





CAPÍTULO 4 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Aquíferos

As águas subterrâneas constituem uma parcela do sistema circulatório de água conhecido como ciclo hidrológico, e correspondem a aproximadamente 97% da água potável disponível da Terra. As formações da crosta terrestre portadoras de água atuam como condutos para a transmissão e como reservatório para o armazenamento de água. A água infiltrada nessas formações, provenientes da superfície do terreno ou das próprias massas de água, movimenta-se com velocidade baixíssima (muitas vezes inferiores a 1m/dia), a distâncias variáveis até o seu retorno à superfície por ação de fluxo natural, das plantas ou do homem. Nestes processos de movimentação e acumulação, a água pode levar dezenas ou centenas de anos para percorrer um ciclo.

Ela se apresenta até cerca de 10.000 metros de profundidade, e por razões práticas, de aproveitamento, considera-se à parte as águas que se encontram a profundidades demasiadamente grandes (além de 800 m).

Os principais fatores responsáveis pela quantidade de água encontrada, além da precipitação superficial, são: constituição litológica (tipos de rocha), natureza das camadas, declividade das camadas rochosas e área de seção de contribuição (extensão).

As camadas rochosas que possibilitam maior produção de água são as de material solto, com grande porosidade e com grande extensão, como as camadas de areia e cascalho, de rocha em decomposição ou quebradas, arenitos, calcários, aluviões etc.

Por outro lado, as rochas cristalinas, como os granitos, são as mais desfavoráveis para a produção de água. Entretanto, quando estas rochas são submetidas a esforços tectônicos, são geradas fraturas e estas rochas ficam "rachadas" em subsolo, produzindo espaços que podem ser preenchidos com água, tornando possível o armazenamento de água nestas fraturas.

Rochas que sejam compostas por argilas são muito porosas, porém não apresentam permeabilidade, portanto não são consideradas aquíferos, e sim aquitardes – camadas impermeáveis.

A unidade geológica (formação ou grupo) constituída de rocha ou sedimento, suficientemente permeável para permitir a extração de água de forma econômica e por meio de técnicas convencionais, denomina-se Aquífero. Geralmente possui a capacidade de armazenar uma grande quantidade de água, mas de transmiti-la de forma lenta.

Como todos os demais recursos, a água subterrânea deve ser conservada e utilizada adequadamente, para assegurar uma disponibilidade no futuro. Portanto o planejamento e o seu gerenciamento são sempre imprescindíveis.

Classificação dos aquíferos

Aquífero livre (ou freático ou não confinado) é o que está mais próximo da superfície e apresenta-se parcialmente saturado de água. É permeável e geralmente localizado acima de uma formação impermeável ou semipermeável. Ele tende a ter um perfil

mais ou menos semelhante ao perfil da superfície do terreno. A água desse tipo de aquífero pode ser retirada por um poço escavado.

Um aquífero confinado está em maiores profundidades e é uma formação geológica permeável que está limitado na base e no topo por camadas impermeáveis. A água armazenada neste tipo de aquífero tem uma pressão superior a pressão atmosférica, então, quando perfurado tende a jorrar. Caso a água jorre, este poço pode então ser chamado de poço artesiano.

Tipos de poços

As águas subterrâneas são captadas por fontes/minas e, principalmente, mediante poços perfurados.

Existem diversos tipos de poços, dentre os mais comuns estão os poços escavados e os tubulares.

Os poços escavados são poços de grandes diâmetros (na ordem de um metro), feitos tanto manualmente como mecanicamente, com profundidade aproximada de 20 metros e revestidos com tijolos ou manilhas de concreto. Sua construção requer cuidado quanto à localização, pois as águas subterrâneas captadas estão a pouca profundidade, normalmente no lençol freático e, por isso, são mais vulneráveis aos processos de poluição. Os investimentos são de baixo custo, devido às características construtivas e a manutenção, porém normalmente são de produtividade restrita, na ordem de 100 L/h.

Os tipos de poços escavados conhecidos são: cisternas, cacimbas e amazonas. São obras de engenharia destinadas a captar água subterrânea de uma formação aquífera de um modo prático e eficiente. Por isso, requerem técnica mais apurada, pessoal habilitado e equipamento especializado. Pela natureza dos trabalhos, os investimentos e riscos, tanto operacionais quanto financeiros, são maiores. Apresentam pequenos diâmetros e profundidades que variam de dezenas a centenas de metros. A água é geralmente extraída por meio de bombas submersas ou compressores.

Os poços tubulares são também conhecidos popularmente como artesianos e semi-artesianos são aqueles onde a perfuração é feita por meio máquinas perfuratrizes. Tem diâmetro pequeno, com no máximo 50cm de abertura, e pode ter revestimento ou não. Em rochas cristalinas normalmente não se usa revestimento, mas nas sedimentares sempre é necessário, e ele pode ser de aço ou plástico.

Nas últimas décadas, observa-se um notável incremento na exploração da água subterrânea como solução para suprimento de demanda, principalmente para o abastecimento público (urbano e rural), bem como para as indústrias e agroindústrias instaladas no Estado do Paraná. É notória a exigência das indústrias e dos sistemas de abastecimento com a qualidade da água, onde os recursos hídricos subterrâneos

pelas características peculiares de pureza e livres de contaminantes são encontrados *in natura* e a profundidades razoáveis no subsolo do território paranaense. Características essas que podem ser aproveitadas no conceito moderno para implantação de agroindústria, que exige, para irrigação e primeiros beneficiamentos, águas livres de pesticidas e partículas, não encontradas atualmente no âmbito rural do Estado. que exige, para irrigação e primeiros beneficiamentos, águas livres de pesticidas e partículas, não encontradas atualmente no âmbito rural do Estado.

Diante desse contexto, em que milhares de poços perfurados nos diversos compartimentos demonstram o grande potencial dos sistemas aquíferos do território paranaense, a água subterrânea impõe-se como grande alternativa, merecendo, por parte do Estado, especial atenção no que se refere a seu planejamento, preservação, uso e controle.

A importância das águas subterrâneas tem se tornado evidente em todas as regiões do mundo. O crescimento das áreas urbanas, a impermeabilização do solo, a destruição de florestas causam diversos impactos ao meio ambiente e principalmente na qualidade e quantidade das águas superficiais. Assim, as populações passam a depender das águas subterrâneas tanto para abastecimento público quanto para a produção de alimentos e para os demais usos.

Sistemas aquíferos no mundo - transfronteiriços

O Projeto ISARM – Gestão de Aquíferos Internacionalmente Compartilhados, lançado em 2002 no âmbito do Programa Hidrológico Internacional da Unesco, produziu o Atlas de Aquíferos Transfronteiriços. Nesse atlas, estão registrados mais de 275 aquíferos que transcendem a fronteira de mais de um país. Na Europa, são 65 aquíferos, na África, 39, na Ásia, 12, na China, 8, Cáucaso e Ásia Central, 18. Nas Américas são 79, dos quais 17 na América do Norte, 29 na América Central, 5 no Caribe e 29 na América do Sul.

Principais aquíferos do Continente Sul Americano

Os principais sistemas aquíferos existentes no solo brasileiro e que transcendem as fronteiras do país são: Amazonas (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela

- 3.959.000 km²), Serra Geral (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - 540.000 km²), Roraima (Brasil, Guiana e Venezuela - 70.000 km²), Boa Vista (Brasil e Guiana - 24.000 km²), Costeiro, (Brasil e Guiana Francesa - 27.000 km²), Pantanal (Brasil, Bolívia e Paraguai - 130.000 km²), Aquidaban (Brasil e Paraguai - 27.000 km²), Guarani (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai - 1.200.000 km²), Litorâneo - Chui (Brasil e Uruguai - 41.000 km²), Permo-Carbonífero (Brasil e Uruguai - 41.000 km²).

Sistema de aquíferos no Brasil

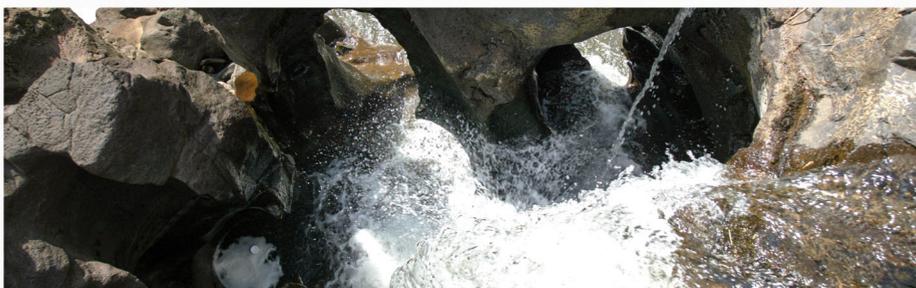
Com uma área de 8.511.139 km², o território brasileiro apresenta diferentes tipos de sistemas aquíferos, com as águas subterrâneas ocupando desde as zonas fraturadas do Substrato Geológico Pré-Cambriano até os Depósitos Aluviais de Dunas de idade quaternária.

As melhores rochas aquíferas ocupam cerca de 40% do território brasileiro e são representadas por arenitos ou misturas, em proporções variadas, de arenitos, siltitos e argilitos, constituindo extensos aquíferos livres ou confinados. A produtividade nessas rochas através de poços perfurados tem proporcionado vazões variáveis, mas suficientes em grande parte dos usos.

No restante do país predominam rochas cristalinas (termo usado para designar variedades de rochas duras, tais como granitos e gnaisses). Nessas rochas, os poros são pequenos e as interligações não possibilitam uma circulação fácil, sendo as condições aquíferas restritas às zonas fraturadas e/ou muito alteradas das rochas (REBOUÇAS, 1980), condicionando vazões diferentes para cada região. As diversas captações e poços realizados nessas rochas cristalinas têm apresentado vazões que variam de dezenas de milhares de litros por dia a poucas centenas de milhares.

De um modo geral, as águas subterrâneas dos principais aquíferos do Brasil são de boa qualidade para o consumo humano, irrigação e abastecimento da maior parte das indústrias.

No quadro a seguir, na próxima página, são apresentados os principais sistemas aquíferos do Brasil com as disponibilidades de águas subterrâneas.



Disponibilidade de águas subterrâneas nos principais sistemas aquíferos do país.

DISPONIBILIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS PRINCIPAIS SISTEMAS AQUÍFEROS DO PAÍS				
Sistema Aquífero	Tipo ¹	Região Hidrográfica Dominante	Área de Recarga (km ²)	Disponibilidade Hídrica ² (m ³ /s)
Solimões	P,L	Amazônica	457.664	896,3
Alter do Chão	P,L		312.574	249,5
Boa Vista	P,L		14.888	32,4
Parecis	P,L		88.157	464,8
Jandaira	CF	Atl.NE Ori.	11.589	6,1
Açu	P,C		3.674	2,1
Itapecuru	P,L	Tocantins/ Araguaia/ Parnaíba	204.979	214,8
Corda	P,L,C		35.266	9,2
Motuca	P,L		10.717	3
Poti-Piauí	P,L,C		117.012	130
Cabeças	P,L,C		34.318	7,2
Serra Grande	P,L,C		30.450	12,7
Barreiras	P,L,C	Atl.Leste / Atl. SE Atl.NE Ori. / Atl.NE Ocid. Tocantins/ Araguaia	176.532	217
Beberibe	P,L,C	Atl.NE Ori.	318	0,4
Marizal	P,L,C	Atl. Leste/ São Francisco	18.797	7,2
São Sebastião	P,L,C	Atl. Leste	6.783	8,2
Inajá	P,L,C	São Francisco	956	0,3
Tacaratu	P,L	São Francisco/ Atl.NE Ori.	3.890	2,9
Exu	P,L		6.397	0,6
Missão Velha	P,L,C	Atl.NE Ori.	1.324	0,2
Urucuia-Areado	P,L	São Francisco/ Parnaíba/ Tocantins/ Araguaia	144.086	236,4
Bambuí	CF		181.868	40,3
Bauru-Caiuá	P,L	Paraná	353.420	587,9
Serra Geral	F	Paraná/ Atl.Sul/ Uruguai/ Paraguai	411.855	746,3
Guarani	P,L,C		89.936	161,1
Ponta Grossa	P,L,C	Tocantins/ Araguaia/ Parnaíba	24.807	29,1
Furnas	P,L,C		24.894	28,6
Total			2.761.086	4.094,60

¹ :P=Poroso; L=Livre; C=Confinado; F=Fraturado; CF=Cárstico-Fraturado.

² :20% das Reservas Renováveis.

Fonte: ANA, 2007.



Sistema Aquífero Guarani

Considerado um dos maiores reservatórios de Água Doce do Planeta, o Aquífero Guarani localiza-se na Bacia Sedimentar do Paraná, ocupando uma área de 1.200.000 km² da porção Centro-Leste do Continente Sul-americano, abrangendo quatro países do Mercosul: Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai.

A maior área do aquífero se encontra no território brasileiro, perfazendo um total de 840.000 km², distribuídos em oito estados das regiões leste e centro-sul: Mato Grosso do Sul (213.200 km²), Rio Grande do Sul (157.600 km²), São Paulo (155.800 km²), Paraná (131.300 km²), Goiás (55.000 km²), Minas Gerais (51.300 km²), Santa Catarina (49.200 km²) e Mato Grosso (26.400 km²).

No Estado do Paraná sua ocorrência coincide com a área de todo o Terceiro Planalto Paranaense encontra-se em sua maior parte confinada, sendo que suas camadas arenosas mergulham no sentido leste (região onde aflora o arenito) a oeste (região interiorizada) da Bacia do Paraná.

O Aquífero Guarani está hospedado na Formação Botucatu – arenito bem selecionado, de origem eólica e encontra-se 90% recoberto pelo espesso derrame de lava basáltica da Formação Serra Geral, responsável pela característica confinante deste aquífero. A camada de arenito é saturada em água e sua espessura varia de 50 a 800m, desde as bordas da bacia até sua porção central mais espessa. O ambiente de deposição provavelmente foi um deserto, há cerca de 150 milhões de anos atrás. Suas áreas de recarga localizam-se nas bordas da bacia sedimentar, em faixas alongadas de rochas sedimentares que afloram a superfície. A alimentação do aquífero se dá por dois mecanismos: infiltração direta das águas de chuva nas áreas de recarga e infiltração vertical ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento.

As áreas de recarga são regiões onde o aquífero Guarani encontra-se mais vulnerável. O uso inadequado das terras localizadas nessas áreas pode, portanto, comprometer a qualidade da água. Dessa forma, existe a necessidade de cuidados especiais quanto ao manejo dessas áreas, em particular quanto à disposição de produtos tóxicos, lixo urbano, rejeitos industriais e aplicação de agrotóxicos no solo. A gestão sustentável do aquífero Guarani depende, pois, da identificação e do controle das fontes de poluição em toda sua extensão, não só nas áreas confinadas, mas também e, principalmente, nas áreas de recarga.

O potencial produtivo neste aquífero é em média de 300.000 L/h, sendo que no Estado do Paraná os poços perfurados podem ter profundidade variando de 100 metros em Nova Fátima (região de recarga do aquífero no Estado) a 1.000 metros na região mais interiorizadas, a exemplo das cidades de Londrina e Maringá. Podem apresentar grandes vazões, da ordem de 1.000.000 L/h (surgente), a exemplo dos poços perfurados recentemente na cidade de Ibiporã e Londrina, ambas localizadas na região norte do estado.

A água armazenada neste manancial atinge temperatura de até 80°C, apresentando um valor médio de 40°C, possibilitando, além do abastecimento público, um leque de usos múltiplos, tais como: secagem de grãos, geração de vapor em caldeiras industriais, climatização de ambientes, estâncias hidrominerais, preservação de geadas etc.

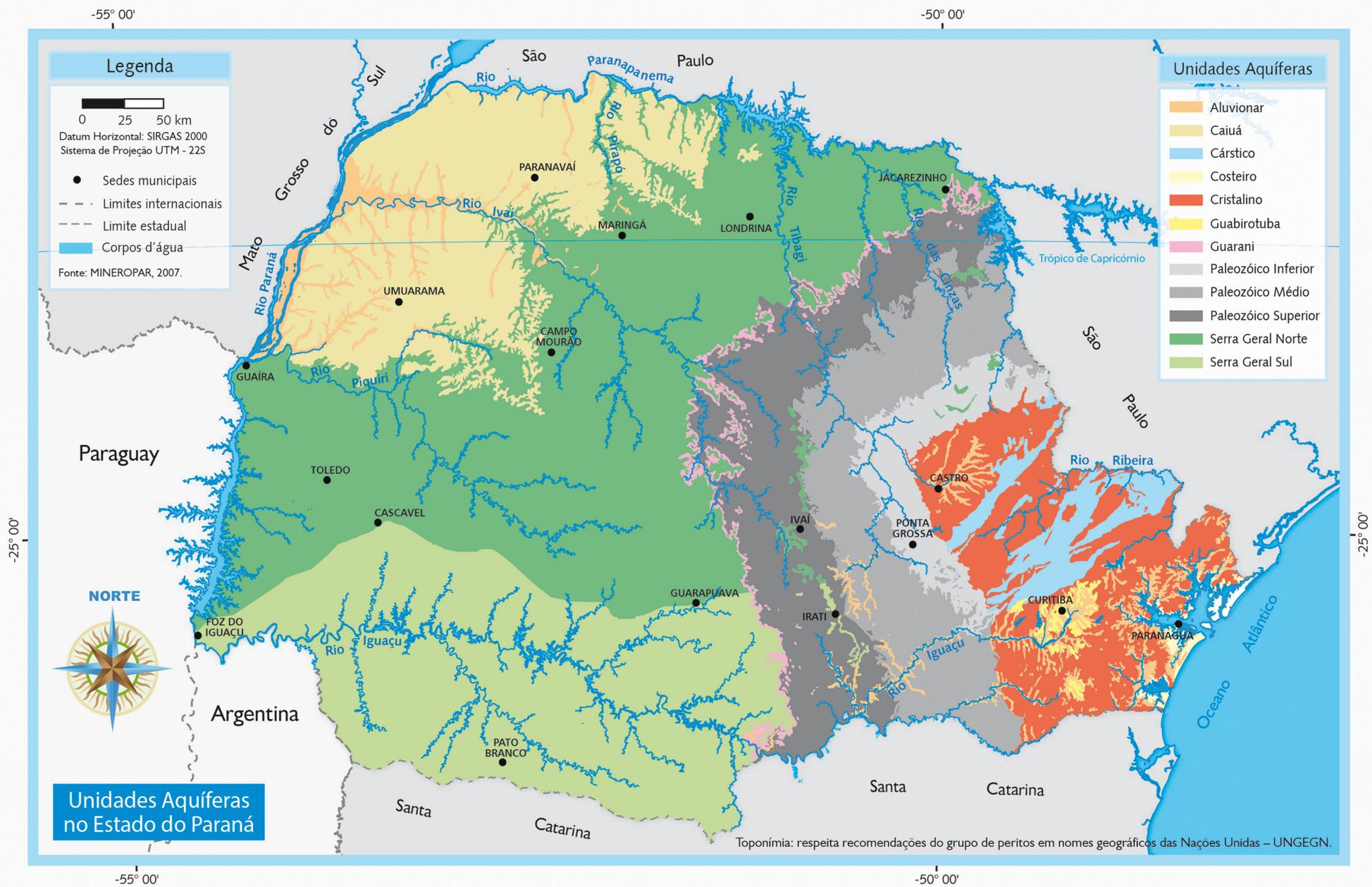
As águas do Aquífero Guarani, sob o ponto de vista físico-químico, são do tipo mineral alcalina-bicarbonatada-cloro-sulfatada-sódica, com teores médios de sólidos totais dissolvidos (STD) na faixa de 600 mg/L. Os teores são variáveis e apresentam os menores valores nas proximidades da área de recarga, da ordem de 120 mg/L, e maiores nas proximidades da porção central da Bacia do Paraná, onde os valores de STD podem chegar a 1.800 mg/L.





Principais Unidades Aquíferas no Estado do Paraná

O estado do Paraná possui uma grande variedade de condições de armazenamento e transmissão de água subterrânea, pois possui diferentes ambientes geológicos cada qual com suas características hidrogeológicas. Na porção leste do estado aforam rochas do embasamento cristalino e rochas proterozoicas da faixa de dobramento Ribeira, dando origem a dois sistemas aquíferos distintos – Cristalino e Karst. No segundo Planalto o destaque são as rochas sedimentares Paleozoicas, que abrigam arenitos, originando os sistemas aquíferos paleozoicos inferior, médio e superior. No terceiro planalto os basaltos da Formação Serra Geral constituem-se em um ótimo sistema aquífero de porosidade secundária – água armazenada em fraturas, e também é a camada confinante da Unidade Aquífera Guarani, um dos reservatórios mais importantes do país. Por fim, na região de Curitiba a Bacia Sedimentar terciária que ocorre na região pode abrigar quantidades razoáveis de água em lentes de areias assim como a Planície litorânea armazena água em aquíferos livres, originados pelas formações arenosas típicas do local.



Unidade Aquífera Cristalino

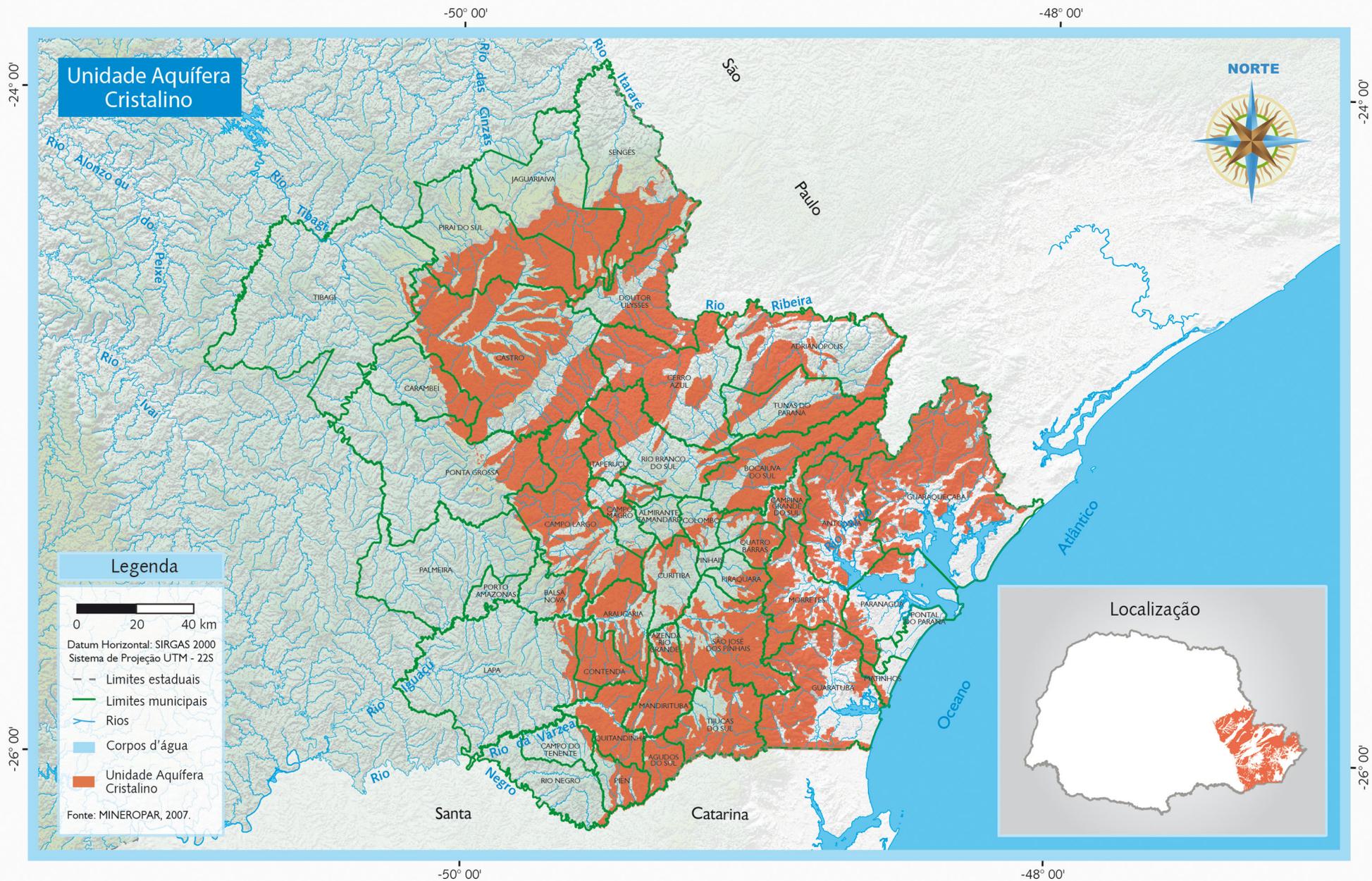
Os migmatitos, as rochas granitóides e gnáissicas representam as unidades aquíferas do embasamento cristalino localizadas no Primeiro Planalto Paranaense, especialmente na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), com potencial hidrogeológico na ordem de 5,6 L/s/km². Essas rochas ocupam uma área de aproximadamente 7.500 km², no Primeiro Planalto Paranaense, numa faixa que abrange o município de Curitiba, parte dos municípios de Araucária, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais.

A taxa média anual de chuvas na região é em torno de 1.500mm. A infiltração e a percolação das águas ocorrem através de geoestruturas em geral, a exemplo de diáclases e falhas geológicas. O manto de alteração das rochas e os sedimentos quaternários, estes com espessuras que atingem até 80m na bacia de Curitiba, encontram-se saturados com água e funcionam como reguladores da recarga dos aquíferos durante todo o ano. Apesar dessas condições, esse aquífero, por sua própria natureza, não oferece condições de armazenamento de volumes consideráveis de água subterrânea, muito embora, em situações especiais – com zonas de fraturas desenvolvidas e abertas –, seja possível obter-se poços com vazões excepcionais da ordem de 100 m³/h. Levantamentos de campo e estudos fotogeológicos revelam que os sistemas de fraturas dominantes na área da RMC estão dispostos nas direções preferenciais N30°-50°W, N40°-60°E e N-S.

Observa-se que, em cerca de 70% dos poços perfurados no cristalino na RMC, as entradas de água se localizam entre 50 e 200m de profundidade e que em somente 10% estão compreendidas entre 200 e 300m. Informações recentes de poços com mais de 300m demonstram um aumento da probabilidade de obtenção de água subterrânea nessas condições.

No universo de cerca de 700 poços cadastrados atualmente no banco de dados hidrogeológicos do Instituto das Águas do Paraná, apresentam profundidade média de 124m e vazão média de 8 m³/hora. Por outro lado, 58% dos poços apresentam vazões compreendidas entre 2 e 10 m³/h e 18% têm vazões menores do que 2 m³/h. Além disso, verifica-se, ainda, que as vazões específicas dos poços do aquífero cristalino fraturado registram valores variáveis desde 0,14 m³/h/m até 32 m³/h/m, o que revela a grande heterogeneidade do sistema.

Em termos de qualidade, as águas do aquífero cristalino são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos em média de 140 mg/L e pH entre 6,5 e 7,2.



Unidade aquífera Karst

Este aquífero, igualmente localizado no Primeiro Planalto Paranaense, é representado em uma área aproximada de 5.740 km², abrangendo, total ou parcialmente, os municípios de Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul, Colombo, Bocaiúva do Sul, Cerro Azul, Tunas do Paraná, Doutor Ulisses e Adrianópolis, além de Castro e Ponta Grossa.

O armazenamento e fluxo da água do aquífero do Karst são decorrentes do consumo da rocha carbonática ao longo dos seus planos de fraturamento. Ao contrário dos demais aquíferos, apresenta a característica peculiar de variação de volume de armazenamento, ao longo do tempo, mediante o consumo da carbonática pelos processos de dissolução.

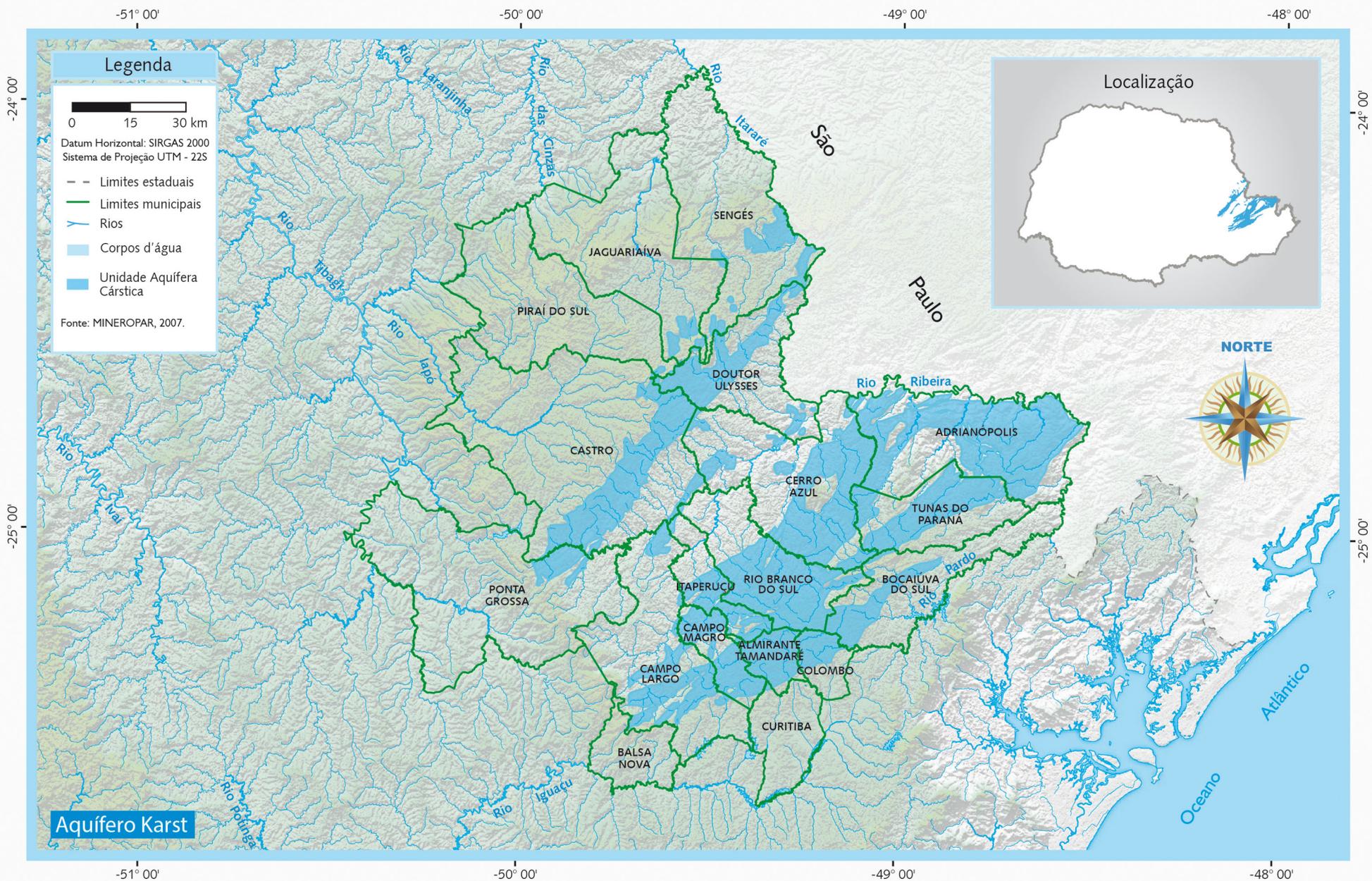
Outro fator importante em termos da capacidade hídrica decorre dos fraturamentos das rochas carbonáticas, resultantes dos fenômenos tectônicos que provocaram os dobramentos e falhas da região. A exposição das formações carbonáticas, intensamente fraturadas, a um clima úmido estabelecido a partir do período Quaternário, com predomínio de superávit de água no balanço hídrico, facilitou e, frequentemente orientou, significativos processos de dissolução nos metacalcários.

Do ponto de vista hidráulico, pode apresentar caráter livre ou confinado, dependendo do posicionamento do aquífero em relação às sequências impermeáveis. A litologia é o fator determinante para a diferenciação do comportamento hídrico dessas formações, sendo que os pacotes carbonáticos permeáveis contrastam com as rochas impermeáveis do Embasamento Cristalino e diabásios que os envolvem e interceptam, respectivamente.

O aquífero tem um grande potencial de abastecimento para a Região Metropolitana de Curitiba na ordem de 8,9 L/s/km², embora já apresente conflitos com o uso agrícola, além de restrições para assentamentos urbanos, devido aos processos de dissolução das rochas carbonáticas provocarem solapamentos do solo..

Segundo banco de dados hidrogeológicos da Águas do Paraná, existem cerca de 115 poços cadastrados na área de ocorrência do aquífero Karst, com vazão média superior a 70 m³/hora com profundidade média de 55 m.

Quanto à qualidade, é classificada como do tipo bicarbonatada-calco-magnésiana, com sólidos dissolvidos totais entre 130 e 280 mg/L. O bicarbonato é o ânion predominante, com valores entre 100 e 230 mg/L., sendo que os valores de dureza correspondem a uma água medianamente dura. O conteúdo de nitratos é relativamente baixo, com valores médios na ordem de 2,5 mg/L.



Unidade aquífera Paleozoica Inferior

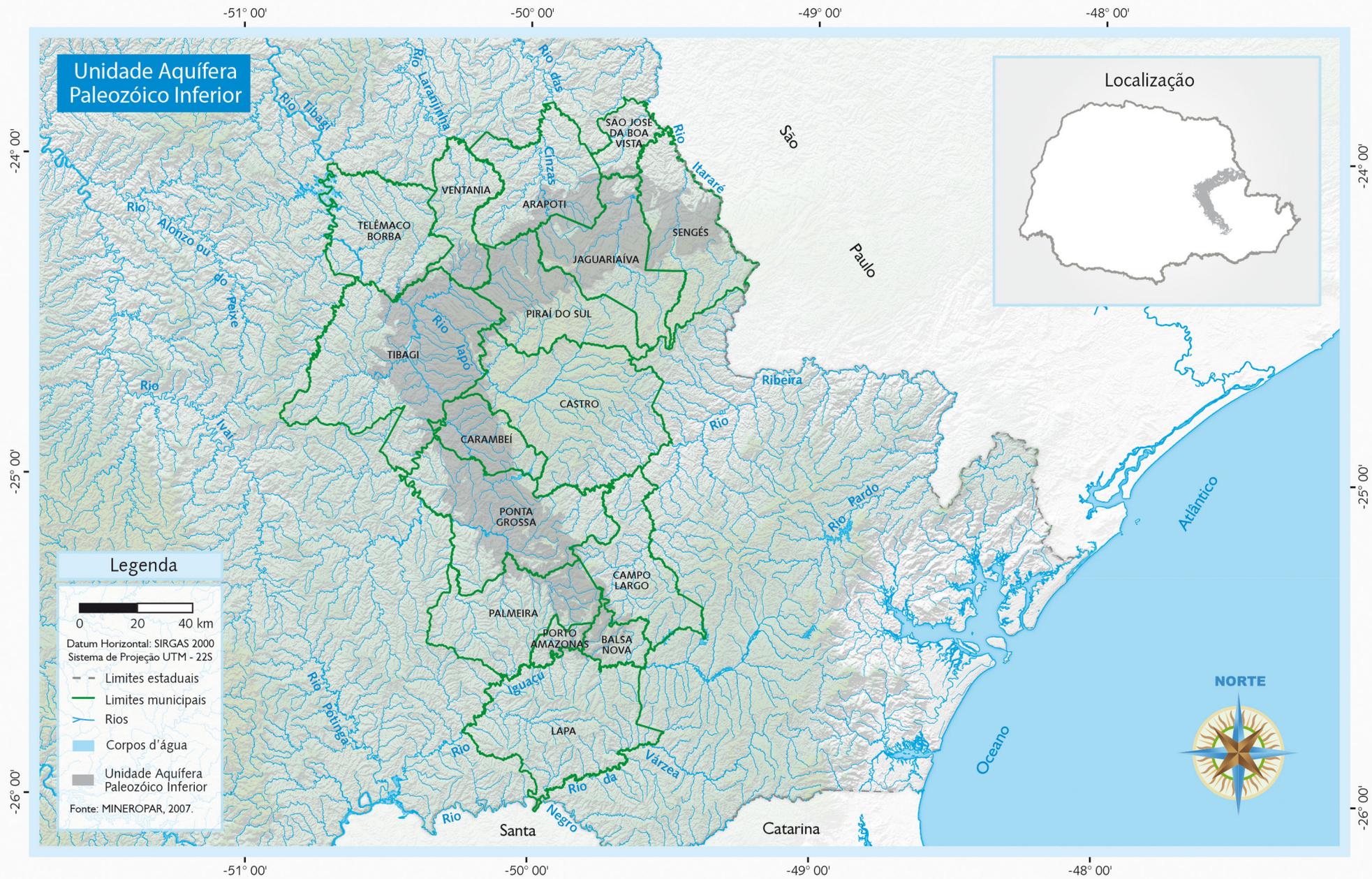
Localizado no Segundo Planalto Paranaense, esse aquífero engloba as rochas das formações Furnas e Ponta Grossa, com uma área de aproximadamente 7.150 km².

Constituídas principalmente por folhelhos, siltitos e arenitos, estes últimos compõem um espesso pacote de arenitos esbranquiçados da Formação Furnas, a qual representa o maior potencial aquífero da área.

O potencial hidrogeológico para essa unidade aquífera é da ordem de 3,6 L/s/km².

Os 110 poços tubulares cadastrados no banco de dados hidrogeológicos do Instituto das Águas do Paraná, apresentam profundidade média de 202m e vazão média de 20.000 L/h.

Quanto à tipologia, a água dessa unidade é classificada como sendo bicarbonatada sódica, apresentando média de 177mg/L de sólidos totais dissolvidos.



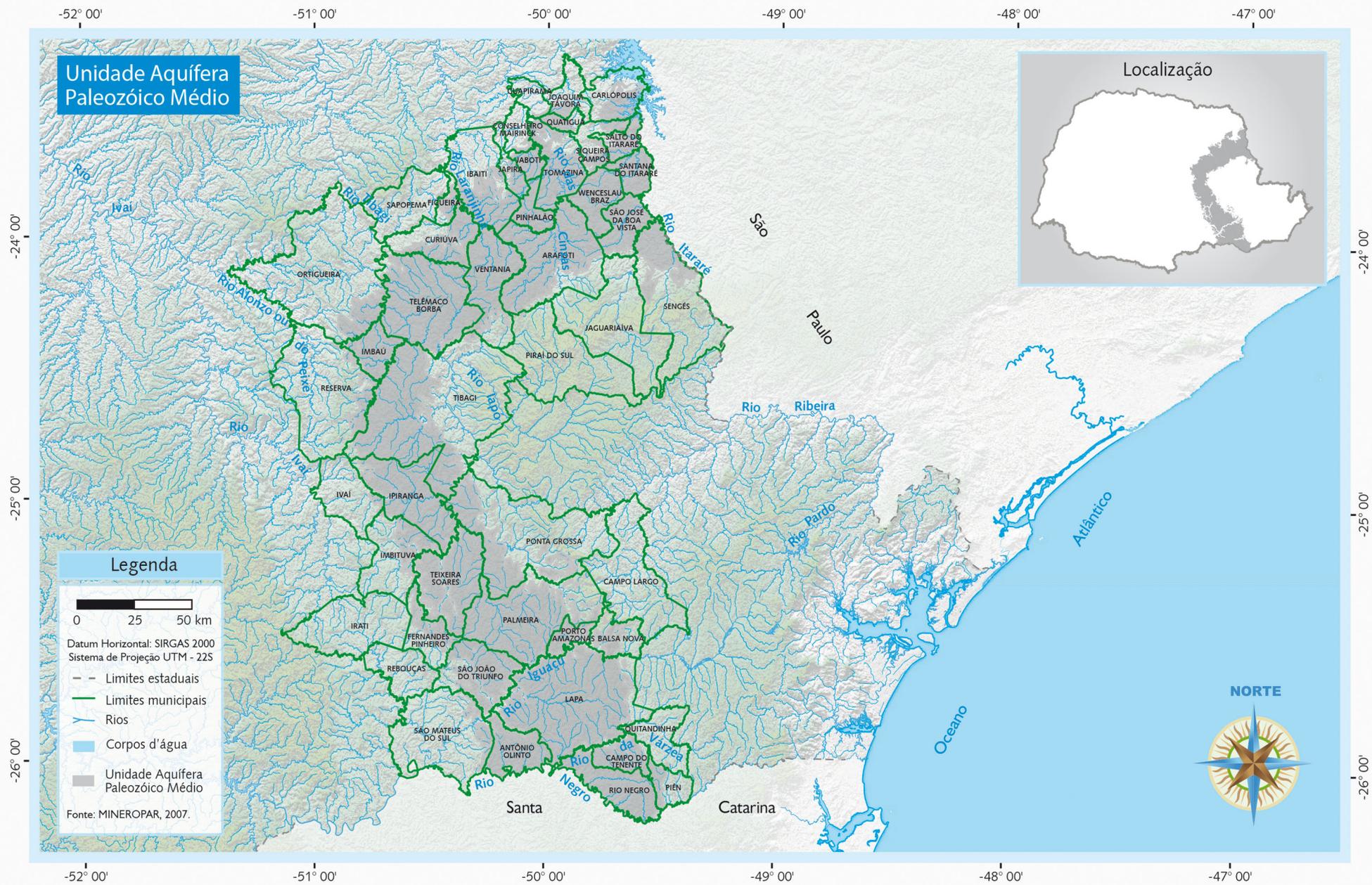
Unidade aquífera Paleozoica Média-Superior

Esse aquífero abrange uma área aproximada de 17.400 km², também localizada no Segundo Planalto Paranaense. Está representado pelas rochas sedimentares dos Grupos Itararé (Formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul), constituídos de arenitos, diamictitos, ritmitos, siltitos e argilitos intercalados que, em conjunto, apresentam uma espessura variável de 300 a 400m.

No Estado do Paraná, constata-se uma maior incidência de partes mais arenosas, notadamente nas proximidades do Arco de Ponta Grossa. Compõem também este aquífero as rochas sedimentares do Grupo Guatá (Formação Rio Bonito e Palermo), com destaque para os arenitos intercalados a argilitos e folhelhos, ocorrendo camadas de calcário e carvão da Formação Rio Bonito, o qual representa o maior potencial aquífero da área.

Admite-se para essa unidade aquífera um potencial hidrogeológico de 5,6 L/s/km², cuja produtividade média por poço perfurado está na ordem de 12.000 L/h, com profundidade de 154 m média; dados estes provenientes de aproximadamente 200 poços cadastrados no banco de dados hidrogeológico do Águas Paraná.

Quanto à qualidade, a água é classificada na tipologia de bicarbonatadas cálcicas, apresentando conteúdo médio de 120 mg/L de sólidos totais dissolvidos.



Unidade aquífera Paleozoica Superior

Localizada no Segundo Planalto Paranaense, essa unidade é constituída pelas rochas das Formações Irati, Serra Alta, Terezina e Rio do Rasto, ocupando uma área em torno de 16.000 km². As três primeiras formações são constituídas de modo geral por sedimentos de baixa permeabilidade, enquanto a última compõe-se de arenitos avermelhados, folhelhos, siltitos intercunhados, com a ocorrência de entradas de água nos poços perfurados relacionada às fraturas de pequenas profundidade e de delgados bancos de arenitos intercalados.

Essa unidade aquífera apresenta um potencial hidrogeológico na ordem de 3,6 L/s/km², e os melhores resultados para a captação de água estão associados por estruturas discordantes (diques) ou concordantes (sills), que interceptam o pacote sedimentar. Tais estruturas determinam discontinuidades provocadas pela própria intrusão ou pelo metamorfismo de contato com as rochas encaixantes, além de criarem verdadeiras barreiras hidráulicas que permitem o acúmulo e a circulação de água subterrânea.

De acordo com a distribuição iônica média, admite-se classificar as águas subterrâneas da Unidade Paleozoica Superior como sendo bicarbonatadas sódicas, apresentando conteúdo médio de 243 ppm (mg/L) de sólidos totais dissolvidos.

Unidade aquífera Guarani

Aquífero Guarani, detalhado no item Sistema Aquífero Guarani, é a denominação dada à reserva de água existente em parte do subsolo da região do Mercosul. Além do Paraná, ele atravessa outros sete estados brasileiros: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passa também pela Argentina, Paraguai e Uruguai.

A área do Aquífero Guarani é de 840.000 km² no Brasil, sendo que no Estado do Paraná a maior parte do aquífero encontra-se restrita a uma área de aproximadamente 131.130 km². É constituída por um conjunto de estratos eólicos e flúvio-lacustres (arenitos) que se encontram sotopostos aos basaltos da Serra Geral. E a espessura total de sedimentos pode atingir 800 m, com média de 200 m. O aquífero apresenta características termais, com temperatura das águas de até 65°C.

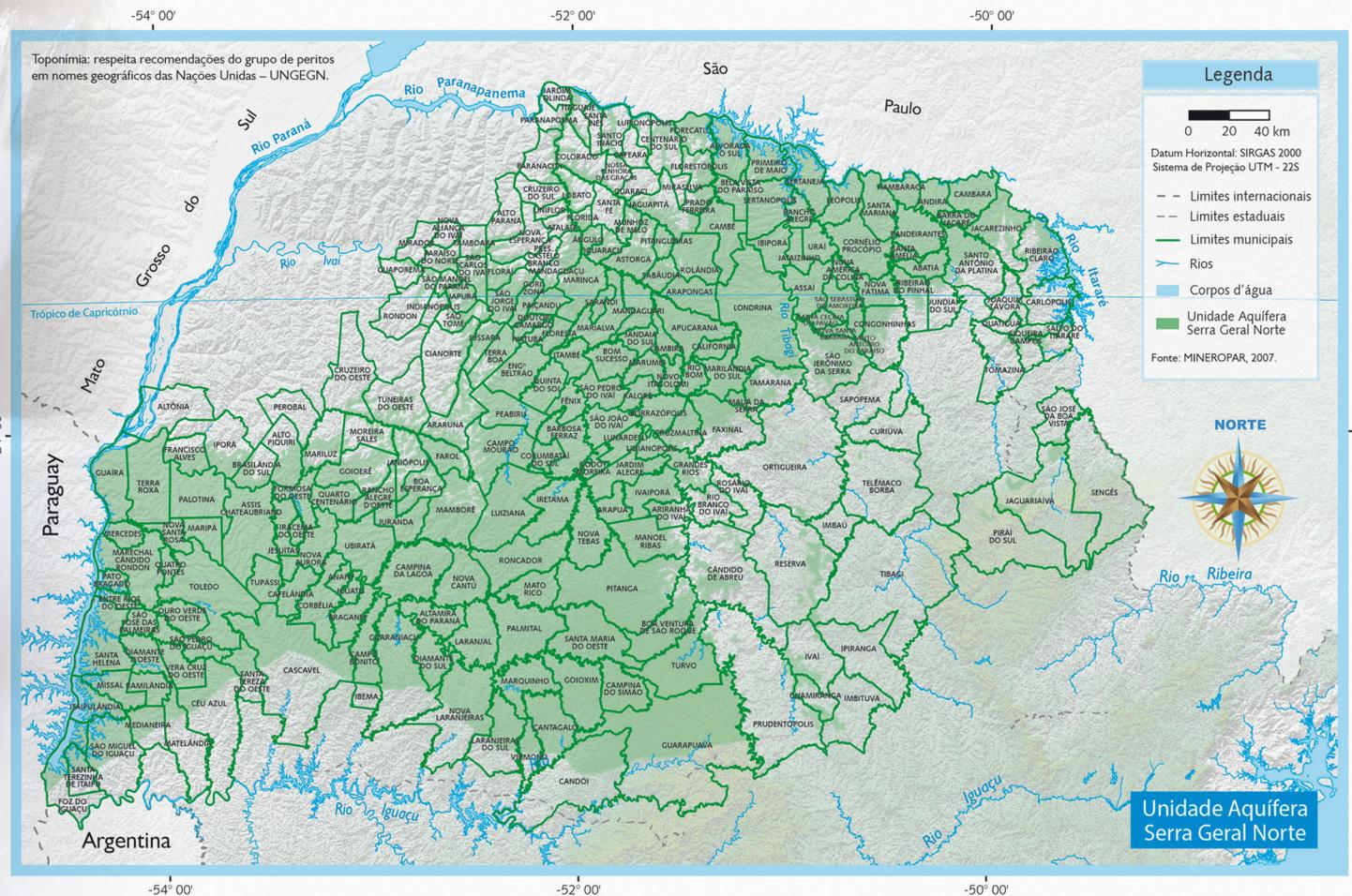
Os poços perfurados nesse aquífero, no Estado do Paraná, podem apresentar grandes vazões, da ordem de 1.000m³/h, a exemplo dos poços perfurados nas cidades de Ibiporã e Londrina.

Classificação tipológica: água mineral sódica-bicarbonatada-cloro-sulfatada.

Unidade aquífera Serra Geral

Esse aquífero ocorre no Terceiro Planalto Paranaense sendo constituído de rochas ígneas basálticas, resultantes de um extenso derrame de lavas que ocorreu no Mesozoico. Estes basaltos da formação abrangem uma área de afloramento em torno 102.000 km², o qual corresponde a aproximadamente 70% da unidade territorial do Estado do Paraná.

Encontra-se subdividido em duas unidades aquíferas: Serra Geral Norte (ocupando uma área em torno de 64.000 km²) e Serra Geral Sul (38.000 km²). Esta subdivisão é dada segundo os critérios de produção de água e relacionada às diferenciações das características hidrogeológicas típicas de cada unidade.



Uma das características marcantes das efusivas basálticas é o seu modo de ocorrência, constituindo empilhamentos sucessivos de lavas, em regra, unidades tabulares individualmente bem definidas.

O aquífero Serra Geral tem porosidade secundária, então seu armazenamento de água se dá através de estruturas de fraturamentos tectônicos e diaclases, originárias do resfriamento dos derrames, ocorridas posteriormente à formação da rocha. As espessuras dos derrames podem chegar a 1.500m, e sob essa espessa capa são encontradas as sequências sedimentares da Bacia do Paraná. Imediatamente abaixo e em parte intercalados nos derrames, posicionam-se as rochas areníticas da Formação Botucatu.

Segundo registros do banco de dados hidrogeológicos do Instituto das Águas do Paraná, os

poços mais produtivos estão relacionados com a Unidade Serra Geral Norte, caracterizada pelos derrames mais básicos, que determinam em espessuras de solo maiores, variando de 10 a 50m, espessuras em média de 80m entre os derrames, e com vazão média na ordem de 30.000 L/h a profundidade média de 120m. Já a Unidade Sul é caracterizada por rochas de composição ácida, apresentando espessura média de solo muito pequena de 0 a 10m, derrames mais espessos na ordem de 120 a 150m e com produção média de 5.000 L/h e profundidade média de 300m.

Do ponto de vista físico-químico, as águas das duas unidades são muito semelhantes, podendo ser classificadas como bicarbonatadas-sódicas, com conteúdo médio de sólidos totais dissolvidos de 145 mg/L (ppm).



Unidade aquífera Caiuá

Esse aquífero, que abrange uma área de aproximadamente 30.000 km² da região noroeste do Estado do Paraná, é representado principalmente por arenitos siltico-argilosos da Formação Caiuá, de coloração predominantemente castanho-avermelhado, e com variação lateral muito grande, incluídos arenitos tipicamente eólicos, com interdigitações de sedimentos finos.

Apresenta produtividade muito boa, admite-se um potencial hidrogeológico de 4,2 L/s/km² para essa unidade, sendo que, dos 840 poços perfurados e cadastrados no banco de dados do Instituto das Águas do Paraná, a vazão média é na ordem de 18.000 L/h com profundidade de 110 m em média.

Apesar da potencialidade hídrica muito menor, quando comparado ao aquífero Guarani, o seu aproveitamento é economicamente muito importante devido a sua distribuição geográfica e menor custo para captação. Entretanto, por tratar de um sistema aquífero acessível, de ótima permeabilidade/porosidade e, portanto, vulnerável à contaminação, a construção do poço tubular deverá ser projetada e realizada segundo as normas técnicas vigentes para a exploração desse aquífero. Cerca de 80% do abastecimento público da região de abrangência do aquífero Caiuá é feito por água subterrânea.

A qualidade de água do aquífero é classificada como sendo bicarbonatadas-cálcicas, apresentando média de 77 mg/L (ppm) de sólidos totais dissolvidos.



Unidade aquífera Guabiro tuba

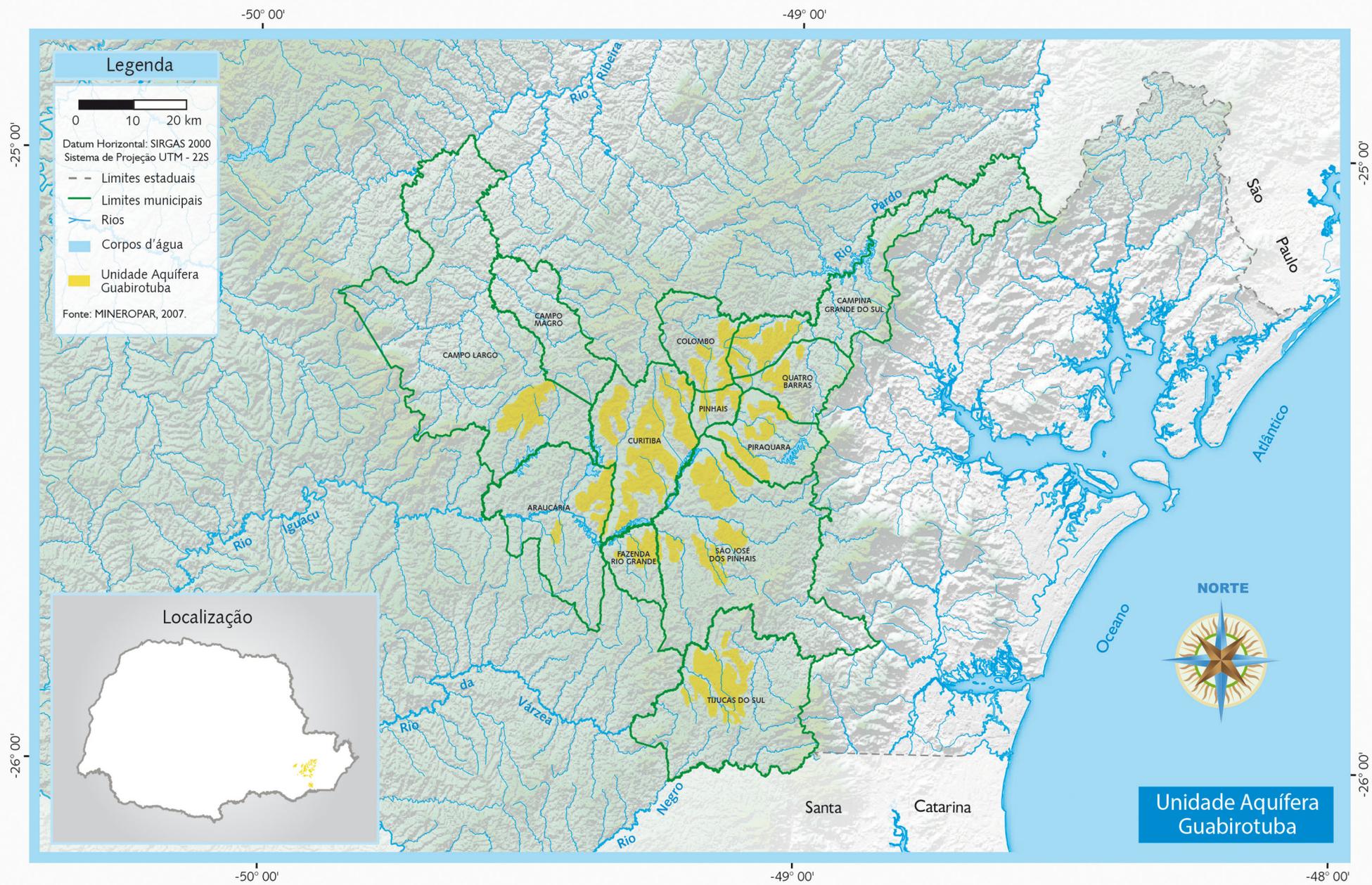
Trata-se de um aquífero do tipo primário, cujo armazenamento e fluxo da água estão associados à porosidade natural das lentes de areias arcoseanas da Formação Guabiro tuba, da Bacia de Curitiba.

Excetuando os depósitos aluvionares recentes, a Formação Guabiro tuba é constituída por sedimentos argilosos e arcósios (areias feldspáticas) e, subsidiariamente, por camadas irregulares de margas (argilas cálcíferas) assentados discordantemente sobre as rochas do embasamento cristalino. A sua área de abrangência é na ordem de 900 km², sendo em sua maior parte na cidade de Curitiba, estendendo-se para os demais municípios da Região Metropolitana de Curitiba. As espessuras máximas são da ordem de 60 a 80 m na porção central da Bacia de Curitiba, sendo que a mais notável ocorrência de areias arcoseanas está localizada na região nordeste da cidade de Curitiba, nas proximidades do Parque de Exposições Presidente Castelo Branco, no município de Pinhais.

Do ponto de vista hidráulico, pode apresentar caráter livre, semiconfinado a confinado, apresentando produtividade média por poço de 2L/s ou 7,2 m³/h.

A qualidade de água deste aquífero é do tipo bicarbonatada calco sódica, sendo tanto maior o grau de mineralização quanto maior o grau de confinamento das areias arcoseanas pela cobertura argilosa. Os teores de sólidos totais dissolvidos variam de um máximo de 180 mg/L a um mínimo de 40 mg/L, apresentando como valor médio 60 mg/L. Observam-se, localmente, teores anômalos de Ferro e Manganês, de 05 a 5 mg/L, respectivamente. Esses teores supõe-se associados às argilas orgânicas que ocorrem intercaladas aos níveis de areias arcoseanas. No que se refere à qualidade em relação ao uso, as águas raramente apresentam restrições para fins industriais e, via de regra, não necessitam de tratamentos para abastecimento doméstico.

O grau de vulnerabilidade do aquífero quanto à contaminação orgânica é baixo em razão de estar, na maior parte de sua extensão, capeado por cobertura argilosa, o que permite a ação dos processos de depuração dos eventuais efluentes lançados na superfície do terreno.



Unidade aquífera Costeira

A planície litorânea do Paraná, com área aproximada de 2.000 km², é quase totalmente recoberta por depósitos cenozoicos areno-argilosos de origem continental ou costeira. De modo geral, trata-se de sedimentos altamente porosos e permeáveis. Levando-se em conta as altas taxas de precipitação pluviométrica observadas na região (média de 1.900 mm/ano), tais depósitos representam verdadeiros reservatórios de água a serem convenientemente explorados.

Os principais problemas para a exploração desse potencial estão relacionados aos aspectos qualitativos da água, visto que são vários os fatores que para isso vão contribuir. Parâmetros físico-químicos como nitratos, cloretos, pH, cor, turbidez, ferro total etc. podem inviabilizar o seu uso, principalmente para o consumo humano. Além disso, o aquífero freático é altamente suscetível à influência de contaminação por fossas domésticas e pelo chorume proveniente dos depósitos de resíduos sólidos.

Do ponto de vista quantitativo, a exploração de aquíferos em regiões costeiras reveste-se de complexidade, levando-se em conta a influência da cunha salina nas captações subterrâneas. O reconhecimento das relações entre a água doce e a água salgada nessas situações é de grande importância já que o aquífero verte suas águas em direção ao mar.

As vazões obtidas variam de 2 a 15 m³/h, podendo atingir, nos casos de baterias de poços interligadas, produções na ordem de 50 m³/h.

Quanto à tipologia da água da planície litorânea do Paraná, em 80% dos casos está classificada como cloretadas-sódico-potássicas, ficando as restantes enquadradas como bicarbonadas calco sódicas.

Obedecendo aos padrões de potabilidade, os valores de pH deveriam oscilar entre 6,5 e 9,2. A maioria dos valores obtidos apresenta-se entre 3,7 e 6,0, determinando um caráter agressivo para essas águas, o que vai acarretar com o passar do tempo a corrosão dos materiais utilizados na construção e nos equipamentos de extração de água dos poços concluídos com componentes galvanizados.

