

## Mapeamento da qualidade da água de abastecimento público no nordeste do estado de São Paulo (Brasil)

### Mapping of public water supply in the northeast of the State of São Paulo (Brazil)

Sergio Dovidauskas\*

Isaura Akemi Okada

Maria Helena Iha

Álvaro Gennari Cavallini

Marina Miyuki Okada

Rita de Cássia Briganti

Alzira Maria Morato Bergamini

Maria Aparecida de Oliveira

#### RESUMO

Esse trabalho apresenta dados obtidos em análises microbiológicas e físico-químicas de 4.347 amostras de águas de abastecimento público de 88 municípios da região nordeste do Estado de São Paulo, realizadas no período de um ano. Nos ensaios microbiológicos, 288 amostras apresentaram resultado positivo para microrganismos indicadores, ocorrendo um acréscimo de 80% no período de chuvas em comparação com o período de seca. Nos ensaios físico-químicos: em 1.514 amostras, a concentração de lítio foi igual ou superior ao limite de detecção do método; a concentração de nitrato foi superior ao valor máximo permitido em 17 amostras; 1.730 amostras apresentaram teor de fluoreto fora da faixa do padrão de potabilidade; a concentração de bromato foi superior ao valor máximo permitido em 16 amostras; o valor de pH situou-se fora do intervalo recomendado em 161 amostras; 292 amostras apresentaram teores de cloro residual livre fora da faixa recomendada; 17 amostras apresentaram valores de cor aparente acima do máximo permitido; 13 amostras apresentaram valores de turbidez acima do máximo permitido. Através da análise de componentes principais foi possível discriminar as águas de abastecimento da região, com a formação de grupos de municípios com águas de perfis físico-químicos similares, gerando um mapeamento baseado em variáveis proeminentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da Água; Mapeamento; Análise de Componente Principal; Vigilância Sanitária

#### ABSTRACT

This paper presents data obtained on microbiological and physico-chemical analysis of 4347 public water supply samples from 88 municipalities in the Northeast region of the state of São Paulo, carried out within a year. In microbiological analysis, 288 samples showed positive results for indicator microorganisms, occurring an increase of 80% in the rainy season compared with the dry period. Physico-chemical analysis: in 1514 samples, lithium concentration was equal to or higher than the detection limit of the method; the nitrate concentration was greater than the maximum value allowed in 17 samples; 1730 samples showed fluoride content out-of-range of drinking pattern; bromate concentration was greater than the maximum value allowed in 16 samples; the pH value was outside the range recommended in 161 samples; 292 samples showed levels of free residual chlorine (FRC) outside the recommended range; 17 samples showed apparent color values above the maximum allowed; 13 samples showed turbidity values above the maximum allowed. By means of principal components analysis, it was possible to discriminate the waters of the region, with the formation of groups of municipalities with similar physico-chemical profiles, generating a mapping based on prominent variables.

\* E-mail: [sergio2794@terra.com.br](mailto:sergio2794@terra.com.br)

**KEYWORDS:** Water Quality; Mapping; Principal Component Analysis; Sanitary Surveillance

Recebido: 05 out 2016  
Aprovado: 09 maio 2017



## INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida, mas sua qualidade vem sendo prejudicada desde pela ação antrópica sobre os mananciais (contaminação por resíduos, efluentes domésticos e efluentes industriais) até pela inadequada produção e distribuição de água potável (deficiências na desinfecção e na fluoretação, intermitências no abastecimento etc.)<sup>1</sup>.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o acesso à água potável segura é um direito humano básico e um componente de uma política eficaz para a proteção da saúde<sup>2</sup>. Seguindo nesta direção, o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua)<sup>3</sup>, coordenado pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, desenvolve ações de vigilância no sentido de garantir o acesso da população a água em quantidade suficiente e qualidade de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente<sup>4</sup>. Um instrumento do Vigiagua é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), criado em 2001 para auxiliar no gerenciamento de riscos à saúde devido à qualidade da água, armazenando informações cadastrais sobre os sistemas e soluções alternativas de abastecimento, além de dados sobre a qualidade da água oriundos dos prestadores do serviço de abastecimento e da vigilância<sup>5</sup>.

No Estado de São Paulo, em 1992 foi implantado o Programa de Vigilância da Água para Consumo Humano (Proagua), coordenado pelo Centro de Vigilância Sanitária da Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde<sup>6</sup>. Seus objetivos alinham-se com o Vigiagua, e várias são as ações previstas: colaboração na gestão dos recursos hídricos e em análises e interpretações de informações sobre a qualidade dos mesmos; cadastro e inspeção de sistemas e soluções alternativas de abastecimento e avaliação de relatórios produzidos por seus responsáveis; monitoramento da qualidade da água de abastecimento através de coleta de amostras e análises nos parâmetros temperatura, cloro residual livre (CRL), pH, cor aparente, turbidez, concentração de fluoreto, coliformes totais e *Escherichia coli*; análise do perfil epidemiológico da população abastecida, procurando por relações entre a ocorrência de agravos e a qualidade da água consumida<sup>7</sup>.

O presente trabalho refere-se à qualidade da água de abastecimento público de 88 municípios abrangidos pelo Proagua, localizados no nordeste do Estado e distribuídos em quatro Grupos de Vigilância Sanitária (GVS), de Araraquara, Barretos, Franca e Ribeirão Preto, que compõem, por sua vez, a Rede Regional de Atenção à Saúde 13 (RRAS 13) do Estado. Nesta região vivem cerca de 3,3 milhões de habitantes (dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para o abastecimento, aproximadamente 70% dos municípios (correspondendo a 62,8% da população da região) utilizam manancial subterrâneo; outros 15% dos municípios (18,6% da população) utilizam manancial superficial; os municípios restantes (18,6% da população) utilizam ambos os mananciais.

Quanto ao manancial subterrâneo, a região nordeste de São Paulo pode utilizar água principalmente de três aquíferos: Bauru,

Guarani e Serra Geral<sup>8</sup>. Em relatório recentemente publicado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb)<sup>9</sup>, classificou-se, de um modo geral, como boa a qualidade das águas subterrâneas do Estado baseando a conclusão no Indicador de Potabilidade de Águas Subterrâneas (IPAS). Porém, segundo o mesmo relatório, o Aquífero Serra Geral continua a mostrar tendência de aumento na concentração de nitrato, enquanto no Aquífero Bauru a porcentagem de poços monitorados com concentrações de nitrato que ultrapassa o valor máximo permitido (VMP) pela legislação vigente (igual a 10,0 mgN-NO<sub>3</sub>/L)<sup>4</sup> é semelhante desde o triênio 2007 e 2009, paralelamente a uma tendência de redução do número de poços que apresentam concentração de nitrato acima de 5,0 mgN-NO<sub>3</sub>/L (considerado pela Cetesb como um valor de prevenção). O Aquífero Guarani, predominantemente do tipo confinado, apresentou presença pontual de algumas substâncias que excederam os padrões organolépticos (alumínio, ferro e manganês) e os padrões de risco à saúde humana (bário, selênio e vanádio). Além disso, o íon nitrato também foi quantificado pontualmente acima do valor de prevenção, mas abaixo do valor máximo permitido.

Quanto ao manancial superficial, o nordeste do Estado pode utilizar as águas provenientes dos rios Grande, Sapucaí, Pardo e Mogi Guaçu, mas a hidrografia da região é complexa, com diversos rios menores, ribeirões e córregos. Outro relatório recente da Cetesb<sup>10</sup> mostra que as informações a respeito das águas superficiais da região são influenciadas pelo número limitado de pontos de amostragem: dos 501 pontos da Cetesb no Estado, apenas 43 estão distribuídos em 30 municípios da Rede Regional de Atenção à Saúde - RRAS 13, e somente um ponto é coincidente com captação para abastecimento público (Córrego Rico, em Jaboticabal). Contudo, cabe aqui salientar que, em termos de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), constatou-se que o Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi classificado como ruim em 25% dos pontos de monitoramento da UGRHI 12-Baixo Pardo/Grande, em que se encontram municípios como Bebedouro e Colômbia, em 17% dos pontos de monitoramento da UGRHI 4-Pardo (por exemplo, Santa Rosa de Viterbo e Cássia dos Coqueiros pertencem a esta unidade), e em 11% dos pontos de monitoramento da UGRHI 9-Mogi Guaçu (por exemplo, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa Quatro). Tais resultados contrastam com o índice obtido na UGRHI 8-Sapucaí Grande (Franca e Batatais, por exemplo), em que nenhum dos pontos apresentou qualidade ruim, enquanto 7% e 86% foram classificados com qualidade ótima ou boa, respectivamente.

O manancial da RRAS 13, subterrâneo e superficial, está atualmente sofrendo um processo de aumento de pressão antrópica não somente pela urbanização, mas também pela crescente industrialização: a Cetesb, por exemplo, categorizando as regiões do Estado em termos de vocação, classifica a região que inclui a RRAS 13 como “região em industrialização”<sup>9</sup>. Tendo em vista esse processo e no intuito de obter-se uma caracterização mais detalhada da qualidade da água para consumo humano da região, de modo a contribuir com a vigilância na identificação de situações



envolvendo fatores de risco à saúde que indicassem ações preventivas ou corretivas, em 2014 iniciou-se em nosso laboratório um estudo que previa a análise de amostras de água de abastecimento público durante um ano. Para essas amostras, oriundas do Proagua, ampliou-se o número de parâmetros investigados de oito para 23: além daqueles citados anteriormente, foram incluídas as determinações de concentrações de 14 íons ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ) e medidas de condutividade. A aquisição de dados foi iniciada em maio de 2015 e finalizada em abril de 2016, totalizando a análise de 4.347 amostras de águas de abastecimento. Esse trabalho apresenta uma descrição dos dados obtidos no período.

## MÉTODO

### Plano de amostragem

A “Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano”<sup>11,12</sup> estabelece planos de amostragem que devem ser seguidos pelas Vigilâncias Sanitárias Municipais (VISA-M), responsáveis pela coleta das amostras, pelas medidas preliminares de temperatura, CRL e pH, e pelo envio das amostras a esse laboratório para as análises complementares. Contudo, foi constatado inicialmente que não seria possível analisar o total de amostras entregues pelas VISA-M, devido ao tempo requerido para processar cada amostra principalmente com relação à análise de ânions por cromatografia (aproximadamente 38 minutos por amostra). Assim, decidiu-se realizar uma segunda amostragem sobre as coletas das VISA-M observando-se algumas condições:

- o número mínimo de amostras por município por coleta ficou estabelecido como sendo 2, procurando-se manter uma relação mínima de 1/10.000 entre o número  $n_m$  de amostras por mês e o número de habitantes  $n_h$  do município ( $n_m/n_h \geq 1/10.000$ , ou  $n_m/n_h \geq 1.10^{-4}$ );
- quando possível, amostras foram selecionadas de locais com a maior distância entre si (por exemplo, no caso de duas amostras do mesmo município em uma mesma coleta: uma amostra oriunda da área urbana central e outra oriunda de bairro periférico ou distrito).

Registre-se que os municípios de Franca e Motuca não estão incluídos nesse estudo uma vez que Franca realiza as análises em laboratório próprio, e Motuca não enviou amostras no período compreendido por esse estudo - as razões para esse fato não são de nosso conhecimento. Assim, o trabalho aqui apresentado inclui as amostras de águas de 88 municípios da RRAS 13, correspondendo, aproximadamente, ao abastecimento de 3 milhões de habitantes.

### Métodos e equipamentos

A coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano seguiram orientações do Ministério da Saúde<sup>13</sup>.

Para a análise microbiológica, 100 ml das amostras de água foram coletadas em frascos plásticos ou em bolsas modelo *Thio Bag*

por agentes das VISA-M. Ambos os recipientes (frascos ou bolsas) eram estéreis e descartáveis, com capacidade de 120 mL, e continham tiosulfato de sódio para neutralização do cloro residual. A determinação da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada pelo método cromogênico e fluorogênico (sistema Colilert, *Idexx Laboratories/USA*).

Para a análise físico-química, as amostras de água de abastecimento público foram coletadas em frascos plásticos limpos (capacidade variável entre 250 e 1.000 mL) por agentes das VISA-M que realizaram as medidas de temperatura, pH e CRL no momento da coleta.

Todos os reagentes utilizados no laboratório (Sigma-Aldrich e Merck) eram de grau analítico. Todas as soluções aquosas foram preparadas com água tipo I obtida em um sistema de purificação marca Millipore, modelo Milli-Q Direct 8. Cor aparente foi determinada por espectrometria utilizando equipamento marca Merck, modelo Spectroquant Nova 400. Turbidez foi determinada usando-se equipamento marca Micronal, modelo B250. Condutividade foi determinada em equipamento marca Metrohm, modelo 912. A cromatografia dos cátions foi realizada em equipamento marca Metrohm, modelo 930 Compact IC Flex Deg, nas seguintes condições: eluente, solução de  $\text{HNO}_3$  1,7 mmol/L contendo 0,7 mmol/L de ácido dipicolínico; vazão, 0,9 mL/min; temperatura ambiente; coluna marca Metrohm, modelo Metrosep C4 150/4.0. A cromatografia dos ânions foi realizada em equipamento marca Metrohm, modelo 930 Compact IC Flex Oven/SeS/PP/Deg, nas seguintes condições: eluente, solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  3,6 mmol/L; supressor, solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  100 mmol/L; vazão, 0,8 mL/min; temperatura, 45°C; coluna marca Metrohm, modelo Metrosep A Supp 7 250/4.0. Antes da análise cromatográfica, todas as amostras foram filtradas em filtros 0,45  $\mu\text{m}$ .

No tratamento de dados foram utilizados os *software Microsoft Excel® 2013*, *Origin® 9.1Pro* e *The Unscrambler®X 10.3*. Como parte do pré-tratamento dos dados para a análise multivariada, inicialmente reduziu-se o número de amostras representando cada município pela respectiva série de medianas nas 21 variáveis físico-químicas medidas para as amostras de água analisadas no período (um ano). Dessa forma, a matriz de dados inicial 4.347 x 21 foi transformada em uma matriz 88 x 21 (88 municípios x 21 medianas em cada variável).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Amostragem

No período de maio/2015 a abril/2016, as VISA-M enviaram 7.587 amostras de águas de abastecimento, das quais 4.347 (57%) foram investigadas para 21 parâmetros físico-químicos e dois microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*): 2.167 amostras foram analisadas entre maio e outubro/2015, e 2.180 amostras foram analisadas entre novembro/2015 e abril/2016. A relação  $n_m/n_h \geq 1.10^{-4}$  não pôde ser atingida para três municípios: Ribeirão Preto (144 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2.10^{-5}$ ), Araraquara (148 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 5,9.10^{-5}$ ) e São Carlos (165 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 6,2.10^{-5}$ ). O número insuficiente de



amostras enviadas a esse laboratório foi o fator determinante para que não se atingisse o objetivo para os três municípios de maior população entre os incluídos nesse estudo: Ribeirão Preto enviou 234 amostras (o que produziria uma relação  $n_m/n_h = 3,2 \cdot 10^{-5}$  se todas as amostras fossem analisadas, ainda inferior ao objetivo) - em adição, contribuindo para um decréscimo adicional na relação  $n_m/n_h$  desse município, uma parcela significativa das amostras era proveniente de soluções alternativas (fora do escopo do estudo) e, portanto, não foram analisadas; Araraquara e São Carlos enviaram 168 e 172 amostras, respectivamente, que, se fossem todas analisadas, conduziriam a relações  $n_m/n_h$  iguais a  $6,7 \cdot 10^{-5}$  e  $6,5 \cdot 10^{-5}$ , respectivamente. Contudo, deve ser ressaltado que os números totais de amostras analisadas para cada um desses municípios estão entre os cinco maiores alcançados nesse estudo, juntamente aos de Sertãozinho (156 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ) e Barretos (145 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,1 \cdot 10^{-4}$ ). Trabiçu foi o município para o qual se obteve a maior relação ( $n_m/n_h = 1,7 \cdot 10^{-3}$ ), com 31 amostras analisadas.

#### Análise geral: microbiologia

Das 4.347 amostras analisadas, 288 (6,6%) apresentaram resultado positivo para microrganismos indicadores (256 apresentaram apenas coliformes totais e 32 continham *E. coli*). Na comparação dos dados do primeiro semestre do estudo (maio a outubro de 2015, considerado aqui como período de seca) com os do segundo semestre (novembro de 2015 a abril de 2016, considerado como período de chuvas), observou-se que o número de resultados positivos aumentou de 103 (13 *E. coli*) para 185 (19 *E. coli*), o que corresponde a um acréscimo de 80% (se considerarmos apenas *E. coli*, esse acréscimo é de 46%). Essa variação sazonal de contaminação fecal de águas para consumo humano (aumento do número de ocorrências em função do período de chuvas) já é descrita na literatura<sup>14</sup> e atribuída a uma maior quantidade de contaminantes fecais (de origem humana ou animal) transportada pelas chuvas de um solo saturado desses contaminantes, após um período de seca, na direção das áreas de captação de água para o abastecimento público<sup>15</sup>.

Das 288 amostras positivas para microrganismos indicadores, 126 (44%) foram coletadas no GVS de Araraquara, que inclui 24 municípios. Dessas 126 amostras positivas neste GVS, 15 (12%) foram coletadas em um mesmo município (Santa Lúcia, 26 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,6 \cdot 10^{-4}$ ). Dessas 15 amostras de Santa Lúcia, dez apresentaram *E. coli*. Em relação ao total geral de *E. coli* positivos na RRAS 13, essas dez amostras correspondem a 31%. A diferença entre os semestres para Santa Lúcia foi menor: foram sete positivos (quatro *E. coli*) no primeiro semestre e oito positivos (seis *E. coli*) no segundo semestre, o que sugere dificuldade no processo de desinfecção da água, seja no período de seca, seja no período de chuvas. Os parâmetros físico-químicos serão discutidos no próximo item, mas cabe aqui ressaltar aqueles que podem ter relação com essa dificuldade em melhorar a qualidade microbiológica das águas do município de Santa Lúcia: (i) a mediana dos valores de CRL das águas desse município nos 12 meses de aquisição de dados é igual ao valor mínimo aceitável estabelecido pela legislação vigente (igual a  $0,2 \text{ mg/L}$ )<sup>4</sup> e inferior

à mediana determinada para a RRAS 13 (igual a  $0,7 \text{ mg/L}$ ), não havendo diferença entre os valores das medianas do primeiro e do segundo semestres; (ii) as medianas dos valores de cor aparente e turbidez das águas desse município no mesmo período (iguais a  $3,5 \text{ uH}$  e  $0,6 \text{ uT}$ , respectivamente) são superiores às medianas determinadas para a RRAS 13 (menor que  $2 \text{ uH}$  e menor que  $0,5 \text{ uT}$ , respectivamente), e os valores entre semestres apresentaram apenas pequena variação (cor aparente variou de 4 para  $3 \text{ uT}$ , e turbidez, de  $0,5$  para  $0,7 \text{ uT}$ ).

#### Análise geral: físico-química (ocorrências relevantes)

A Tabela 1 exibe um resumo dos dados obtidos nos 12 meses de aquisição para as 21 variáveis físico-químicas investigadas em 4.347 amostras analisadas.

Em 1.514 amostras (34,8% do total), a concentração de lítio foi igual ou superior ao limite de detecção do método ( $0,002 \text{ mg/L}$ ). Sais de lítio têm sido utilizados no tratamento de transtorno bipolar, depressão unipolar e prevenção do suicídio<sup>16</sup>, e algumas pesquisas informam a existência de correlação negativa entre concentrações de lítio em água para consumo humano (similares às encontradas nesse estudo para a RRAS 13) e mortalidade por suicídio<sup>17,18,19</sup>. Estudos epidemiológicos poderão ser realizados para investigar a possível existência dessa correlação negativa. O mapeamento (próximo item) indica mais detalhes sobre a presença de lítio.

A concentração de nitrato foi superior ao valor máximo permitido ( $10 \text{ mgN-NO}_3/\text{L}$ )<sup>4</sup> em 17 amostras (0,4% do total) oriundas dos municípios de Guaraci (uma amostra com concentração > VMP, 28 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,3 \cdot 10^{-4}$ ), Monte Azul Paulista (duas amostras com concentrações > VMP, 76 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 3,4 \cdot 10^{-4}$ ) e Severínia (14 amostras com concentrações > VMP, 60 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 3,2 \cdot 10^{-4}$ ). Enquanto a contaminação do manancial subterrâneo em Monte Azul Paulista já é conhecida, o número elevado de amostras contaminadas com nitrato em Severínia (que também faz uso exclusivo de manancial subterrâneo para o abastecimento) fez com que esse laboratório entrasse em contato com o GVS de Barretos informando a situação. À semelhança da abordagem empregada no caso de Monte Azul Paulista<sup>20</sup>, reuniões técnicas têm sido realizadas em Severínia, envolvendo representantes desse laboratório, da VISA-M, do GVS de Barretos, da Prefeitura, do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Severínia (SAAE), da Cetesb e do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), no sentido de investigar a contaminação visando ações preventivas ou corretivas. A contaminação no caso de Guaraci aparentemente é pontual, uma vez que o município faz uso de manancial superficial e uma análise de componentes principais indicou que a concentração de magnésio também é uma variável importante para discriminação dessa amostra, de forma similar ao que foi observado para amostras contaminadas de Monte Azul Paulista<sup>21</sup>. Ainda com relação ao nitrato, registre-se que 122 amostras (2,8% do total) apresentaram concentrações entre 5 e  $10 \text{ mgN-NO}_3/\text{L}$ . O valor  $5 \text{ mgN-NO}_3/\text{L}$  é considerado pela Cetesb como um valor de prevenção (VP) no sentido de definir ações preventivas e regras para aplicação de resíduos em solos agrícolas, em processos de licenciamento e fiscalização ambiental, enquanto o valor  $10 \text{ mgN-NO}_3/\text{L}$  é considerado como valor orientador de



Tabela 1. Descrição por cinco números dos dados físico-químicos obtidos na análise de 4.347 amostras de águas de abastecimento público da RRAS 13 durante 12 meses ininterruptos.

Parâmetro	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Lítio (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,028
Sódio (mg/L)	< 0,06	2,7	5,3	10,9	152,4
Amônio (NH <sub>3</sub> , mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,119
Potássio (mg/L)	< 0,1	1,6	2,8	3,8	9,8
Cálcio (mg/L)	< 0,09	4,1	8,6	18,5	62,8
Magnésio (mg/L)	< 0,06	1,1	1,8	3,1	12,6
Fluoreto (mg/L)	< 0,008	0,52	0,66	0,74	8,3
Clorito (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,126
Bromato (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,03
Cloreto (mg/L)	< 0,08	0,97	2	4,8	39,9
Brometo (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,087
Clorato (mg/L)	< 0,002	< 0,002	0,085	0,147	3,34
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> , mg/L)	< 0,05	< 0,05	0,23	1,07	20
Fosfato (P-PO <sub>4</sub> , mg/L)	< 0,05	< 0,05	0,066	0,12	2,9
Sulfato (mg/L)	< 0,12	0,17	0,36	1,31	122,2
Temperatura (°C)	11,9	24	26	28	38,4
CRL (mg/L)	0*	0,5	0,7	1	10
pH	0,6	6,8	7,2	7,8	10,6
Cor aparente (Hz)	< 2	< 2	< 2	2	107
Turbidez (uT)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	96
Condutividade (µS/cm)	7,1	68,9	123,1	179,8	710

\*Limite de detecção não definido

intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas<sup>9</sup>. As 122 amostras foram coletadas em 20 municípios, destacando-se Altair (22 amostras com concentração > VP, 33 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 7,2 \cdot 10^{-4}$ ), Severinópolis (19 amostras com concentração > VP), Dobrada (13 amostras com concentração > VP, 28 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,9 \cdot 10^{-4}$ ), Taiáçu (nove amostras com concentração > VP, 33 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 4,7 \cdot 10^{-4}$ ) e Monte Azul Paulista (nove amostras com concentração > VP).

Ibitinga (79 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ) foi o único município que sistematicamente apresentou brometo nas amostras de águas. Em adição, também foi constatado, por análise de componentes principais (ver próximo item), que Ibitinga é um município cuja água de abastecimento difere das águas da região por apresentar níveis mais elevados de sulfato, cloreto, lítio e sódio, além de valores maiores de pH e condutividade<sup>22</sup>. A situação foi descrita detalhadamente em artigo recentemente publicado<sup>23</sup>.

Quanto à qualidade da fluoretação, pôde ser observado que: (i) 2.617 amostras (60,2%) apresentavam teor de fluoreto dentro do intervalo 0,6 a 0,8 mg/L, ou seja, dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Resolução SS-250<sup>24</sup>; (ii) 1.313 amostras (30,2%) apresentavam teor de fluoreto menor que 0,6 mg/L; (iii) 417 amostras (9,6%) apresentavam teor de fluoreto maior que 0,8 mg/L. A essa classificação entre “adequada” (dentro do padrão de potabilidade) e “inadequada” (fora do padrão), o Centro Colaborador do Ministério da Saúde em Vigilância da Saúde Bucal sugeriu outra mais detalhada das águas de abastecimento público segundo o teor de fluoreto, que considera simultaneamente o benefício da prevenção à cárie e o risco de se produzir fluorose dentária. Essa

classificação, aplicada às amostras da RRAS 13, está indicada na Tabela 2. Nessa tabela, pode ser observado que a melhor combinação benefício-risco encontra-se na faixa entre 0,55 e 0,84 mg/L em que puderam ser classificadas 2.760 amostras (63,5% do total).

Bromato é considerado pela OMS como mutagênico e um provável carcinogênico<sup>2</sup>; a legislação vigente brasileira estabelece um VMP igual a 0,010 mg/L em águas de abastecimento público<sup>4</sup>. Esse íon foi quantificado em 42 amostras (1% do total), sendo que em 16 amostras (0,36%) a concentração foi superior ao VMP. Nesse caso, Ribeirão Preto (144 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2 \cdot 10^{-5}$ ) deve ser destacado: bromato esteve presente em 19 amostras de água desse município (sete amostras com teores acima do VMP). Esses resultados, principalmente os obtidos em Ribeirão Preto, deverão ser confirmados em investigações posteriores a esse estudo em vista do impacto à saúde relacionada à presença de bromato em águas de abastecimento.

Quanto ao pH, em 161 amostras (3,7% do total) o valor de pH situou-se fora do intervalo 6,0-9,5 estabelecido pela legislação<sup>4</sup>. Setenta e três amostras (1,7%) estavam com pH > 9,5, sendo 66 amostras coletadas em Ibitinga (79 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ), e 88 amostras (2%) com pH < 6,0, destacando-se os municípios de Dobrada (20 amostras com pH < 6,0, 28 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,9 \cdot 10^{-4}$ ) e São Carlos (15 amostras com pH < 6,0, 165 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 6,2 \cdot 10^{-5}$ ). Não foram determinados valores de pH em 173 amostras (4,0% do total) - registre-se que não houve nenhuma medida de pH durante o período para os municípios de Rincão (26 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,1 \cdot 10^{-4}$ ) e Santa Ernestina (30 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 4,5 \cdot 10^{-4}$ ).





Tabela 2. Classificação das águas de abastecimento da Rede Regional de Atenção à Saúde 13 segundo a classificação do Centro Colaborador do Ministério da Saúde em Vigilância da Saúde Bucal<sup>23</sup>.

Teor de fluoreto (mg/L)	Benefício	Risco	Nº de amostras	%
Abaixo de 0,44	Insignificante	Insignificante	821	18,9
Entre 0,45 e 0,54	Mínimo	Baixo	370	8,5
Entre 0,55 e 0,84	Máximo	Baixo	2760	63,5
Entre 0,85 e 1,14	Máximo	Moderado	323	7,4
Entre 1,15 e 1,44	Questionável	Alto	40	0,9
Acima de 1,45	Malefício	Muito alto	33	0,8

Quanto ao teor de CRL estabelecido pela legislação<sup>4</sup>, sete amostras (0,16% do total) apresentaram valores acima do VMP (igual a 5 mg/L); 215 amostras (4,9%) apresentaram valores inferiores ao mínimo de 0,2 mg/L - nesse quesito, destacaram-se os municípios de Rifaina (20 amostras com CRL < 0,2 mg/L, 26 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 6,3 \cdot 10^{-4}$ ), Rincão (20 amostras com CRL < 0,2 mg/L, 26 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,1 \cdot 10^{-4}$ ) e Gavião Peixoto (17 amostras com CRL < 0,2 mg/L, 29 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 5,5 \cdot 10^{-4}$ ); 4.055 amostras (93,3%) apresentaram teores de CRL dentro da faixa recomendada (de 0,2 a 2,0 mg/L). Em 11 amostras (0,25%) não foi realizada a determinação de CRL.

No que diz respeito à cor aparente (VMP = 15 uH) e turbidez (VMP = 5 uT)<sup>4</sup>, 17 (0,39%) e 13 amostras (0,30%) apresentaram valores acima do VMP, respectivamente.

#### Mapeamento por análise de componentes principais

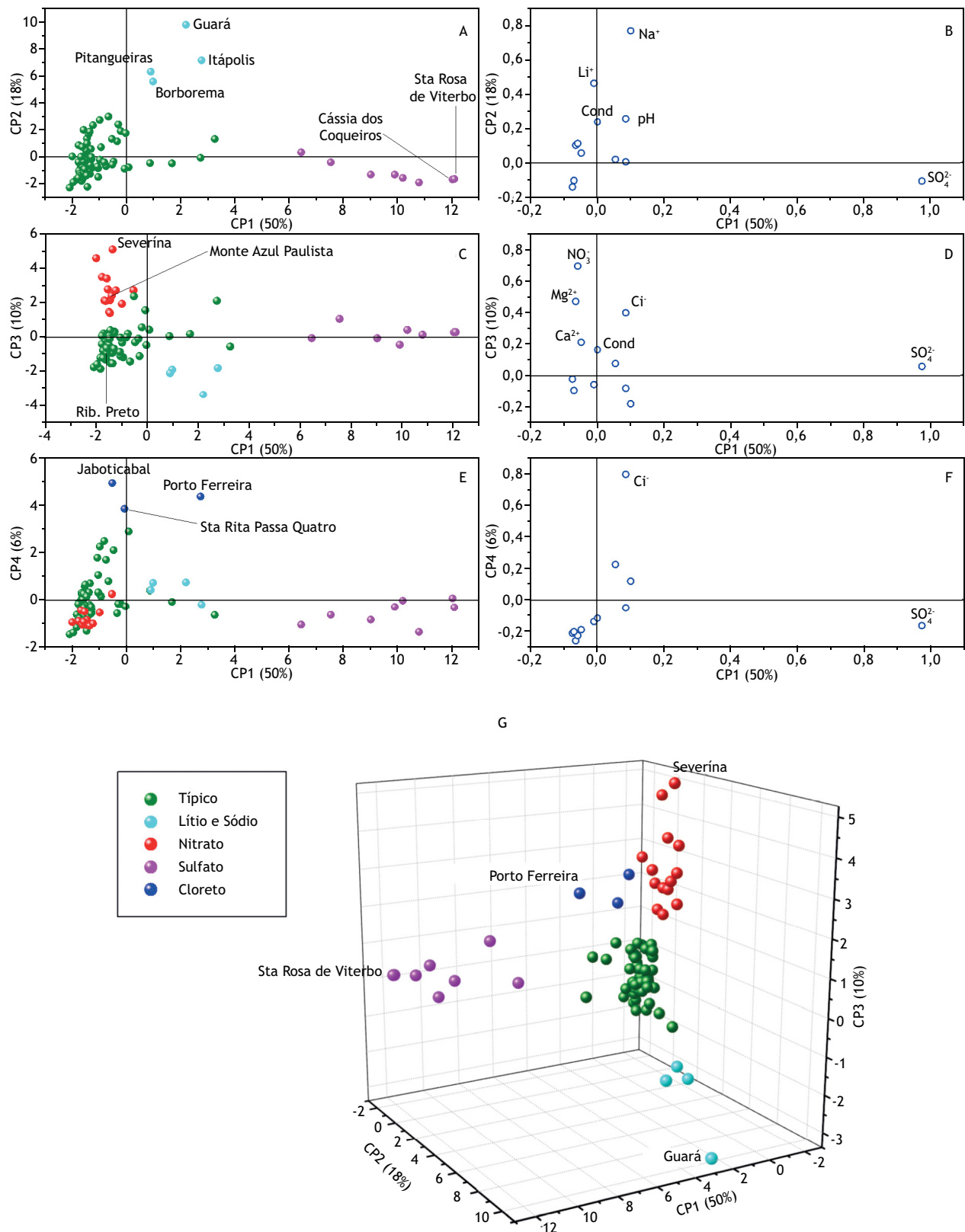
No item anterior, analisamos as águas de abastecimento da RRAS 13 de modo geral, focalizando a atenção em parâmetros nos quais obteve-se resultados relevantes, considerando individualmente cada parâmetro. Aqui apresentamos uma abordagem multivariada na visualização dos dados obtidos com o intuito de reconhecer possíveis padrões nas águas de abastecimento da RRAS 13. O objetivo específico inicial foi reconhecer municípios cujos perfis físico-químicos de suas águas de abastecimento apresentassem algum grau de similaridade com as águas de abastecimento de Monte Azul Paulista, um município que tem atualmente a sua captação de água subterrânea restringida por meio de uma Portaria do DAEE<sup>26</sup>, devido à contaminação por nitrato<sup>20</sup>. Em termos práticos, pretendeu-se identificar municípios em que ações preventivas ou corretivas pudessem ser planejadas no que diz respeito a essa contaminação, assumindo-se como referência o caso de Monte Azul Paulista.

Para realizar a análise multivariada da matriz de dados 88 x 21 (88 municípios x 21 medianas em cada variável) construída inicialmente, foram excluídas as variáveis amônio, clorito e bromato uma vez que as respectivas medianas de concentrações de todos os municípios apresentaram o valor 0 (zero), o que significa, em termos analíticos, um valor menor que o limite de detecção. A variável brometo também foi excluída, uma vez que apenas Ibitinga apresentou mediana de concentrações diferente de zero para essa variável. A análise da matriz de correlação

entre as 17 variáveis restantes indicou que 12 variáveis apresentavam correlações mais significativas entre si: lítio, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, clorato, nitrato, fosfato, sulfato, pH e condutividade. Essas variáveis foram as escolhidas para a análise multivariada.

Assim, os dados da matriz 88 x 12 foram centralizados pela mediana e escalados pelo intervalo interquartil, sendo então submetidos a uma análise de componentes principais (ACP), calculando-se as matrizes de escores e de pesos através do algoritmo Nipals (*Non-linear Iterative Partial Least-Squares*) usando-se quatro componentes principais. A variância explicada por CP1 e CP2 foram 56% e 19%, respectivamente. O gráfico de escores CP1/CP2 obtido exibiu Ibitinga como uma amostra única (como já mencionado no item anterior) frente a três outros grupos formados. Devido à elevada influência dessa amostra na descrição (visualização) das demais, resolveu-se extraí-la do conjunto, analisando-a separadamente. Esta análise foi descrita no artigo recentemente publicado e citado anteriormente<sup>23</sup>.

À nova matriz 87 (municípios) x 12 (variáveis) foi aplicado tratamento idêntico (centralização pela mediana, escalamento pelo intervalo interquartil, ACP/Nipals/4CPs). As variâncias explicadas por cada um dos CPs foram: CP1, 50%; CP2, 18%; CP3, 10%; CP4, 6% (total de variância explicada = 84%). Pelo gráfico de escores CP1/CP2 (Figura 1A) é possível observar a formação inicial de três grupos (os agrupamentos foram coincidentes com os obtidos por análise hierárquica de agrupamentos pelo método *Ward*): o primeiro grupo de oito municípios, em cor magenta na Figura 1A, estende-se ao longo do eixo definido por CP1 que tem “sulfato” como a variável com maior peso (Figura 1B) - os municípios de Santa Rosa de Viterbo (39 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,4 \cdot 10^{-4}$ ) e Cássia dos Coqueiros (26 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 8,2 \cdot 10^{-4}$ ) apresentam os maiores escores em CP1; a posição do segundo grupo de quatro municípios, cor azul-claro, Figura 1A) é definido principalmente pelos escores dos municípios em CP2, em cuja obtenção as variáveis sódio e lítio, seguido de condutividade e pH, apresentaram as maiores contribuições (Figura 1B) - constituem esse grupo os municípios de Guará (39 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,6 \cdot 10^{-4}$ ), Itápolis (65 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,4 \cdot 10^{-4}$ ), Pitangueiras (52 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ) e Borborema (39 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 2,2 \cdot 10^{-4}$ ); o terceiro grupo (em verde, Figura 1A) pode ser desmembrado em 2, se utilizarmos o gráfico de escores CP1/CP3 (Figura 1C) - nesse caso, o grupo em vermelho inclui 14 municípios (incluindo Monte Azul Paulista e Severínia), sendo definidos principalmente em função dos escores em CP3 que possui, como pesos mais relevantes: nitrato, magnésio, cloreto, cálcio e condutividade (Figura 1D). Finalmente, no gráfico CP1/CP4 (Figura 1E) é possível visualizar a formação de um quinto grupo devido principalmente à variável cloreto (Figura 1F), constituído dos municípios de Jaboticabal (104 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ), Porto Ferreira (78 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,3 \cdot 10^{-4}$ ) e Santa Rita do Passa Quatro (43 amostras analisadas,  $n_m/n_h = 1,4 \cdot 10^{-4}$ ). A Figura 1G indica esses 5 grupos no espaço CP1/CP2/CP3 (o grupo em verde, localizado próximo à origem, foi denominado “típico” em função de não apresentar nenhuma variável proeminente nesse modelo).



**Figura 1.** Análise de componentes principais de 87 amostras (municípios) e 12 variáveis físico-químicas. A formação dos grupos nos gráficos de escores A, C e E são interpretados pelos respectivos gráficos de pesos B, D e F: o grupo em cor magenta no gráfico de escores A é definido principalmente pela variável sulfato indicado em B; o grupo em azul claro (A) é definido pelas variáveis sódio e lítio (B); o grupo em vermelho (C) é definido pela variável nitrato (D); o grupo em azul escuro (E) é definido principalmente pela variável cloreto (F). O gráfico de escores G exibe a posição dos cinco grupos formados no espaço tridimensional CP1/CP2/CP3, onde pode ser observado que o grupo em verde (grupo típico) não possui variáveis proeminentes nesse modelo uma vez que se situa próximo à origem do gráfico.



A Figura 2 exibe a localização dos municípios agrupados por meio da análise hierárquica de agrupamentos e da análise de componentes principais, salientando-se os municípios de Ibitinga (parâmetros físico-químicos incomuns), e Severínia e Monte Azul Paulista (contaminação por nitrato). Em adição, a localização do município de Santa Lúcia (que apresentou resultados microbiológicos diferenciados) também é mostrada. Essa figura sugere uma classificação das águas de abastecimento da RRAS 13 por meio do agrupamento de municípios em função da(s) variável(is) responsável(is) pela discriminação. Por exemplo, o grupo do nitrato inclui 14 municípios e seu interesse, em termos de Saúde Pública, deve-se à ocorrência de metemoglobinemia e uma possível correlação com desenvolvimento de câncer quando as águas para consumo humano exibem elevado teor de nitrato<sup>2</sup>. Se, a princípio, as águas dos grupos do sulfato e do cloreto não requerem atenção imediata por parte da vigilância, nos municípios do grupo do sódio e lítio podem ser desenvolvidos estudos epidemiológicos para a presença do lítio, como já mencionado na análise geral dos dados; nesses estudos, Ibitinga poderá ser incluída uma vez que lítio é uma das variáveis importantes para a discriminação desse município - ademais, nesse caso (um grupo de um único elemento), estudos deverão ser conduzidos no sentido de constatar se a rica composição de sua água de abastecimento (quando comparada as águas da região) não inclui outros analitos de interesse em Saúde Pública mas não pesquisados nesse trabalho, como metais pesados por exemplo<sup>23</sup>. O caso de Santa Lúcia (outro grupo de um único elemento) também deverá ser investigado em virtude das dificuldades do município em produzir água adequada do ponto de vista microbiológico.

### Investigação do grupo do nitrato por meio da análise de componentes principais

No intuito de se obter mais informações sobre o grupo do nitrato, foi realizada uma ACP envolvendo 4 variáveis correlacionadas com o nitrato: cloreto ( $r = 0,17$ ), condutividade ( $r = 0,30$ ), cálcio ( $r = 0,31$ ) e magnésio ( $r = 0,58$ ). Nessa situação, Ibitinga não apresentou um perfil incomum e, portanto, não foi excluída da análise. Assim, à matriz de dados 88 (municípios) x 5 (variáveis) foi aplicado o mesmo tratamento (centralização pela mediana, escalamento pelo intervalo interquartil, ACP/NIPALS/4CPs) e as variâncias explicadas foram: CP1, 48%; CP2, 29%; CP3, 15%; CP4, 6% (total de variância explicada = 98%).

O gráfico de escores CP1/CP2 (Figura 3A) indica a formação de três grupos: (i) o grupo menor (três municípios, correspondendo a 4,5% da população total da RRAS 13, que utilizam principalmente manancial superficial para o abastecimento) tem sua posição definida essencialmente pela concentração de cloreto (Figura 3B) - esses municípios são os mesmos que foram definidos anteriormente como “grupo do cloreto” (Figuras 1E e 2): Jaboticabal, Porto Ferreira e Santa Rita do Passa Quatro; (ii) o grupo mais numeroso (71 municípios, correspondendo a 91,2% da população da RRAS 13) localiza-se próximo à origem do gráfico de escores (Figura 3A), principalmente nas partes negativas de CP1 e CP2, ocorrendo um pequeno espalhamento do grupo na direção positiva de CP2 - por outro lado, a variável de maior peso em CP1 é nitrato (Figura 3B) e, portanto, a principal característica desse grupo nesse modelo são as baixas concentrações desse íon nas águas de abastecimento; (iii) um grupo de 14 municípios (incluindo Monte Azul Paulista e Severínia, indicados nas Figuras 1C e 2)

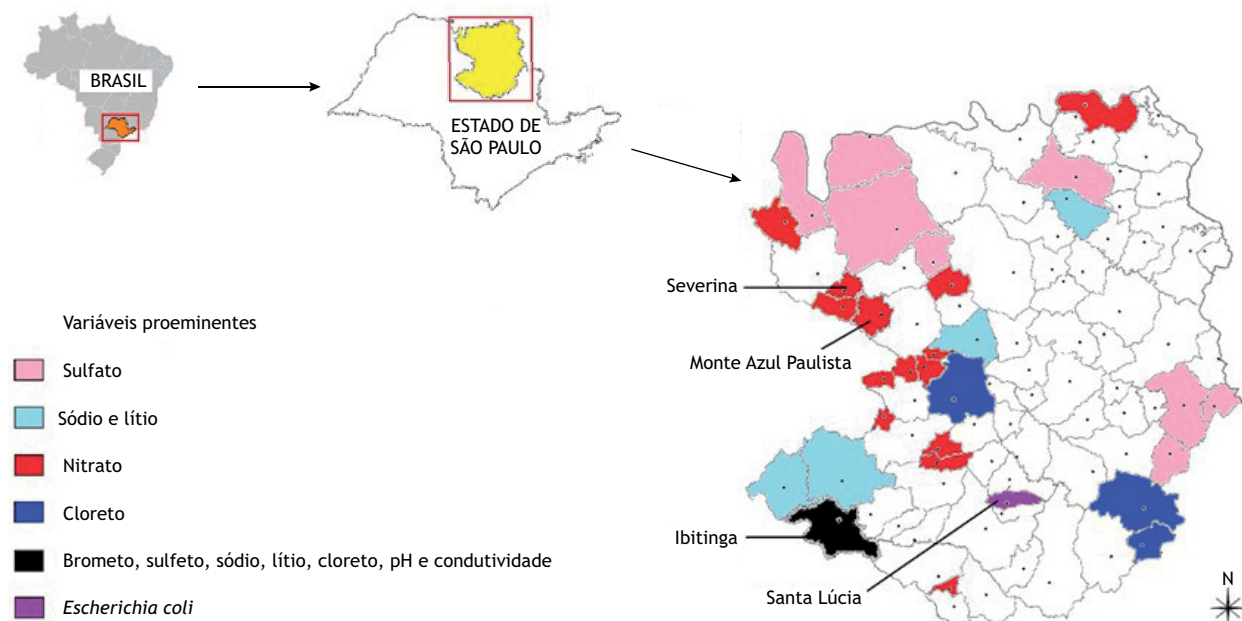


Figura 2. Ilustração da região abrangida por esse estudo indicando as variáveis mais significativas para caracterizar a água de abastecimento (municípios não coloridos na ilustração à direita indicam ausência de variáveis proeminentes no modelo utilizado).



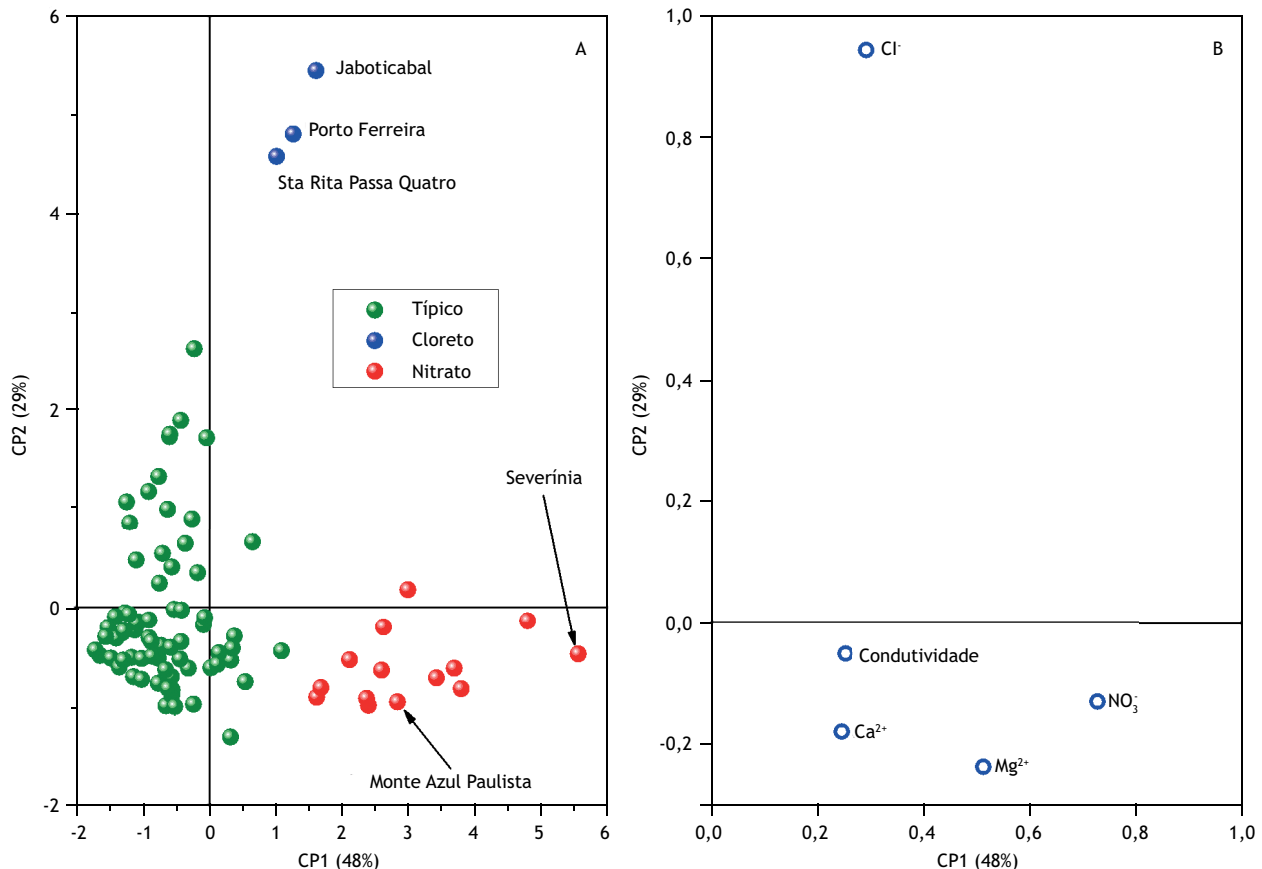


Figura 3. Análise de componentes principais de 88 amostras (municípios) e cinco variáveis. As posições dos grupos no gráfico de escores (A) são influenciadas principalmente pelo peso das variáveis nitrato e magnésio (no caso do grupo do nitrato), e cloreto (no caso do grupo do cloreto), indicados no gráfico de pesos (B). O grupo típico não apresenta variáveis proeminentes nesse modelo, uma vez que situa-se próximo à origem do gráfico de escores.

correspondendo a 4,3% da população da RRAS 13, que utilizam manancial subterrâneo para o abastecimento público, estende-se ao longo de CP1, com Severínia apresentando o maior escore (5,6) - essa direção positiva de CP1, fortemente influenciada pelas variáveis nitrato e magnésio (Figura 3B), está sendo investigada atualmente nesse laboratório no sentido de desenvolver modelos preditivos que possam auxiliar na tomada de decisões preventivas com respeito à contaminação por nitrato de águas de abastecimento (resultados preliminares de modelos baseados em análise discriminante linear e *Soft Independent Modeling of Class Analogy* [Simca] já foram reportados<sup>22</sup>).

## CONCLUSÕES

Tendo em vista o objetivo desse trabalho e do projeto a ele relacionado, pôde-se identificar claramente dois municípios que necessitam de ações corretivas: Santa Lúcia (que apresentou uma porcentagem relativamente grande de amostras com presença de *Escherichia coli*) e Severínia (contaminação da água por nitrato). Se no primeiro caso uma investigação ainda deverá ser conduzida, no caso de Severínia as ações já se iniciaram com a realização de Reuniões Técnicas. Ressalte-se que o município de Monte Azul Paulista já atravessa um período de ações corretivas. A contaminação por bromato das amostras de

água de Ribeirão Preto é menos óbvia, necessitando confirmação e, se possível, mapeamento.

No que tange a ações preventivas, destacam-se os municípios classificados no grupo do nitrato (à exceção de Monte Azul Paulista e Severínia, que passam atualmente por ações corretivas). Estudos sobre esses 12 municípios serão divulgados em breve, juntamente com os modelos de predição mencionados anteriormente, no sentido de contribuir para que as ações sejam direcionadas seguindo uma ordem de prioridade baseada no perfil físico-químico que cada município apresenta e sua similaridade com os perfis de Monte Azul Paulista e Severínia.

Finalmente, saliente-se aqui as duas situações interessantes identificadas nesse trabalho que, a princípio, não exigem ações preventivas ou corretivas, mas chamam a atenção pelas peculiaridades que apresentam: (i) Ibitinga, que necessita uma análise mais completa de sua água de abastecimento; (ii) os municípios incluídos no grupo do sódio e lítio (Guará, Itápolis, Pitangueiras e Borborema), que podem ser alvo de estudos epidemiológicos em vista da presença de lítio - nesse particular, Ibitinga poderia ser também incluída nesses estudos uma vez que lítio é uma das variáveis que diferenciam as águas desse município do restante da RRAS 13.



## REFERÊNCIAS

1. Valentim LSO, Elmec AM, Junior RJM, Bataiero MO. Novos cenários de produção e de vigilância da qualidade da água para consumo humano: 20 anos de Proágua no Estado de São Paulo - Parte I. *Bol Epidemiol Paul*. 2012;9(100):29-39.
2. World Health Organization - WHO. *Guidelines for drinking water quality*. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.
3. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2005. (Série C. Projetos, programas e relatórios).
4. Portaria Nº 2914 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. *Diário Oficial União*. 14 dez 2011.
5. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2016[acesso 8 set 2016]. Disponível em [http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11084&Itemid=683](http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=11084&Itemid=683)
6. São Paulo (Estado). Resolução SS-45 de 31 de janeiro de 1992. Institui o Programa de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano - PROÁGUA e aprova diretrizes para a sua implantação, no âmbito da Secretaria da Saúde. *Diário Oficial Estado São Paulo*. 1 fev 1992.
7. Centro de Vigilância Sanitária. Programas e projetos. Água para consumo humano - Proágua. São Paulo: Centro de Vigilância Sanitária; 2016[acesso 8 set 2016]. Disponível em [http://10.8.1.70/sitenovo/prog\\_det.asp?te\\_codigo=13&pr\\_codigo=13](http://10.8.1.70/sitenovo/prog_det.asp?te_codigo=13&pr_codigo=13)
8. Iritani MA, Ezaki S. *As águas subterrâneas do Estado de São Paulo*. 2a ed. São Paulo: Secretaria de Estado de Meio Ambiente; 2009. (Cadernos de educação ambiental, Vol 1).
9. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo: 2013-2015. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; 2016. (Série Relatórios).
10. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: - Parte I - Águas Doces 2015. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; 2016. (Série Relatórios).
11. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2014.
12. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2016.
13. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2013.
14. Kostyla C, Bain R, Cronk R, Bartram J. Seasonal variation of fecal contamination in drinking water sources in developing countries: a systematic review. *Sci Total Environ*. 2015;514:333-43. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.018>
15. Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, Sherman BH, Bernard SM, Patz JA. Climate variability and change in the united states: potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environm Health Perspec*. 2001;109(Suppl 2):211-20.
16. Aprahamian I, Sousa RT, Valiengo LCL, Machado-Vieira R, Forlenza OV. Lithium safety and tolerability in mood disorders: a critical review. *Rev Psiq Clín*. 2014;41(1):9-14. <https://doi.org/10.1590/0101-60830000411914>
17. Ohgami H, Terao T, Shiotsuki I, Ishii N, Iwata N. Lithium levels in drinking water and risk of suicide. *Br J Psychiatry*. 2009;194(5):464-5. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.108.055798>
18. Kapusta ND, Mossaheb N, Etzersdorfer E, Hlavín G, Thau K, Willeit Mu et al. Lithium in drinking water and suicide mortality. *Br J Psychiatry*. 2011;198(5):346-50. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.110.091041>
19. Helbich M, Leitner M, Kapusta ND. Geospatial examination of lithium in drinking water and suicide mortality. *Int J Health Geog*. 2012;11(19):1-8. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-19>
20. Dovidauskas S, Okada IA, Souza JAd, Novas MAJH, Rossato RA. A interação entre Vigilância Sanitária e Laboratório de Saúde Pública na detecção de contaminação por nitrato em água subterrânea. *Vigil Sanit Debate*. 2015;3(1):97-104. <https://doi.org/10.3395/2317-269x.00259>
21. Dovidauskas S, Okada IA, Iha MH, Cavallini ÁG, Okada MM, Briganti RC. Análise multivariada para a descrição dos níveis de nitrato em águas de abastecimento público no nordeste do Estado de São Paulo. In: *Anais do 2o Congresso Internacional RESAG - Gestão da Água e Monitoramento Ambiental*; 9-11 dez 2015; Aracaju. Disponível em <http://www.resag.org.br/congressoresag2015/anais/>
22. Dovidauskas S, Okada IA, Iha MH, Cavallini ÁG, Briganti RC, Okada MM. Mapeamento e modelagem da qualidade da água no nordeste do Estado de São Paulo. In: *Anais da 39a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*; 30 maio-2 jun 2016; Goiânia. Disponível em <http://www.s bq.org.br/39ra/cdrom/>
23. Dovidauskas S, Okada IA, Iha MH, Cavallini ÁG, Okada MM, Briganti RC. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). *Vigil Sanit Debate*. 2016;5(1):106-15. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.00840>
24. Resolução SS-250, de 15 de agosto de 1995. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano, fornecidas por sistemas públicos de abastecimento *Diário Oficial Estado São Paulo*. 16 ago 1995.



25. Centro Colaborador do Ministério da Saúde em Vigilância da Saúde Bucal - Cecol-USP. Consenso técnico sobre classificação de águas de abastecimento público segundo o teor de flúor. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2011.

26. Portaria DAEE-1066, de 27 de março 2015. Prorroga por mais dois anos a Portaria DAEE-965, de 27/03/2013 reterratificada em 13/04/2013, delimitando uma área de restrição e controle temporário para os usos ou interferências em recursos hídricos subterrâneos no município de Monte Azul Paulista. Diário Oficial Estado São Paulo. 28 mar 2015.

---

#### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro (Processo Fapesp nº 2014/10034-2) e pela bolsa concedida a A. G. Cavallini (Processo Fapesp nº 2015/02583-9).

#### Conflito de Interesse

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Esta publicação está sob a licença Creative Commons Atribuição 3.0 não Adaptada.  
Para ver uma cópia desta licença, visite [http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt\\_BR](http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt_BR).