

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS EM POÇOS DESTINADOS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Pedro Carvalho de Mendonça<sup>1</sup>

\* Ramiro Pereira Bisognin<sup>2</sup>

Márlon de Castro Vasconcelos<sup>2</sup>

Eduardo Lorensi de Souza<sup>2</sup>

Robson E. Gehlen Bohrer<sup>2</sup>

## EVALUATION OF WATER QUALITY IN WELLS FOR PUBLIC SUPPLY IN THE NORTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL

Recibido el 13 de marzo de 2018; Aceptado el 10 de junio de 2019

### Abstract

*Contamination of groundwater may be associated with several factors such as intensive use of soil, inadequate management of animal and human waste, irregular waste disposal, among others. With this concern, the present study aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of wells destined for human consumption in a municipality in the Northwest of Rio Grande do Sul. The study was conducted in Nova Candelária, with the collection of groundwater in 20 wells of the municipality. The analyzed parameters were: pH, nitrate, alkalinity, total dissolved solids, turbidity, electrical conductivity, total coliforms and Escherichia coli, which were compared with Consolidation Ordinance N° 5 (CO n° 5), Annex XX. From the results of the physical-chemical parameters, isoteor maps were prepared for information spatialization, as well as the groundwater classification according to CONAMA Resolution n° 396/2008. Thus, 35% of the wells presented pH values higher than 9, in disagreement with CO n° 5. The values of nitrate, alkalinity, total dissolved solids and turbidity were within the ranges indicated by current legislation. Regarding the microbiological parameters, 65% of the wells presented contamination by total coliforms and/or by E. coli. Only 35% of the studied wells can have water classified as class 1 by the CONAMA resolution, highlighting the importance of conducting studies such as this to improve water management.*

**Keywords:** groundwater, human consumption, contamination.

<sup>1</sup> Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil.

\* *Autor correspondente:* Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Rua Cipriano Barata, n° 211. Três Passos, CEP: 98600-000, Rio Grande do Sul, Brasil. Email: [ramirobisognin@yahoo.com.br](mailto:ramirobisognin@yahoo.com.br); [pcmendonca@yahoo.com.br](mailto:pcmendonca@yahoo.com.br)

## Resumo

A contaminação das águas subterrâneas pode estar associada a vários fatores como uso intensivo do solo, manejo inadequado de dejetos de animais e humanos, disposição irregular de resíduos, entre outros. Com esta preocupação, no presente estudo objetivou-se avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas de poços destinados ao abastecimento humano em um município do Noroeste do Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado em Nova Candelária, com a coleta de águas subterrâneas em 20 poços do município. Os parâmetros analisados foram: pH, nitrato, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, condutividade elétrica, coliformes totais e *Escherichia coli*, os quais foram comparados com a Portaria de Consolidação nº 5 (PRC nº 5), Anexo XX. A partir dos resultados das análises físico-químicas foram elaborados mapas de isoteor para espacialização das informações, bem como se realizou o enquadramento das águas subterrâneas conforme Resolução CONAMA nº 396/2008. Desta forma, verificou-se que 35% dos poços apresentaram valores de pH superiores a 9, em desconformidade com a PRC nº 5. Os valores de nitrato, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos e turbidez apresentaram-se dentro das faixas indicadas pela legislação vigente. Quanto aos parâmetros microbiológicos, 65% dos poços apresentaram contaminação por coliformes totais e/ou por *E. coli*. Apenas 35% dos poços estudados podem ter a água enquadrada como classe 1 pela resolução CONAMA, destacando a importância da realização de estudos como este para a melhoria do gerenciamento das águas.

**Palavras chave:** águas subterrâneas, consumo humano, contaminação.

## Introdução

As reservas de águas subterrâneas são importantes recursos estratégicos para fins econômicos e domésticos, sendo, ainda, uma opção à falta sazonal das águas superficiais (Villar *et al.*, 2016). Assim como ocorre com as águas superficiais, a distribuição das águas subterrâneas está relacionada com o ciclo hidrogeológico, dependendo diretamente das condições climatológicas locais e regionais. Estima-se que o volume mundial de águas subterrâneas seja de aproximadamente 10360230 km<sup>3</sup> (Shiklomanov, 1998) e, nesse sentido, o Brasil possui um dos maiores potenciais hídricos subterrâneos, cerca de 112311 km<sup>3</sup> de água, ou seja, pouco mais de 1% de todo o volume dos aquíferos existentes no planeta (Borghetti *et al.*, 2004).

Geologicamente, nem todas as formações litológicas possuem características hidrodinâmicas que possibilitam a extração para fins econômicos de médias e grandes vazões. No estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil, dois grandes aquíferos importantes, o Serra Geral (SASG) e o Guarani (SAG), são utilizados como fonte de recursos hídricos para o desenvolvimento de diversas atividades, tais como: abastecimento público, indústria, agricultura e outros (Reginato *et al.*, 2013). De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2013), 39% da população brasileira é abastecida com água subterrânea para fins domésticos. No entanto, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) possui apenas 309419 poços cadastrados em todo Brasil, o que denota a baixa regularização dos poços, uma vez que a estimativa é de que existam mais de 2.5 milhões de poços tubulares no território nacional (CPRM, 2019).

Apesar da estimativa alarmante de poços irregulares, quando não há nenhuma ação natural ou antrópica que altere a qualidade das águas dos aquíferos, estes tendem a ter potabilidade suficiente para o consumo humano, uma vez que as águas subterrâneas costumam depurar-se por processos físico-químicos, na medida em que penetram nas camadas do solo. Logo, a composição química das águas subterrâneas é resultado da percolação e da evolução química das litologias atravessadas (São Paulo, 2003).

Contudo, a poluição das águas, superficiais e subterrâneas, pode ocorrer de diversas formas, principalmente por fontes difusas (Grassi, 2001), que costumam ser de difícil identificação e podem ocorrer de forma discreta por extensas áreas, a exemplo da criação de animais e aplicação de dejetos em áreas agrícolas, descartes clandestinos e vazamentos de efluentes. Já as fontes pontuais contemplam uma única fonte identificável que se origina a partir de locais isolados, como indústrias de transformação e de outros empreendimentos, que também contribuem para a contaminação do solo e das águas (Lapworth *et al.*, 2012; Soares e Mota, 2017).

Dentre as fontes difusas, destaca-se que a suinocultura possui grande relevância no mercado brasileiro, tornando o País o quarto maior produtor de carne suína, atrás apenas da China, União Europeia e Estados Unidos (EMBRAPA, 2019). Nesse cenário, os estados do Sul do País, Santa Catarina (SC), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS), possuem grande importância na produção de carne suína, sendo que no ano de 2017, o estado de SC foi considerado o maior produtor de suínos do país, com produção anual superior a 1 milhão de toneladas, seguido pelo PR, com 828 mil toneladas, e RS, com 727 mil toneladas. No entanto, no que se refere às exportações de carne suína, no mesmo ano de 2017, o estado de SC se manteve em primeiro, com 281 mil toneladas, seguido pelo RS com 206 mil toneladas, e PR com 98 mil toneladas (EMBRAPA, 2019). Especialmente no RS, as regiões norte e noroeste do estado concentram a maior produção de suínos, onde se localizam os três municípios com maior abate de suínos registrados no ano de 2018, a saber Rodeio Bonito (266311 suínos abatidos), Palmitinho (219633 suínos abatidos), e Nova Candelária (192499 suínos abatidos) (ACSURS, 2018).

Portanto, o risco de contaminação das águas cresceu nas últimas décadas, o que torna o fornecimento de água potável um desafio para os próximos anos (Giampió e Gonçalves, 2013). Contribuem para a redução da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além das atividades agropecuárias, os baixos índices de coleta e tratamento de esgotos no país, que são, respectivamente, de 50.3% e 42.67% (SNIS, 2015), bem como a predominância dos sistemas de esgotamento sanitário individuais, baseados em fossa séptica e sumidouro (Camargo e Paulosso, 2009).

Diante das possíveis fontes e efeitos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, surge a necessidade de se abordar de forma sistemática a atual condição qualitativa e de contaminação das águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público, com vistas a evitar problemas de

saúde e ambientais. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas subterrâneas, destinadas ao abastecimento público, em um município do Noroeste do RS.

### Metodologia

Este estudo foi realizado no município de Nova Candelária, região Noroeste do estado do RS, inserido no contexto geológico dos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Villar *et al.*, 2016), onde intercalam-se arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcanogênicos da porção mediana ao topo da sequência. Mais especificamente, o município é pertencente a fácies Paranapanema, constituída por derrames basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, selanodonita, cobre nativo e barita, onde concentram-se as maiores jazidas de ametista do estado (CPRM, 2006). O município de Nova Candelária pertence à Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo, mais precisamente às sub-bacias dos Rios Buricá e Reúno, onde os usos predominantes da água são abastecimento humano com poços rurais, dessedentação animal, piscicultura e irrigação.

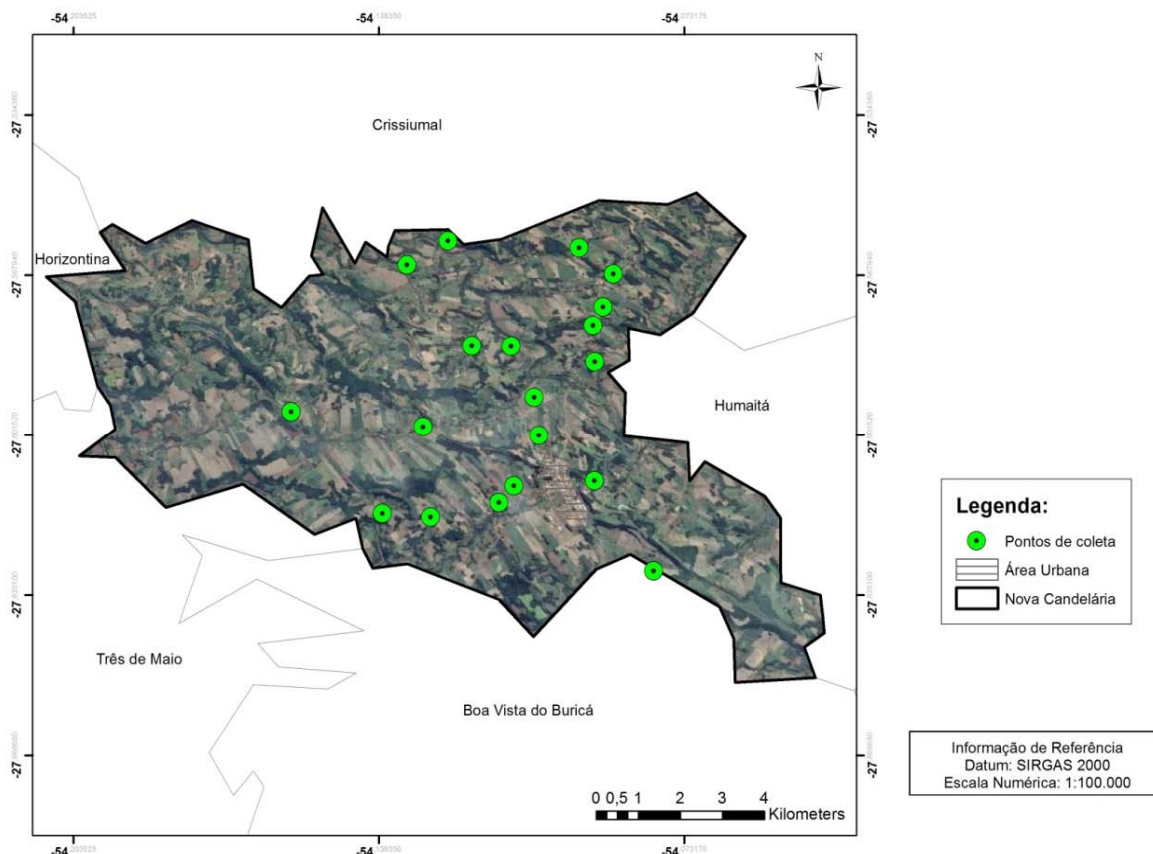
A região de estudo está inserida na pilha vulcânica que constitui o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), o qual possui características hídras francamente anisotrópicas e heterogêneas, com condições de armazenamento relacionadas às fraturas de contração e à tectônica rúptil. Essas características, juntamente com a formação geológica local, podem acarretar na ascendência das águas do SAG para o SASG, alterando algumas propriedades físico-químicas da água (Cunha *et al.*, 2016).

Nova Candelária tem suas atividades econômicas concentradas na suinocultura intensiva, sendo o terceiro município no ranking estadual de abates de suínos, com 192499 suínos abatidos (ACSURS, 2018). Sua população é estimada em 2751 habitantes, dentre estes 709 na área urbana e 2042 na área rural. O município é considerado pequeno, com apenas 97.8 km<sup>2</sup> (Nova Candelária, 2013). Todo abastecimento humano é realizado por água subterrânea, advinda de poços tubulares profundos pertencentes a um sistema associativo. No geral, os poços são dotados de tratamento simplificado por cloração, que atendem 441 economias ativas (Nova Candelária, 2013).

### Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e enquadramento conforme Resolução CONAMA nº 396/08

Foram coletadas 20 amostras de água extraídas por bombeamento de diferentes poços na área rural de Nova Candelária, conforme localização e espacialização dos pontos (Figura 1). Foram selecionados todos os poços destinados ao abastecimento humano e administrados pela Prefeitura do município de estudo. Em cada poço, foram registradas as coordenadas geográficas, em Datum horizontal SIRGAS 2000, por meio de um receptor GPS GARMIN Montana 650, para

elaboração de mapas de isoteor, no ArcMap 10, e espacialização das informações de qualidade das águas.



**Figura 1.** Localização e espacialização dos pontos de coleta de água subterrânea em Nova Candelária/RS

As coletas foram realizadas em duas campanhas, nos meses de fevereiro e março de 2017, utilizando-se o método de coleta direta em poços, com antecedência mínima de três dias sem chuvas. Para o acondicionamento das amostras foram utilizados recipientes plásticos de 1L para as amostras de Nitrato, de 50 mL para as análises de coliformes totais e *Escherichia coli*, pré-esterilizados, e de 250 mL para análise dos parâmetros pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade e turbidez. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva, considerando os dados de distribuição e percentuais.

Os recipientes com as amostras foram acondicionados em caixa térmica, sendo mantidos a 4 °C, onde foram transportados para os laboratórios da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

(UERGS), em Três Passos, e da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). A identificação dos parâmetros, métodos, referências e equipamentos empregados nas análises estão sintetizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Relação de parâmetros, método e referência de análise das águas subterrâneas

Parâmetro (unidade)	Método	Referência/Equipamento
pH	Potenciométrico	pHmetro Tecnal
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	Colorimétrico Fenoldissulfônico	SMWW 21 <sup>a</sup>
Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	Presença/Ausência	Colipaper® Petri Alfakit
Condutividade elétrica μS cm <sup>-1</sup>	Potenciométrico	Akso Ak51
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	Gravimétrico	SMWW 21 <sup>a</sup>
Alcalinidade	Volumétrico	SMWW 21 <sup>a</sup>
Turbidez (NTU)	Nefelometria	Turbidímetro Hach 2100Q

Nota: SMWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

Para o enquadramento das águas subterrâneas foram considerados os parâmetros mínimos necessários, segundo a Resolução nº 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e seus valores de referência de qualidade (VRQ) (Tabela 2), considerando os usos concomitantes para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação (Brasil, 2008). Para representar o grupo coliformes termotolerantes, que fermentam a lactose a 44.5 ± 0.2 °C em 24 horas, utilizou-se a bactéria *Escherichia coli*, que é a principal representante do grupo e possui origem exclusivamente fecal. Também foi analisada a presença de bactérias do grupo coliformes totais na água, apesar da Resolução CONAMA nº 396/2008 não apresentar VRQ para esse grupo.

**Tabela 2.** Valores de referência de qualidade para enquadramento das águas subterrâneas em classes conforme Resolução CONAMA nº 396/2008

Parâmetro de origem antrópica	Classes 1 e 2	Classe 3	Classe 4
Sólidos Dissolvidos Totais	Se VRQ < 1.000 mg L <sup>-1</sup> Classe 1	1000 mg L <sup>-1</sup>	1000 mg L <sup>-1</sup>
	Se VRQ > 1.000 mg L <sup>-1</sup> Classe 2		
*Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL	4000 em 100 mL
Nitrato (expresso em N)	Se VRQ < 10 mg L <sup>-1</sup> Classe 1	10 mg L <sup>-1</sup>	90 mg L <sup>-1</sup>

Nota: VRQ – valor de referência de qualidade; \*Representado por *Escherichia coli*.

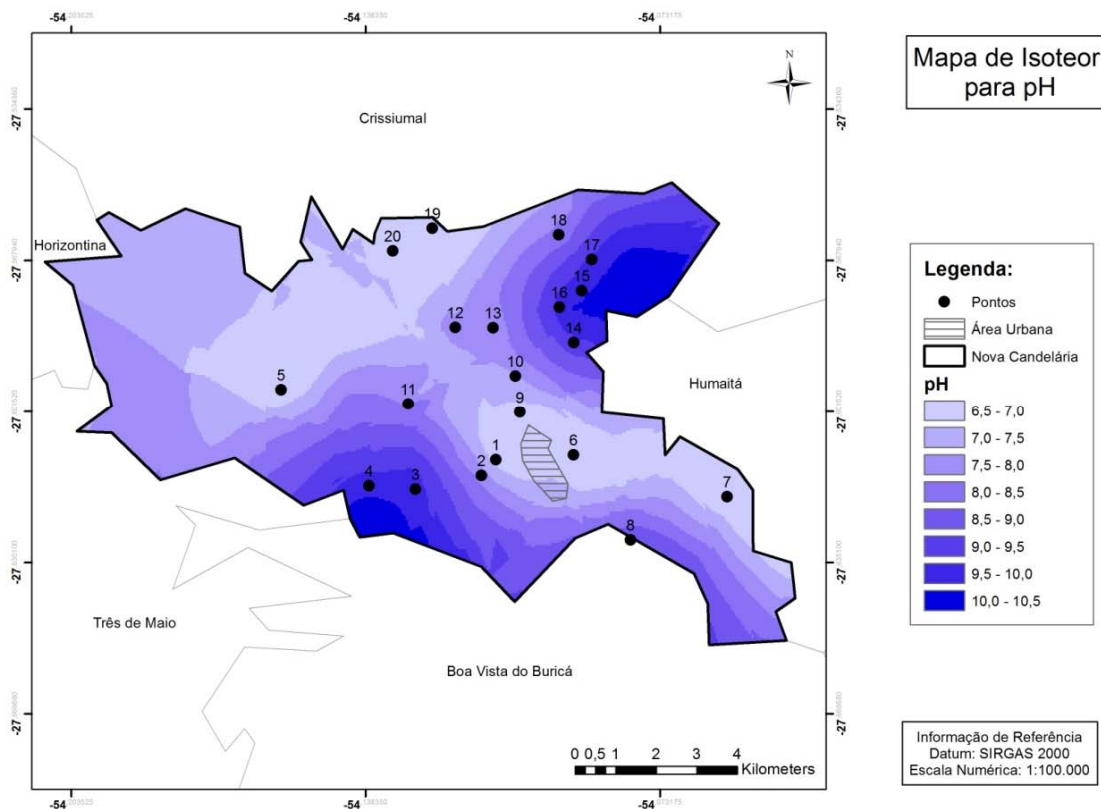
Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2008).

## Resultados e Discussão

### Qualidade das águas subterrâneas do município de Nova Candelária

Os resultados das análises físico-químicas de qualidade das águas subterrâneas apresentaram, em alguns poços, alterações nos padrões aceitáveis para consumo humano segundo a Portaria de Consolidação nº 5 (PRC nº 5), Anexo XX (Brasil, 2017), e o manual de controle da qualidade da água, da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (Brasil, 2014), como detalhado a seguir.

A Figura 2 apresenta as variações de pH observadas nos poços avaliados.



**Figura 2.** Mapa de isoteor para pH das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS

Verificou-se que os poços 3, 4, 8, 14, 15, 16 e 17 (Figura 2), situados na parte sul e nordeste do município, apresentaram valores de pH superiores a 9, ou seja, acima do indicado pela PRC nº 5/2017. Tal fato pode ser explicado pela relação com a profundidade identificada por Boff et al. (2006) e Reginato et al. (2013) que concluíram que poços mais rasos possuem pH ácidos e estão associados a maior recarga e circulação das águas, porém em poços mais profundos os valores de pH tendem a ser mais elevados, devido a possível conexão com o Sistema Aquífero Guarani (SAG) que se encontra abaixo do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). O estudo de Cunha et al. (2016) reforça esta informação, quando os autores descrevem que as águas ascendentes do SAG podem

ser responsáveis pela elevação do pH das águas do SASG (pH >8.5). Em pesquisa realizada no Sistema de Outorga do Estado do RS (SIOUT), foi verificado que para os 16 poços tubulares cadastrados, a média de profundidade é de 120 m, variando de 20 a 210 m. Os demais poços (65%) estão de acordo com a PRC nº 5/2017, que estabelece como faixa recomendável para consumo pH entre 6 e 9.

Estudos realizados por Chaves (2007) e Mancuso et al. (2015), no noroeste do RS, verificaram valores de pH similares aos encontrados no presente trabalho, com variação de pH de 5.33 a 10, tendo justificativas para tal fenômeno a presença ou não de descargas do SAG.

A Figura 3 apresenta as concentrações de Nitrato nos poços avaliados, cujas maiores concentrações foram verificadas nas porções central, norte, oeste e noroeste, com pequenas anomalias na região leste. Segundo a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a PRC nº 5/2017, o valor de referência para nitrato, em ambas, é de 10 mg L<sup>-1</sup>. Portanto, apesar do valor máximo de 5.61 mg L<sup>-1</sup> ter sido verificado no poço 13, este ainda encontra-se abaixo dos valores orientadores para consumo humano pelas legislações vigentes. Ressalta-se que a faixa predominante de nitrato foi de 3 a 4 mg L<sup>-1</sup>.

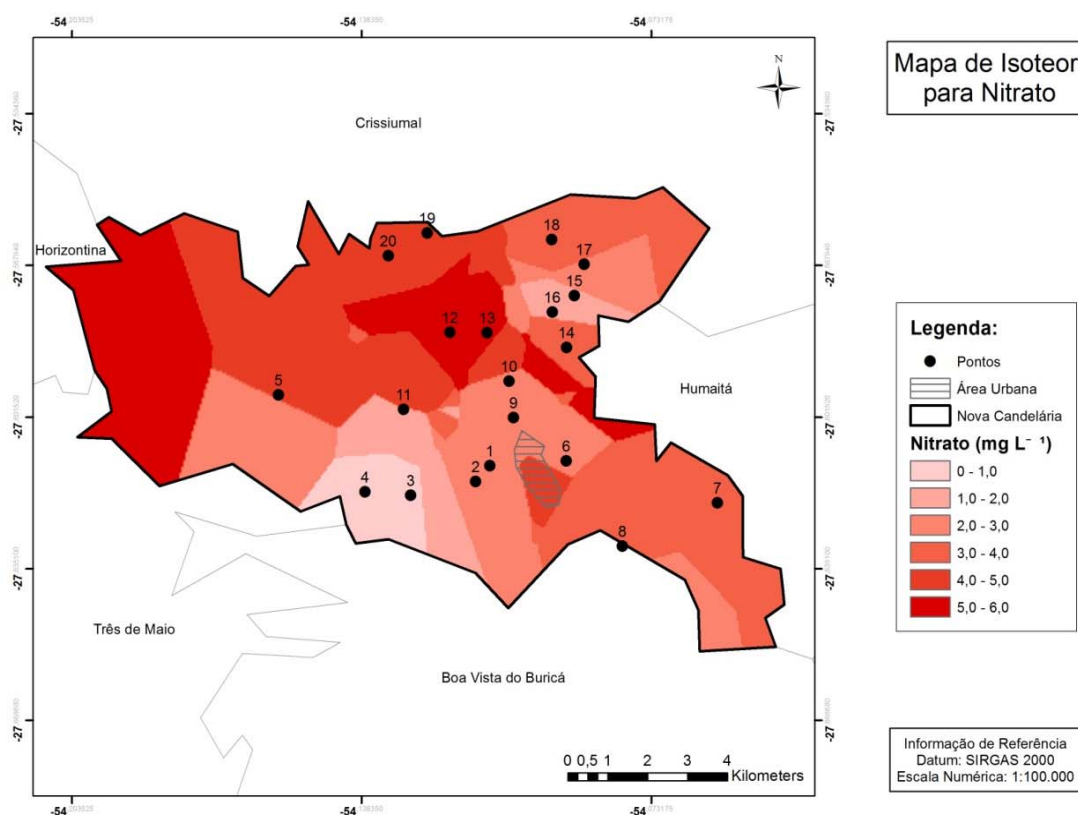


Figura 3. Mapa de isoteor de nitrato das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS



As águas dos poços próximos às áreas com culturas agrícolas, onde o uso de adubos químicos e orgânicos, inclusive de dejetos da suinocultura, podem aumentar os níveis de nitrato no solo, estão em conformidade com os valores orientadores das legislações vigentes. Isto pode ser explicado devido à capacidade de adsorção de nitrato em meio aquoso por argilas e matéria orgânica do solo, retendo os compostos nitrogenados nas camadas mais superficiais do solo. Apesar do solo do município estudado ser classificado, predominantemente, como Neossolo Regolítico Eutrófico, que possui cerca de 11% de argila e 2.2% de carbono orgânico segundo Streck *et al.* (2018), a percolação do nitrato para as camadas mais profundas, ao ponto de alcançar o lençol freático, é dificultada, conforme resultados apresentados por Scherer *et al.* (2010). Os autores, ao estudarem uma área com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) em neossolo por 15 anos, verificaram que o deslocamento e acúmulo de elementos presentes nos dejetos chegaram até 50 cm de profundidade, o que reduz a possibilidade de haver contaminação do lençol freático por nitrato.

Outro estudo, realizado por Pessotto *et al.* (2018), com aplicação DLS em neossolo também apresenta alterações nos atributos do solo, porém na camada mais superficial, de 0 a 5 cm. No entanto, para uma análise mais aprofundada dos mecanismos de adsorção, seria necessária a realização de análises de solo nas áreas de aplicação de dejetos e no entorno dos poços. Ainda sobre a incorporação de nitrato ao solo com potencial de alcançar as águas subterrâneas, destaca-se que as concentrações de nitrogênio nos dejetos apresentam-se, predominantemente, na forma de nitrogênio orgânico e amoniacal, sendo a conversão para nitrato dependente de processos de oxidação aeróbia (Von Sperling, 2005), o que não ocorre em sistemas de esterqueiras convencionais.

Similar aos resultados obtidos neste estudo, onde o contexto geológico também é de SASG, Hajjar (2016) relatou concentrações de nitrato na faixa de 0.3 a 4.7 mg L<sup>-1</sup> para poços monitorados na região urbana de Carlos Barbosa – RS, ou seja, abaixo do valor máximo permitido (VMP) nas legislações supracitadas. Suhogusoff *et al.* (2013) destacam que a maior concentração de nitrato e cloreto em aquíferos é observada onde há sistemas descentralizados de saneamento, como fossas sépticas e sumidouros. Tal fato pode explicar o leve aumento da concentração de nitrato observado na metade sul da área urbana de Nova Candelária, porém em conformidade com o valor orientador de referência, de 10 mg L<sup>-1</sup>.

A Figura 4 apresenta as concentrações de alcalinidade, pela qual se verifica que os valores mais elevados foram obtidos nos poços localizados ao sul, sudeste e nordeste do município. Ressalta-se que a alcalinidade é um importante parâmetro de indicação da capacidade de tamponamento da água, ou seja, indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio, logo está relacionada à resistência de mudança de pH.

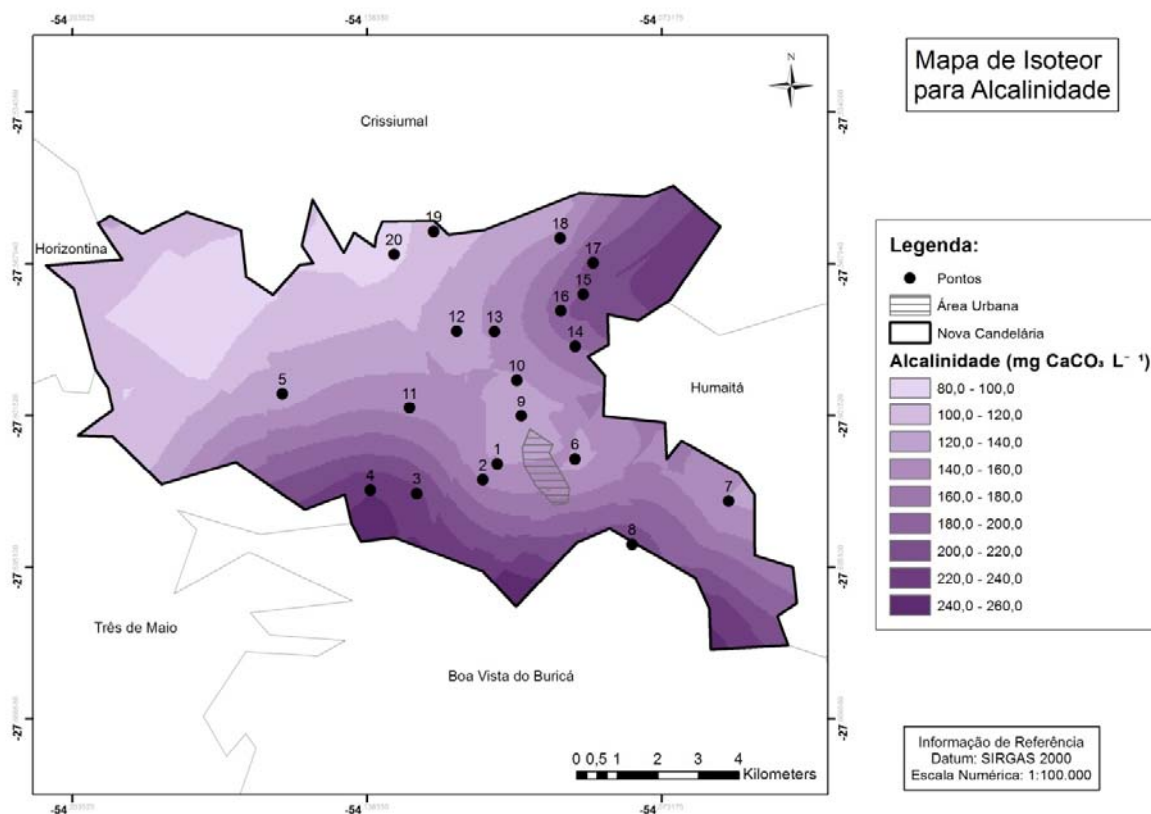
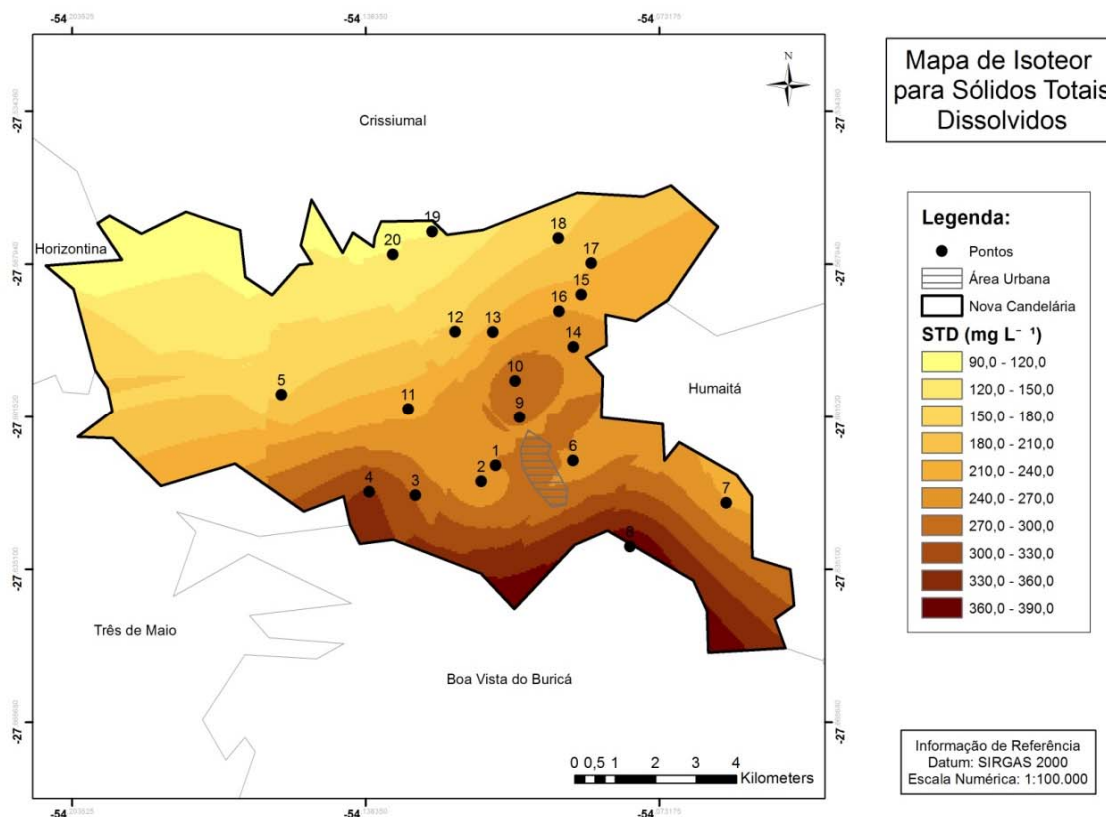


Figura 4. Mapa de isoteor de alcalinidade das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS

Apesar da legislação vigente não indicar valores de referência de alcalinidade para consumo humano, a FUNASA informa que águas naturais possuem valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (Brasil, 2014). A partir desta referência verificou-se que todos os poços analisados estão em conformidade com a faixa de valores para águas naturais, uma vez que as concentrações variaram de 87 a 256 mgCaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

Considerando-se ainda as propriedades da alcalinidade, a Figura 4, quando comparada com a Figura 2, apresenta comportamento de isoteor similar, uma vez que os valores mais elevados de alcalinidade também correspondem aos valores mais altos de pH, onde pode ser observado o efeito de tamponamento. A distribuição das formas de alcalinidade na água indicam que águas com pH superior a 9.4 apresentam a predominância de bicarbonados, carbonatos e hidróxidos, enquanto que águas com pH de 8.3 a 9.4 possuem, predominantemente, carbonatos e hidróxidos. Já águas com pH próximo a condição neutra até 4.4, caracterizam-se pela presença apenas de bicarbonatos (Brasil, 2014).

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) estão apresentadas na Figura 5.

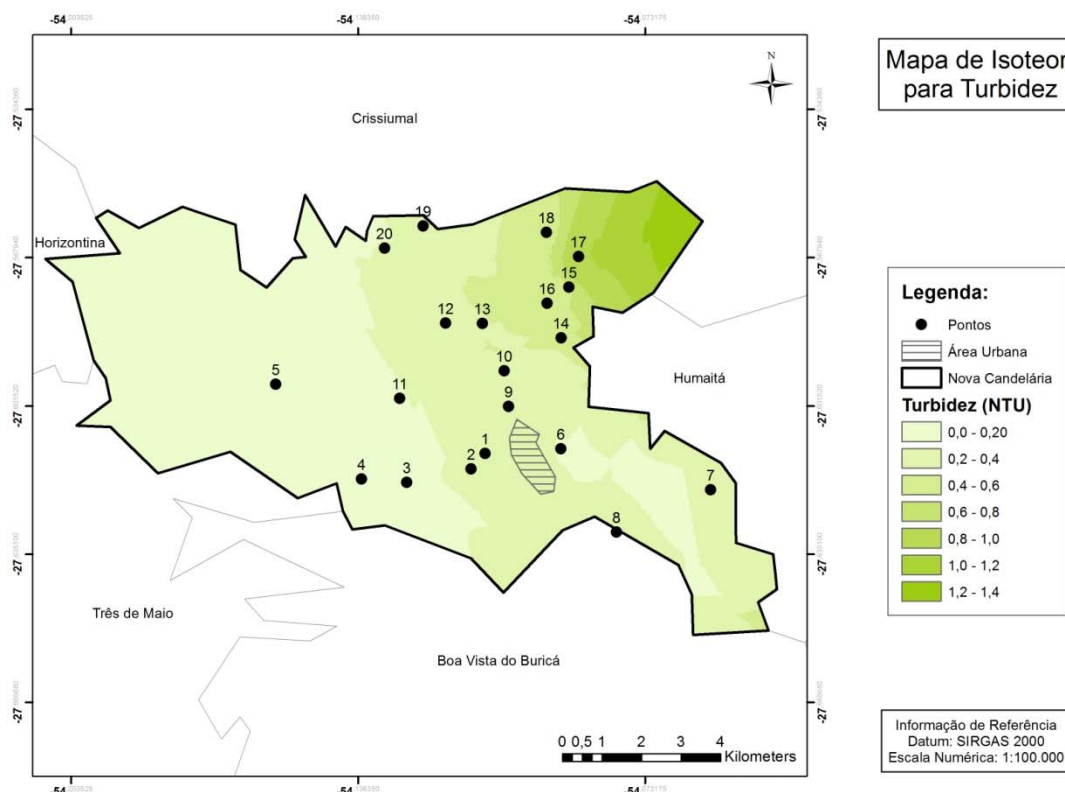


**Figura 5.** Mapa de isoteor para sólidos totais dissolvidos das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS

As maiores concentrações de STD foram verificadas na região sul e leste do município, o que pode estar associado à maior oscilação das águas devido à exploração intensiva dos recursos hídricos subterrâneos na região.

Ainda assim, as concentrações de STD variaram de 92 a 376 mg L<sup>-1</sup> estando em conformidade com o VRQ estabelecido na Resolução CONAMA nº 396/2008 e na PRC nº 5/2017, cujo limite é de 1000 mg L<sup>-1</sup> para ambas. Segundo Feitosa (2008), os STD em altos níveis podem ocasionar corrosão em tubulações, bem como efeitos fisiológicos e rejeição ao consumo pela população. Geralmente, as águas subterrâneas não apresentam altas concentrações de STD, como verificado neste estudo, excetuando-se as águas que circulam em aquíferos cársticos-fissurais ou em poços mal desenvolvidos com a liberação e arraste de partículas de argila, silte e areia (Feitosa, 2008).

Os resultados de turbidez, por sua vez, são apresentados na Figura 6.



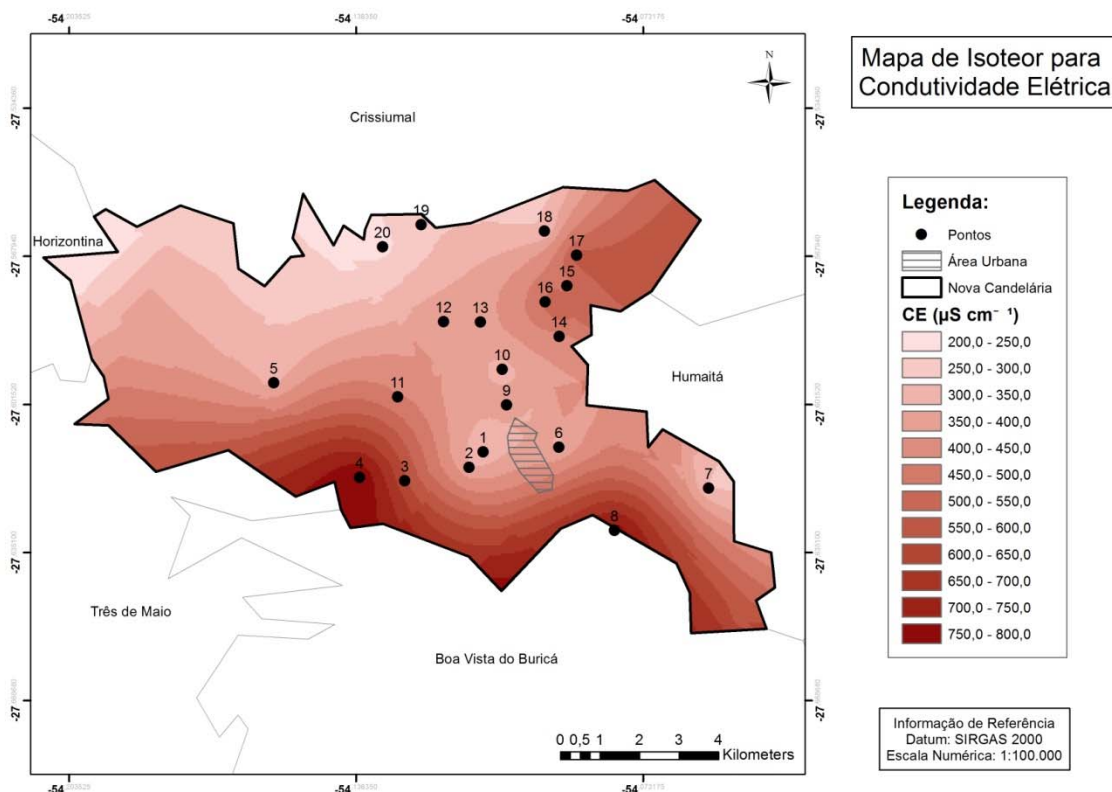
**Figura 6.** Mapa de isoteor para turbidez das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS

Os maiores valores de turbidez foram observados a nordeste e leste da área, enquanto que os valores mais baixos foram evidenciados em poços localizados na região centro sul e oeste do município. A turbidez nos 20 poços variou de 0,1 a 1,4 NTU (unidade nefelométrica de turbidez, também expressa como uT - unidade de turbidez), ou seja, abaixo do VMP para águas subterrâneas que é de 5 uT, pela PRC nº 5/2017, o que denota baixa concentração de sólidos suspensos.

Ao analisar as águas subterrâneas de uma propriedade no município de Planalto – RS, Fernandes (2012) constatou turbidez de 19.8 uT em poço tubular raso, muito superior aos valores verificados neste estudo, o que se deve, principalmente, ao fato de se tratar de poço raso, por vezes sem revestimento. Já Santos e Mohr (2013), relataram turbidez entre 0.10 a 1.36 uT em águas subterrâneas nos municípios de Chiapetta - RS e Santo Antônio das Missões – RS, o que possui

maior relação com os resultados encontrados no presente estudo, até mesmo pela maior proximidade dos municípios.

Por fim, entre os parâmetros físicos, avaliou-se a condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas, que é a capacidade da água em transmitir corrente elétrica devido à presença de substâncias dissolvidas separadas de ânions e cátions (Brasil, 2014). A relação direta entre CE e concentração de STD é possível para águas de determinadas regiões onde exista a predominância bem definida de um determinado íon em solução (Brasil, 2014). Neste estudo, os maiores valores de CE foram observados, similarmente, às regiões com as maiores concentrações de STD, ou seja, nas porções sul, sudeste, centro e nordeste do mapa, como apresentado na Figura 7.



**Figura 7.** Mapa de isoteor para condutividade elétrica das águas subterrâneas analisadas em Nova Candelária/RS

Os valores de CE variaram de 239 a 764  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , sendo que quatro poços apresentaram valores superiores a 500  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . A CE quando apresenta valores elevados, próximos a 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , pode indicar ambientes poluídos com dejetos, esgotos domésticos ou industriais. Logo, os valores

obtidos em todos os poços foram superiores aos teores de CE de águas naturais, na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Brasil, 2014).

Com relação aos parâmetros biológicos, avaliou-se a presença de coliformes totais e *E. coli* nas águas dos poços. De acordo com a Resolução CONAMA nº 396/2008, a água para ser considerada segura para o consumo humano deve apresentar resultados nulos para coliformes totais. Já a PRC nº 5/2017, estipula a ausência de *E. coli* em 100 mL de água como padrão microbiológico para consumo humano. A legislação brasileira estabelece as bactérias do grupo coliforme como principal parâmetro microbiológico de potabilidade (Brasil, 2017). Dos 20 poços analisados, 13 apresentaram contaminação com a presença de coliformes totais e/ou *E. coli*.

Os poços 1, 3, 8, 10, 11, 17, 18, 19 e 20 apresentaram contaminação por coliformes totais, o que representa 45% do total de poços analisados, enquanto que outros 45%, poços 1, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 19 e 20 apresentaram contaminação por *E. coli*. Os poços 1, 8, 10, 19 e 20 apresentaram contaminação tanto por coliformes totais como por *E. coli*.

Os poços 1, 8 e 10 estão mais próximos da área urbana, logo a contaminação microbiológica nesses pontos pode ter influência dos sistemas individuais de tratamento de esgoto, constituídos, em sua maioria, por fossa séptica e sumidouro ou simplesmente sumidouro. Entretanto, os demais poços estão próximos a granjas de suinocultura e/ou áreas de aplicação de DLS no solo, o que contribui para os índices de contaminação microbiológica verificados. Essa técnica é utilizada para fertilização do solo e para disposição final dos dejetos, podendo ser realizada tanto na propriedade de origem como em propriedades vizinhas. A existência de conexões naturais na geologia local, somada às falhas construtivas dos poços, podem agravar os casos de contaminação, contudo, para o diagnóstico preciso deve-se haver um estudo aprofundado das possíveis fontes de contaminação de cada poço.

Apenas 35% dos poços (2, 7, 9, 12, 13, 14 e 16) não apresentaram contaminação por microrganismos do grupo coliformes, estando em conformidade com a PRC nº 5/2017 e Resolução CONAMA nº 396/2008.

Nesse contexto, o consumo de água contaminada por material fecal representa riscos graves à saúde humana. Luz *et al.* (2017), ao investigarem a contaminação viral e bacteriana em 27 amostras de águas subterrâneas no município de Ivoti/RS, verificaram que 18 delas (66.6%) apresentaram contaminação por coliformes totais e sete (25.9%) por *E. coli*, ou seja, percentual similar de contaminação por coliformes totais verificados no município de Nova Candelária. Porém, quando comparado às contaminações por *E. coli*, este estudo apresentou percentual muito superior aos resultados obtidos por Luz *et al.* (2017). Naturalmente, possíveis casos de contaminação das águas pela suinocultura estarão concentrados, principalmente, nos estados do sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), que concentram quase 70% do rebanho suíno

do Brasil (Merten e Minella, 2002). Ainda assim, ressalta-se que a atribuição da fonte de contaminação das águas deve ser estudada caso a caso.

Enquadramento das águas subterrâneas conforme Resolução CONAMA nº 396/2008

O enquadramento das águas subterrâneas por classe foi realizado considerando o uso concomitante para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação, com base nos parâmetros mínimos obrigatórios estipulados na Resolução CONAMA nº 396/2008. Portanto, a partir dos resultados, realizou-se o enquadramento apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação das águas subterrâneas de 20 poços em Nova Candelária/RS, segundo os parâmetros mínimos da Resolução CONAMA nº 396/2008

Poço	Classificação por parâmetros com base nos VRQs			Enquadramento final
	STD (mg L <sup>-1</sup> )	<i>Escherichia coli</i> Presença/Ausência	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	
1	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
2	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
3	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 3
4	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
5	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
6	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
7	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
8	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
9	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
10	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
11	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 3
12	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
13	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
14	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
15	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
16	Classe 1	Classe 1	Classe 1	Classe 1
17	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 3
18	Classe 1	Classe 3	Classe 1	Classe 3
19	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4
20	Classe 1	Classe 4	Classe 1	Classe 4

Nota: STD – sólidos totais dissolvidos; VRQ – valor de referência de qualidade

Ressalta-se que o parâmetro microbiológico foi determinante para o enquadramento das águas subterrâneas, uma vez que tanto os valores de STD como de nitrato ficaram abaixo dos valores de referência estipulados na Resolução CONAMA nº 396/2008. Para tanto, foram considerados

classe 1 os poços que não apresentaram contaminação por coliformes totais e tampouco por *E. coli*, o que representa 35% dos poços. Àqueles que apresentaram contaminação somente por coliformes totais foram enquadrados como Classe 3 e os que apresentaram ambas contaminações foram enquadrados como Classe 4. Por meio desta classificação é possível indicar os usos preponderantes para cada tipo de poço, em virtude da qualidade da água. O estudo realizado por Pahl *et al.* (2018) corrobora a importância da análise de coliformes totais e *E. coli* em águas subterrâneas de áreas com aplicação de DLS, uma vez que os autores ao avaliarem a contaminação microbiológica em quatro piezômetros e dois poços de abastecimento humano em São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul, Brasil, verificaram a contaminação das águas por bactérias do grupo coliforme e a distribuição espacial de fontes pontuais a uma área de espalhamento devido ao fluxo das águas subterrâneas. Outro estudo, realizado em 212 poços no Oeste de Santa Catarina, Brasil, confirmou a presença de coliformes totais em 114 poços e contaminação por coliformes termotolerantes em 68 poços, em decorrência da presença de lavouras e de criação de animais próximos às fontes de água e proteção inadequada dos poços (Malheiros *et al.*, 2009).

### Conclusões

Diante dos resultados encontrados, 65% dos poços estão de acordo com a faixa de pH aceitável para consumo humano, conforme PRC nº 5. Em relação ao nitrato, todos os poços apresentaram-se em conformidade com os valores orientadores estipulados pela legislação vigente para consumo humano da água. Verificou-se, também, que as águas subterrâneas de todos os poços apresentaram concentrações de alcalinidade e sólidos totais dissolvidos dentro do recomendado para águas naturais. A alcalinidade apresentou, ainda, relação direta com os valores de pH, ou seja, quanto maior a concentração de carbonato de cálcio verificada, maior foi o valor de pH. Quanto à turbidez, todos os poços apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela PRC nº 5, que define os parâmetros de qualidade da água consumo humano. Contudo, os valores de condutividade elétrica de quatro poços ultrapassaram  $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ , o que pode indicar ambientes poluídos com dejetos e/ou esgotos domésticos.

Os resultados das análises de coliformes totais e *Escherichia coli* indicaram contaminação microbiológica em 13 dos 20 poços analisados, correspondendo a 65% dos poços estudados no município de Nova Candelária - RS. Estes resultados, somados aos valores de condutividade elétrica, permitem inferir que há possível contaminação das águas subterrâneas utilizados para abastecimento humano, devendo a(s) fonte(s) de contaminação ser objeto de estudos futuros na região. Entretanto, a partir deste estudo, os gestores municipais, e a sociedade em geral, poderão reavaliar a gestão das águas e o uso da terra no entorno dos poços para minimizar futuros problemas de saúde, sobretudo no que se refere à contaminação microbiológica.



## Referências bibliográficas

- ABAS, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (2017) *Águas subterrâneas, o que são?* Acesso em 30 set. 2017, disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php>
- APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21 st Edition. American Public Health Association. American Water Works Association. Washington, DC.
- ACSURS, Associação de criadores de suínos do Rio Grande do Sul (2018) *Abates no Rio Grande do Sul - por município*. Acesso em 11 abr. 2019, disponível em: <https://data.gessulli.com.br/file/2019/02/01/H145010-F00000-P687.pdf>
- Boff, F. E., Medeiros, M. A. de, Muller, A. L., Koppe, J. C. (2006) Caracterização hidroquímica das águas minerais da Serra do Nordeste Gaúcho. In Suplemento Revista Águas Subterrâneas: *XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 1-18, Curitiba, PR, Brasil.
- Borghetti, N. R. B., Borghetti, J. R., Rosa Filho, E. F. Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004. 214 pp.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente (2008) *Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 396 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Publicada Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 7 de abril de 2008, nº 66, de, Seção 1, pág. 64-68. Acesso em 20 de outubro de 2017, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>
- Brasil. Ministério da Saúde (2017) *Portaria de Consolidação Nº 5, Anexo XX, Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX – Dispõe sobre o controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade* (origem: PRT MS/GM 2914/2011), 28 de setembro de 2017. Acesso em 13 de dezembro de 2017, disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)
- Brasil, Ministério da Saúde (2014) *Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde* – Brasília: Funasa, 112 p. Acesso em 24 de outubro de 2017, disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)
- Camargo, M. F., Paulosso, L. V. (2009) Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT, *Ciências Biológicas e da Saúde*, **30**(1), 77-82. doi: 10.5433/1679-0367.2009v30n1p77.
- Chaves, A. (2007) *Análise dos recursos hídricos subterrâneos no município de São Luiz Gonzaga/RS*, Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, 121 pp.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil (2006) Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Acesso em 15 abr. 2019. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf)
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil (2019) *Sistema de informação de águas subterrâneas (SIAGAS)*. Acesso em 09 abr. 2019, disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>
- Cunha, G. G., Roisenberg, A., Pulgatti, F. H., Freitas, M. A. (2016) Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na região do Alto Rio Uruguai, Noroeste do Rio Grande do Sul e sua relação espacial com a tectônica rúptil. *Pesquisas em Geociências*, **43**(1), 55-67
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017) *Embrapa Suínos e Aves – Maiores produtores e exportadores de carne*. Acesso em: 11 abr. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/brasil>
- Feitosa, F. A. C., Manoel Filho, J., Feitosa, E. C., Demetrio, J. G. A. (2008) *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*, 3a ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 812 pp.

- Fernandes, A. M. F. (2012) *Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS*. Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 65 pp.
- Giampió, C. E. Q., Gonçalves, V. G. (2013) *Águas subterrâneas e poços tubulares profundos*, 2a ed. revisada e atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 496 pp.
- Grassi, M. T. (2001) As águas do Planeta Terra. *Caderno Temático de Química Nova na Escola*, **Ed. Especial**(1), 31-40.
- Hajjar, K. L. (2016) *Estudo sobre a ocorrência de nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral, área urbana do município de Carlos Barbosa – RS*. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 56 p.
- Lapworth, D. J., Baran, N., Stuart, M. E., Ward, R. S. (2012) Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence. *Environmental Pollution*, **163**, 287-303. doi: 10.1016/j.envpol.2011.12.034
- Luz, R. B., Staggemeier, R., Fratta, L. X. S., Longo, L., Schutz, R., Soliman, M. C., Kluge, M., Fabres, R. B., Schenkel, G. C., Bruni, F. P., Fleck, J. D., Picoli, S. U., Spilki, F. R. (2017) Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guarani, município de Ivoti, RS. *Rev. Ambient. Água*, **12**(5), 871-880. doi: 10.4136/ambi-agua.2068.
- Malheiros, P. S., Schäfer, D. F., Herbert, I. M., Capuani, S. M., Silva, E. M., Sardiglia, C. U., Scapin, D., Rossi, E. M., Brandelli, A. (2009) Contaminação bacteriológica de águas subterrâneas da região oeste de Santa Catarina, Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz*, **68**(2), 305-308.
- Mancuso, M. A., Formentini, J., Decezaró, S. T., Azevedo, F. C. G., Passaglia, R. C. (2015) Caracterização geoquímica das águas de poços do aquífero Serra Geral na região noroeste do Rio Grande do Sul. *XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 9 p., Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Merten, G. H., Minella, J. P. (2002) Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.*, **3**(4), 33-38.
- Nova Candelária (2013) *Plano Municipal de Saneamento Básico, Comitê de Coordenação e Comitê Executivo do município de Nova Candelária*, p. 53 – 81. Acessado em 18 de novembro de 2017, disponível em: [http://www.pmnovacandelaria.com.br/galeria\\_noticias/docs/PMSB.pdf](http://www.pmnovacandelaria.com.br/galeria_noticias/docs/PMSB.pdf)
- Pahl, C. B. C., Lastoria, G., Gabas, S. G. (2018) Microbial contamination of groundwater in a swine fertigation área. *RBRH*, **23**(42), 1-12.
- Pessotto, P. P. (2018) Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob uso de dejetos de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, **17**(3), 408-416.
- Reginato, P. A. R., Ahlert, S., Schneider, V. E. (2013) Caracterização hidroquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na região Nordeste do Rio Grande do Sul. *Águas Subterrâneas*, **27**(1), 65-78. doi: 10.14295/ras.v27i1.27061
- Santos, R. S., Mohr, T. (2013) Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. *Contexto & Saúde*, **13**(24/25), 46-53.
- São Paulo, Secretaria de Meio Ambiente – SMA (2003) *Resolução SMA nº 47 - Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas*. Altera e amplia a Resolução SMA 21, de 21/11/2001. São Paulo – SP, 26 de novembro de 2003. Acesso em: 20 novembro de 2017, disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2003\\_Res\\_SMA\\_47.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2003_Res_SMA_47.pdf)
- Scherer, E. E., Nesi, C. N., Massotti, Z. (2010) Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **34**, 1375-1383.
- Shiklomanov, I. A. (1998) *World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century*. Paris: UNESCO. Acessado em 24 de setembro de 2017, disponível em: <http://documentos.dga.cl/PHI710.pdf>
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2015) *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015*. Acessado em 23 de setembro de 2017, disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>
- Soares, M. U. G., Mota, A. A. (2017) Mapeamento do risco à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no município de Chapecó (SC) *Águas Subterrâneas*, **31**(4), 299-309. doi: 10.14295/ras.v31i4.28864.



- Streck, E. V., Kämpf, N., Dalmolin, R. S. D., Klamt, E., Nascimento, P. C., Giasson, E., Pinto, L. F. S. (2018) *Solos do Rio Grande do Sul*. 3 ed., rev. e amp. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. 252p p.
- Suhogusoff, A. V., Hirata, R. C. A., Ferrari, L. (2013) Water quality and risk assessment of dug wells: a case study for a poor community in the city of São Paulo, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, **68**, 899-910.
- Villar, P. C. (2016) As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. *Revista Ambiente & Sociedade*, **XIX**(1), 83-102.
- Von Sperling, M. (2005) *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*, v.1, 3a ed., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 243 pp.