

Capítulo 2

O Aquífero Guarani

Marco Antonio Ferreira Gomes

Características gerais

A Bacia Sedimentar do Paraná abriga um manancial de águas subterrâneas gigante, com extensão de 1.195.500 km², denominado de Aquífero Guarani. Sua maior parte está localizada em território brasileiro (839.800 km²). No entanto, uma considerável porção localiza-se na Argentina (225.500 km²), havendo ainda partes no Uruguai (58.500 km²) e no Paraguai (71.700 km²), conforme BORGHETTI et al. (2004). O Aquífero Guarani possui água de excelente qualidade em diversos locais, principalmente nas áreas de afloramento e próximas a elas, onde é remota a possibilidade de enriquecimento da água em sais e em outros compostos químicos. A extração ou exploração da água ocorre por meio de poços artesianos e semi-artesianos, comumente utilizada no abastecimento de centenas de cidades de diversos portes. O volume aproveitável de água deste manancial é de 40 km³/ano correspondente a 25 % do potencial de recarga, estimado em função da área do aquífero e do balanço hídrico médio em toda sua extensão (ARAÚJO et al., 1995; ROSA FILHO et al., 1998).

O Aquífero Guarani é do tipo regional confinado, uma vez que 90 % da área total está recoberta por espessos derrames de lavas basálticas (CAMPOS, 2000). As áreas totais de recarga direta, incluindo as que se encontram no Uruguai e Paraguai (153.551 km²), estão localizadas nas bordas leste e oeste da Bacia do Paraná, em faixas alongadas do pacote sedimentar que afloram à superfície. Nessas áreas, as águas de chuva alimentam o aquífero que flui para a calha do Rio Paraná, no sentido nordeste-sudoeste até a área de descarga, na região de Entre Rios, Argentina.

A água infiltrada se acumula em uma rocha de granulação fina a média, que representa a Formação Botucatu, também conhecida por Arenito Botucatu, sotoposto pela Formação Pirambóia; esta é constituída por material de granulação mais fina e que serve de barreira natural, favorecendo o acúmulo de água.

A alimentação do aquífero em questão se dá por dois mecanismos: a) infiltração direta das águas de chuva nas áreas de recarga; e b) infiltração vertical ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento (ROCHA, 1996).

As áreas de recarga direta ou de afloramento representam regiões, onde o aquífero encontra-se mais vulnerável. Dessa forma, o mau uso dos

solos dessas áreas pode comprometer, a médio e longo prazo, a qualidade da água subterrânea. Diante desse cenário, fica evidente a necessidade de um manejo especial para essas áreas, a fim de que todo o sistema, que inclui as áreas de recarga e o aquífero, propriamente dito, possa ser gerido de forma sustentável. Essa gestão sustentável depende, pois, da identificação e controle das fontes de poluição nas áreas de recarga (ROCHA, 1996).

A Fig. 1 mostra o mapa esquemático do Aquífero Guarani no Brasil, destacando as áreas confinadas e as áreas de afloramento ou recarga direta.

Qualidade da água

Nas áreas confinadas, normalmente, a água precisa de tratamento para ser consumida, uma vez que sofre interferência química de rochas que estão sobrepostas. Tanto é que, com frequência, a água apresenta elevado teor de sólidos dissolvidos, bem como elevada concentração de sulfatos e a presença de flúor acima dos limites recomendáveis (BORGHETTI et al., 2004). Essa situação foi observada, por exemplo, em um poço perfurado na cidade de Londrina, PR, cuja água apresentou teor de flúor de 12 mg L^{-1} (OEA, 2001; BORGHETTI et al., 2004). Essas concentrações anômalas de flúor estão relacionadas com as condições de grande confinamento e de um tempo elevado de residência das águas do Aquífero Guarani. Outras cidades do Paraná como Cianorte, Marechal Cândido Rondon e Itaipulândia têm apresentado também teores elevados de flúor em alguns poços, com concentrações acima de 3 mg L^{-1} .

O quimismo das águas do Guarani é muito variável, principalmente nas zonas confinadas, seja por efeito de variações na litologia (faciológicas), seja por influência de misturas induzidas por fraturas ativas nas rochas. A esses fatores, marcantes nas zonas confinadas, pode se agregar os condicionantes da ação antrópica nas áreas de afloramento, naturalmente mais vulneráveis (OEA, 2001; BORGHETTI et al., 2004).

Para Araújo et al. (1995), o Aquífero Guarani é portador de água potável na maior parte da bacia. Localmente, poderá ocorrer não potabilidade, basicamente devido ao aumento da salinidade e do conteúdo de flúor. Nas regiões mais confinadas do aquífero, localizadas na calha central da Bacia do Paraná e nas áreas de menor circulação efetiva de águas meteóricas,



Fig. 1. Mapa esquemático do Sistema Aquífero Guarani no Brasil (BORGHETTI et al., 2004).

como no caso do Estado do Rio Grande do Sul, poderá ocorrer contaminação por meio de águas mais salinas provenientes do Aquitarde Permo-Triássico, o qual encontra-se em contato inferior ou sotoposto ao Aquífero Guarani. A potabilidade do aquífero pode ser afetada, também, pelo enriquecimento de alguns íons considerados nocivos à saúde. Teores acima dos limites toleráveis de flúor têm sido encontrados em algumas regiões da bacia (>1,2 mg L⁻¹). Para Fraga (1992) citado por Araújo et al (1995), as concentrações anômalas de flúor (3,6 mg L⁻¹ a 12 mg L⁻¹ – máximo observado na bacia) estão relacionadas às águas alcalinas do Aquífero Botucatu (atual Guarani), sob condições de grande confinamento.

Conforme Rocha (1997), as águas subterrâneas do Aquífero Guarani em geral são fracamente salinas, com teor de resíduo seco inferior a 300 mg L⁻¹ em sua maior parte. A partir das áreas de recarga direta em direção à calha da bacia, há tendência à alcalinização das águas no sentido do fluxo subterrâneo acompanhada pelo aumento gradual do teor salino, pH e da temperatura. Essa evolução hidroquímica regional é comandada pelo grau de confinamento do aquífero, velocidade de circulação e tempo de residência das águas.

Na área de recarga do aquífero e ao longo de uma faixa de cerca de 60 km a ela adjacente, as águas são bicarbonatadas cálcicas e cálcico-magnesianas, com teores de resíduo seco inferiores a 200 mg L⁻¹ e pH ácido inferior a sete. Já na zona francamente confinada do aquífero as águas tornam-se bicarbonatadas sódicas evoluindo para cloro-sulfatadas sódicas junto à calha da bacia; o pH é alcalino e os valores de resíduo seco variam de 200 mg L⁻¹ a 600 mg L⁻¹. A temperatura das águas aumenta gradativamente das áreas de recarga para a calha da bacia em função do grau geotérmico natural de 1 °C/35 m. Medidas efetuadas na boca de poços indicam valores de 22 °C a 25 °C nos afloramentos, de 25 °C a 30 °C na faixa adjacente de baixo confinamento e de 30 °C a 63 °C na maior parte da área (ROCHA, 1997).

Para Machado (2006), não se pode falar em água de boa qualidade em toda extensão do Aquífero Guarani, uma vez que existem diversos fatores interferentes, tais como compartimentação espacial singular (divisões naturais no acúmulo de água) e complexidade da constituição das camadas aquíferas (descontinuidade das reservas de água em razão da influência de diversos elementos estruturais, tais como lineamentos e falhas). No Rio

Grande do Sul, por exemplo, no compartimento Oeste (região sudoeste e parte oeste do estado), a presença das unidades hidroestratigráficas Botucatu, Guará e Pirambóia, em condições estruturais favoráveis, proporciona uma recarga rápida a partir das águas das chuvas. As águas nas áreas aflorantes ou de recarga direta são bicarbonatadas cálcicas e/ou cálcico-magnesianas. Nos locais onde as camadas aquíferas estão mais profundas, confinadas por rochas vulcânicas, as águas são bicarbonatadas sódicas, com pH alcalino e teores de sais mais elevados. Em geral, as águas são de boa qualidade e potáveis. No compartimento Central-Missões (região da Serra Gaúcha e parte do oeste), a qualidade da água apresenta grandes variações. As águas das camadas mais arenosas podem ser bicarbonatadas alcalinas mesmo a pequena distância das áreas de recarga. A evolução geoquímica (acúmulo de sais no solo) é rápida, e os teores de cloretos e salinidade total logo ultrapassam os limites de potabilidade. O aparecimento de teores excessivos de fluoretos também é um dos maiores problemas em relação à qualidade dessas águas. No compartimento Leste (região nordeste do estado), por sua vez, geralmente os poços possuem pouca profundidade e estão em áreas de afloramento ou próximos a elas. A região caracteriza-se pela presença de águas de qualidade boa a excelente, com pH ácido e levemente alcalino, com salinidade dentro dos padrões de potabilidade. Por outro lado, no compartimento Norte-Alto Uruguai (divisa com Santa Catarina), o sistema Aquífero Guarani encontra-se confinado, com recobrimento de rochas vulcânicas e exibindo profundidades entre 350 e 1.200 metros. Como conseqüência, suas águas possuem idades mais antigas e não são potáveis em grande parte da área. Além do aumento da salinidade em função da presença de cloretos e sulfatos, os teores de fluoretos são excessivos e os teores de sódio podem causar alcalinização do solo.

O modelo conceitual hidrogeoquímico, conforme Fig. 2, proposto por Machado (2006), dá uma visão ampla e geral dos mecanismos integrantes do funcionamento dos ciclos de recarga e descarga do Sistema Aquífero Guarani.

Grande parte da camada de arenito que contém a água é confinada, e nesses locais a água precisa atravessar a camada de basalto para chegar à zona saturada ou ao aquífero propriamente dito. Quanto maior a distância percorrida no subsolo, mais íons de sais ela absorve e sua qualidade vai piorando. Nas áreas de afloramento e adjacências, por exemplo, é que as águas possuem melhor qualidade.

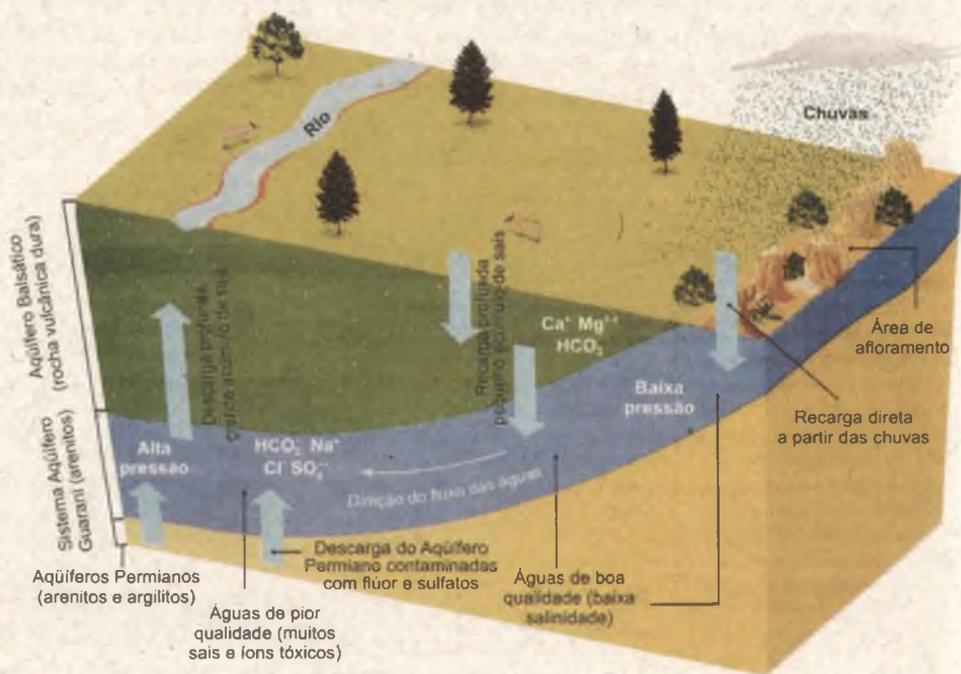


Fig. 2. Modelo conceitual hidrogeoquímico dos ciclos de recarga e descarga do sistema Aquífero Guarani (MACHADO, 2006).

Em áreas mais profundas, devido à grande pressão exercida pelo peso das camadas que estão acima ou sobrepostas, são mais comuns as áreas de descarga ascendente. Essas águas profundas são sódicas e podem evoluir de bicarbonatadas para sulfatadas e cloretadas, piorando a qualidade. O cloreto e o sulfato podem penetrar no Guarani a partir de descargas do Aquífero Permiano, imediatamente abaixo ou sotoposto.

Importância para os países do Mercosul

A utilização das águas subterrâneas tem sido uma alternativa viável e crescente, principalmente nas regiões onde as águas de superfície têm se tornado poluídas ou mesmo escassas. A viabilidade da utilização desse recurso é decorrente de algumas de suas características, tais como: a) elas são cerca de 100 vezes mais abundantes que as águas superficiais,

constituindo uma importante reserva estratégica e b) não necessitam de tratamento prévio para consumo, uma vez que são filtradas e depuradas por processos biogeoquímicos do subsolo, determinando uma purificação natural, que se mostra mais eficiente do que aquela por meio de processos artificiais.

No contexto do Mercosul, o Aquífero Guarani assume importância em função de seu expressivo volume e dos múltiplos usos de sua água, o que proporciona aos países do bloco condições favoráveis ao desenvolvimento socioeconômico. A reserva hídrica do Aquífero Guarani apresenta qualidades quase únicas no mundo, como a potabilidade de suas águas, especificamente onde o confinamento pelo basalto é baixo, assim como a possibilidade de surgência e termalismo. Esta última característica pode resultar em economia de energia ou na co-geração de energia elétrica limpa, ao contrário dos combustíveis tradicionais que contaminam e/ou geram impactos ambientais (Araújo et al., 1995; Borghetti et al., 2004), tornando o uso de suas águas ainda mais econômico nas suas múltiplas aplicações. No Aquífero Guarani, cujo grau geotérmico varia de 20 °C/Km a 29 °C/Km, com suas águas podendo atingir até 68 °C (OEA, 2001), estimou-se, preliminarmente, que a utilização geotermal representaria uma economia de 11 mil megawatts de energia (BORGHETTI et al., 2004). Isso representa uma fonte de energia que pode ser explorada economicamente, seja para produção de energia, seja para captação de águas quentes para os mais diversos fins, tanto na indústria, como nas atividades agrícolas e também nos empreendimentos recreativos e sociais (OEA, 2001). Em função de diversas faixas de temperatura da água do Guarani, o uso pode ter caráter multidisciplinar à medida que ela sofre resfriamento. Por exemplo, em Foz do Iguaçu, as águas termais que atendem a um empreendimento recreativo com temperatura média de 31 °C, após circularem pelas piscinas de recreação, são conduzidas até os tanques de criação de peixes, proporcionando o crescimento desses animais acima da média obtida em seu habitat natural. Além desse tipo de uso, a água proveniente do Aquífero Guarani pode ter diversos outros fins, tais como abastecimento público, atividades industriais e agroindustriais.

Apesar do enorme potencial do Aquífero Guarani, sua exploração pelos países do Mercosul ainda é caracterizada por uma visão restrita sobre o uso de seus recursos hídricos subterrâneos, aliada à falta de controle e, ainda, de um mecanismo jurídico e regulatório (SMA, 2001 citado por BORGHETTI

et al., 2004) justificável por envolver quatro países com legislações próprias e distintas (BORGHETTI et al., 2004).

Diante do exposto neste capítulo, fica evidente a grande importância do Aquífero Guarani no contexto dos países do Mercosul, motivo pelo qual ele será abordado nos capítulos seguintes, constantes das partes dois e três deste livro, com ênfase para as atividades agrícolas existentes em suas áreas de afloramento, incluindo propostas de uso sustentável para as mesmas, como forma de contribuição à gestão sustentável desse imenso patrimônio hídrico subterrâneo.

Referências

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. **Aquífero Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai**: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/Petrobrás, Curitiba: UFPR; Petrobrás, 1995. 16 p. 9 mapas.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. **Aquífero Guarani**: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba: GIA: Fundação Roberto marinho, 2004. Curitiba, 2004. 214 p.

CAMPOS, H. C. N. S. Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guarani, Cono Sur. **Acta Geologica Leopoldensia**. Série Mapas, São Leopoldo, v. 4, n. 23, p. 3-50, 2000.

MACHADO, J. L. F. A redescoberta do Aquífero Guarani. **Scientific American Brasil**, São Paulo, n. 47, p. 33-39, 2006.

OEA. **Termo de referência para o** projeto Proteção Ambiental e Gestão Sustentável Integrada do Sistema Aquífero Guarani. Curitiba: Global Environment Facility: Banco Mundial: FUNPAR, 2001. 208 p...

ROCHA, G. A. O grande manancial do Cone Sul. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 191-212, 1997.

ROSA FILHO, E. F. da; FORLIN, M.; XAVIER, J. M. Informações básicas sobre a distribuição do Sistema Aquífero Guarani nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Técnica e Informativa da CPRM**, Brasília, DF, n. 10, p. 23-26, 1998.