

Água subterrânea no Gráben de Ponta Grossa – PR

Groundwater in the Ponta Grossa Graben, State of Paraná, Southern Brazil

MARIO SÉRGIO DE MELO, RICARDO MARINS GOMES, GABRIELA KOSTRZEWCZ PEREIRA

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Paraná - msmelo@br10.com.br, ricardo_marins92@hotmail.com, gabriela_kpereira@hotmail.com

Resumo

A cidade de Ponta Grossa situa-se sobre a feição geológica denominada Gráben de Ponta Grossa, um conjunto de blocos tectônicos nas direções NE-SW e NW-SE abatidos no Mesozoico. O gráben aparece nos mapas geológicos na forma de blocos de rochas do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) delimitados por falhas e encaixados em rochas da Formação Ponta Grossa (Devoniano). Expressiva parte do perímetro urbano de Ponta Grossa situa-se dentro dos limites do gráben. É crescente o número de poços tubulares profundos que exploram águas subterrâneas do Grupo Itararé e formações Ponta Grossa e Furnas (Siluriano-Devoniano) na região do gráben. Os dados destes poços indicam desnivelamentos de blocos que ultrapassam 200 m. Comparando-se os teores médios de fosfato, sulfato, ferro total, sólidos dissolvidos totais e dureza total das águas constatam-se variações significativas em função das unidades exploradas: os teores de fosfato são maiores no Grupo Itararé, o ferro total é maior na Formação Ponta Grossa e sulfato, sólidos dissolvidos e dureza totais são maiores na Formação Furnas. As vazões médias são maiores na Formação Furnas (cerca de 14,1 m³/h), intermediárias no Grupo Itararé (8,5 m³/h) e menores na Formação Ponta Grossa (3,8 m³/h). Os resultados indicam a necessidade de análises locais e projetos construtivos de poços criteriosos visando adequar vazões e evitar mistura de águas com qualidades muito distintas provenientes de diferentes unidades geológicas superpostas.

Palavras-chave: Gráben de Ponta Grossa; água subterrânea; Aquífero Itararé; Aquífero Furnas.

Abstract

The city of Ponta Grossa lies on the Ponta Grossa Graben, a set of NE-SW and NW-SE tectonic blocks delimited by Mesozoic faults. The graben appears in the geological maps as blocks of rocks of the Itararé Group (Carboniferous-Permian) surrounded by rocks of the Ponta Grossa Formation (Devonian). A significant part of the urban area of Ponta Grossa is located within the boundaries of the graben. In the region of the graben the number of groundwater wells exploiting the Itararé Group, the Ponta Grossa Formation and the Furnas Formation (Silurian-Devonian) is increasing in the last few years. Data from these wells indicate that normal faults vertical displacement can exceed 200 m. Average groundwater contents of phosphate, sulphate, total iron, total dissolved solids and total hardness indicate significant variations depending on the exploited stratigraphic unit: phosphate contents are larger in the Itararé Group, total iron is greater in the Ponta Grossa Formation and sulfate, total dissolved solids and total hardness are larger in the Furnas Formation. The average well production is higher in the Furnas Formation (14.1 m³/h), intermediate in the Itararé Group (8.5 m³/h) and smaller in the Ponta Grossa Formation (3.8 m³/h). The results indicate the need of careful analysis for location and constructive projects of wells to adjust flow rates and avoid mixing of waters with very distinct qualities from different overlapping geological units drilled by the wells.

Keywords: Ponta Grossa Graben; groundwater; Itararé Aquifer; Furnas Aquifer.

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Ponta Grossa situa-se no Segundo Planalto Paranaense, no centro-leste do estado, na borda ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 1). Desde os mapeamentos da Petrobras na região em 1970 já se reconheceu na cidade a existência de uma faixa de afloramento de rochas do Grupo Itararé em meio a rochas da Formação Ponta Grossa. Assim se referiu a essa feição Soares (1975, p.92):

“Estruturalmente, Ponta Grossa se localiza sobre uma fossa tectônica (“graben”) que conservou sedimentos arenosos e diamictitos do tempo Carbonífero na mesma posição topográfica dos folhelhos marinhos devonianos mais antigos”.

A região de Ponta Grossa tem tido um acentuado incremento no uso dos mananciais subterrâneos, com um contínuo aumento nas outorgas de poços tubulares profundos junto ao Instituto das Águas do Paraná (Bagatim 2010 e Pigurim 2010). Por outro lado, a cidade tem se expandido por sobre as áreas de recarga dos aquíferos explorados, implicando crescentes riscos de contaminação.

A presença do gráben, das falhas normais e de diques de diabásio a elas associados e a sucessão de unidades estratigráficas com características hidrogeológicas muito distintas acrescenta variáveis ao quadro regional de utilização das águas subterrâneas. Neste contexto, é urgente uma gestão responsável dos recursos hídricos subterrâneos, em consonância com

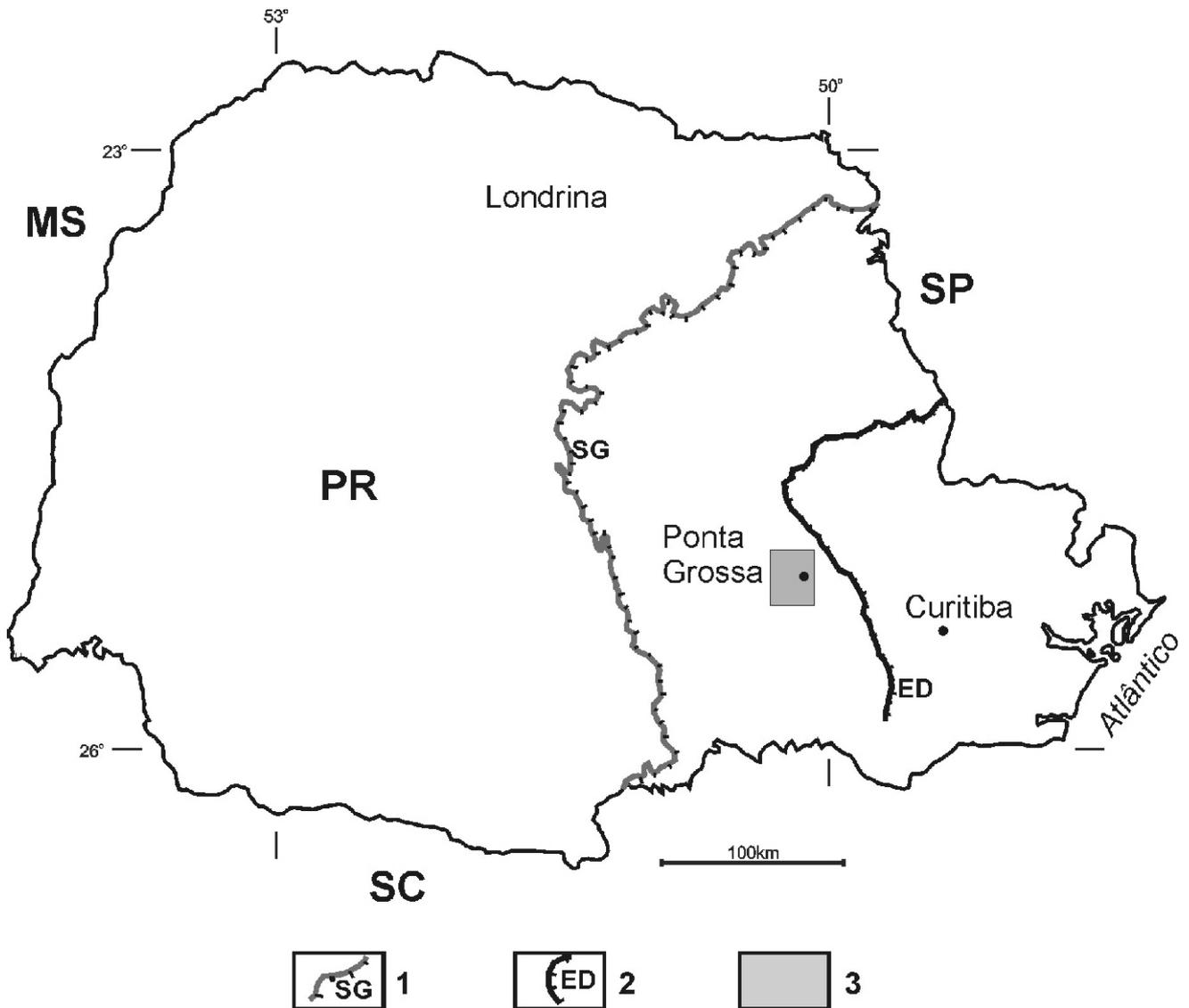


Figura 1 – Localização da área de estudo no Estado do Paraná. 1) Serra Geral; 2) Escarpa Devoniana; 3) área de estudo.

diretrizes de planejamento da expansão urbana e das atividades da área rural.

Os estudos de caracterização do Gráben de Ponta Grossa e de sistematização dos dados de poços tubulares profundos na região vêm no sentido de fornecer documentação adequada para apoiar a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados os dados das outorgas de uso de água arquivados no Instituto de Águas do Paraná, referentes a poços tubulares profundos que exploram águas subterrâneas. Na área analisada, que abrange o Gráben de Ponta Grossa e adjacências, localizam-se 39 poços (Figura 2).

Destes, foram utilizados, quando disponíveis, os dados de profundidade, perfil geológico, entrada d'água

e aquífero explorado (Tabela 1). Quando o poço perfura mais de uma unidade geológica e não é possível precisar-se o aquífero, este está indicado com interrogação (?) na Tabela 1. Quando o poço perfura mais de uma unidade geológica e é possível afirmar, pela profundidade das entradas d'água, que mais de um aquífero é explorado, na avaliação da qualidade das águas este poço foi considerado nos dois aquíferos.

Para a avaliação da qualidade das águas, foram utilizados os principais parâmetros físico-químicos (teores de fosfato, sulfato, ferro total, dureza total, sólidos dissolvidos totais) presentes nas análises constantes dos processos de outorga (Tabela 2). Os teores foram confrontados com valores máximos permitidos (VMP) para uso humano definidos em lei (Brasil 2008 e 2011) para análise comparativa da qualidade da água: sulfato = 250 mg/L; ferro total = 0,3 mg/L; dureza total = 500 mg/L; sólidos dissolvidos totais = 1.000 mg/L. Para o fosfato, não previsto na legislação

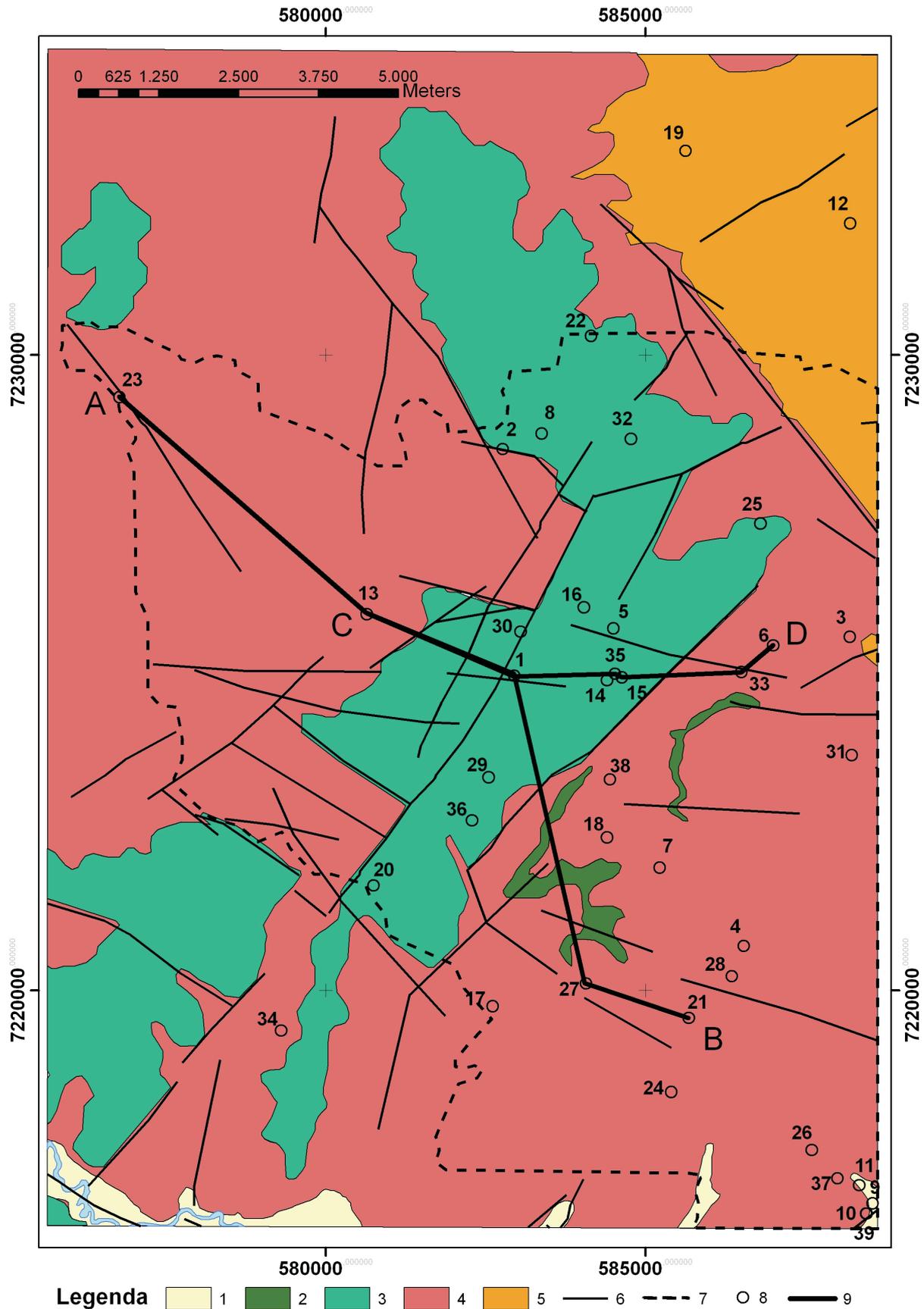


Figura 2 – Mapa geológico simplificado da área do Gráben de Ponta Grossa. 1: sedimentos quaternários; 2: soleiras de diabásio mesozóicas; 3: Grupo Itararé indiviso; 4: Formação Ponta Grossa; 5: Formação Furnas; 6: principais falhas geológicas; 7: perímetro urbano; 8: poços tubulares profundos (ver Tabelas 1 e 2); 9: seções geológicas (ver Figuras 3 e 4) (modificado de Mineropar 2007).

brasileira, poder-se-ia adotar valor mencionado em publicações internacionais ($= 0,5 \text{ mg/L}$) (European Union 2006). Na Tabela 2 comparou-se os valores de fosfato com este VMP mencionado em bibliografia como simples referência.

Para os gráficos de qualidade da água por unidade estratigráfica, foram considerados tanto os poços que exploram uma única unidade quanto os poços que exploram mais de uma unidade. Assim, por exemplo, os dados lato sensu atribuídos à Formação Ponta Grossa levam em conta tanto os poços que só exploram esta unidade bem como aqueles que a exploram juntamente com o Grupo Itararé sobrejacente ou a Formação Furnas subjacente. Já os dados stricto sensu atribuídos à Formação Furnas exploram somente esta unidade.

Os dados de localização dos poços foram compilados no programa ArcGis 9.3 e georreferenciados sobre a carta geológica de Ponta Grossa em escala 1:100.000 da Mineropar (2007) para se chegar aos mapas e seções apresentados. Para a elaboração de gráficos de vazões e teores utilizou-se ainda o aplicativo Microsoft Office Excel.

3.CONTEXTO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

A região da cidade de Ponta Grossa situa-se na borda leste da Bacia do Paraná, onde afloram rochas sedimentares paleozoicas do Grupo Paraná (Siluro-Devoniano, arenitos da Formação Furnas, folhelhos, siltitos, argilitos e arenitos da Formação Ponta Grossa) e do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano, arenitos, ritmitos, folhelhos e diamictitos das formações Lagoa Azul e Campo Mourão) (Mineropar 2007) (Figura 2). Encaixados nas rochas sedimentares ocorrem soleiras e diques de diabásio correlativos do Magmatismo Serra Geral (Mesozoico).

As principais estruturas rúpteis da região (falhas e fraturas às vezes com diques de diabásio associados) aparecem em três direções principais: 1) NE-SW, associadas principalmente a reativações de antigas estruturas proterozóicas do embasamento da Bacia do Paraná; 2) NW-SE, relacionadas com o Arco de Ponta Grossa, que teve paroxismo no Mesozoico; 3) E-W, associadas com o prolongamento continente adentro de zonas de fratura oceânicas desenvolvidas durante a deriva continental (Zalán et al. 1991).

Cada uma destas fases de deformação rúptil pode ter reativado estruturas preexistentes. O Gráben de Ponta Grossa é um conjunto de blocos abatidos graças ao rejeito de falhas normais de direção NE-SW e NW-SE. Nos dois casos existem diques de diabásio associados às falhas, o que indica que ambas as direções foram geradas e/ou reativadas durante o Magmatismo Serra Geral, no paroxismo do Arco de Ponta Grossa no Mesozoico.

Geomorfologicamente, Ponta Grossa situa-se próximo à Escarpa Devoniana, degrau do relevo do Estado do Paraná que separa o Primeiro Planalto, ou Planalto de Curitiba, do Segundo Planalto, ou Planalto de Ponta Grossa. Este último caracteriza-se por ser sustentado pelas rochas paleozoicas da Bacia do Paraná, as quais apresentam tendência de caimento regional para o interior da bacia, no sentido oeste-noroeste.

Na região de Ponta Grossa as cotas máximas encontram-se em torno de 1.100 metros no reverso da Escarpa Devoniana, diminuindo para oeste. O vale do Rio Tibagi, a sul da cidade, encontra-se em cotas em torno dos 780 metros, enquanto o vale do Rio Pitanguí, afluente da margem direita do Tibagi, que aparece a norte da cidade, ali apresenta cotas mínimas em torno de 830 metros.

Nas últimas décadas a região de Ponta Grossa tem apresentado um aumento significativo de poços tubulares profundos para exploração de água subterrânea. De um total de 30 poços até o ano de 2000, na década de 2000 até 2010 foram perfurados 50 novos poços (Bagatim 2010), e esse número tem crescido anualmente. A maioria dos poços (60%) explora águas do Aquífero Furnas, vindo a seguir o Aquífero Itararé (20%). Alguns poços exploram águas da Formação Ponta Grossa, dos corpos tabulares de diabásio e de rochas do embasamento da Bacia do Paraná.

A Formação Furnas é o principal aquífero regional, que é considerado ao mesmo tempo fraturado, localmente confinado e um caso de carste não carbonático. Isto implica, por um lado, possibilidade de um rico manancial subterrâneo e, por outro, maiores riscos de contaminação e de fenômenos de abatimento do terreno (Melo & Giannini 2007, Melo et al. 2011). O Aquífero Furnas apresenta vazões relativamente altas e águas em geral com boa qualidade, quando comparadas com as águas provenientes das outras unidades geológicas locais (Bagatim 2010, Pigurim 2010).

Embora o Aquífero Itararé apresente características hidrogeológicas relativamente menos favoráveis, ele assume importância na cidade justamente por ser a unidade aflorante no Gráben de Ponta Grossa. Esta estrutura geológica domina boa parte do perímetro urbano (Figura 2), onde se situam os principais consumidores da água subterrânea (indústrias, postos de serviços automotivos, hospitais, etc.).

A Formação Ponta Grossa, constituída predominantemente por rochas sedimentares finas, seria mais corretamente classificável como um aquíclode. Entretanto, por se tratar de unidade geológica espessa (supera 300 m na área da cidade) e aflorante em boa parte do perímetro urbano, frequentemente é explorada por poços tubulares profundos, às vezes juntamente com as unidades sobreposta ou sotoposta.

Tabela 1 – Dados litoestratigráficos dos poços tubulares profundos da área do Gráben de Ponta Grossa.

ID	PROF	ITARARÉ	P. GROSSA	FURNAS	DIABÁSIO	E.A.	AQUÍFERO
01	217	0-190	190-217	-	-	-	Itararé
02	206	0-206	-	-	-	-	Itararé
03	240	-	0-102	102-240	186-210	40-160	P. Grossa/Furnas
04	+180	-	-	-	-	-	Ponta Grossa?
05	200	0-200	-	-	-	103-138-180	Itararé
06	150	-	0-150	-	-	66,5	Ponta Grossa
07	352	-	-	-	-	-	Ponta Grossa?
08	192	0-192?	-	-	-	80-97	Itararé?
09	155	-	0-94 ¹	105-155	-	58-96-117	P. Grossa/Furnas
10	378	-	0-120	120-378	-	-	Furnas
11	250	-	0-102	102-250	18-42	-	Furnas
12	100	-	-	0-100	-	81-92	Furnas
13	400	-	0-306	306-400	-	-	P. Grossa/Furnas
14	192	-	-	-	-	81-87-130-157	Itararé?
15	174	0-144	144-174	-	-	-	Itararé/P. Grossa
16	200	0-106	106-200	-	-	-	Itararé/P. Grossa
17	156	-	0-156	-	-	-	Ponta Grossa
18	190	-	0-190	-	-	156	Ponta Grossa
19	120	-	-	0-120	-	109	Furnas
20	232	0-168	168-232	-	-	-	Itararé/P. Grossa?
21	324	-	0-245 ²	255-324	-	318	Furnas
22	140	-	-	-	-	-	nd?
23	100,6	0-64	64-100,6	-	-	35-45-64	Itararé
24	100	-	-	18-100	-	50-54	Furnas
25	224	0-42	42-132	132-224	-	144-194	Furnas
26	274	-	-	-	-	-	Furnas?
27	400	-	0-294	294-400	-	380	Furnas
28	258	-	-	-	-	240	Furnas?
29	80	0-80	-	-	-	-	Itararé
30	nd	-	-	-	-	-	Itararé?
31	120	-	0-18	18-120	-	-	Furnas
32	246	139-246?	-	-	-	-	Itararé?
33	262	-	0-162	162-262	-	174-246	Furnas
34	180	-	-	-	-	-	Ponta Grossa?
35	216	0-180	180-216	-	-	120-152	Itararé
36	180	-	-	-	-	42-95-148	Itararé?
37	380	-	0-?	?-380	-	280-315-367	P. Grossa/Furnas?
38	204	-	0-204	-	30-60; 144-150	-	Ponta Grossa
39	150	-	0-90 ³	96-150	-	-	P. Grossa/Furnas

ID: Identificação do poço (ver Figura 2) ; E.A.: Profundidade das entradas d'água; PROF.: Profundidade total do poço em metros; ITARARÉ, P.GROSSA, FURNAS, DIABÁSIO: Intervalos em metros perfurados nas diferentes unidades estratigráficas; AQUÍFERO: Unidade produtora de água. Observações: 1) O poço 9 apresenta 11 m de camadas de transição; 2) O poço 21 apresenta 10 m de camadas de transição; 3) O poço 39 apresenta 6 m de camadas de transição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados no mapa de poços tubulares profundos na área do Gráben de Ponta Grossa e suas vizinhanças (Figura 2), em duas seções geológicas verticais esquemáticas transversais ao gráben (Figuras 3 e 4) e em duas tabelas, uma com dados litoestratigráficos dos poços (Tabela 1) e outra com vazão e parâmetros físico-químicos das águas (Tabela 2). Os dados da Tabela 2 permitiram a elaboração dos gráficos para avaliação da vazão média (Figura 5) e qualidade das águas (Figuras 6 e 7).

A Figura 2 mostra que o gráben pode ser descrito como um conjunto de blocos tectônicos abatidos alongados com cerca de 3 km de largura média e até 10 km de comprimento. Não é uma estrutura simples, mas divide-se em compartimentos, alguns delimitados por falhas NW-SE, que se combinam com falhas NE-SW na configuração dos blocos abatidos.

Em alguns locais, como ao longo do Arroio Pilão de Pedra no perímetro urbano de Ponta Grossa, as falhas que delimitam o gráben alojam diques de diabásio. Estes diques são representados em alguns mapas geológicos (Aguilar Neto 1977, Mineropar 2006), mas não aparecem no mapa geológico em escala 1:100.000 (Mineropar 2007). A presença destes diques é indicativa de que o gráben seja de idade mesozoica, contemporâneo do paroxismo no Arco de Ponta Grossa e do magmatismo básico da Bacia do Paraná.

Um total de 39 poços situa-se na área do gráben e suas proximidades (Figura 2 e Tabelas 1 e 2). Destes, 14 situam-se dentro dos limites do gráben.

Os dados litoestratigráficos dos poços dentro do gráben (Tabela 1 e Figuras 3 e 4) mostram espessuras perfuradas de rochas do Grupo Itararé variando entre 42 e 206 m. Visto que as rochas do Grupo Itararé embutidas no gráben estão circundadas por rochas mais antigas da Formação Furnas, as espessuras perfuradas indicam que o rejeito das falhas normais que originaram o gráben foi de no mínimo 200 m (poços 2 e 5 na Tabela 1). Nas descrições litoestratigráficas dos poços, as rochas presentes no Grupo Itararé são arenitos finos a grossos de coloração variada (castanho, branco, amarelado, cinzento, rosado, avermelhado), siltitos e raros e delgados níveis de folhelho e arenito conglomerático. As descrições não permitem realizar a separação entre as formações Lagoa Azul e Campo Mourão que aparecem no mapa geológico (Mineropar 2007). As entradas d'água identificadas nas rochas do Grupo Itararé situam-se no interior dos corpos de arenito.

Nas seções geológicas esquemáticas (Figuras 3 e 4) além dos dados dos poços aparecem os dados do mapa geológico e da topografia, possibilitando interpretar tendências de caimento das unidades rochosas e seus contatos. Nessas seções é possível estimar que o rejeito das falhas tenha alcançado 300 m, como se observa na Figura 4.

Nas cercanias do Gráben, as espessuras perfuradas de rochas atribuídas à Formação Furnas atingem 258m (poço 10). Os litotipos descritos na Formação Furnas são arenitos esbranquiçados finos a médios, raramente conglomeráticos, com intercalações de siltitos claros. As entradas d'água são descritas dentro dos corpos de arenito.

As espessuras de rochas perfuradas atribuídas à Formação Ponta Grossa atingem na área estudada 306 m (poço 13). Nas descrições litoestratigráficas dos poços os litotipos da Formação Ponta Grossa são folhelhos cinzentos a negros, siltitos e arenitos finos siltosos cinzentos e raras intercalações de arenitos até médios. As entradas d'água nesta unidade ora são descritas em meio a siltitos ora em arenitos intercalados em folhelhos e siltitos.

Em três poços (9, 21 e 39 na Tabela 1) são descritas alternâncias de folhelhos escuros e arenitos esbranquiçados, interpretados como as "camadas de transição" (Petri 1948) entre as formações Ponta Grossa (sobrepota) e Furnas (sotopota). No poço 39 há entrada d'água no intervalo correspondente às camadas de transição. Este é o poço com a maior vazão dentre os estudados nesta área (99 m³/h).

Alguns poços (números 3, 11 e 38 na Tabela 1) descrevem soleiras de diabásio com espessura entre 6 e 30 m. As soleiras ora estão encaixadas em rochas da Formação Ponta Grossa, ora na Formação Furnas. No poço número 38, situado muito próximo ao limite por falha normal no flanco sudeste do Gráben, foram atravessadas duas soleiras, reforçando as evidências de atividade magmática mesozoica ao longo das falhas.

Nas Tabelas 1 e 2 verifica-se que seis poços explotam água somente do Grupo Itararé, dois poços explotam água do Itararé e da Formação Ponta Grossa, quatro poços explotam água somente da Formação Ponta Grossa, quatro poços explotam água das formações Ponta Grossa e Furnas e dez poços explotam água somente da Formação Furnas. Além destes, outros treze poços (indicados com o sinal de interrogação nas tabelas) não podem ter precisado o aquífero explotado, seja por ausência ou por imprecisão dos dados hidrogeológicos.

A Figura 5 mostra as vazões médias dos poços das unidades estratigráficas. Quando se consideram os dados stricto sensu das unidades, a maior vazão média é da Formação Furnas e a menor da Formação Ponta Grossa. Estes dados são bem coerentes com a natureza hidrogeológica das unidades: a Formação Furnas é um aquífero fraturado e também cárstico, o Grupo Itararé é um aquífero estratigráfico com muita heterogeneidade litológica e a Formação Ponta Grossa é classificável como um aquífero, de natureza pelítica dominante. Quando se consideram os dados lato sensu das unidades observa-se significativo crescimento da vazão média da Formação Ponta Grossa, o que deve ser atribuído na verdade a contribuição de entradas d'água situadas dentro das

outras duas unidades.

Tabela 2 – Vazão e parâmetros físico-químicos dos poços tubulares profundos da área do Gráben de Ponta Grossa.

ID	PROF	AQUIFERO	VAZÃO	FOS	SUL	FET	SDT	DUT
01	217	Itararé	4,17	0,24	<1,0	0,17	137	26
02	206	Itararé	26,4	nd	nd	nd	nd	nd
03	240	P. Grossa/Furnas	42	0,07	18,2	0,16	138	72,52
04	+180	Ponta Grossa?	2,933	<0,03	354	0,19	602	271,11
05	200	Itararé	3	nd	3,0	0,07	196	47
06	150	Ponta Grossa	3,96	<0,02	1,0	0,09	124	50,0
07	352	Ponta Grossa?	1,44	<0,03	<1,0	0,11	15	3,69
08	192	Itararé?	2,5	<0,6	16,18	<0,01	106	78,8
09	155	P. Grossa/Furnas	39,6	<0,01	190	1,5	202	178
10	378	Furnas	26,4	0,05	222,7	<0,01	446	158,64
11	250	Furnas	59,42	0,08	533	0,36	984	676,09
12	100	Furnas	2,6	nd	20	0,0	120	4,98
13	400	P. Grossa/Furnas	1,93	0,03	127,4	0,24	147	104,8
14	192	Itararé?	8,35	0,24	<1,0	<0,01	113	41,69
15	174	Itararé/P. Grossa	1,23	1,35	<1,0	0,01	68	19,9
16	200	Itararé/P. Grossa	5,28	0,16	<1,0	<0,01	56,94	15,01
17	156	Ponta Grossa	4,95	0,42	<1,0	0,34	114	50,50
18	190	Ponta Grossa	2,4	0,27	4,3	0,77	81	19,87
19	120	Furnas	2,2	nd	nd	0,03	22,32	nd
20	232	Itararé/P. Grossa?	3,4	0,08	25,88	<0,01	194	69,95
21	324	Furnas	6	nd	37,49	0,43	75s	8,29
22	140	nd	16,36	nd	13,00	<0,1	99,00	51,00
23	100,6	Itararé	7,928	0,14	<1,0	0,03	21,0	6,0
24	100	Furnas	5	0,4	45	<0,05	215	45,23
25	224	Furnas	29,06	0,04	20,16	0,16	134	71,48
26	274	Furnas?	3,3	0,66	464,00	0,33	590	406,00
27	400	Furnas	2,2	0,04	<1,0	0,07	1024	432,09
28	258	Furnas?	5	<0,03	78,00	0,59	202	51,61
29	80	Itararé	7,1	0,18	<1,0	0,08	124	36,59
30	nd	Itararé?	0,56	0,057	1,01	0,13	34	53,0
31	120	Furnas	3,6	0,72	5	0,04	102	55,5
32	246	Itararé?	6,6	0,11	22,00	<0,01	116	74,8
33	262	Furnas	4,8	0,06	23,41	0,03	150	69,87
34	180	Ponta Grossa?	3,96	0,08	13,11	0,04	278	18,37
35	216	Itararé	4,97	0,3	<1,0	<0,01	130	46,51
36	180	Itararé?	12	0,37	<1,0	0,13	133	58,01
37	380	Furnas?	18	<0,03	602,4	0,26	1024	634,43
38	204	Ponta Grossa	nd	nd	nd	nd	nd	nd
39	150	P. Grossa/Furnas	99	nd	nd	0,2	nd	555

ID: identificação do poço (ver Figura 2); PROF: profundidade do poço em metros; AQUIFERO: unidade produtora de água; VAZÃO: vazão recomendada em m³/h; FOS: teor de fosfatos (mg/L); SUL: teor de sulfatos (mg/L); FET: ferro total (mg/L); SDT: sólidos dissolvidos totais (mg/L); DUT: dureza total (mg/L); nd: dados não disponíveis; comparação com valores máximos: em azul: valores abaixo do VMP; em vermelho: valores acima do VMP.

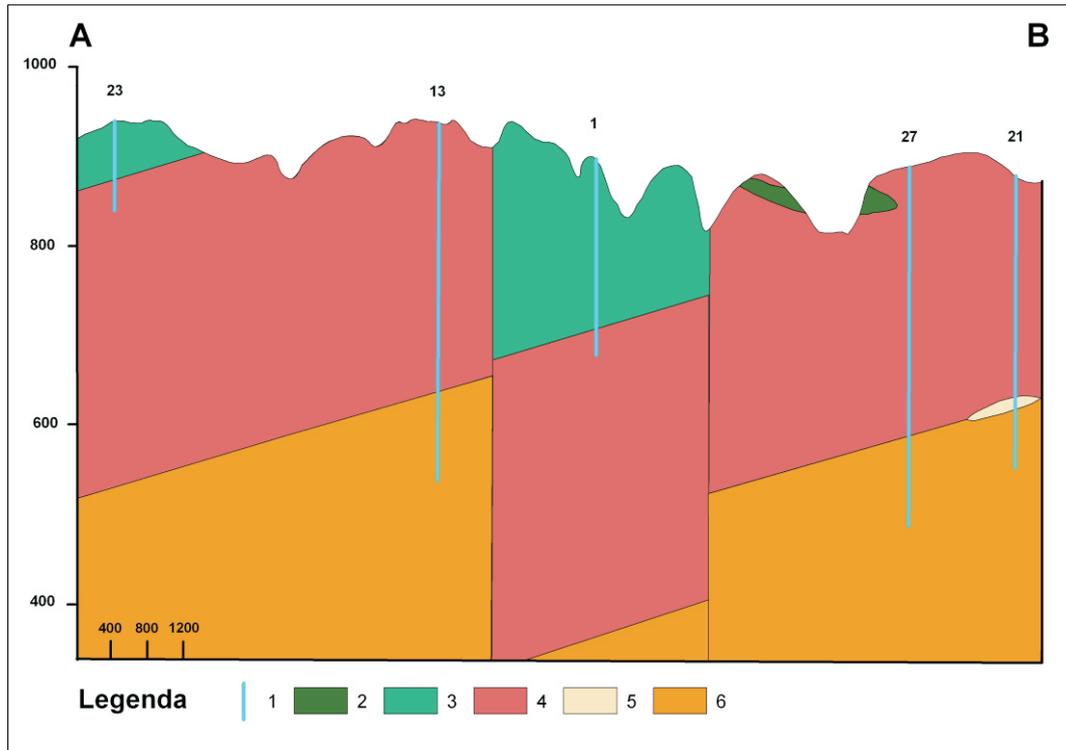


Figura 3 – Seção geológica esquemática A-B cortando o Gráben de Ponta Grossa. 1: Poço tubular profundo; 2: Soleira de diabásio; 3: Grupo Itararé; 4: Formação Ponta Grossa; 5: Camadas de transição; 6: Formação Furnas (ver localização na Figura 1).

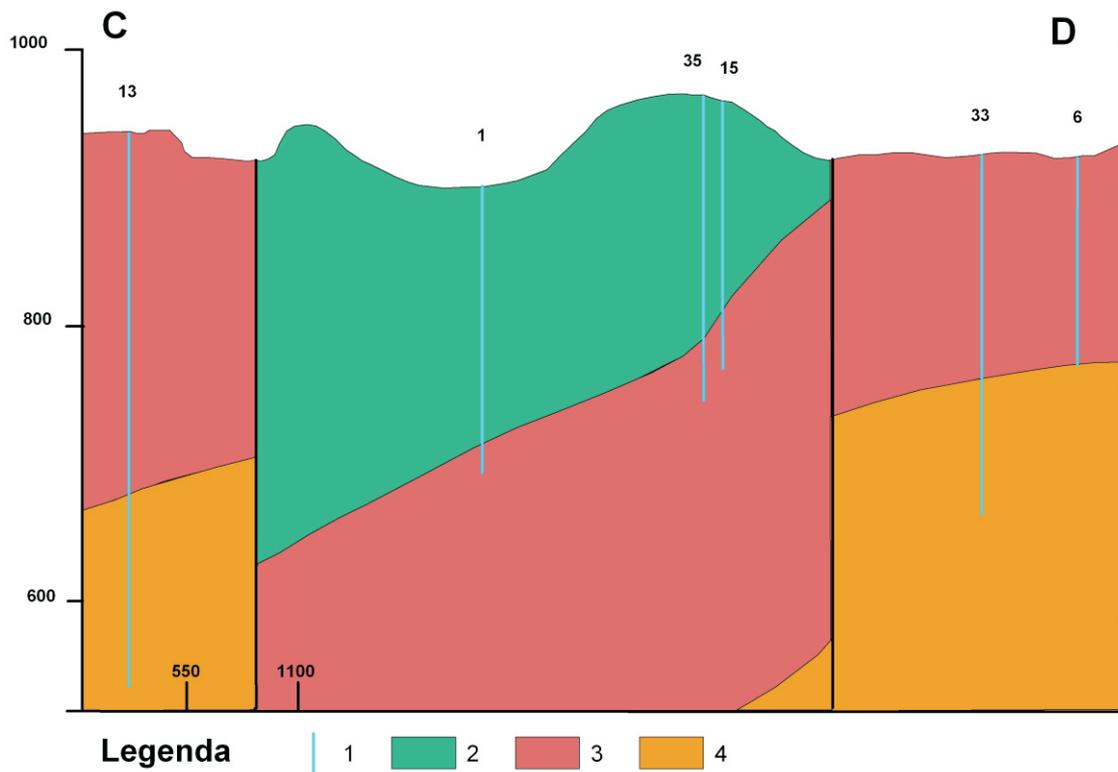


Figura 4 – Seção geológica esquemática C-D cortando o Gráben de Ponta Grossa. 1: Poço tubular profundo; 2: Grupo Itararé; 3: Formação Ponta Grossa; 4: Formação Furnas (ver localização na Figura 1).

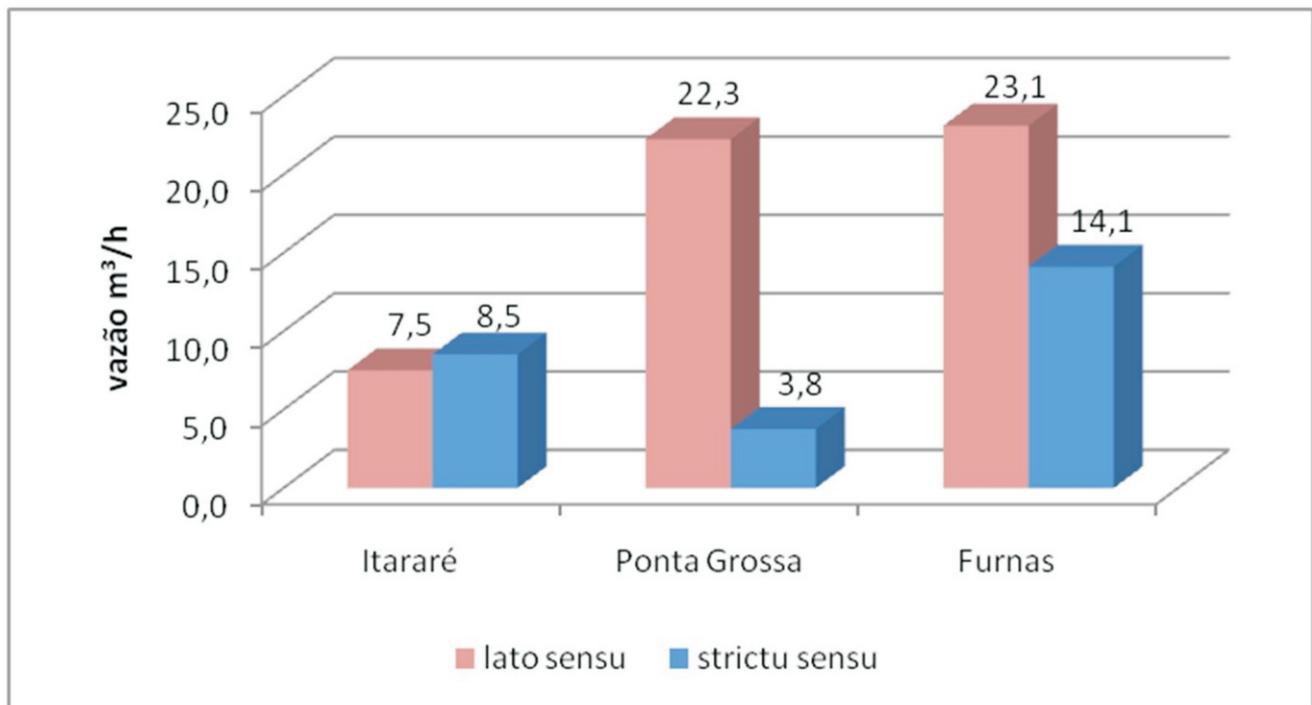


Figura 5 – Seção geológica esquemática C-D cortando o Gráben de Ponta Grossa. 1: Poço tubular profundo; 2: Grupo Itararé; 3: Formação Ponta Grossa; 4: Formação Furnas (ver localização na Figura 1).

A Figura 6 mostra os teores médios lato sensu de fosfato, sulfato, ferro total, sólidos dissolvidos totais e dureza total para cada unidade estratigráfica (eventualmente mistura de águas de mais de uma unidade), e também os dados strictu sensu para a Formação Furnas. Os teores de fosfato são maiores nas águas do Grupo Itararé, possivelmente refletindo influência de contaminantes da área urbanizada, já que esta unidade é aflorante e explotada na área central da cidade. Os teores de ferro são maiores nas águas da Formação Ponta Grossa, o que reflete a abundante presença de minerais contendo este elemento nesta unidade, tais como clorita e pirita (v.g. Ramos & Formoso 1975, Carelli & Borghi 2011) e outros delas derivados (siderita, hematita, goethita). Os teores de sulfato, sólidos dissolvidos totais e dureza total são maiores nas águas da Formação Furnas. Estes resultados podem estar refletindo fatores como a maior profundidade dos poços nesta unidade e a presença de minerais solúveis tanto no aquífero como em seu substrato. Entretanto, conclusões sobre estes dados demandam ainda análise mais aprofundada.

Na Figura 6 destacam-se os altos teores de ferro total na Formação Ponta Grossa (369 g/L) e a diferença entre os teores médios de ferro total da Formação Furnas

quando se comparam os dados strictu sensu (144 g/L) e os dados lato sensu (250 g/L). Estes resultados indicam o aumento do teor de ferro total nos poços que explotam ao mesmo tempo águas da Formação Furnas e da sobrejacente Formação Ponta Grossa, esta última depreciando a qualidade das águas.

A Figura 7 mostra a relação entre o número de poços de cada unidade cujas águas encontram-se ou não dentro do VMP definido em lei, levando-se em conta dados de teores lato sensu. Os dados mostram que os poços que explotam o Grupo Itararé são os que mais frequentemente (86%, ou seja, 6 em 7 poços) fornecem águas sem nenhum valor excedendo o VMP. Para a Formação Furnas, 57% dos poços (ou seja, 8 em 14) fornecem águas sem nenhum teor excedendo o VMP. Aparentemente este resultado é contraditório com os maiores teores médios de sulfato, sólidos dissolvidos totais e dureza total constatados nesta unidade. Isto indica que alguns poucos poços apresentam altos teores, influenciando a média. Os teores nestes poços estariam refletindo condições hidrogeológicas locais, ainda não esclarecidas. Para a Formação Ponta Grossa, 44% dos poços (ou seja, 4 em 9) fornecem águas sem nenhum teor excedendo o VMP.

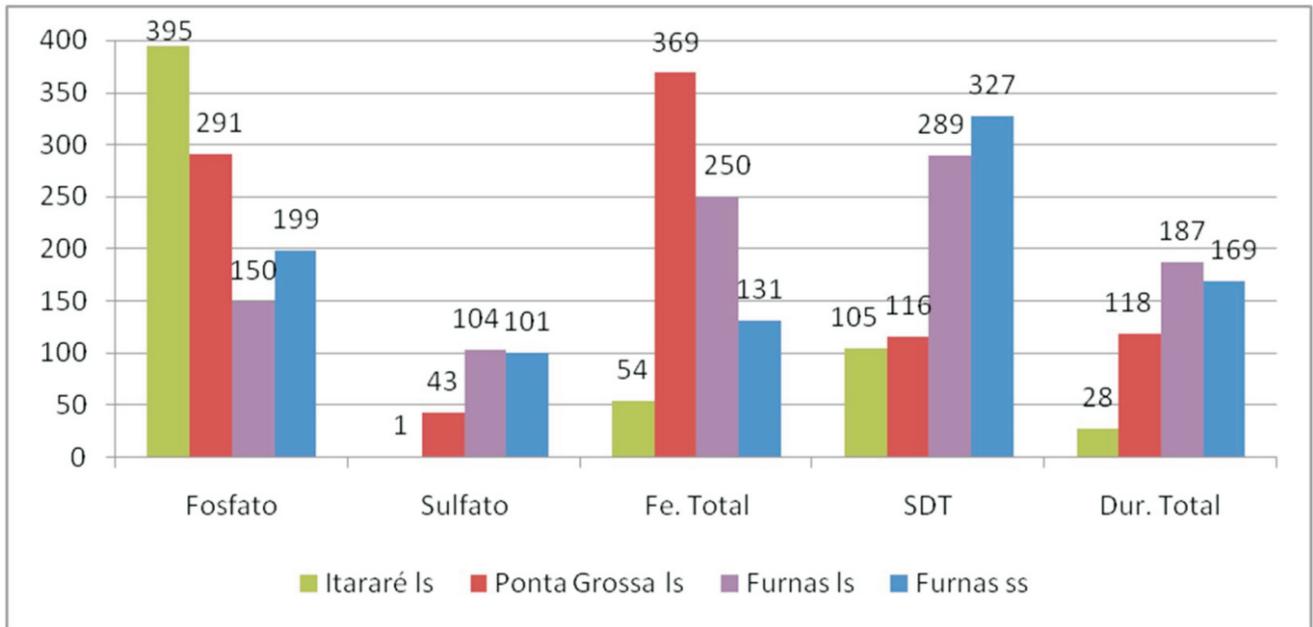


Figura 6 – Dados lato sensu (ls) e stricto sensu (ss) para a Formação Furnas dos teores médios de fosfato (g/L), sulfato (mg/L), ferro total (g/L), sólidos dissolvidos totais (SDT) (mg/L) e dureza total (mg/L) nas três unidades estratigráficas explotadas para água subterrânea na área do Gráben de Ponta Grossa.

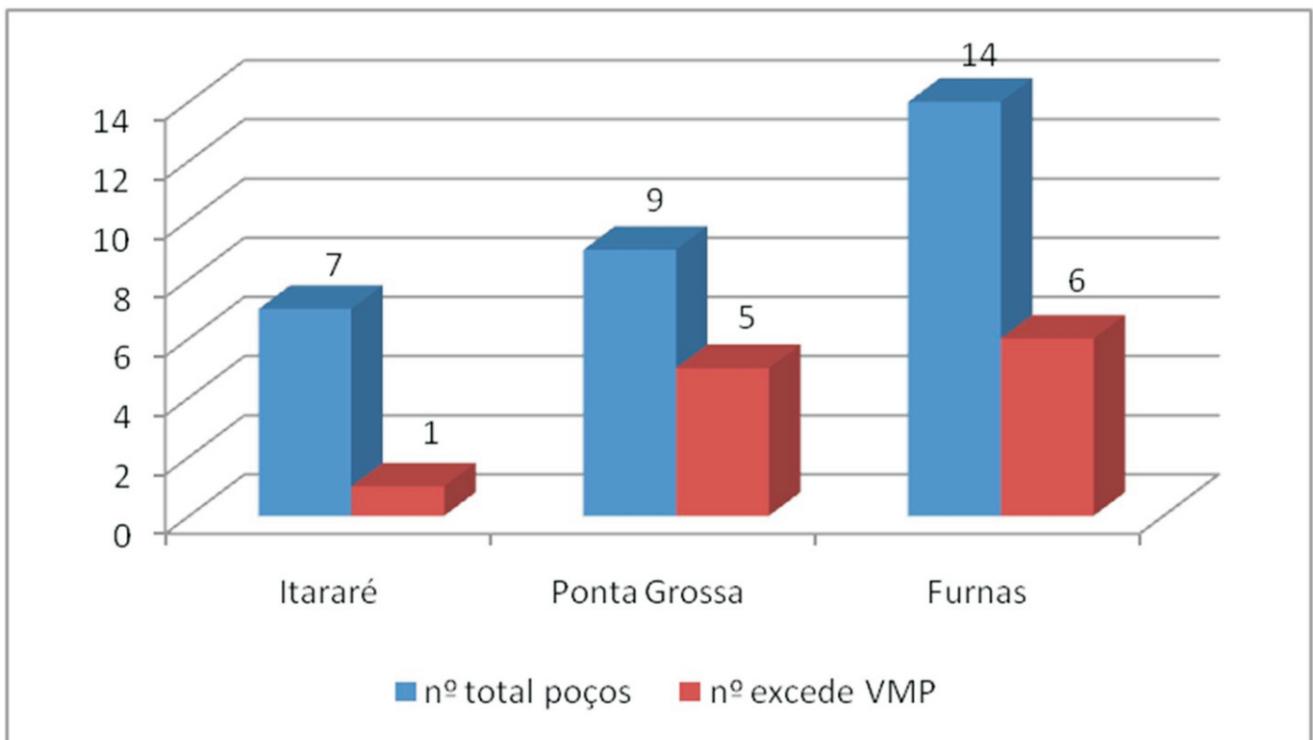


Figura 7 – Número de poços por unidade estratigráfica versus número de poços para os quais pelo menos um dos dados lato sensu de teores físico-químicos estudados excede o VMP (valor máximo permitido).

5. CONCLUSÕES

O Gráben de Ponta Grossa apresenta-se como um conjunto de blocos tectônicos abatidos alongados nas direções NE-SW e NW-SE com cerca de 3 km de largura média e até 10 km de comprimento. O abatimento de blocos colocou lado a lado rochas sedimentares variadas do Grupo Itararé (Carbonífero-Permiano) e rochas pelíticas da Formação Ponta Grossa (Devoniano). Aparecem ainda na região soleiras de diabásio mesozóicas e arenitos da Formação Furnas (Siluriano-Devoniano).

As espessuras do Grupo Itararé no gráben vão de 40 m a 206 m. Essa variação está relacionada ao caimento regional das camadas geológicas no sentido W e SW e ao rejeito das falhas. Estas falhas que delimitam a estrutura geológica implicam desnivelamentos superiores a 200 m. No interior do gráben as unidades rochosas do Grupo Itararé comportam-se como bons aquíferos, produzindo água de boa qualidade e em quantidade desejável.

Foram utilizados os dados de 39 poços tubulares profundos na área do gráben e suas vizinhanças. A Formação Furnas apresenta as maiores vazões médias (14,1 m³/h), seguida do Grupo Itararé (8,5 m³/h) e da Formação Ponta Grossa (3,8 m³/h).

Os dados de qualidade da água desses poços (teores médios de fosfato, sulfato, ferro total, sólidos dissolvidos totais e dureza total) mostram que o Grupo Itararé apresenta maiores teores de fosfato, a Formação Ponta Grossa maiores teores de ferro e a Formação Furnas maiores teores de sulfato, sólidos dissolvidos totais e dureza total. O fosfato no Grupo Itararé pode ser devido a contaminação a partir da superfície, visto que esta unidade é aflorante e muito explorada na região central da cidade. O ferro da Formação Ponta Grossa é atribuído à transformação de minerais portadores de ferro comuns nesta unidade. A explicação dos teores elevados na Formação Furnas é menos clara, pode estar relacionada a fatores como a maior profundidade das entradas d'água nesta unidade e à presença de minerais solúveis nas rochas.

Os teores de ferro total são menores nos poços que exploram unicamente a Formação Furnas (144 g/L) e

maiores nos poços que misturam águas com a sobrejacente Formação Ponta Grossa (250 g/L). Visto que o ferro é o componente que mais frequentemente ultrapassa o valor máximo permitido em lei (VMP), e que comumente na região os poços atravessam a Formação Ponta Grossa antes de atingir a Formação Furnas, é recomendável que os projetos locais e construtivos avaliem criteriosamente a localização e a conveniência de revestimentos que evitem a mistura das águas destas duas unidades estratigráficas.

Os poços que exploram águas do Grupo Itararé são aqueles que mais frequentemente (86%) não apresentaram nenhum teor dos componentes analisados excedendo o VMP. Na sequência vêm os poços da Formação Furnas (57%) e por último os poços na Formação Ponta Grossa (44%).

Os dados dos poços analisados encontrados nas planilhas das empresas perfuradoras e nos processos de outorga são muito incompletos e imprecisos, o que prejudica sensivelmente as análises e interpretações. É recomendável que os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos realizem sérios esforços no sentido de regulamentar os dados para outorga e torná-los facilmente acessíveis, o que muito apoiaria estudos que podem subsidiar tanto o poder público quanto interesses dos usuários das águas subterrâneas e empresas perfuradoras de poços. No caso específico da Formação Furnas, unidade geológica que tem sido considerada um exemplo de carste não carbonático (Melo & Giannini 2007, Melo et al. 2011), é desejável que os dados das planilhas de perfuração e testes de bombeamento procurem registrar eventuais dados indicativos de cavidades subterrâneas e comportamentos hidráulicos anômalos, tais como fugas d'água ou entradas excepcionais.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à Fundação Araucária, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica para os acadêmicos que participaram da pesquisa, ao Instituto das Águas do Paraná, na pessoa do Geólogo Mário Kondo, pelo acesso aos dados analisados.

Referências bibliográficas

- AGUIAR NETO A. 1977. Folha Ponta Grossa (SG-22-X-C-11-2). Comissão da Carta Geológica do Paraná – Projeto Leste do Paraná, Convênio CPRM DNPM - BADEP – UFPR, escala 1:50.000.
- BAGATIM H.Q. Utilização das águas subterrâneas em Ponta Grossa, PR. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Bacharelado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 75p.
- BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. 2008. Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em 18 de fevereiro de 2014.
- BRASIL – Ministério da Saúde. 2011. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_2011.html. Acesso em 18 de fevereiro de 2014.
- CARELLI, T.G., BORGHI, L. 2011. Caracterização de microfácies sedimentares em folhelhos da Formação Ponta Grossa (Devoniano) na borda leste da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, Anuário do Instituto de

Geociências, vol. 34, n. 2 (Online). Disponível em http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-97592011000200009&script=sci_arttext. Acesso em 11 de novembro de 2014.

EUROPEAN UNION – The European Parliament and the Council of the European Union. 2006. Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Annex 3 to Article 3.7 – Information on the Groundwater Threshold Values of the Member States. 76p. Disponível em : http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/pdf/com_swd_annex_iii.pdf. Acesso em 17 de fevereiro de 2014.

MELO M.S., GIANNINI P.C.F. 2007. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, southern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 2149-2164p.

MELO M.S., GUIMARÃES G.B., PONTES H.S., MASSUQUETO L.L., FIGURIM I., BAGATIM H.Q., GIANNINI P.C.F. 2011. Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. *Espeleo-Tema*, 22: 81-97p.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. 2006. Mapa geológico do Estado do Paraná, Folha de Ponta Grossa. SG.22-X-C. Curitiba, Mapa geológico, escala 1:250.000.

MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A. 2007. Mapa geológico do Estado do Paraná, Folha de Ponta Grossa. SG.22-X-C-II. Curitiba, Mapa geológico, escala 1:100.000.

PETRI S. 1948. Contribuição ao estudo do Devoniano Paranaense. *Boletim DNPM/DGM*, 129:125p.

FIGURIM I. 2010. Análise da qualidade da água subterrânea do Aquífero Furnas no município de Ponta Grossa - PR. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Bacharelado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 80p.

RAMOS, A.N., FORMOSO, L.L. 1975. Argilominerais das rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, *Ciência-Técnica-Petróleo*, Seção Exploração de Petróleo, n.9, 72p. e anexos.

SOARES O. 1975. Geologia. In: REQUIÃO, R. (Ed.), Ponta Grossa - História, Tradições, Geologia, Riquezas. Requião e Cia, Ponta Grossa (Publicação Comemorativa do 152 Aniversário de Ponta Grossa), 87-92p.

ZALÁN P.V., WOLFF, S., CONCEIÇÃO J.C.J., MARQUES A., ASTOLFI M.A.M., VIEIRA I.S., APPI V.T., ZANOTTO O.A. 1991. Bacia do Paraná. In: GABAGLIA G.R., MILANI E.J. (Eds) *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Petrobras, Rio de Janeiro. 135–168p.