

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE TEMPORAL DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

Miriam Suzana Rodrigues Schwarzbach¹ & Iara Conceição Morandi²

Resumo - O Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE, órgão responsável pelo abastecimento da cidade de Porto Alegre, para atender com água potável 99% da população, possui dez sistemas de tratamento, sendo que em sete deles é utilizada água do lago Guaíba. O lançamento de efluentes industriais e domésticos nas águas do Guaíba vêm comprometendo a qualidade de suas águas, principalmente, com relação a densidade de coliformes fecais. Outro fator que também preocupa a utilização do Guaíba para abastecimento é a localização do Polo Petroquímico a montante das captações, o que na eventualidade de ocorrer derramamento de carga tóxica ou lançamento de efluentes perigosos pode inviabilizar o uso da água para tratamento. Diante deste quadro, as águas subterrâneas passaram a ser um recurso estratégico de grande importância, devendo ser preservadas e utilizadas de forma racional.

Os resultados analíticos revelam que as águas subterrâneas captadas nos poços tubulares profundos de Porto Alegre apresentam teores de ferro, manganês e fluoreto superiores aos padrões de potabilidade e, em alguns locais, já apresentam indícios de contaminação por matéria orgânica, provavelmente oriunda de esgotos domésticos.

Os elementos que apresentaram maior variabilidade temporal foram turbidez, fosfato nitrato, fluoreto, sólidos totais, cobre, ferro, manganês e zinco.

Palavras-chave - Água subterrânea, qualidade

¹ Eng. Civil, MSc em Recursos Hídricos e Saneamento, técnico do DMAE – Porto Alegre, Rua Barão do Cerro Largo, 600; CEP 90850 – 110; fone: (51) 218 9838; fax: (51) 218 9849; e- mail: miriam@dmae.prefpoa.com.br

² Química, técnico do DMAE – Porto Alegre, Rua Barão do Cerro Largo, 600; CEP 90850 – 110 fone: (51) 218 9834; fax: (51) 218 9849; e- mail: iaracm@dmae.prefpoa.com.br

INTRODUÇÃO

Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, localiza-se no extremo Sul do Brasil, na latitude 30° Sul e longitude 51° Oeste. Aproximadamente 99% dos cerca de 1.300.000 habitantes deste município são servidos de rede pública de água potável, fornecida pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE. O principal manancial que abastece a cidade é o lago Guaíba, cuja área de drenagem abrange 1/3 da área do Rio Grande do Sul, ou seja, 84.763 km², com vazões médias máximas superiores a 2000 m³/s.



Figura 1.Localização do município de Porto Alegre.

As águas do Guaíba, apesar do grande volume, estão sendo progressivamente deterioradas pelo aporte de efluentes industriais e domésticos. Isto porque algumas das cidades mais populosas do Estado depositam boa parte dos efluentes industriais e domésticos nos cursos d'água que drenam para este lago. Diante deste quadro, as águas subterrâneas passaram a ser um recurso estratégico de grande importância, devendo ser preservadas e utilizadas de forma racional.

O interesse da Prefeitura de Porto Alegre na qualidade das águas dos aquíferos da região acentuou-se quando zonas de ocupação rarefeita começaram a ser submetidas a um processo de urbanização progressiva e desordenada, abrigando populações de baixo poder aquisitivo, atraídas pelo menor valor dos imóveis destas áreas. Algumas destas regiões ainda são desprovidas de água potável; outras foram regularizadas e passaram a ser abastecidas pelo DMAE. Entretanto, a distância de qualquer manancial superficial

aproveitável determinou que muitas áreas fossem abastecidas por águas subterrâneas.

Dos dez sistemas de água potável que abastecem Porto Alegre, dois são servidos de águas subterrâneas, atendendo uma população de 620 habitantes. Além disto, são inúmeros os poços domésticos executados de forma clandestina, cujas águas apresentam, na grande maioria, contaminação de origem fecal.

A constatação destes problemas determinou que, em 1994, fosse criado, através da Lei Municipal 7560, o Cadastro Municipal de Poços Tubulares Profundos. Tornou-se obrigatório o cadastro, junto ao DMAE, dos poços tubulares profundos localizados em Porto Alegre. Para tal, o proprietário do poço deve preencher um formulário, informando os dados construtivos do poço, sua localização, vazão e resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das suas águas. Em 1997, entrou em vigência o Código Municipal de Saúde, que atribui ao DMAE a competência de cadastrar todos os poços particulares localizados no município.

Através da implantação do cadastro, o DMAE formou um banco de dados com cerca de 300 poços, rasos e profundos, cujas informações são complementadas por programas sistemáticos de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas de Porto Alegre. Atualmente, está sendo desenvolvido, através de convênio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, um trabalho em conjunto com o Instituto de Geociências da UFRGS, que implica no monitoramento de 60 poços estrategicamente escolhidos, visando representar a qualidade das águas subterrâneas dos aquíferos desta região.

Para avaliar a qualidade das águas monitoradas, o DMAE tem aplicado os limites estabelecidos na Portaria 36/GM do Ministério da Saúde, de janeiro de 1990, que estabelece o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Entretanto, começou a ser questionada a validade da aplicação desta norma às águas dos poços, uma vez que a heterogeneidade dos aquíferos pode determinar que a amostra analisada não seja representativa das características deste recurso hídrico.

Neste trabalho, foram selecionados 17 poços tubulares de profundidade mínima igual a 50m, com no mínimo cinco resultados de análises físico-químicas. A variabilidade dos resultados foi demonstrada através de estudo estatístico, através do qual pôde-se concluir quais as características são mais representativas, e quais aquelas cuja avaliação exige maior freqüência de monitoramento.

METODOLOGIA

Os 17 poços selecionados estão localizados na figura 2, onde é apresentado o mapa geológico de Porto Alegre. A profundidade dos poços estudados varia entre 50 e 137m.

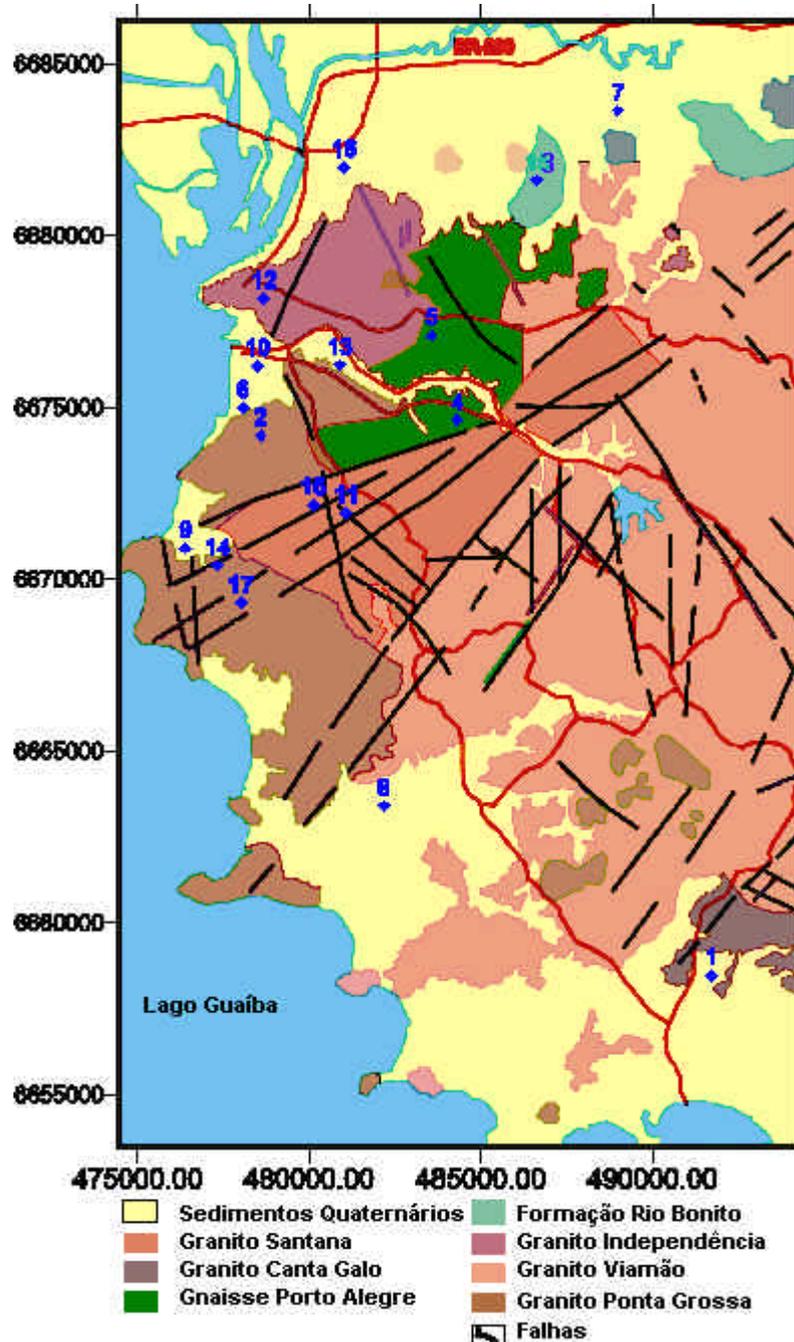


Figura 2. Caracterização Geológica do Município de Porto Alegre e localização dos 17 poços em estudo. Figura elaborada pelo professor Antônio Pedro Viero, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na região de Porto Alegre os estudos hidrogeológicos indicam dois sistemas aquíferos: o Pré-Cambriano Granito-Gnáissico e o Quaternário Sedimentar (Philip et

all.,1974). O primeiro, constituído por um meio fraturado, tem baixa capacidade de exploração, sendo que a vazão dos poços profundos ali executados raramente supera 10 m³/h. O segundo apresenta, em geral, águas impróprias para consumo humano, devido aos altos teores de cloreto, fluoreto, manganês e ferro (FREITAS et all., 1996).

As características analisadas para as águas destes poços foram a temperatura, pH, cor, turbidez, alcalinidade, dureza, cloreto, sulfato, sólidos totais dissolvidos, condutividade, fosfato, nitrato, fluoreto, cobre, ferro, manganês e zinco. Os métodos analíticos utilizados na determinação das características físico-químicas encontram-se descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1989), sendo procedidas as atualizações à cada nova edição, à exceção do parâmetro nitrato que foi analisado através do método do ácido fenoldissulfônico, constante na 12^a edição (APHA, 1965).

As estatísticas calculadas foram a média aritmética, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos e a média para o período de águas altas, que vai de maio a outubro, e de águas baixas, que vai de dezembro a abril. A variabilidade temporal, calculada conforme abaixo, foi descrita em termos do percentual entre as médias obtidas, para cada característica, calculadas para os períodos de águas altas e baixas.

$$\text{Variação \%} = \left[\frac{\text{Concentração média observada em águas altas}}{\text{Concentração média observada em águas baixas}} \right] - 1 * 100$$

QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS POÇOS ESTUDADOS.

A temperatura pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático, uma vez que as propriedades físicas, químicas e biológicas da água sofrem influência da temperatura. Pode afetar a palatabilidade da água pela intensificação de gosto e odor, sendo desagradável ao paladar águas com temperaturas superiores a 27,0°C. As águas dos poços estudados apresentaram temperaturas variáveis entre 16,0 e 27,5 °C.

O pH indica as condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Pode ser influenciado pela dissolução dos minerais das rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, etc. A água dos poços apresentou variação de pH de 5,6 a 8,1. A Portaria nº 36 estabelece que o pH da águas destinadas a abastecimento

público deve situar-se entre 6,5 e 8,5. Do total de amostragens, 14% dos dados apresentaram valores de pH abaixo de 6,5.

A cor é devida a presença de substâncias coradas dissolvidas na água tais como os íons metálicos ferro e manganês, ácidos húmicos e fúlvicos, etc. A água colorida é de aspecto desagradável, sendo indesejável ao abastecimento público. Em 98% das amostragens realizadas, a água dos poços apresentou teores de cor dentro do valor máximo permissível para águas destinadas a abastecimento público, determinado pela Portaria nº 36, (5 mgPt/L), com exceção de dois poços cujos valores de cor de 25 e 30 mgPt/L, podem estar relacionados à ocorrência de chuvas, no período anterior ou na data da coleta.

A turbidez é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão, as quais podem transportar substâncias adsorvidas que produzem sabor e odor na água. A sua origem pode ser devida a presença de partículas de rocha, silte e argila. Cinco dos 17 poços estudados apresentaram eventos de turbidez superior a 5 UNT, limite máximo permissível pela Portaria 36/GM.

A alcalinidade é a capacidade da água neutralizar ácido e sua ocorrência na água pode ser devida a ação do gás carbônico sobre os minerais do solo. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. A distribuição destas três formas na água é função do pH. Não tem significado sanitário para água potável, mas em elevadas concentrações pode conferir gosto amargo à mesma. A alcalinidade média das águas dos poços variou de 34 a 188 mg CaCO₃ /L.

A dureza pode ser definida como a concentração de cátions multimetálicos em solução e a sua ocorrência na água deve-se a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, como ocorre, por exemplo, nas rochas calcáreas. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os cátions divalentes cálcio e magnésio. Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A dureza, em determinadas concentrações, causa sabor desagradável à água e pode ter efeitos laxativos, reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão, causa incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores. A dureza média dos poços monitorados ficou entre 26 e 551 mgCaCO₃/L.

Em dois dos poços monitorados, os valores médios de dureza foram superiores a 300 mg CaCO₃/L, o que levou a água destes locais a receber a classificação de muito dura.

O cloreto é o halogênio mais abundante na água subterrânea, sendo oriundo, principalmente, da dissolução de minerais do solo e de sedimentos lagunares com pouca circulação. Sua presença na água se torna objetável quando acima de 250 mgCl/L, devido ao gosto salino, quando o cátion presente é o sódio. Entretanto, quando os cátions predominantes são o cálcio e o magnésio, teores de até 1000 mgCl/L não dão gosto característico à água. Este é o fato pelo qual é estabelecido limite de cloreto em águas destinadas ao consumo humano. O sulfato também é largamente distribuído na natureza, sendo sua ocorrência atribuída, principalmente, à oxidação da pirita.

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma solução aquosa conduzir a corrente elétrica. Esta capacidade depende da presença de íons, sua concentração total, mobilidade, valência e temperatura da água. Dos ânions analisados, contribuem para conferir condutividade à água o cloreto e o sulfato.

Estabelecendo-se uma relação entre as características condutividade, sólido totais dissolvidos, cloreto e sulfato, o poço 16, situado no aquífero sedimentar, foi o que apresentou os maiores valores médios de condutividade (3055 $\mu\text{mho/cm}$), sólidos totais dissolvidos, (2138 mg/L), cloreto (559,8 mgCl/L) e sulfato (146 mgSO₄/L) comprovando-se a correlação entre estas características.

Quanto aos demais poços monitorados, a condutividade média esteve entre 134 e 930 $\mu\text{mho/cm}$ e os valores médios de sólidos totais dissolvidos entre 142 e 908 mg/L. Entretanto, observando-se os valores máximos de sólidos dissolvidos verifica-se que, dois dos poços estudados apresentaram teores máximos superiores a 1000 mg/L, limite estabelecido para águas destinadas ao consumo humano. Este limite é fixado não pelo seu efeito tóxico e sim pelo sabor mineral que pode conferir à água

Analisando-se os dados de cloreto dos demais locais, verificou-se que a água dos poços n^{os} 6, 7, 9 e 12, apesar de apresentarem teores médios de cloreto acima de 100 mgCl/L, estão dentro do limite de potabilidade. Os maiores valores máximos de cloreto têm sido observados nas regiões do aquífero sedimentar não estando, aparentemente, relacionados à contaminação por esgotos. Já os dados de sulfato apresentaram variação na faixa de <10 e 86 mgSO₄/L.

A ocorrência de fósforo nas águas subterrâneas deve-se, principalmente, a dissolução de minerais do solo, tais como a apatita. O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. Nas águas dos poços monitorados, observou-se baixos teores máximos de fosfato total à exceção dos poços de n^{os} 8 e 15, cujos valores máximos alcançaram 0,47 e 0,53 mg PO₄/L, respectivamente.

O nitrato na água subterrânea é oriundo da presença de matéria orgânica, esgotos, efluentes de tanques sépticos, fertilizantes e aterros sanitários. Quando presente na água de beber pode causar dois efeitos adversos à saúde: a metahemoglobinemia e formação de nitrosaminas carcinogênicas. Altos teores de nitrato em águas ingeridas por lactantes pode originar metahemoglobinemia nas crianças, onde o nitrato é reduzido a nitrito que, por sua vez, oxida a hemoglobina para metahemoglobina, a qual não transporta o oxigênio pelo sangue. Isto ocorre com maior freqüência em crianças devido as condições mais alcalinas encontradas no trato gastrointestinal destas. Em função dos problemas de saúde levantados acima é estabelecido o limite de 44,3 mgNO₃/L na água potável.

Os maiores valores de nitrato foram observados num poço de 137m de profundidade situado em zona alta, no granito, sendo provável que esta contaminação seja oriunda da camadas superficiais do solo, por exemplo, por falhas no revestimento do poço. Neste local foi observado o valor máximo de 58,2 mgNO₃/L, valor superior ao estabelecido pela legislação que estabelece os padrões de potabilidade. Entretanto, outros poços de Porto Alegre, atualmente em estudo, também têm apresentado águas com nitrato elevado, devendo-se investigar a possibilidade do aquífero estar sendo contaminado por dejetos oriundos de vazamentos de tanques sépticos, redes de esgoto cloacal, e outros. Nos demais poços, os valores médios de nitrato variaram de <0,04 a 12,2 mgNO₃/L

Os compostos de flúor são geralmente encontrados em maiores concentrações nas águas subterrâneas do que nas águas superficiais. A solubilidade do fluoreto e a quantidade em que se encontra na água dependem da natureza da formação rochosa, da velocidade com que a água passa pelas rochas, da porosidade dessas rochas e da temperatura local. O teor de fluoreto tende a ser maior em águas temperadas e alcalinas.

As concentrações recomendáveis do íon fluoreto, para potabilidade, são estabelecidas pela Portaria 635, de 26 de dezembro de 1975, do Ministério da Saúde. Estes valores são variáveis de acordo com a média das temperaturas máximas do ar que, para o município de Porto Alegre, segundo dados fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia, é igual a 25,4°C. Para tal valor de temperatura, as concentrações de

fluoreto devem ficar entre 0,7 e 1,0 mgF/L, na água potável. Doze dos 17 poços estudados apresentaram concentrações de fluoreto nas suas águas superiores a 1 mg/L, sendo que o valor máximo observado foi de 5,79 mgF/L no poço nº 7. As elevadas concentrações deste íon, observadas nas águas subterrâneas de Porto Alegre, podem ser devidas a presença depósitos de fluorita e apatita nas fraturas das rochas cristalinas. Por fim, passamos a avaliação da concentração dos metais cobre, ferro, manganês e zinco. O

elemento cobre, geralmente em baixas concentrações na água subterrânea, tem origem natural na dissolução de minerais de cobre. Elevadas concentrações de cobre podem produzir vômitos e uma ingestão oral muito prolongada pode provocar danos ao fígado. O ferro na água subterrânea pode ser oriundo de minerais ferro-magnesianos, óxidos e sulfetos, enquanto que a presença do manganês se deve a óxidos e hidróxidos tais como homblenda e biotita. O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis numa grande quantidade de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido como, por exemplo, água subterrânea ou fundo de lagos, eles se apresentam na forma solúvel. Caso a água contendo as formas reduzidas de ferro e manganês seja exposta ao ar atmosférico, o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis, sendo que teores maiores que 0,3 mgFe/L podem produzir manchas nas roupas e porcelanas, além de conferir à água sabor desagradável e adstringente. O elemento zinco é encontrado em grande quantidade nas rochas e minérios. É essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e de diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. Também pode conferir gosto desagradável à água, quando em concentrações acima de 5 mgZn/L.

O principal problema das águas subterrâneas do município deve-se aos elevados teores de ferro e manganês, cujos valores máximos observados foram de 2,02 mgFe/L e 0,89 mgMn/L, respectivamente. Oito dos poços estudados apresentaram teores de manganês superiores aos limites da Portaria 36/GM. Doze dos poços estudados têm águas impróprias ao consumo humano, pelos altos teores de ferro. Estes resultados refletem principalmente as características da rocha granítica, rica destes minerais.

A máxima concentração de zinco observada nestas águas não excedeu os limites da Portaria 36/GM (5 mgZn/L), sendo igual a 1,61 mgZn/L

Em suma, as águas subterrâneas captadas nos poços tubulares profundos de Porto Alegre já apresentam indícios de contaminação por matéria orgânica, provavelmente oriunda de esgotos. Nos poços monitorados, têm sido verificadas com freqüência concentrações de ferro, manganês e fluoreto superiores aos padrões de potabilidade.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DAS CARACTERÍSTICAS ESTUDADAS

As figuras 1 a 16 apresentam o resultados do cálculo da variação percentual de cada característica, com exceção da cor, onde a alta incidência de valores nulos das médias de águas baixas impediu o cálculo da variação %.

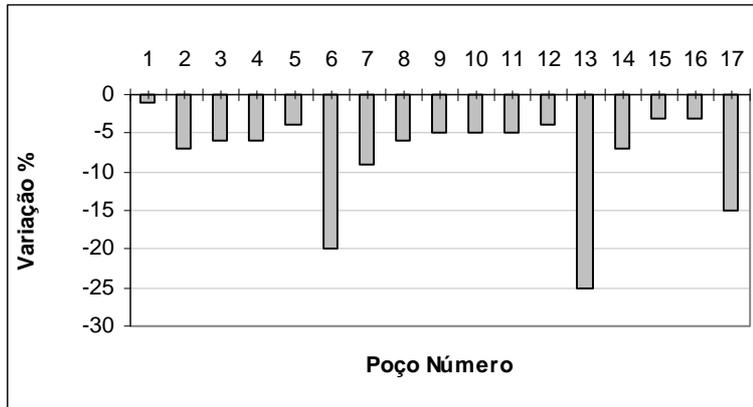


Figura 1. Variação % da temperatura

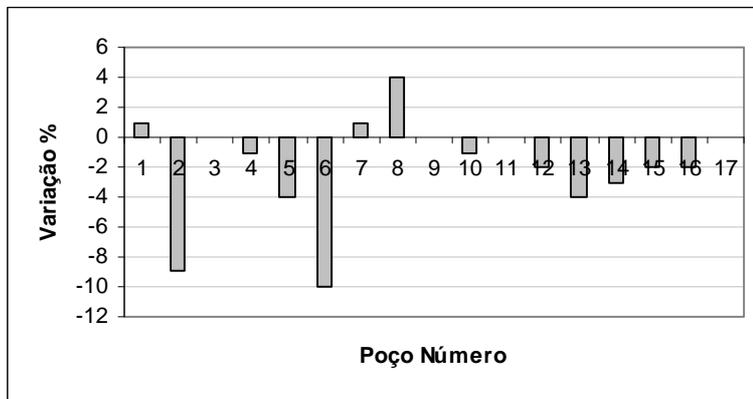


Figura 2. Variação % do pH

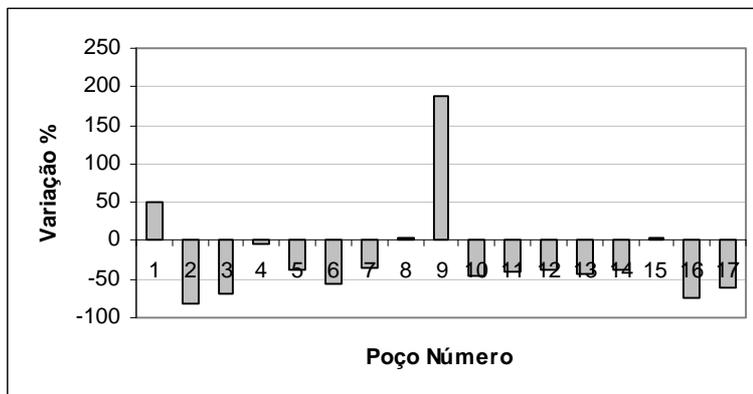


Figura 3. Variação % da turbidez

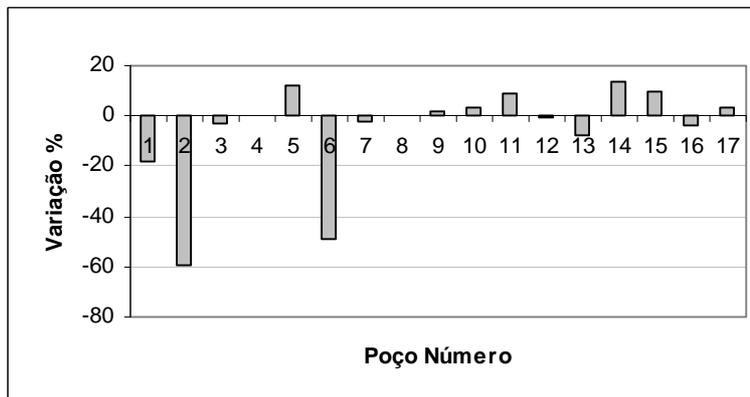


Figura 4. Variação % da alcalinidade

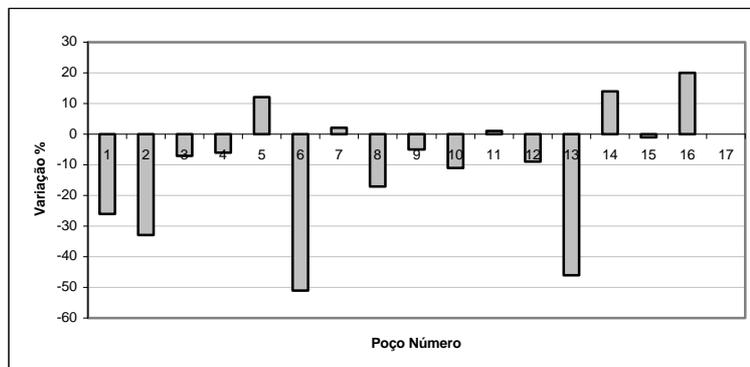


Figura 5. Variação % da dureza

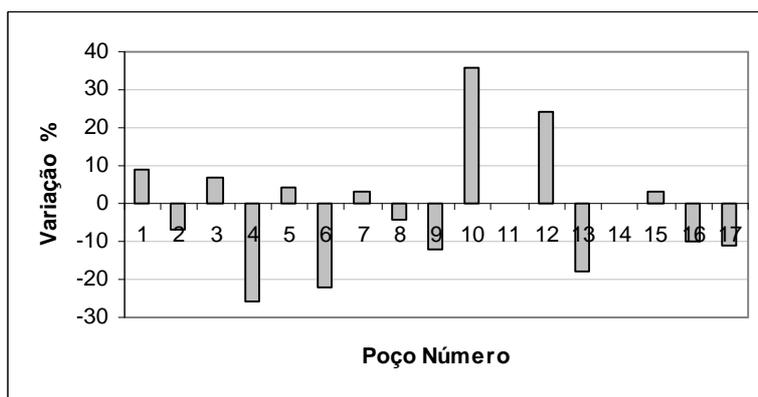


Figura 6. Variação % do cloreto

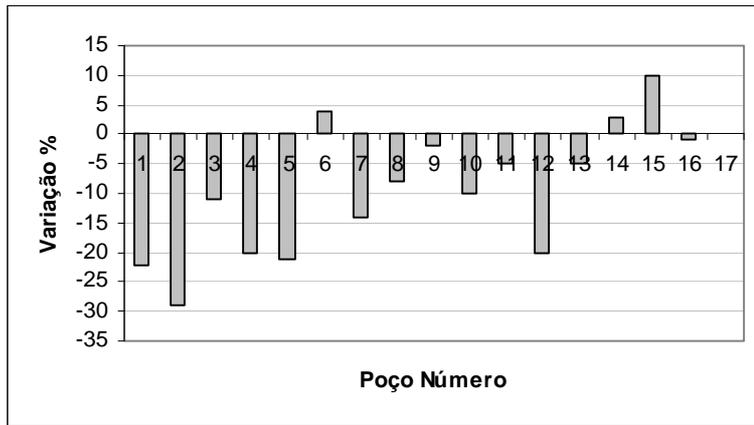


Figura 7.Variação % do sulfato

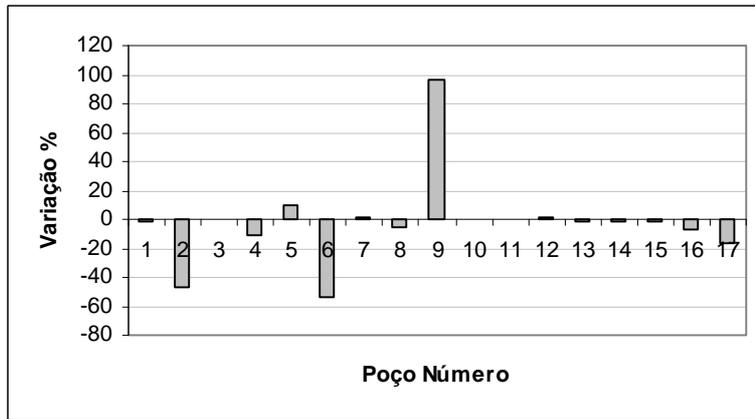


Figura 8. Variação % dos sólidos totais dissolvidos

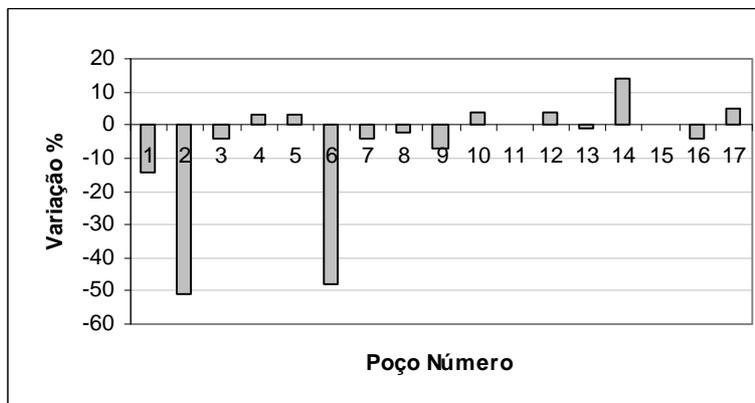


Figura 9. Variação % da condutividade

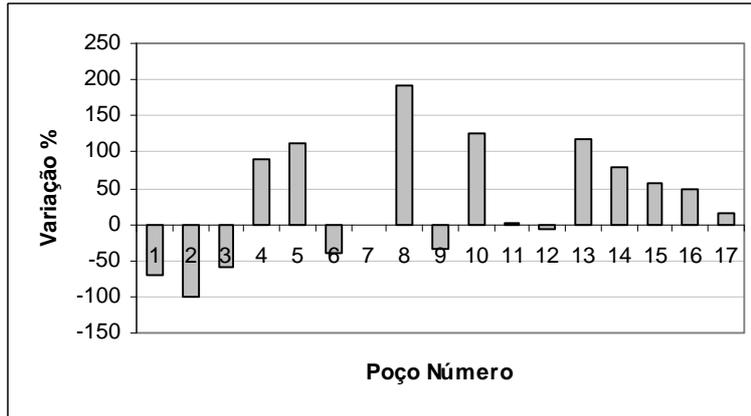


Figura 10. Variação % do fosfato total

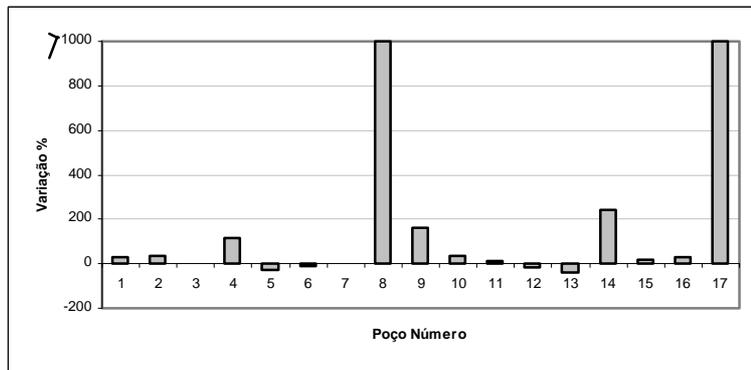


Figura 11. Variação % do nitrato

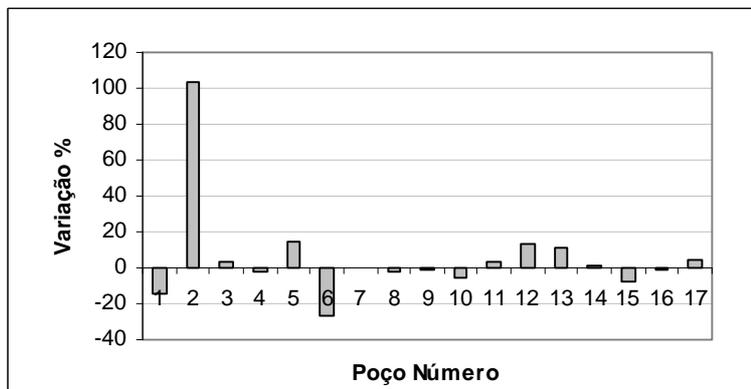


Figura 12. Variação % do Fluoreto

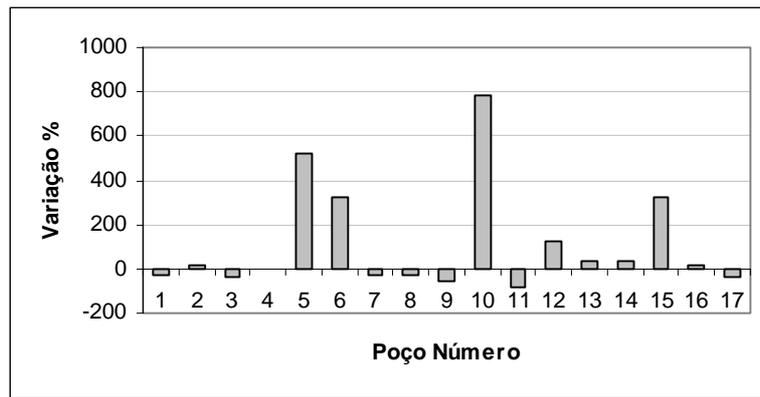


Figura 13. Variação % do cobre

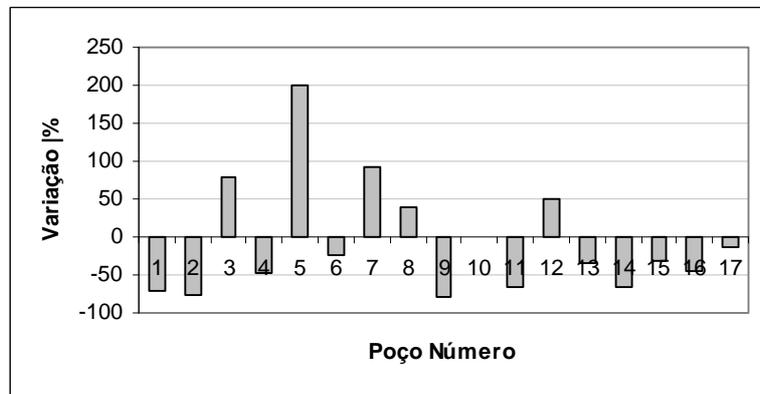


Figura 14. Variação % do ferro

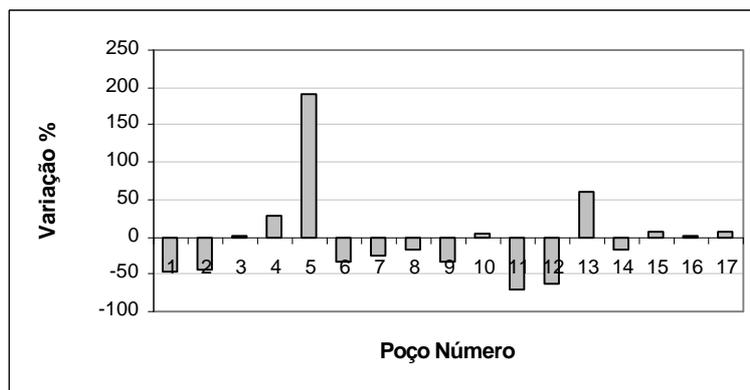


Figura 15. Variação % do manganês

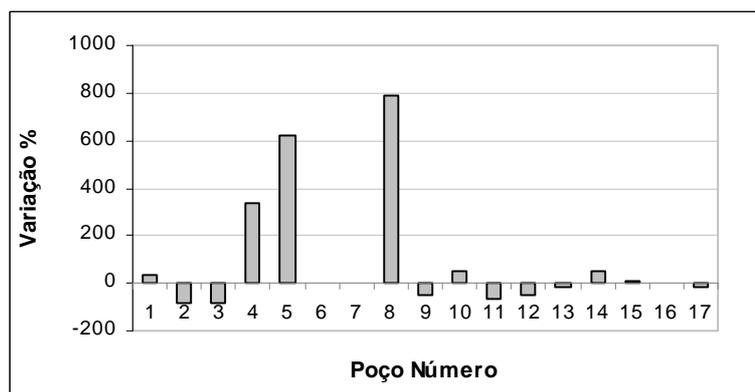


Figura 16. Variação % do zinco

Analisando os resultados apresentados nestas 16 figuras, observa-se que a característica que tem maior variabilidade temporal é o nitrato (Figura 11), cuja variação chegou a 8580 % para o poço nº 8 e 2860% para o poço nº 17. Para este ânion, a variação % foi positiva em 11 poços, negativa em 4 poços e nula em 2 poços. Pode-se verificar, assim, que existe uma forte tendência de que as maiores concentrações de nitrato sejam observadas nos períodos de águas altas.

Os metais zinco (Figura 16) e cobre (Figura 13) apresentaram variações máximas de 793% e 783%, observadas nos poços 8 e 10, respectivamente. Isto significa que as médias de águas altas foram até oito vezes superiores às médias de águas baixas.

Entretanto, em aproximadamente 50% dos poços as concentrações médias de zinco e cobre em período de águas baixas foram superiores às de águas altas, o que demonstra que esta tendência não pode ser generalizada.

As características ferro (Figura 14), fosfato (Figura 10), manganês (Figura 15) e turbidez (Figura 3) tiveram variações máximas próximas de 200%. Observou-se que as águas de 13 dos poços apresentaram águas com maior turbidez média no período de águas baixas. Esta predominância também foi observada nas concentrações de ferro. No caso do manganês, não foi observada tendência de maiores concentrações num ou noutro período. Para a concentração de fosfato, verificou-se que os valores médios de águas altas são superiores aos de águas baixas em 10 dos 14 poços.

O fluoreto (Figura 12) e os sólidos totais (Figura 8) tiveram variações máximas de cerca de 100% nas suas concentrações. Dez dos 14 poços apresentaram teores de sólidos totais mais elevados em águas baixas.

O módulo da variação máxima para a alcalinidade (Figura 4), condutividade (Figura 9), dureza (Figura 5) e cloreto (Figura 6), citadas em ordem decrescente, ficou entre 59% e 36%. As características temperatura (Figura 1), pH (Figura 2) e sulfato (Figura 7) tiveram variações máximas inferiores a 30%. A menor variação foi observada no pH, cujos valores não superaram 10%.

Pode-se observar que as temperaturas médias da águas dos poços no período de águas altas, que abrange o inverno, foram sempre inferiores às temperaturas médias da água no período de águas baixas, que abrange o verão.

Estes resultados não permitem maiores conclusões sobre o impacto do período de chuvas na qualidade das águas dos aquíferos, uma vez o acréscimo do volume de águas de infiltração nestas épocas deveria elevar os teores médios de metais e de sólidos totais nas águas subterrâneas. Esta tendência, entretanto, não é demonstrada nos resultados alcançados. Isto pode ser explicado porque a percolação da água até o aquífero demanda tempo, o que atenua estes efeitos sazonais.

Os impactos dos contaminantes de origem orgânica, representados principalmente pela concentração de nitrato nas águas parecem ser, entretanto, fortemente influenciáveis pela pluviometria.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados deste estudo visam fornecer um indicativo sobre que características físico-químicas devem ser monitoradas com maior freqüência, para melhor avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Porto Alegre.

Assim sendo, os elementos cuja concentração apresentou maior variabilidade foram nitrato, zinco, cobre, ferro, fosfato, manganês, turbidez, fluoreto e sólidos totais. Se a finalidade do monitoramento for garantir segurança para o consumo humano, indica-se uma maior freqüência de amostragens para as características ferro, manganês e fluoreto, além dos sólidos totais, turbidez e nitrato. Não é necessário monitorar com freqüência os elementos zinco e cobre, uma vez que não foram observadas concentrações destes metais superiores ao limite de potabilidade. Sem dúvida, o monitoramento bacteriológico deve ser freqüente, no mínimo trimestral, nos para poços de uso doméstico.

Além disso, as análises físico-químicas devem ser complementadas pela medição da temperatura da água, do pH e da condutividade. O pH e a temperatura são indicados por serem análises de custo mínimo, importantes para caracterizar as águas, e a

condutividade por ser uma característica necessária para verificar a validade dos resultados das análises de metais e sólidos totais.

Estes são critérios gerais, que devem ser aplicados com discernimento, de acordo com os resultados das análises de cada poço. Assim sendo, se é verificado, na primeira análise da água de um poço, um valor de dureza elevado, por exemplo, deve-se conferir maior frequência no monitoramento desta característica.

Recomenda-se o aprofundamento deste estudo, a fim de avaliar não só as causas da maior variabilidade temporal de alguns elementos químicos presentes nas rochas que constituem o aquífero mas também indicar a frequência ideal para o monitoramento de cada característica. A continuidade deste trabalho será subsídio para a efetiva implantação dos instrumentos de gestão do Sistema Estadual de Recursos Hídricos.

É importante conscientizar usuários e empresas perfuradoras de que a amostragem única da água subterrânea captada por um poço, em geral realizada imediatamente após sua execução, não é suficiente para caracterizar a qualidade desta água, sendo necessário o monitoramento continuado, visando garantir não só a qualidade das águas consumidas mas também a preservação dos mananciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1965 Standard methods for the examination of water and wastewater. Including Bottom Sediments and Sludges. Washington, 12 th ed. XXXI + 769p.il.
- 2.APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1989 Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, 17 th ed. XLIX + 1268p.il
- 3.BRANCO, Samuel Murgel. 1976. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. São Paulo: CETESB, 3a ed., 640p.il.
- 4.CETESB – CENTRO TECNOLÓGICO DE SANEAMENTO BÁSICO. 1987 Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água. Saõ Paulo: CETESB, 150p.il.
- 5.FREITAS, Marcos Alexandre e LISBOA, Nelson Amoretti. 1996. **Aspectos da qualidade das águas subterrâneas dos diferentes sistemas aquíferos da região de Porto Alegre, RS.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 9, Salvador.
- 6.PHILIP, Rui Paulo et all.. 1994 **Geologia das rochas granitóides da região de Porto Alegre, RS.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camburiu. ANAIS. Boletim dos resumos expandidos. P. 98 - 99.

7. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1994 **Lei Municipal 7560: Cria o Cadastro Municipal e Poços Tubulares Profundos e dá Outras Providências.**
8. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. 1996 **Decreto 11578: Regulamenta a Lei Municipal 7560/94.**
9. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1997. **Lei Complementar 395: Institui o Código Municipal de Saúde do Município de Porto Alegre e dá outras providências.**
9. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, D.O.U. 30.01.76 **Portaria 635: Aprova as normas e os padrões sobre a fluoretação da água de sistemas públicos de distribuição de água destinada ao consumo humano.**
10. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, D.O.U. 23.01.90 **Portaria 36: Aprova normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano.**
11. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 1997. **Lei 9433: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.**
12. SCHWARZBACH, Miriam Suzana Rodrigues. 1998 **Qualidade das Águas dos Poços Tubulares Profundos do Município de Porto Alegre Analisada em Relação à Potabilidade.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10, São Paulo.
13. SPERLING, Marcos Von. 1995. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos.** Belo Horizonte: UFMG, 240p.il.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor Antônio Pedro Viero, pela dedicação na elaboração da figura que caracteriza a geologia de Porto Alegre.