado de forma eficiente, permitirá que se adotem, além de ações corretivas, ações preventivas a fim de proteger a qualidade da água subterrânea. Além disso, espera-se estruturar e fortalecer a temática da gestão integrada das águas superficiais e subterrâneas na região centro-oeste de Santa Catarina.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Caracterização e Delimitação da Área de Estudo

O território de planejamento e gestão do Comitê localiza-se na região centro-oeste do Estado de Santa Catarina. De acordo com a regionalização hidrográfica estadual (Lei n.º. 10.949, de 1998), a Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Sub-Bacias Hidrográficas está inserida na Região Hidrográfica 3 – Vale do Rio do Peixe (RH 3). Compreende uma área de 2.712,2 km², que corresponde a 2,9% da área do Estado, onde estão inseridos 19 municípios: Água Doce, Alto Bela Vista, Arabutã, Arvoredo, Catanduvas, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul, Ouro, Paial, Peritiba, Presidente Castelo Branco, Seara, Vargem Bonita e Xavantina.

O território de atuação é subdividido em 7 sub-bacias hidrográficas (Sub-Bacias dos Rios Rancho Grande, Suruvi, Dos Queimados, Jacutinga, Engano, Ariranha e Ariranhazinho), e mais uma sub-bacia, formada pelo agrupamento de pequenas áreas contíguas ao rio Uruguai, aqui denominadas como Contribuições Independentes. A referida bacia é considerada um sistema hidrográfico que abrange o somatório de várias áreas de drenagem de cursos fluviais de um conjunto de sub-bacias hidrográficas circunvizinhas, que drenam suas águas para o rio Uruguai (Figura 1).

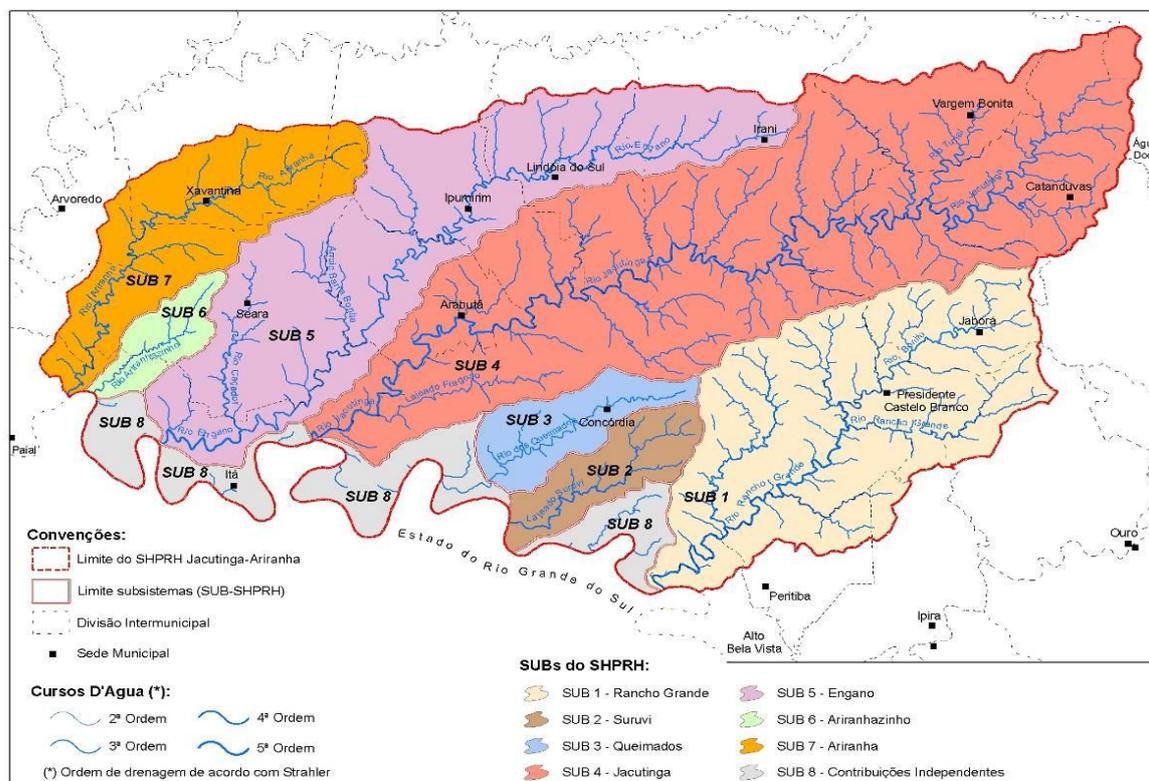


Figura 1. Caracterização Hidrográfica da Bacia do rio Jacutinga e Sub-Bacias Contíguas. Fonte: Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga – Ariranha. Relatório Síntese (2009).

De acordo com dados do Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga – Ariranha (2009), os rios existentes nesse território caracterizam-se por apresentar um rápido tempo de resposta face às precipitações, ao mesmo tempo em que hidrogramas mostram tempo de descenso relativamente rápido, próprio dos rios que escoam sobre substrato rochoso, com pouca contribuição da componente subterrânea.

2.2 - Caracterização Geológica e Hidrogeológica

A sequência vulcânica que constitui a Formação Serra Geral foi proposta e introduzida por White (1908) como unidade estratigráfica e abrange uma área de 800.000 km² na porção brasileira, além dos 1.200.000 km² aflorantes também na Argentina, Uruguai e Paraguai (Vieira, 1973). Essas rochas vulcânicas, que receberam a denominação de formação Serra Geral, refletem o período cretáceo, estando inseridas na coluna estratigráfica.

De acordo com o Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga – Ariranha (2009), na RH3 – ocorrem 4 unidades geológicas, sendo que no âmbito da área da Bacia do Jacutinga o predomínio é da Unidade Geológica Paranapanema, com 87,37% de exposição sobre ela. A evolução geológica da região, que envolve o território da bacia do rio Jacutinga e Contíguos, como em outras regiões do meio oeste, apresenta extensos e numerosos lineamentos estruturais – como, por exemplo, falhamentos, fraturas e contatos interderrames, que se constituem de extrema importância para a recarga e a vulnerabilidade dos aquíferos (Figura 2).

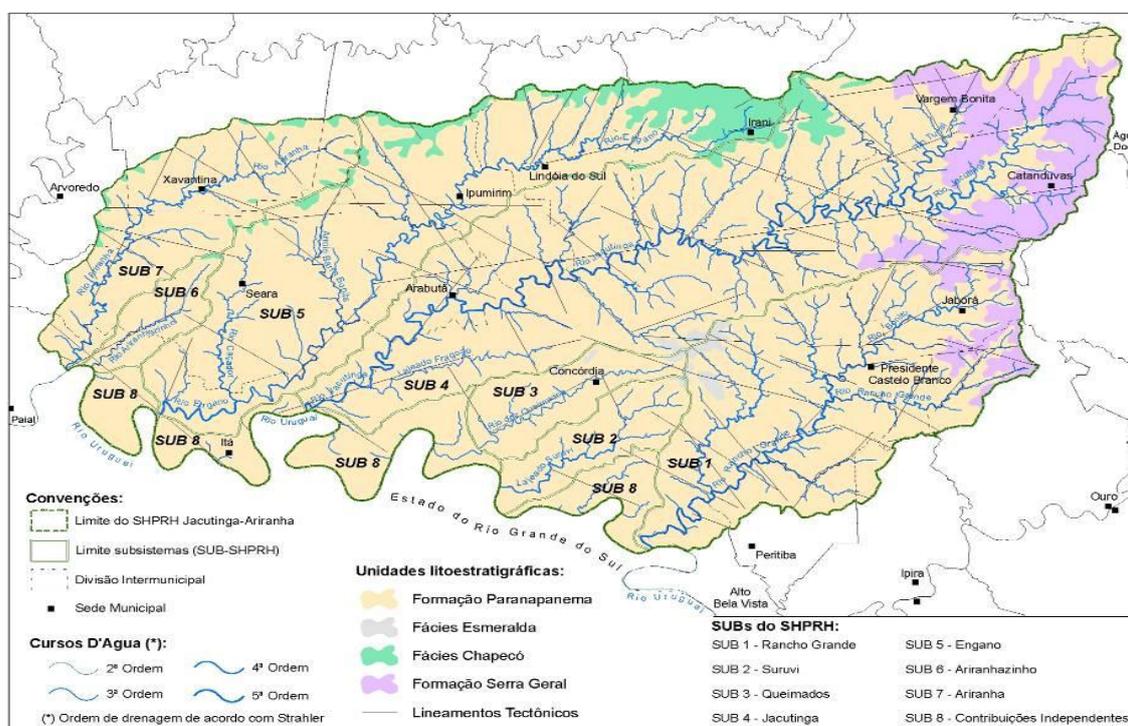


Figura 2. Lineamentos da Bacia do Jacutinga e Sub-Bacias Contíguas. Fonte: Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga – Ariranha. Relatório Síntese (2010).

A principal litologia ocorrente nos municípios da região pertence à Formação Serra Geral, caracterizada por rochas vulcânicas de composição predominantemente básica, com teores de sílica oscilando entre 45% e 52%, que implicam a designação da rocha como Basalto. Esta rocha aloja, em suas fraturas e nos contatos entre os sobrepostos, derrames magmáticos que a caracterizam como um importante aquífero fraturado, conhecido por Aquífero Serra Geral.

Da análise da condição estrutural da área do território da bacia do rio Jacutinga e Contíguos, pode-se depreender que as menores densidades de lineamentos ocupam os maiores espaços superficiais e, conseqüentemente, prejudicam as condições de recarga do Aquífero, ao tempo que favorecem a proteção do mesmo à vulnerabilidade e à contaminação. Conforme consta no Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga – Ariranha (2009), no que se refere à espessura dos derrames, no município de Concórdia (SC), a espessura da formação Serra Geral atinge aproximadamente 700 metros. As vazões d'água de poços perfurados em aquíferos desse tipo oscilam entre 0,47m³/h e 55,0m³/h, com níveis estáticos situados entre 0,4m e 84,0m e a maior frequência localizada nos intervalos de 1,0m a 10,0m. As vazões específicas acham-se normalmente a 1,0m e a 3,45m³/h/m, com a grande maioria registrando 0,5m³/h/m. As águas caracteristicamente apresentam menor quantidade de sais e pH mais ácidos que as rochas dos termos mais básicos e intermediários. As águas normalmente encontradas nos aquíferos mencionados são predominantemente bicarbonatadas cálcicas, de controle litoquímico, condicionadas aos processos intempéricos que atuaram sobre as rochas e localmente bicarbonatadas sódicas, ligadas a condicionadores geotectônicos e morfotectônicos.

2.3 - Diagnóstico e Cadastro dos Poços Tubulares Profundos

O levantamento e cadastramento dos poços tubulares, assim como a obtenção das informações sobre algumas características técnicas, foi feito através de contato com empresas do setor público e privado, cadastro de usuários de água da bacia e instituições de ensino das áreas respectivas, em complementação aos dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (SiAGAS/CPRM).

No referido cadastramento, foi formado um banco de dados composto de informações básicas dos poços, tais como nome do proprietário, situação de uso da água (residencial, agropecuário ou industrial), município e localização do poço (coordenadas UTM), situação do poço (em operação, desativado, seco, particular ou comunitário), vazão (m³/h), profundidade (m) e ano de perfuração. Todos os poços visitados foram fotografados.

2.4 - Diagnóstico da Qualidade das Águas

A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997). Desse modo, nesta pesquisa fez-se a análise de alguns parâmetros físicoquímicos e biológicos, considerando a sua importância quanto às possibilidades de identificar a qualidade geral da água e a disponibilidade de recursos para o custeio. A análise da qualidade das águas subterrâneas foi realizada no Laboratório de Águas da Universidade do Contestado (UnC) – Campus Concórdia, com base em parâmetros físicoquímicos e microbiológicos de 100 poços profundos, selecionados nas diversas sub-bacias que compõem o território de atuação do Comitê. Os poços amostrados foram selecionados proporcionalmente ao número total de poços de cada município da bacia, considerando a sua representatividade para o abastecimento humano e dessedentação de animais e sua acessibilidade.

A coleta da água foi efetuada ao longo dos anos de 2012 e 2013 e as metodologias de coleta, bem como das análises físicoquímicas e microbiológicas, foram conduzidas a partir de procedimentos específicos, de acordo com recomendações propostas pelo Instituto Adolfo Lutz e ANVISA no Manual de Métodos físico-químicos para análise de alimentos (IAL/ANVISA, 2005). Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos solúveis totais (SST), dureza total, dureza em Ca^+ , dureza em Mg^+ , alcalinidade, concentração de cloretos, cloro DPD, sulfato, ferro, manganês, alumínio amônia, nitrato, nitrito, flúor, coliformes totais e *E. coli*.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Número e Localização dos Poços Tubulares Profundos

No território da bacia foram identificados 2.477 poços perfurados. Destes, 1.531 estão em operação (62%), 648 foram considerados secos (26%), 129 estão desativados (5%) e 169 poços (7%) apresentaram informações insuficientes para atender aos objetivos da pesquisa (Figura 3). A distribuição dos poços é mostrada na Figura 4. A maior concentração de poços está localizada no meio rural dos municípios de Concórdia e Seara, que juntos somam 1.028, representando 42% do total de poços perfurados (Figura 5). Esses municípios são considerados polos regionais e apresentam elevada produção de alimentos de origem animal, principalmente suínos, aves e leite, cujas atividades exigem água em quantidade e qualidade a todo o momento.



Figura 3. Número de poços tubulares profundos cadastrados, secos e desativados na bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. Ano base 2013.

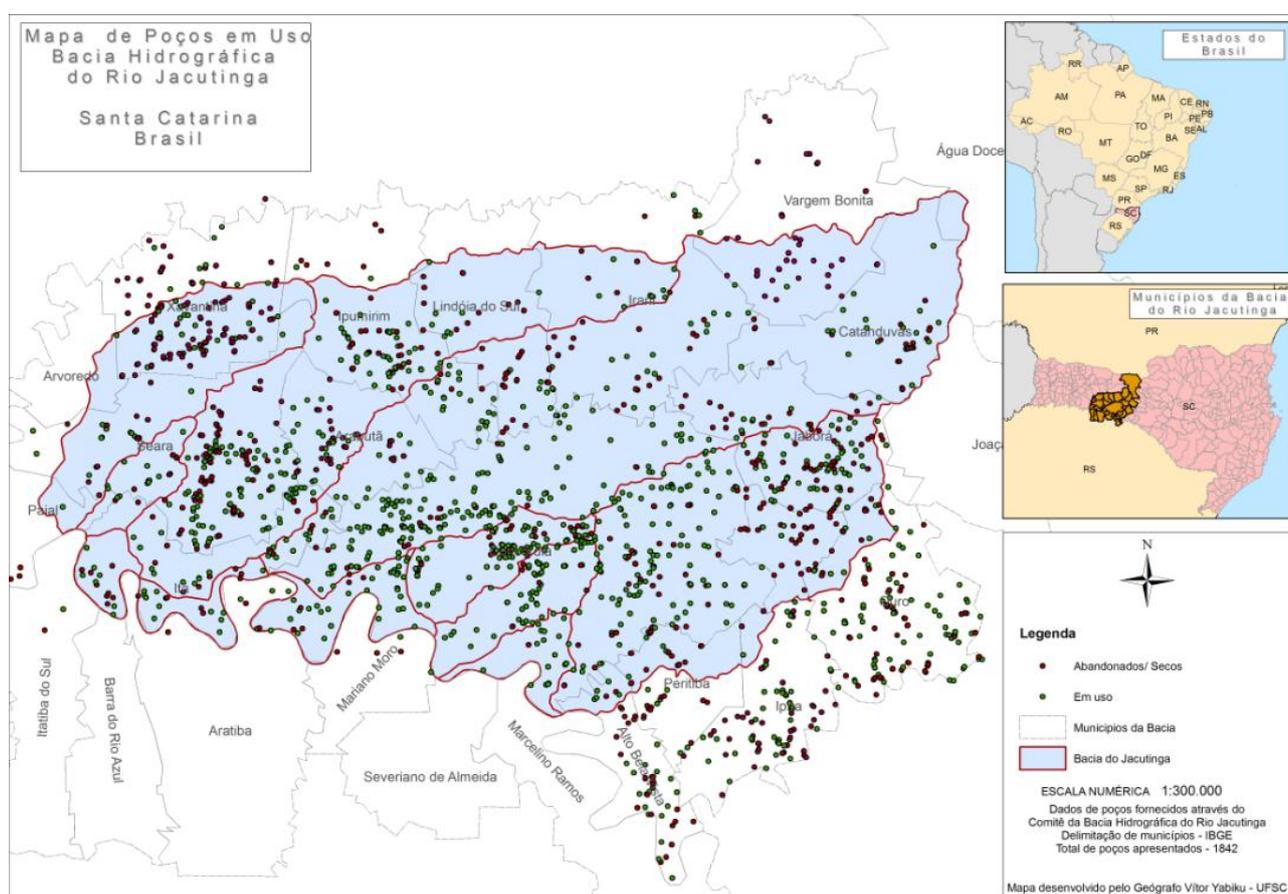


Figura 4. Mapa com a distribuição espacial dos poços tubulares profundos na bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. Ano base 2013.

3.2 - Uso da Água

Para avaliar o uso da água foram considerados os dados dos poços tubulares profundos cuja propriedade pode ser comunitária ou particular. São considerados poços tubulares profundos de uso comunitário aqueles cuja propriedade é de um grupo de famílias rurais que formam uma associação para dividir os custos de perfuração e de manutenção. Possuem um regulamento que normatiza,

além do custo de manutenção, o volume de água disponibilizado para cada família, o valor referente ao metro cúbico de água consumida e a finalidade de uso, se somente para o consumo humano ou também para o consumo animal.

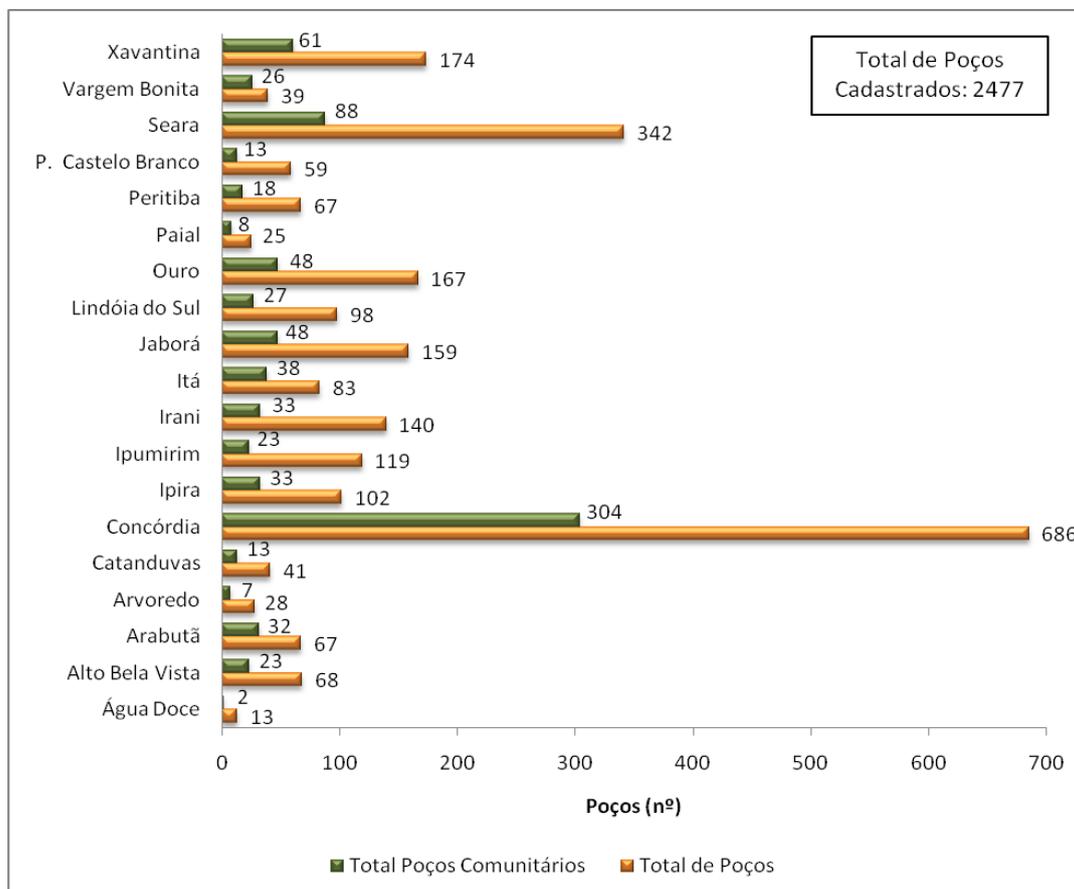


Figura 5. Poços tubulares profundos cadastrados e poços comunitários nos municípios inseridos na Bacia do Rio Jacutinga - Ano Base 2013.

A Figura 6 destaca a finalidade dos usos da água subterrânea na região. Do total de 1.531 poços em operação, 698 poços são usados exclusivamente para o consumo humano (45,6%), 744 poços (48,6%) para uso humano e animal, e 41 poços (2,7%) para uso industrial. Percebe-se que maior parte da água dos poços tubulares profundos é usada para o consumo humano, seguido do consumo animal e industrial, evidenciando o uso múltiplo das águas subterrâneas. Este cenário pode ser explicado pela prevalência de atividades agroindustriais na região, principalmente relacionadas à produção animal (suínos, aves e leite) em larga escala, a qual demanda grande quantidade diária de água de boa qualidade. Além disso, os períodos de estiagem que ocorrem na região, associados aos níveis de contaminação da água superficial, levam muitos produtores a optar pela perfuração de poços profundos, que de modo geral, garantem a sustentabilidade hídrica das propriedades rurais.

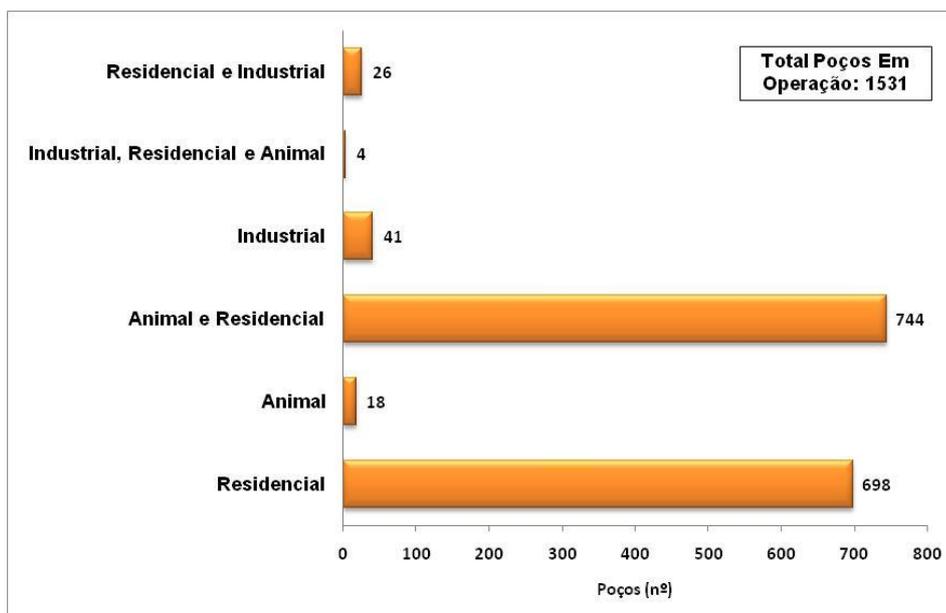


Figura 6. Uso da água subterrânea no território da bacia hidrográfica do Rio Jacutinga e Contígios.

3.3 - Vazão e Profundidade dos Poços

A vazão dos poços observados variou de 0,08 m³/h a 150 m³/h. O intervalo de vazão mais frequente situou-se entre 1,1m³/h e 5 m³/h, representando 21% do total de poços cadastrados (Figura 7). Se associarmos a demanda elevada com os níveis baixos de vazão no intervalo apontado, faz-se necessário a adoção de medidas adequadas de gestão da água desses poços, a fim de evitar seu esgotamento e sua desativação.

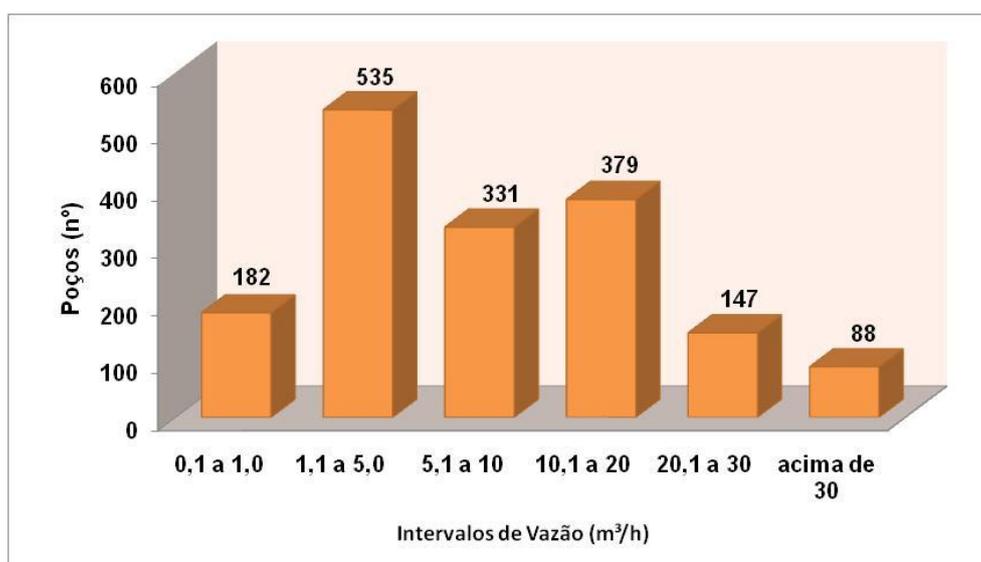


Figura 7. Intervalos de vazão (m³/h) dos poços tubulares profundos na bacia do Rio Jacutinga e Contígios. Ano Base 2013.

A profundidade dos poços variou de 24 a 764 metros, com uma maior concentração de poços observada no intervalo de profundidade situado entre 81 e 120 metros, seguido pelo intervalo entre 41 e 80 metros (Figura 8).

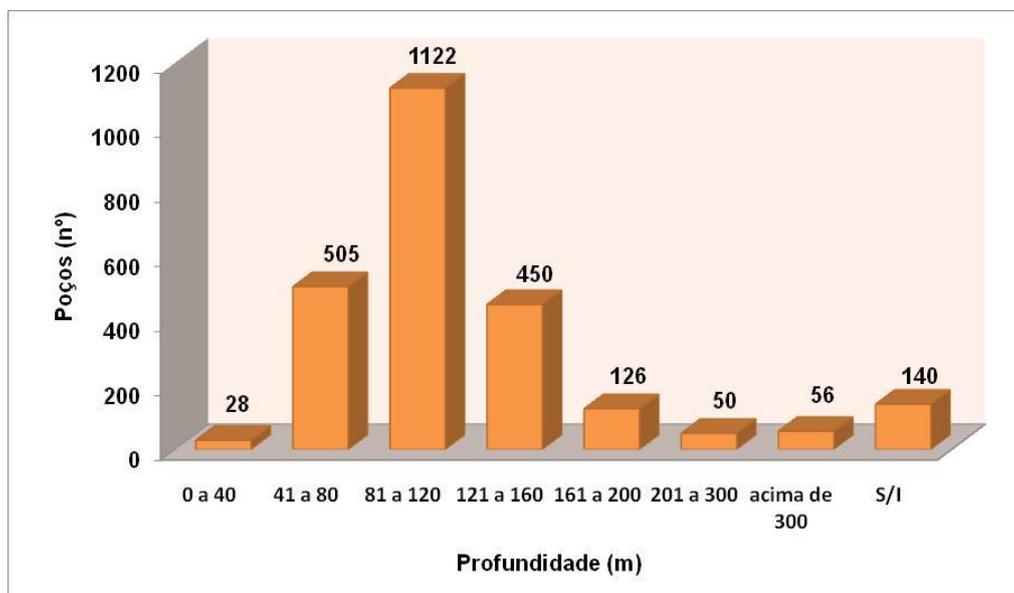


Figura 8. Intervalos de profundidade (m) dos poços tubulares profundos na bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. Ano Base 2013.

Em trabalho abrangendo todo o Oeste de Santa Catarina, que levou em conta as vazões médias de teste e vazões específicas médias de 2.714 poços tubulares, Freitas et al (2002) observaram que apenas em casos excepcionais, a construção de um poço em rocha basáltica deve ultrapassar 150 m de profundidade. Os autores ressaltam que sempre deve ser levado em conta que a vazão específica de um poço em rocha basáltica fraturada em geral diminui na medida em que ele é aprofundado. Isto se deve ao aumento no espaçamento entre as fraturas e consequente redução dos espaços vazios (FREITAS *et al.*, 2002).

Estima-se que os poços tubulares com profundidades acima de 300 metros podem estar conectados ao aquífero Guarani. No entanto, novas análises devem ser conduzidas a fim de confirmar essa informação.

3.4 - Análise da Qualidade da Água

A tabela 1 apresenta os parâmetros de interesse para potabilidade da água, os quais possuem Valores Máximos Permissíveis (VMP) definidos pela Portaria Nº 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) e pela Resolução CONAMA Nº 396 (BRASIL, 2008). O número de análises realizadas para cada parâmetro, as concentrações médias e máximas observadas e o número de amostras de água cujo respectivo parâmetro ficou fora dos limites estabelecidos pelas legislações

acima citadas na região de abrangência da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguos, também são apresentados.

Do total de poços amostrados, 76% apresentaram pelo menos um parâmetro fora dos limites de potabilidade definidos pelas legislações vigentes. Considerando a localização dos poços dentre os 19 municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Jacutinga, 8 municípios apresentaram todos os poços com algum parâmetro fora do limite legal, e nenhum município apresentou todos os poços completamente livres de alterações nos parâmetros analisados (Figura 9). Esse resultado sugere uma situação de potencial risco de contaminação, evidenciando a preocupação pela reserva de água subterrânea do Aquífero Serra Geral.

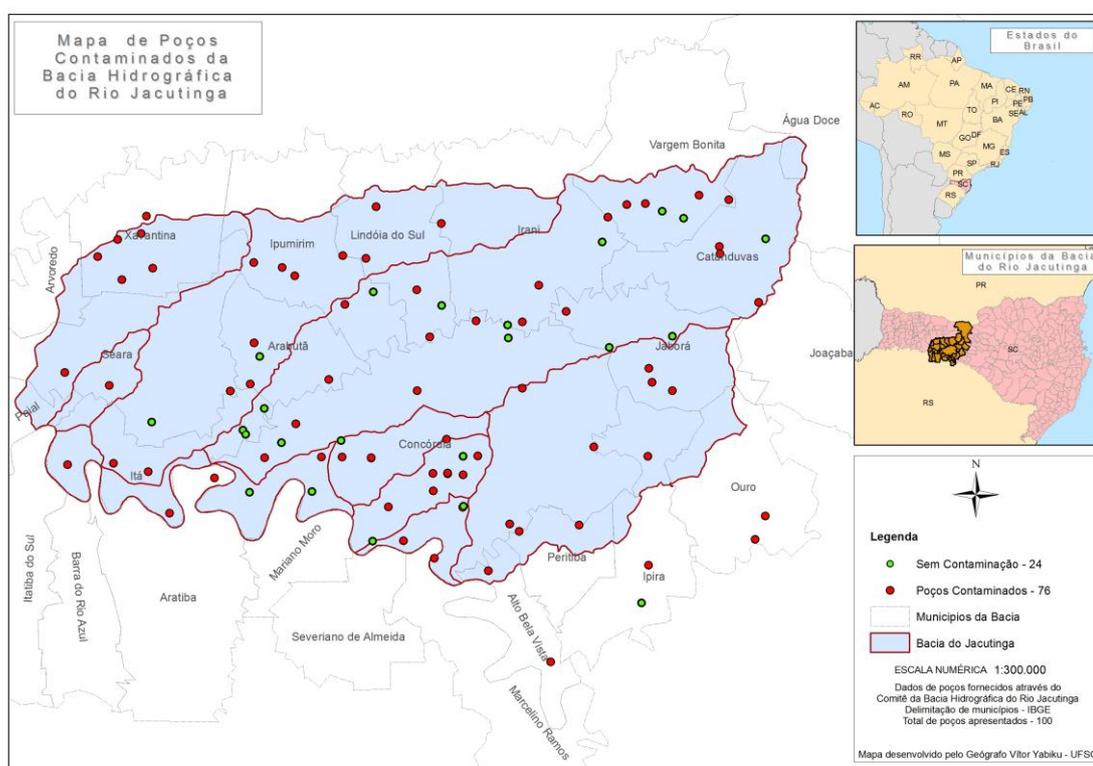


Figura 9. Mapa com a distribuição espacial dos 100 poços tubulares profundos na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, nos quais foram realizadas as análises dos parâmetros físicoquímicos e microbiológicos de qualidade da água.

Entre os parâmetros físicoquímicos avaliados, o pH foi o que se apresentou alterado mais vezes, sendo que 17% dos poços amostrados apresentaram valores de pH acima do limite estabelecido pelas legislações como ideal para água de consumo humano (Figura 10). Considerando que os poços com pH alterado estão distribuídos ao longo de toda a área de abrangência da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos, parece não haver relação entre a localização do poço e as alterações observadas para este parâmetro. O pH médio dos poços analisados ficou em 8,05.

Tabela 1. Avaliação dos parâmetros de potabilidade das águas subterrâneas dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguos (VMP = Valor Máximo Permissível, de acordo com a Portaria N° 2914, do Ministério da Saúde, de 12/12/2011, e Resolução N° 396, CONAMA, de 03/04/2008; *SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; **Cloro DPD: análise pelo método da reação do cloro livre com o N,N-dietil-p-fenilenediamina.).

Parâmetro	VMP	N° de análises	Valor médio observado na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos	Valor máximo observado na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos	N° de análises fora do limite
<i>pH</i>	6,0 a 9,5	100	8,05	10,54	17
Flúor	1,5 mg/L	100	0,39 mg/L	1,92 mg/L	06
Manganês	0,1 mg/L	100	0,03 mg/L	1,02 mg/L	05
Ferro	0,3 mg/L	100	0,12 mg/L	4,44 mg/L	04
Alumínio	0,2 mg/L	100	0,04 mg/L	0,34 mg/L	04
Dureza total	500 mg/L	100	122 mg/L	500 mg/L	00
*SDT	1.000 mg/L	94	140 mg/L	530 mg/L	00
Sulfato	250 mg/L	100	14,8 mg/L	357,9 mg/L	01
Nitrato	10 mg/L	100	2,53 mg/L	10,1 mg/L	01
Nitrito	1 mg/L	100	0,002 mg/L	0,2 mg/L	00
Cloreto	250 mg/L	100	13,5 mg/L	74,1 mg/L	00
**Cloro DPD	5 mg/L	100	0,02 mg/L	1,1 mg/L	00
Amônia	1,5 mg/L	100	0,08 mg/L	1,94 mg/L	01
Coliformes totais	Ausência NMP/100mL	100	146,12 NMP/100mL	> 2419,6 NMP/100mL	62
<i>E.coli</i>	Ausência NMP/100mL	100	10,8 NMP/100mL	920,8 NMP/100mL	16

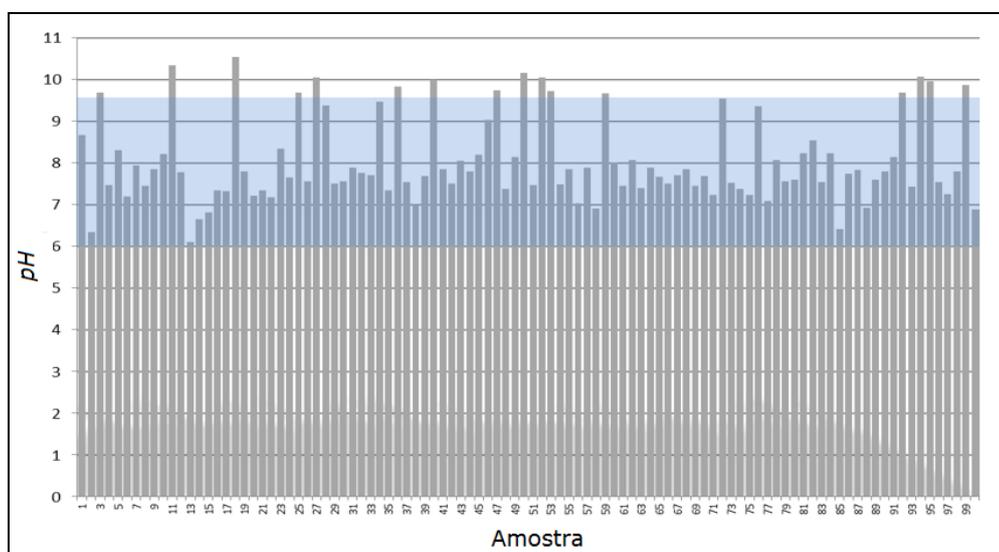


Figura 10. Valores de pH das amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. A faixa azul indica o intervalo considerado ideal para consumo humano (pH entre 6,0 e 9,5).

Seis amostras de água (6%) apresentaram concentrações de flúor acima dos limites máximos definidos pelas legislações, sendo que o maior valor foi de 1,925 mg/L (Figura 11). Níveis de flúor acima de 2 mg/L podem causar a fluorose dentária, que resulta em manchas ou marcas nos dentes (DENBESTEN, 1999). Concentrações acima de 4 mg/L podem causar efeitos mais sérios nos ossos. Os valores mais elevados deste parâmetro foram observados em duas zonas distintas, sendo uma

delas a oeste e outra no centro-leste da região de abrangência da Bacia do Rio Jacutinga. Este padrão de distribuição pode estar relacionado com características geológicas específicas de cada área. A concentração média de flúor nas amostras de água subterrânea da região ficou em 0,39 mg/L.

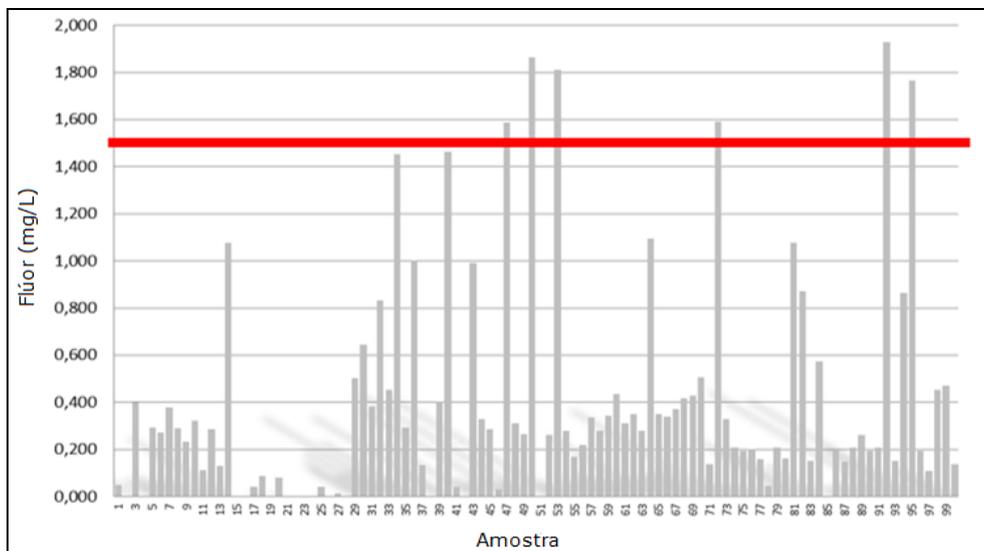


Figura 11. Concentrações de flúor nas amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. A linha vermelha indica o limite de 1,5 mg/L das legislações para água de consumo humano.

As concentrações de manganês (Mn), ferro (Fe) e alumínio (Al) ficaram elevadas em 5%, 4% e 4% das amostras analisadas, respectivamente (Tabela 1). O Mn apresentou concentração média de 0,03 mg/L nos poços da região, sendo que, em uma amostra específica, foi observada uma concentração de 1,02 mg/L, mais de 10 vezes acima do limite estabelecido para a água potável nas legislações vigente (Figura 12). Da mesma forma, a concentração média de Fe nos poços amostrados ficou em 0,12 mg/L, sendo que o valor mais elevado foi de 4,44 mg/L (concentração quase 15 vezes acima do permitido pela legislação), situação observada na mesma amostra onde a concentração de Mn apresentou-se bastante alterada (Figura 13). Já a concentração média de Al na água dos poços amostrados foi de 0,04 mg/L, e quatro amostras ficaram acima do limite permitido pela legislação.

A ocorrência de Fe é natural em muitas amostras de água subterrânea, sendo resultado principalmente da dissolução do minério de Fe pelo gás carbônico presente na água. O valor limite adotado nas legislações para a água de consumo serve para evitar o gosto metálico na água, ou a coloração excessiva que pode manchar roupas e louças nos demais usos. O Fe não está relacionado com problemas de toxicidade, e inclusive pode ser adicionado à água em algumas etapas de tratamento, como coagulação e floculação.

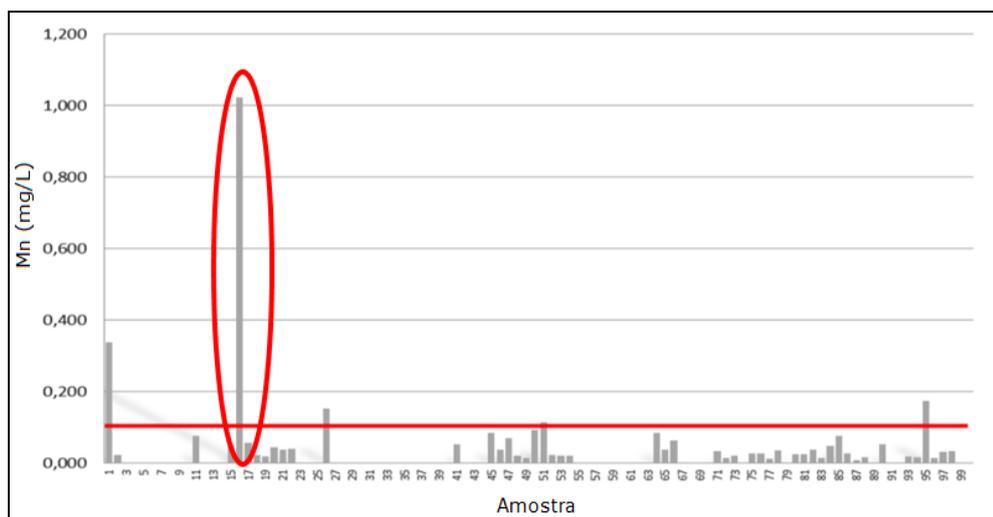


Figura 12. Concentrações de manganês nas amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. A linha vermelha indica o limite de 0,1 mg/L das legislações para água de consumo humano, e o círculo em vermelho destaca a concentração mais elevada observada nesse estudo.

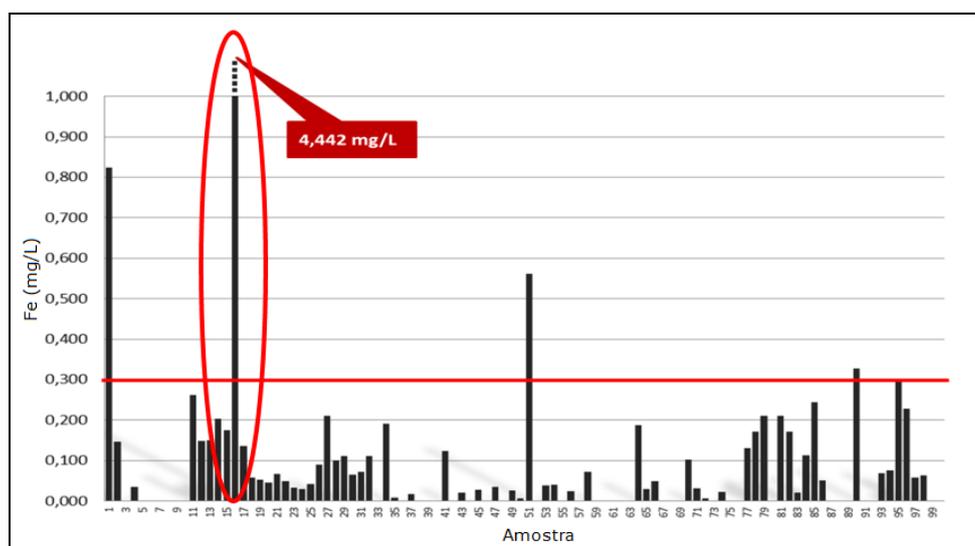


Figura 13. Concentrações de ferro total nas amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos. A linha vermelha indica o limite de 0,3 mg/L das legislações para água de consumo humano, e o círculo em vermelho destaca a concentração mais elevada observada nesse estudo.

Assim como o Fe, o Mn é de ocorrência natural e não apresenta risco, porém pode conferir gosto objetável e coloração escura à água quando presente em concentrações acima de 0,1 mg/L. Entretanto, a exposição a níveis muito elevados de Mn pode resultar em efeitos neurológicos e neuropsiquiátricos, que podem evoluir para o manganismo, uma doença semelhante ao Mal de Parkinson (KLAASSEN; WATKINS, 1999). O Alumínio também traz forte gosto metálico se em concentrações elevadas, mas não apresenta efeito nocivo confirmado na saúde humana e animal (AZEVEDO; CHASIM, 2003).

As concentrações médias de sulfato, nitrato e amônia foram de 14,8 mg/L, 2,53 mg/L e 0,08 mg/L, respectivamente. Para cada um destes parâmetros, valores acima do VMP foram observados em uma única amostra (Tabela 1). No entanto, é interessante destacar que, no caso da concentração de amônia, o valor mais elevado (1,94 mg/L) foi observado na mesma amostra onde as concentrações de Mn e Fe mostraram-se bastante alteradas. Em termos de toxicidade humana, a presença de amônia livre na água é preocupante apenas em concentrações acima de 50mg/L. Porém, em concentrações acima de 30 mg/L um forte odor pode ser percebido e concentrações menores, próximas a 5 mg/L, podem ser tóxicas para peixes e possuem relação direta com o pH (aumento da toxicidade em pHs mais alcalinos, pela facilitação do transporte de membranas (GALVÃO *et al.*, 2014).

Considerando os parâmetros microbiológicos avaliados, 62% dos poços tubulares profundos analisados apresentaram algum nível de contaminação por coliformes totais (Tabela 1). De maneira geral, as concentrações de coliformes observadas não foram muito elevadas. No entanto, considerando que o padrão para consumo humano é “ausência” em 100mL de amostra, a presença de coliformes na maioria dos poços amostrados, mesmo em níveis baixos, é preocupante. Em 12 poços foram encontradas concentrações acima de 100 NMP.100/mL, sendo que em 4 deles as concentrações ficaram acima do limite de detecção do método (Figura 14). Diante dos resultados, sugere-se que novas amostragens sejam feitas a fim de confirmar esses índices de contaminação.

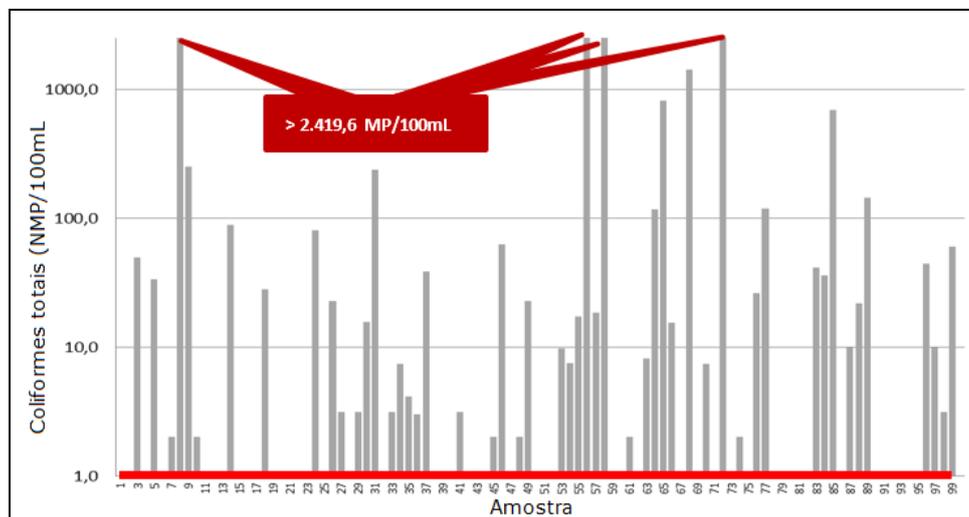


Figura 14. Concentrações de coliformes totais nas amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos.

Da mesma forma, os resultados obtidos mostram a presença de *Escherichia coli* em 16 amostras de água coletadas nos poços tubulares profundos, em um dos casos com concentração elevada, chegando a atingir 920,8 NMP/100mL (Figura 15). COLVARA *et al.* (2009) observaram

altos índices de contaminação por coliformes nas águas de poços artesianos na zona rural de municípios da região sul do estado do Rio Grande do Sul, com até 70% das amostras positivas para coliformes termotolerantes. Os autores ressaltam que a contaminação de águas subterrâneas revela um grave problema de saúde pública, sugerindo que a qualidade sanitária inadequada reflete em uma situação de risco para a população que utiliza essas águas. Considerando que a presença deste microrganismo é um indicativo de contaminação por fezes e que a grande maioria das análises foi realizada em poços de uso comunitário, os resultados obtidos sugerem que novas análises devam ser realizadas para confirmação dos dados para que, caso esses resultados persistam, sejam tomadas ações para minimização desse grave quadro.

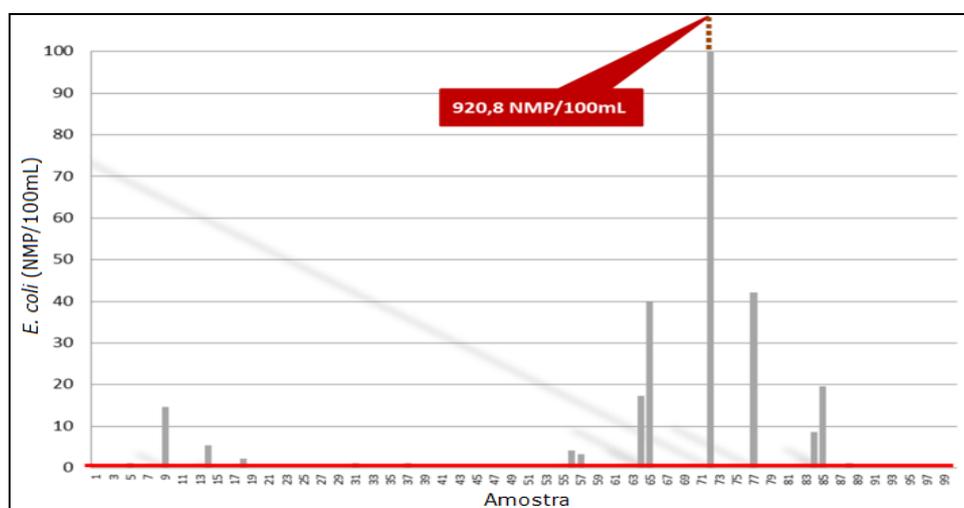


Figura 15. Concentrações de *Escherichia coli* nas amostras de água dos 100 poços comunitários analisados na região da Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos.

Por fim, os demais parâmetros de qualidade de água avaliados, que não possuem VMP na legislação vigente, estão listados na Tabela 2, com seus respectivos valores médios para a região.

Tabela 2. Valor médio dos parâmetros que não possuem VMP na legislação vigente das águas subterrâneas, para o território da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguos

Parâmetros	Nº de análises	Valor médio encontrado na Bacia do Rio Jacutinga e Contíguos
Temperatura	100	18,4 °C
Condutividade	100	120,38 µS
SST	100	159,5 mg/L
Dureza em Ca ⁺⁺	100	19,9 mg/L
Dureza em Mg ⁺⁺	100	17,4 mg/L
Alcalinidade	100	20,76 mg/L

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do total de 2.477 poços perfurados, 1531 estão em operação (62%), e suas águas são utilizadas para uso múltiplo (consumo humano, dessedentação de animais e industrial); 648 poços foram considerados secos (26%), 129 estão desativados/não instalados (5%) e 169 poços (7%) apresentaram informações insuficientes e não foram considerados na análise.

Exige-se atenção especial sobre os poços considerados secos e não tamponados, principalmente quanto ao elevado risco de contaminação dos aquíferos e necessidade de tamponamento conforme preconiza a legislação.

Há um grande número de famílias que dependem da água subterrânea para o abastecimento humano e para a dessedentação de animais no meio rural, principalmente na produção de suínos, aves e leite.

De acordo com as 100 amostras analisadas, verifica-se um grande número de poços cuja qualidade para o consumo humano apresentou problemas, indicando que, principalmente do ponto de vista microbiológico, as águas subterrâneas da região não mais representam uma reserva de boa qualidade, exigindo dos usuários medidas urgentes para a proteção dos poços e preservação da qualidade do recurso. No entanto, é necessário ressaltar que os resultados de qualidade de água aqui apresentados são relacionados a uma única amostra de água por poço avaliado, sendo então necessárias outras análises para a confirmação dos valores observados.

Observa-se também a necessidade de ampliar as informações aos usuários de água quanto à necessidade de uma gestão sustentável da água subterrânea de modo integrado com a gestão da água superficial e uso do solo.

Agradecimentos – Os autores agradecem à equipe do Consórcio Lambari, Técnicos da Epagri, Secretários de Agricultura dos Municípios inseridos na Bacia do Rio Jacutinga, acadêmicos, estagiários e usuários de água pela contribuição no processo de cadastramento e coleta de água dos poços tubulares.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, F.A.; CHASIM, A.A.M. 2003. Metais: Gerenciamento da toxicidade. Atheneu Editora/InterTox, São Paulo, 554p.

BRASIL. 2008. Resolução CONAMA 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. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>

BRASIL. 2011. Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, de 12 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. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. 2009. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, II SSA.

DENBESTEN, P.K. 1999. Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements. Community Dentistry and Oral Epidemiology, 27: 41-47.

FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. 1997. **Hidrogeologia - conceitos e aplicações**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Fortaleza, 389p.

FREITAS, M. A.; CAYE, B.R.; MACHADO, J. L. F. 2002. **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina - Projeto Oeste de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI.

GALVÃO, J.A.; OETTERER, M.; MATTHIENSEN, A. 2014. Sustentabilidade na produção do pescado: qualidade da água. *In*: Qualidade e Processamento de Pescado, Elsevier, Rio de Janeiro, 1-30.

IAL/ANVISA. 2005. Instituto Adolfo Lutz – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=%20com_remository&Itemid=0&func=select&orderby=1.

KLASSEN, C.D. & WATKINS, J.B. III. 1999. Casarett & Doull's Toxicology – the basic science of poisons, 5th Ed. Companion Handbook, McGraw Hill, 861p.

PLANO ESTRATÉGICO DE GESTÃO INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA – ARIRANHA. 2009. Florianópolis (SC). SDS/MPB ENGENHARIA.

SANTA CATARINA. 1998. Lei nº. 10.949, de 09 de Novembro de 1998. Dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas. Disponível em: http://200.192.66.20/alesc/docs/1998/10949_1998_Lei.doc. Acesso em 10 de Jan. 2014.

VIEIRA, A.J. 1973. **Geologia do Centro e Nordeste do Paraná e Centro Sul de São Paulo**. Congresso Brasileiro de Geologia, 27, São Paulo, Anais SBG v3, p. 259-277.

WHITE, I.C. 1908. Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Rio de Janeiro, DNPM, Relatório final, 617 p.