UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO CAIUÁ
NO ESTADO DO PARANÁ**

André Celligoi

Orientador : Prof. Dr. Uriel Duarte

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
2000

NAO CIRCULA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO CAIUÁ NO ESTADO DO PARANÁ

André Celligoi

Orientador : :Prof. Dr. Uriel Duarte

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

DEDALUS - Acervo - IGC

30900008009

SÃO PAULO
2000

NÃO CIRCULA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

HIDROGEOLOGIA DA FORMAÇÃO CAIUÁ NO ESTADO DO PARANÁ

ANDRÉ CELLIGOI

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome
Presidente:	Prof. Dr. Uriel Duarte
Examinadores:	Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças
	Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri
	Prof. Dr. Luiz Alberto Fernandes
	Dr. Seiju Hassuda

Assinatura

SÃO PAULO
2000

A Deus, acima de tudo

Para Maria Antonia, Marcelo e Giovana

AGRADECIMENTOS

Gostaria de prestar os meus sinceros agradecimentos:

Em especial ao Prof. Dr. Uriel Duarte, meu orientador, pela grande amizade, orientação e confiança durante todo o trabalho.

Ao Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento para Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa PICD.

Ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina pela liberação para a realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro à pesquisa.

À Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) na pessoa do gerente João Horácio Pereira e dos geólogos Gernot Schincker, Erivelto Luís Silveira e Ester Amélia Assis Mendes pela cessão dos dados dos poços e de perfilagens geofísicas.

À Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) pelo cadastro geral dos poços.

À companhia perfuradora HIDROINGÁ, na pessoa do geólogo Otto C. Hartleben Jr., pelo fornecimento dos dados dos poços perfurados.

Aos meus colegas da Área de Geologia: Angelo Spoladore, Cleuber Moraes Brito, José Paulo Pinese e Nelson Tagima pelo companheirismo, apoio e sugestões a este trabalho.

Aos colegas: José Cândido Stevaux, José Milton Benetti Mendes, Mara Iritani e Seiju Hassuda pelos incentivos, sugestões, idéias e discussões durante o trabalho.

À Profa. Maria Helena Pinotti pelo auxílio prestado na fase final do trabalho.

À minha esposa Maria Antonia pela paciência, incentivo ao trabalho e compreensão nas noites em claro.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	2
3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	3
4	METODOLOGIA DE TRABALHO	5
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E TRABALHOS ANTERIORES	5
4.2	ELABORAÇÃO DE BASES TEMÁTICAS	6
4.2.1	BASE CARTOGRÁFICA	6
4.2.2	BASE GEOLÓGICA	7
4.2.3	BASE AEROFOTOGRAMÉTRICA	8
4.3	CADASTRAMENTO DE POÇOS	8
5	ASPECTOS CLIMÁTICOS	12
5.1	TEMPERATURA	12
5.2	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	14
5.3	CLIMA	16
5.4	BALANÇO HÍDRICO	18
6	CONTEXTO GEOLÓGICO	23

6.1	LITOLOGIA	23
6.2	ESTRUTURAS	28
7 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO		32
8 CARACTERIZAÇÃO DO AQUÍFERO		37
8.1	ESPESSURA MÍNIMA DO AQUÍFERO	37
8.2	SUPERFÍCIE SATURADA	43
8.3	POTENCIALIDADE HÍDRICA	51
8.3.1	VAZÃO	51
8.3.2	CAPACIDADE ESPECÍFICA	52
8.4	PARÂMETROS HIDRÁULICOS PRINCIPAIS	57
8.4.1	TRANSMISSIVIDADE	58
8.4.2	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	61
9 HIDROQUÍMICA		65
9.1	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	65
9.2	DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS	68
9.3	POTABILIDADE	79
10 AVALIAÇÃO DAS RESERVAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS		80
10.1	RESERVAS PERMANENTES	81
10.2	RESERVAS REGULADORAS	82

11 CONCLUSÕES	89
---------------	----

12 BIBLIOGRAFIA	91
-----------------	----

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização e delimitação da área de pesquisa	4
FIGURA 2 - Distribuição dos poços na Formação Caiuá no PR .	10
FIGURA 3 — Médias mensais de temperatura nas estações de Cianorte, Paranavaí e Umuarama, no período entre 1972 e 1998.	12
FIGURA 4 — Médias anuais de temperatura nas estações de Cianorte, Paranavaí e Umuarama, no período entre 1972 e 1998.	13
FIGURA 5 — Totais pluviométricos mensais das estações meteorológicas no período entre 1974 e 1984.	14
FIGURA 6 — Mapa da área estudada com a localização das estações meteorológicas.	15
FIGURA 7 - Tipos climáticos do Estado do Paraná	17
FIGURA 8 — Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Cianorte, no período entre 1972 e 1997.	19
FIGURA 9 — Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Umuarama, no período entre 1972 e 1997.	20
FIGURA 10 — Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Paranavaí, no período entre 1972 e 1997.	22
FIGURA 11 — Mapa geológico da área pesquisada contendo as formações sedimentares em cores	24
FIGURA 12 — Aspecto geral de afloramento da formação Caiuá junto à rodovia BR 376, nas proximidades de Alto Paraná	25
FIGURA 13 — Vista panorâmica exibindo relevo característico da formação Caiuá, nas proximidades do município de Terra Rica	27
FIGURA 14 — Paisagem da formação Caiuá nos arredores de Paranavaí	27
FIGURA 15 — Mapa de traços de fraturas obtido a partir da análise e interpretação de imagens de satélites LANDSAT.	29
FIGURA 16 — Diagramas de roseta segundo a frequência e extensão dos lineamentos nas formações sedimentares cretáceas.	31
FIGURA 17 — Mapa da área pesquisada com as drenagens	33
FIGURA 18 — Mapa de extensão do aquífero Caiuá no Estado do Paraná	36
FIGURA 19 — Mapa de isolinhas de espessuras mínimas do aquífero Caiuá no estado do Paraná.	38
FIGURA 21 — Mapa contendo a topografia regional da área pesquisada	40
FIGURA 22 — Bloco diagrama com a superfície topográfica simplificada	41

FIGURA 23 — Seção geológica esquemática com as superfícies dos aquíferos Caiuá e Serra Geral.	42
FIGURA 24 — Mapa potenciométrico do aquífero Caiuá no Paraná.	44
FIGURA 25 — Bloco diagrama contendo a superfície saturada do aquífero Caiuá	45
FIGURA 26 — Mapa de isolinhas da espessura saturada do aquífero Caiuá	46
FIGURA 27 — Foto de fonte originada por contato litológico na região de Iguaçu	47
FIGURA 28 — Localização geográfica dos poços perfilados.	49
FIGURA 29 — Distribuição de freqüência das vazões dos poços que exploram as águas do aquífero Caiuá no Paraná, com e sem contribuição das zonas aquíferas da Formação Serra Geral.	52
FIGURA 30 — Mapa de isolinhas de vazões dos poços que exploram águas somente do aquífero Caiuá.	53
FIGURA 31 — Distribuição de freqüência das capacidades específicas no aquífero Caiuá no Paraná.	54
FIGURA 32 - Mapa de isolinhas de capacidades específicas dos poços que exploram águas somente do aquífero Caiuá.	55
FIGURA 33 — Distribuição dos poços com suas capacidades específicas	56
FIGURA 34 — Localização dos poços de bombeamento.	58
FIGURA 35 — Distribuição de freqüência dos dados de transmissividade.	59
FIGURA 36 — Distribuição dos poços de bombeamento com valores de transmissividade	60
FIGURA 37 - Distribuição dos poços de bombeamento com os valores de condutividade hidráulica.	62
FIGURA 38 — Distribuição de freqüência dos dados de condutividade hidráulica.	63
FIGURA 39 — Condutividade hidráulica em diferentes rochas	64
FIGURA 40 - Diagrama de PIPER - Composição química das águas subterrâneas do aquífero Caiuá no Paraná.	65
FIGURA 41 - Diagrama de PIPER — Poços com águas do aquífero Caiuá e poços com contribuição dos basaltos Serra Geral	66
FIGURA 42 — Mapa dos poços plotados com diagramas de STIFF evidenciando as variações das composições químicas.	70
FIGURA 43 — Isolinhas de distribuição dos teores de sódio	72
FIGURA 44 — Isolinhas de distribuição dos teores de cálcio	72
FIGURA 45 — Isolinhas de distribuição dos teores de magnésio.	74
FIGURA 46 — Isolinhas de distribuição dos teores de potássio.	74
FIGURA 47 — Isolinhas de distribuição dos teores de cloreto.	75
FIGURA 48 — Isolinhas de distribuição dos teores de bicarbonato.	75
FIGURA 49 — Isolinhas de distribuição dos teores de nitrato.	77
FIGURA 50 — Isolinhas de distribuição dos teores de sulfato.	77
FIGURA 51 — Isolinhas de distribuição dos teores de sílica.	78

FIGURA 52 — Isolinhas de distribuição dos teores de pH.	78
FIGURA 53 — Isolinhas de distribuição dos teores de sólidos totais dissolvidos.	79
FIGURA 54 - Mapa de localização do rio das Antas e a Estação Fluviométrica Águas do Jacu.	84
FIGURA 55 — Gráfico da vazão do rio das Antas em 1978	85
FIGURA 56 — Gráfico da vazão do rio das Antas em 1979	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 — Relação das folhas topográficas utilizadas.	7
TABELA 2 - Distribuição dos poços por atividade	9
TABELA 3 - Médias mensais dos dados pluviométricos	16
TABELA 4 — Balanço hídrico da estação meteorológica de Cianorte	19
TABELA 5 — Balanço hídrico da estação meteorológica de Umuarama	20
TABELA 6 — Balanço hídrico da estação meteorológica de Paranavaí	21
TABELA 7 - Frequências e extensões médias dos lineamentos medidos	30
TABELA 8 — Descrição sumária das unidades estratigráficas	35
TABELA 9 - Distribuição das culturas agrícolas na região	69
TABELA 10 - Dados químicos médios dos aquíferos Caiuá e Serra Geral	70
TABELA 11 — Totais pluviométricos da estação fluviométrica Águas do Iacu	86

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1- Tabela dos dados dos poços cadastrados

ANEXO 2 — Dados químicos dos poços utilizados para o diagrama de PIPER

ANEXO 3 - Gráficos de testes de bombeamento

ANEXO 4 - Gráficos de perfilagens geofísicas

RESUMO

A área de afloramento do aquífero Caiuá no Estado do Paraná, região noroeste do Estado do Paraná, sobre a qual está inserida a área de pesquisa, contém mais de 160 municípios, sendo os mais populosos os de Umuarama, Paranavaí, Cianorte e Nova Esperança, com respectivamente 90.878, 72.972, 52.437 e 25.877 habitantes.

O aproveitamento da água subterrânea, captada principalmente por poços tubulares, tem sido utilizado em grande quantidade, principalmente como fonte no sistema de abastecimento público dos municípios.

Os objetivos principais foram o estudo e interpretação das condições gerais de ocorrência das águas subterrâneas do aquífero Caiuá no Estado do Paraná, pelas suas condições hidráulicas, geológicas e hidrogeoquímicas, bem como o estabelecimento dos parâmetros de reservas de águas subterrâneas, fornecendo subsídios para uso racional na exploração agrícola, doméstica, industrial e comercial deste aquífero.

Foi realizado um cadastramento geral de 168 poços para a quantificação e qualificação da água subterrânea nessa região, abordando a localização de poços tubulares perfurados por toda a região noroeste do estado do Paraná, tendo por finalidade o relacionamento dos dados técnico-construtivos de cada obra, principalmente os de localização geográfica, profundidade, vazão, níveis d'água, ano de perfuração, entradas d'água, perfil geológico, bem como análises químicas.

As maiores espessuras saturadas do aquífero estão na porção centro-noroeste e centro-sudoeste da área aflorante e as menores espessuras nas porções marginais de contato leste e sul com a Formação Serra Geral, verificando-se, também, uma inclinação regional da superfície potenciométrica na direção E-W, no sentido da calha do rio Paraná, refletindo, mesmo que grosseiramente, o comportamento geral das camadas das formações da Bacia Sedimentar do Paraná nesta região.

A análise cadastral revelou uma vazão média de 15,3 m³/h para este aquífero, com capacidade específica média de 0,8 m³/h.m, sendo que 38,5% dos poços possuem vazões menores do que 5,0 m³/h e apenas 4,6% com vazões maiores do que 50,0 m³/h.

A partir de testes de bombeamento, foi possível a obtenção dos principais parâmetros hidrodinâmicos: Transmissividade e condutividade hidráulica, que têm em seus valores médios, $1,28 \times 10^2$ m²/dia e $3,22 \times 10^{-1}$ m/dia, em que os maiores valores de localizam-se na porção centro-noroeste da área, coincidindo com a área de maior espessura saturada do Aquífero.

Através do diagrama de Piper com as águas do aquífero Caiuá no Paraná, sustenta-se o caráter bicarbonatado cálcico a calco-magnesiano, com uma distribuição relativamente difusa. Tal composição coaduna-se relativamente com a tipologia química para águas deste aquífero na Bacia do Paraná.

A reserva permanente do Aquífero no Paraná, calculada em função da porosidade efetiva, da área de ocorrência e da espessura saturada média foi estimada em $4,5 \times 10^{11}$ m³, enquanto que a reserva reguladora, calculada através da análise das curvas de recessão dos rios, foi estimada em $6,7 \times 10^9$ m³/ano.

ABSTRACT

The aim of this work was the study and interpretation of the general conditions of groundwater of Caiuá aquifer through its hydraulic, geological and hydrogeochemical conditions as well as the determination of the groundwater resource parameters, giving support to the rational use in agricultural, domestic, industrial and commercial exploitation of this aquifer.

The area of Caiuá aquifer in Paraná state comprises more than 160 cities, including Umuarama, Paranaíba, Cianorte and Nova Esperança. The groundwater picked up by tubular wells has been used as source of water supply in many cities.

A survey of 168 tubular wells of the northwest region of Paraná state was carried out with respect to geographic location, depth, discharge, water level, drilling year, geological profile and chemical analyses with the objective of relate the technical-constructive data of each construction.

The highest saturated thicknesses of the aquifer are located in the center-northwest and center-southwest and the smallest ones are in the boundaries of the Serra Geral formation. A regional dipping of the hydraulic head was noticed in the E-W direction, showing the general behavior of the Paraná sedimentary basin sheets in this region.

The survey showed an average discharge of 15,3 m³/h, with specific capacity of 0,8 m³/h.m, with 38,5% of the wells having discharges lesser than 5,0 m³/h and only 4,6% showing discharges higher than 50,0 m³/h.

Using pumping tests, it was possible to obtain the main hydrodynamic parameters: transmissivity and hydraulic conductivity, with average values of $1,28 \times 10^2$ m²/day and $3,22 \times 10^{-1}$ m/day, respectively. The major values are located in the center-northwest portion, the area with the highest saturated thickness of the aquifer.

Through the PIPER diagram with the waters of the Caiuá aquifer, the bicarbonated-calcic and calcic-magnesian characters were maintained, with a relatively diffuse distribution. This composition, in great part, agrees with the chemical typology for waters of this aquifer in the Paraná Basin.

The permanent reserve of the aquifer in Paraná state, calculated in function of the effective porosity, the area of occurrence and the average saturated thickness was estimated in $4,5 \times 10^{11} \text{ m}^3$, while the regulator reserve, estimated through the analyses of the recession curves of the rivers was $6,7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{year}$.

1 INTRODUÇÃO

A região noroeste do Estado do Paraná, sobre a qual está inserida a área de pesquisa, é constituída de mais de 160 municípios localizados sobre a área de afloramento do aquífero Caiuá no Estado do Paraná.

Trata-se de uma região do Estado onde o desenvolvimento econômico e populacional apoia-se basicamente na agricultura e agropecuária, tendo a pastagem formada como sua cultura principal, perfazendo cerca de 87% da área disponível para o plantio, seguido de mata natural, algodão, trigo e milho, somados em aproximadamente 10%.

O aproveitamento da água subterrânea nesta região tem sido utilizado cada vez em maior quantidade, principalmente como fonte no sistema de abastecimento público dos municípios. Cerca de 50% dos mesmos possuem um ou mais poços tubulares para o abastecimento público total ou parcial de suas áreas urbanas e, não raramente, rurais.

Tais poços, a partir de um cadastramento geral para este trabalho, perfazem um total de 513 unidades, sendo que nesses números não estão inclusos os poços de particulares, os quais abastecem grande parte das indústrias e área rural de toda a região para fins de irrigação.

Dessa forma, a quantificação e qualificação das águas subterrâneas nos domínios da área pesquisada se faz necessária, tendo em vista a importância das mesmas para o planejamento sócio-econômico no meio rural e urbano desta região.

2 OBJETIVOS

Os objetivos principais foram:

- O estudo e interpretação das condições gerais de ocorrência das águas subterrâneas do Aquífero Caiuá no Estado do Paraná, pelas suas condições hidráulicas, geológicas e hidrogeoquímicas. Serão determinadas a espessura saturada; potencialidade hídrica, bem como os parâmetros hidráulicos principais e mapas hidrogeoquímicos.
- O estabelecimento dos parâmetros de reservas de águas subterrâneas, fornecendo subsídios para uso racional na exploração agrícola, doméstica, industrial e comercial deste aquífero, visando a perfeita gestão destes recursos.

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo encontra-se localizada nas regiões norte e noroeste do Estado do Paraná, onde afloram as rochas sedimentares cretáceas do Grupo Bauru da Bacia Sedimentar do Paraná, mais extensivamente a Formação Caiuá, estando delimitada pelos rios Paraná, Paranapanema e Piquiri, respectivamente a oeste, norte e sul e pelo limite de ocorrência das formações a leste com a Formação Serra Geral, de idade juro-cretácea, perfazendo uma área de cerca de 29.500 km² (FIGURA 1).

Inserida entre as coordenadas geográficas de longitudes 51° e 54° W e de latitudes 24°30' e 22°30' S, a região abrange vários municípios, tendo entre os mais populosos os municípios de Umuarama, Paranavaí, Cianorte e Nova Esperança, com respectivamente 90.878, 72.972, 52.437 e 25.877 habitantes (IBGE, 1997).

FIGURA 1 - Mapa de localização e delimitação da área de pesquisa

4 METODOLOGIA DE TRABALHO

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E TRABALHOS ANTERIORES

A Formação Caiuá tem sido estudada no Estado de São Paulo, com grande número de trabalhos publicados, tanto em estratigrafia, quanto em águas subterrâneas. Entretanto, no Estado do Paraná não acontece o mesmo.

Existem diversos trabalhos abordando estratigrafia, sedimentação e depósitos minerais:

STEVAUX & FERNANDEZ (1995) realizaram uma avaliação preliminar do potencial mineral da região noroeste do Estado do Paraná, resultando em dados de mapeamento regional e de semi-detálhe em algumas localidades por eles escolhidas.

FERNANDES (1992) em dissertação de mestrado, fez um estudo detalhado sobre a geologia e os ambientes de sedimentação da cobertura suprabasáltica do estado do Paraná, incluindo a Formação Caiuá e propondo para a mesma uma elevação a nível de grupo e subdividindo-a em 2 formações: a Formação Goio-Erê e a Formação Rio Paraná. O trabalho desta pesquisa em andamento terá como base geológica o mapa produzido neste trabalho, com algumas modificações.

Entretanto, os trabalhos publicados sobre águas subterrâneas do Aquífero Caiuá no Estado do Paraná são relativamente escassos, restringindo-se praticamente a boletins internos da SANEPAR (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ) E IAP (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ) e a alguns trabalhos destacados, como ROSA FILHO (1982), no qual são analisados e discutidos os parâmetros construtivos sobre a produtividade dos poços tubulares no Aquífero Caiuá.

A AGÊNCIA INTERNACIONAL DE COOPERAÇÃO DO JAPÃO (JICA, 1995), em concordância com a SECRETARIA ESTADUAL DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL do Estado do Paraná, publicou em 1995 o relatório final do ESTUDO DO PLANO DIRETOR PARA A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO NO PARANÁ. Tal relatório, entre outros temas, realizou uma abordagem para a estratégia de gerenciamento do meio ambiente hídrico no Estado do Paraná. A escassez de água para abastecimento doméstico e industrial, deterioração da água de superfície e recursos de água subterrânea devido ao aumento do esgoto doméstico, são alguns temas que abrangem o escopo geral do relatório.

4.2 ELABORAÇÃO DE BASES TEMÁTICAS

O material de base utilizado para a pesquisa e elaboração dos mapas, bem como outras figuras presentes no relatório final deste trabalho foi:

4.2.1 BASE CARTOGRÁFICA

Folhas topográficas na escala 1:50.000 (IBGE) e 1:100.000 (DSG), as quais recobrem toda a área pesquisada, que é a área de afloramento das formações sedimentares suprabasálticas da bacia sedimentar do Paraná, e são elas na TABELA 1:

FOLHAS 1:50.000 (IBGE)	
Astorga	Nova Londrina
Bela Vista	Paranacity
Centenário do Sul	Paranavaí
Colorado	Peabirú
Diamante do Norte	Porecatu
Esperança do Norte	Sabáudia
Guairaçá	Santa Fé
Itororó do Paranapanema	Santo Inácio
Juçara	São João do Caiuá
Maringá	Teodoro Sampaio
Nova Esperança	Terra Rica
FOLHAS 1:100.000 (DSG)	
Campo Mourão	Londrina
Cianorte	Mamborê
Eldorado	Palotina
Goio Erê	Paraíso do Norte
Guaíra	Pérola
Icaraíma	Tapira
Loanda	Umuarama

TABELA 1 – Relação das folhas topográficas utilizadas.

4.2.2 BASE GEOLÓGICA

- Mapa geológico da cobertura cretácea suprabasáltica do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP), escala 1:500.000 – FERNANDES (1992)
- Mapa geológico, escala 1:500.000 – MINEROPAR (1983)
- Mapa geológico do bloco SF-22-U, escala 1:100.000 – CONSÓRCIO CESP-IPT/PAULIPETRO (1981).

4.2.3 BASE AEROFOTOGRAMÉTRICA

- Fotografias aéreas, escala 1:25.000 – ITCF de 1980 e 1972, da região noroeste do estado do Paraná.
- Imagens de satélites LANDSAT, escala 1:250.000, da região pesquisada.

4.3 CADASTRAMENTO DE POÇOS

Um cadastramento compreendeu a localização de poços tubulares perfurados por toda a região noroeste do estado do Paraná, tendo por finalidade o relacionamento dos dados técnico-construtivos de cada obra, principalmente os de localização geográfica, profundidade, vazão, níveis d'água, ano de perfuração, entradas d'água, perfil geológico, entre outros (FIGURA 2).

Tal cadastro compreendeu a abordagem inicial de 513 poços que exploram as águas do aquífero Caiuá no estado do Paraná. Entretanto, apenas 168 poços puderam ser aproveitados com confiança, onde foram observados os dados dos poços (profundidade total e profundidade de revestimento), as características do aquífero (entradas d'água e nível estático) e os dados de produção (vazão e capacidade específica), bem como resultados de análises químicas. A tabela dos poços com os principais dados encontra-se relacionada nos ANEXOS.

Os poços e seus parâmetros foram plotados em mapas e superfícies de tendência foram feitas, utilizando-se *krigging* como metodologia de interpolação de dados.

Relatórios de testes de bombeamento foram obtidos junto à SANEPAR e junto à empresa de perfuração de poços HIDROINGÁ, que perfizeram um total de 17 poços com dados completos: medidas parciais de vazão e níveis d'água, profundidade e posicionamento

dos filtros, etapas contínuas de bombeamento com vazão máxima e recuperação posterior, bem como o acompanhamento efetivo do geólogo responsável.

Para a análise e interpretação dos testes, foi utilizada a metodologia de recuperação de COOPER-JABOB, a qual consiste em bombeamento contínuo e após a estabilização do nível dinâmico, procede-se a recuperação de nível. Este método permite a obtenção dos principais parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, que são: transmissividade e condutividade hidráulica. O parâmetro coeficiente de armazenamento foi descartado neste trabalho, em virtude de que, para o cálculo do mesmo, se faria necessária a medição dos níveis com poços de observação, procedimento este não presente quando da realização dos testes.

Dos 168 poços cadastrados, 78 são de propriedade da SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná, 80 pertencem às prefeituras municipais, todos utilizados no abastecimento público, e o restante - 10 - de particulares, é destinado ao uso industrial, doméstico e comercial (TABELA 2).

ATIVIDADE	N.º DE POÇOS	% DO TOTAL
PÚBLICO	158	94
OUTROS	10	6

TABELA 2 - Distribuição dos poços por atividade

FIGURA 2 - Distribuição dos poços na Formação Caiuá no PR com seus respectivos números de cadastro.

O ponto de partida para a obtenção dos dados iniciou-se a partir do cadastro geral de poços da SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), órgão pertencente à Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná. Este cadastro, aliado aos relatórios conclusivos de poços tubulares da SANEPAR, na região noroeste do Estado do Paraná, permitiu uma visão inicial do abastecimento e utilização dos poços tubulares e sua localização geográfica.

Foram também obtidas fichas e relatórios de conclusão de poços junto aos arquivos de companhias perfuradoras que operam efetivamente na região, tais como Hidroingá, Waldemar Georg, Copam e Yguatú, selecionando-se sempre os dados mais completos.

Resultados de análises físico-químico-bacteriológicas foram também inventariadas junto à SUDERHSA e SANEPAR, a fim de se obter uma caracterização hidroquímica básica das águas do aquífero Caiuá na região de pesquisa e a relação destas com as rochas aquíferas.

5 ASPECTOS CLIMÁTICOS

5.1 TEMPERATURA

Tomando-se como base as médias climatológicas do período entre 1972 e 1998, medidas nas estações meteorológicas de Cianorte, Paranavaí e Umuarama, do INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR, pode-se dizer que a região em estudo goza de uma temperatura média anual em torno de 21,8°C. O mês mais quente é fevereiro, apresentando temperatura média em torno de 24,9°C e os meses de junho e julho são os mais frios, com temperaturas médias em torno de 17,7 e 17,9°C, respectivamente (FIGURA 3).

FIGURA 3 — Médias mensais de temperatura nas estações de Cianorte, Paranavaí e Umuarama, no período entre 1972 e 1998. (Fonte: IAPAR – Área de ecofisiologia).

Observando-se as curvas das médias anuais das três estações, nota-se na FIGURA abaixo que, embora com configuração semelhante, a estação de Cianorte apresenta valores freqüentemente inferiores aos de Paranavaí e Umuarama, devido, talvez, à sua proximidade com regiões mais altas e de relevo mais ondulado, imposto pelos basaltos da Formação Serra Geral aflorantes.

FIGURA 4 – Médias anuais de temperatura nas estações de Cianorte, Paranavaí e Umuarama, no período entre 1972 e 1998. (Fonte: IAPAR – Área de ecofisiologia).

Nota-se, também que, embora variando muito de ano para ano, existe uma tendência de aumento geral de temperatura desde 1972 até 1998.

5.2 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A média anual de precipitação pluviométrica para a região noroeste do Estado do Paraná, no período entre 1974 e 1984, nas estações meteorológicas de Douradina, Santa Isabel do Ivaí, Quinta do Sol, Rondon, Porto Rico e Paranacity, está compreendida em torno de 1.397 mm. A estação meteorológica de Quinta do Sol tem uma média de 1.611 mm para o mesmo período, constituindo-se em uma exceção para essa região do Estado.

O mês mais chuvoso é dezembro, com média pluviométrica acima de 200 mm e julho e agosto os de menor precipitação, com cerca de 51 mm em média. A FIGURA 5 apresenta gráfico da distribuição dos totais pluviométricos mensais das estações acima citadas.

FIGURA 5 – Totais pluviométricos mensais das estações meteorológicas no período entre 1974 e 1984. (Fonte: Microsistema de dados meteorológicos – DNAEE – CGRH)

FIGURA 6 — Mapa da área estudada com a localização das estações meteorológicas.

As precipitações são em geral bem distribuídas durante o ano, apesar de que na porção mais setentrional, possa ser detectada uma curta estação seca no inverno, conforme observações feitas por MAACK (1981) para o clima do terceiro planalto paranaense.

Devido à implantação de culturas como café, soja, trigo e milho, no norte e oeste do Estado, com conseqüente destruição das florestas tropicais, reservas ou matas de proteção das nascentes não são mantidas. Este fato tem modificado significativamente o coeficiente de variação das precipitações. Como conseqüência, estas regiões têm freqüentemente registrado períodos de abundância e escassez de chuvas.

As médias mensais dos dados pluviométricos das estações, compreendidos entre 1974 e 1984, fornecidas pela SUDERHSA/IAP, podem ser vistas na TABELA 3, a seguir.

Estação Local	Porto Taquara Douradina	Sta Isabel do Ivaí Sta Isabel do Ivaí	Quinta do Sol Quinta do Sol	Porto Paraíso do Norte Rondon	Porto Rico Porto Rico	Vila Silva Jardim Paranacity	Média
JAN	132,7	163,8	152,8	137,6	167,4	136,4	148,5
FEV	112,6	105,2	121,4	128,2	99	117,1	113,9
MAR	102,9	103,3	137,7	110,6	80,6	111	107,7
ABR	102,8	87,6	124	92,6	85,7	83	96,0
MAI	125,6	95,8	109,6	87	109,4	80,8	101,4
JUN	61	72,6	111	99,4	71,7	83,4	83,2
JUL	43,2	39,9	73,6	57,1	47,7	44,4	51,0
AGO	60,2	52,5	62,9	51,9	46,6	35,4	51,6
SET	119,4	111,9	129,5	106,7	116,8	129,7	119,0
OUT	181,8	166,7	175,4	171,7	191,4	152,2	173,2
NOV	142,5	133,6	179,2	118,6	151,5	130,7	142,7
DEZ	212,7	180,9	233,8	196	223,9	208,2	209,3
Soma	1397,4	1313,8	1610,9	1357,4	1391,7	1312,3	1397,25
Média	116,5	109,5	134,2	113,1	116,0	109,4	116,4

TABELA 3 - Médias mensais dos dados pluviométricos das estações entre 1974 e 1984.

5.3 CLIMA

Segundo a classificação de Köppen (MAACK, 1981), cuja sistemática se fundamenta nos regimes térmico e pluviométrico e nas associações vegetais, a região da Formação Caiuá no Estado do Paraná enquadra-se como pertencente ao clima mesotérmico, sem estação seca, com verões quentes e com média do mês mais quente superior a 25°C, sendo as geadas freqüentes (Cfa), FIGURA 7.

É o clima predominante de todo norte, oeste e sudoeste paranaense, em altitudes normalmente inferiores 850-900 metros.

Vale ressaltar que tem se verificado em toda a porção norte, incluindo a zona limítrofe com o estado de São Paulo, neste últimos anos verifica-se um período mais seco no inverno, caracterizando o tipo climático Cwa, que se diferencia do Cfa pelo de fato de apresentar estiagem no inverno.

FIGURA 7 - Tipos climáticos do Estado do Paraná (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1984)

5.4 BALANÇO HÍDRICO

Foi realizado o balanço hídrico em três localidades distribuídas pela área em estudo, com a finalidade de uma melhor compreensão dos ganhos e perdas constantes no ciclo hidrológico.

A metodologia utilizada para o cálculo foi a de THORNTHWAITE, adaptada por NETO *et al.* (1991), a qual se baseia em dois elementos climáticos: a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial, também chamada pelos autores acima de evapotranspiração de referência.

THORNTHWAITE & MATHER (1955), in NETO *et al.* (1991), definem evapotranspiração potencial como sendo a perda total de água na forma de vapor normal de uma superfície natural em suprida de água à atmosfera, ocorrendo quando a folhagem vegetal se mantém turgescente e quando o processo decorre dependente de atributos do clima, não havendo restrição de água ou cobertura vegetal.

Este método, adaptado para as condições climatológicas brasileiras, segundo VELÁSQUEZ (1996), tem sido amplamente aplicado, visto a sua viabilidade perante à disponibilidade de dados, dos quais só são requeridos a temperatura e a precipitação pluviométrica médias mensais.

O balanço foi realizado para um período de 25 anos, desde o ano de 1972 até o ano de 1997, para três estações meteorológicas do IAPAR, distribuídas pela área de afloramento do aquífero Caiuá, São elas: Cianorte, Paranavaí e Umuarama.

As TABELAS 4 e 5, bem como as FIGURAS 8 e 9, referentes aos dados pertencentes às estações de Cianorte e Umuarama, respectivamente, evidenciam um excedente hídrico para todos os meses do ano, inclusive para julho e agosto, que se constituem nos meses de menor precipitação pluviométrica na região. Isto se dá pelo fato

de os dados de evapotranspiração potencial serem sempre superiores que os de precipitação.

mês	T	EP	P	Saldo	NA	ARM	ER	DEF	EXC
jan	24.6	129,3	212,6	83.3	0.0	125.0	129.3	0.0	83.3
fev	24.5	111,1	155,1	44.0	0.0	125.0	111.1	0.0	44.0
mar	24.0	111,0	133,5	22.5	0.0	125.0	111.0	0.0	22.5
abr	22.0	81,8	119,9	38.1	0.0	125.0	81.8	0.0	38.1
mai	19.1	56,9	135,1	78.2	0.0	125.0	56.9	0.0	78.2
jun	17.4	44,1	109,9	65.8	0.0	125.0	44.1	0.0	65.8
jul	17.5	43,8	70,6	26.8	0.0	125.0	43.8	0.0	26.8
ago	19.2	59,3	72,8	13.5	0.0	125.0	59.3	0.0	13.5
set	20.2	68,7	130,6	61.9	0.0	125.0	68.7	0.0	61.9
out	22.4	96,8	175,2	78.4	0.0	125.0	96.8	0.0	78.4
nov	23.7	112,8	146,3	33.5	0.0	125.0	112.8	0.0	33.5
dez	24.3	126,9	206,4	79.5	0.0	125.0	126.9	0.0	79.5

T: Temperatura (°C)

Saldo: $P - EP$ (mm)

Déficit hídrico (mm)

EP: Evapotranspiração potencial (mm)

ARM: Armaz. de água disponível (mm)

ER: Evapotranspiração real (mm)

P: Precipitação pluviométrica (mm)

NA: Negativo acumulado (mm)

DEF: Excedente hídrico (mm)

TABELA 4 — Balanço hídrico da estação meteorológica de Cianorte.

FIGURA 8 — Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Cianorte, no período entre 1972 e 1997.

mês	T	EP	P	Saldo	NA	ARM	ER	DEF	EXC
jan	25.0	134,2	173,3	39.1	0.0	125.0	134.2	0.0	39.1
fev	24.8	114	145,2	31.2	0.0	125.0	114.0	0.0	31.2
mar	24.4	115	128,6	13.6	0.0	125.0	115.0	0.0	13.6
abr	22.2	82,7	139,4	56.7	0.0	125.0	82.7	0.0	56.7
mai	19.5	58,7	141,6	82.9	0.0	125.0	58.7	0.0	82.9
jun	17.8	45,4	113,1	67.7	0.0	125.0	45.4	0.0	67.7
jul	18.0	45,8	67,7	21.9	0.0	125.0	45.8	0.0	21.9
ago	19.5	60,4	77,6	17.2	0.0	125.0	60.4	0.0	17.2
set	20.5	70,1	142,7	72.6	0.0	125.0	70.1	0.0	72.6
out	22.6	97,9	170,7	72.8	0.0	125.0	97.9	0.0	72.8
nov	23.9	114,5	161,4	46.9	0.0	125.0	114.5	0.0	46.9
dez	24.7	131,6	182,3	50.7	0.0	125.0	131.6	0.0	50.7

T: Temperatura (°C)

Saldo: $P - EP$ (mm)

Déficit hídrico (mm)

EP: Evapotranspiração potencial (mm)

ARM: Armaz. de água disponível (mm)

ER: Evapotranspiração real (mm)

P: Precipitação pluviométrica (mm)

NA: Negativo acumulado (mm)

DEF: Excedente hídrico (mm)

TABELA 5 – Balanço hídrico da estação meteorológica de Umuarama.

FIGURA 9 – Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Umuarama, no período entre 1972 e 1997.

A estação de Paranavaí tem comportamento semelhante no tocante ao excedente hídrico em geral, porém apresenta um pequeno déficit no mês de agosto, onde os valores médios de evapotranspiração potencial superam ligeiramente os de precipitação pluviométrica (TABELA 6 e FIGURA 10).

mês	T	EP	P	Saldo	NA	ARM	ER	DEF	EXC
jan	25.1	134,9	184,6	49.7	0.0	125.0	134.9	0.0	49.7
fev	24.9	114,8	149,4	34.6	0.0	125.0	114.8	0.0	34.6
mar	24.4	114,8	132,3	17.5	0.0	125.0	114.8	0.0	17.5
abr	22.2	82,5	109,1	26.6	0.0	125.0	82.5	0.0	26.6
mai	19.5	58,4	116	57.6	0.0	125.0	58.4	0.0	57.6
jun	17.8	45,1	102,1	57.0	0.0	125.0	45.1	0.0	57.0
jul	18.1	46,1	55,3	9.2	0.0	125.0	46.1	0.0	9.2
ago	19.9	63,1	53,9	-9.3	9.3	116.0	62.9	0.3	0.0
set	20.7	71,4	137,6	66.2	0.0	125.0	71.4	0.0	57.2
out	22.9	100,8	167,5	66.7	0.0	125.0	100.8	0.0	66.7
nov	24.1	116,3	125,5	9.2	0.0	125.0	116.3	0.0	9.2
dez	24.8	132,3	179,3	47.0	0.0	125.0	132.3	0.0	47.0

T: Temperatura (°C)

Saldo: P – EP (mm)

Déficit hídrico (mm)

EP: Evapotranspiração potencial (mm)

ARM: Armaz. de água disponível (mm)

ER: Evapotranspiração real (mm)

P: Precipitação pluviométrica (mm)

NA: Negativo acumulado (mm)

DEF: Excedente hídrico (mm)

TABELA 6 – Balanço hídrico da estação meteorológica de Paranavaí.

FIGURA 10 — Gráfico exibindo distribuição dos valores médios de temperatura e evapotranspiração potencial para a estação meteorológica de Paranavaí, no período entre 1972 e 1997.

Ainda assim, pode-se afirmar que o aquífero Caiuá recebe em geral recargas por todo o ano, pelo menos durante o intervalo de tempo amostrado, tomando-se como base as estações meteorológicas do IAPAR anteriormente citadas.

6 CONTEXTO GEOLÓGICO

6.1 LITOLOGIA

Na área em estudo afloram as rochas sedimentares referentes ao Grupo Bauru, o qual é constituído pelas formações: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, assentadas sobre as rochas basálticas da formação Serra Geral, a qual constitui todo o substrato rochoso. A maior extensão, no Estado do Paraná, cabe à Formação Caiuá - a Formação Marília não ocorre no Estado e as outras duas muito localmente (FIGURA 11).

A Formação Caiuá pode ser dividida em 2 fácies: Fácies Porto Rico, inferior, e Fácies Mamborê, que é a superior. A primeira, segundo STEVAUX & FERNANDEZ (1995), é constituída por arenito fino a médio, arroxado, com estratificação cruzada de grande porte, típica de dunas eólicas de ambiente desértico. A superior, segundo o mesmo autor, apresenta arenito de mesma granulometria que a anterior com maior quantidade de finos na matriz, ostentando estratificações cruzadas acanaladas de médio a pequeno porte, que se alternam com camadas de arenito maciço.

Tal faciologia sugere uma gênese ligada a depósitos subaquáticos. BÓSIO & LANDIM (1971) afirmam que o grau de seleção desses arenitos apresentam níveis superiores quando comparados com os da Formação Botucatu, referente ao triássico. FERNANDES (1992) refere-se a essa fácies como uma transição da Formação Caiuá para a Formação Santo Anastácio superposta.

FIGURA 11 – Mapa geológico da área pesquisada contendo as formações sedimentares em cores (Modificado de FERNANDES, 1992).

O mesmo autor reconheceu a individualidade da unidade Caiuá (FULFARO; PERINOTTO, 1996) e, com base em características litológicas e áreas de ocorrência, promoveu-a para Grupo e separou os arenitos Caiuá em duas formações: Rio Paraná e Goio-Erê.

A primeira, localizada na margem esquerda do rio Paraná e de maior extensão, constitui-se de quartzo-arenitos finos a muito finos, arroxeados, supermaturos, com boa maturidade textural. Geralmente bem selecionados, pouca ou nenhuma matriz silto-argilosa, com estratificação cruzada de médio a grande porte (FIGURA 12).

FIGURA 12 — Aspecto geral de afloramento da formação Caiuá junto à rodovia BR 376, nas proximidades de Alto Paraná, evidenciando estratificações cruzadas de grande porte (foto do Autor).

A segunda, cuja exposição mais característica está na rodovia Campo Mourão — Goio-Erê, é constituída por quartzo-arenitos de cor marrom-avermelhada a cinza-arroxeados, finos a muito finos, submaturos, com estratificação cruzada acanalada de médio a pequeno porte, apresentando cimentação carbonática freqüente.

Tal subdivisão, no entanto, não será utilizada para este trabalho, sendo adotado o nível tradicional de Formação para a unidade Caiuá.

A Formação Caiuá constitui um espesso depósito cujo depocentro encontra-se orientado na direção NE-SW, formando uma calha alongada que se abre em direção ao Estado do Mato Grosso do Sul. Um alto estrutural regional na subjacente Formação Serra Geral, alinhado grosseiramente com o rio Paranapanema, separa o depocentro paranaense que se apresenta mais profundo (mais que 250 metros) do que o paulista (cerca de 50 metros), na região de Presidente Prudente e Adamantina STEVAUX & FERNANDEZ, 1995).

O Mapa Geológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 1989) apresenta, ainda que em ocorrências bastante localizadas, as formações Adamantina e Santo Anastácio, restritas à porção norte do Estado, nos municípios de Porecatu, Centenário do Sul a Santo Inácio. A Formação Santo Anastácio constitui-se de arenito fino a médio, com pouca matriz, bem selecionado, com cimentação carbonática localizada. Já a Formação Adamantina, de ocorrência muito restrita, é formada por arenito fino a muito fino, alternado por bancos de lamitos e siltitos.

Além dessas formações referentes à Bacia do Paraná, encontram-se também, depósitos aluvio-coluvionares quaternários, adjacentes ao curso dos rios principais, próximos à sua foz, bem como depósitos subaquosos de bacias localizadas.

Em termos geomorfológicos, a área pesquisada pertence ao 3º Planalto Paranaense (MAACK, 1981), onde o relevo é constituído de colinas amplas, de topos extensos e arredondados, apresentando encostas de baixa declividade (FIGURA 13 e FIGURA 14)

Em função dessa característica geomorfológica, a rede de drenagem é do tipo dendrítica, com rios meandantes de baixo poder erosivo e, em geral, com pequena profundidade.

FIGURA 13 — Vista panorâmica exibindo relevo característico da formação Caiuá, nas proximidades do município de Terra Rica (foto do Autor).

FIGURA 14 — Paisagem da formação Caiuá nos arredores de Paranavaí (foto do Autor)

6.2 ESTRUTURAS

Três direções estruturais importantes, associadas a falhas, têm sido reconhecidas em caráter regional: NW-SE, NE-SW e E-W. As duas mais importantes, segundo ZALÁN et al (1986), são as com orientações NW-SE e NE-SW, que podem constituir falhas simples, ou extensas zonas de falhas, porém com rejeitos verticais relativamente pequenos. Os mesmos autores reconhecem os lineamentos E-W, os quais são pouco compreendidos na Bacia do Paraná, mas que sugerem a importância de sua influência no atual arcabouço da Bacia.

A cobertura sedimentar pós-basáltica tem seus limites atuais coincidentes com importantes estruturas tectônicas (NW e NE), muitas delas associadas a antigas zonas de falhas profundas, de idade pré-cambriana a eopaleozóica (FERNANDES, 1992).

Com a análise e interpretação de imagens LANDSAT, foi possível a identificação de estruturas do tipo fratura e/ou falhamento na área da Formação Caiuá no Paraná. Foram identificadas 3 famílias de juntas principais, com direções preferenciais médias de: N 4° E (com 11% de todas as medidas), N 45° E e N 15° W, as quais estão mostradas na TABELA 7 e nas FIGURAS 15 e 16.

A classe mais dominante — N 4° E —, entretanto, tem extensão média dos traços de fraturas de 9,9 km, assim como a de N 45° E, que possui 7,8 km de média nos seus alinhamentos. A terceira família — N 15° W — tem os maiores alinhamentos entre as classes mais dominantes em frequência, com cerca de 16,9 km de extensão em média.

Uma das famílias de alinhamentos menos representativas em termos de frequência, que é de N 85° W na média, têm as maiores extensões médias verificadas, com 17,3 km.

FIGURA 15 — Mapa de traços de fraturas obtido a partir da análise e interpretação de imagens de satélites LANDSAT.

NE - CLASSES	Graus	Frequência (%)	Extensão (km)
	0 a 9	11.0	9.9
	10 a 19	5.8	12.5
	20 a 29	9.0	11.6
	30 a 39	9.0	8.0
	40 a 49	10.3	8.0
	50 a 59	4.5	11.2
	60 a 69	3.2	8.6
	70 a 79	3.5	12.0
	80 a 89	1.9	8.5
NW - CLASSES	Graus	Frequência (%)	Extensão (km)
	0 a 9	3.5	7.3
	10 a 19	8.1	16.9
	20 a 29	6.8	8.0
	30 a 39	6.1	8.8
	40 a 49	3.5	11.9
	50 a 59	4.5	12.0
	60 a 69	1.9	12.9
	70 a 79	3.5	14.4
	80 a 89	2.9	17.3

TABELA 7 - Frequências e extensões médias dos lineamentos medidos.

Em estudo geológico-estrutural, notaram-se concentrações de direções distintas, com evidências de falhamento relacionadas a diferentes unidades geológicas: fraturamentos NW, ENE e NE nos basaltos (CELLIGOI; DUARTE, 1994), NW e NNW em rochas do Cretáceo Superior e falhas normais com rejeitos de até dezenas de metros de direção NW, nas unidades paleozóicas.

FIGURA 16 — Diagramas de roseta segundo a frequência e extensão dos lineamentos nas formações sedimentares cretáceas.

7 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

O rio Paraná, que se desloca de NE para SW, orienta a rede de drenagem para oeste, recebendo diversos cursos d'água que atravessam a Formação Caiuá, como os rios Paranapanema, Piquiri e Ivaí, com seus respectivos afluentes.

A bacia hidrográfica do Baixo Ivaí drena a maior parte da área, sendo responsável por cerca de 44% da área drenada na referida formação no Estado do Paraná, com 29.452 km² (FIGURA 17).

O pacote sedimentar de todo o Grupo Bauru, principalmente no Estado de São Paulo, se constitui, segundo CAMPOS (1987), como sendo um sistema aquífero poroso e livre por toda a sua extensão, embora FERNANDES (1992) afirme que o mesmo comporta-se como semi-confinado no Paraná, em virtude da frequência em intercalações lamíticas e intercalações carbonáticas.

Embora a espessura saturada nos arenitos do Grupo Bauru no Estado de São Paulo variem entre 100 e 150 metros, a mesma varia entre 50 e 100 metros nos sedimentos da Formação Caiuá no Estado do Paraná, cuja base está assentada sobre as rochas basálticas da Formação Serra Geral.

FIGURA 17 — Mapa da área pesquisada com as drenagens e a bacia hidrográfica do baixo Ivaí em destaque.

ROCHA *et al.* (1982) In: COELHO (1996), subdividiram o Aquífero Bauru em duas unidades distintas: A unidade I corresponderia às formações Marília e Adamantina e seria caracterizada por um potencial explorável de médio a baixo, com águas relativamente mais salinizadas, fortemente bicarbonatadas cálcicas e potencialmente incrustantes ou corrosivas. A unidade II corresponderia às formações Santo Anastácio e Caiuá e seria caracterizada por um potencial médio a elevado, com águas com teores salinos muito baixos, bicarbonatadas calco-magnesianas, potencialmente corrosivas.

Como mencionado no capítulo anterior, as formações Santo Anastácio e Adamantina ocupam uma porção bastante reduzida dentro do território paranaense, com cerca de 2,8% em área para a Formação Santo Anastácio e 0,2% para a Formação Adamantina, existindo uma relativa afinidade geológica entre as formações acima e a Formação Caiuá, tanto litológica, quanto estrutural.

A Formação Caiuá ocupa, portanto, o restante dos sedimentos suprabasálticos. Cerca de 6,3% sobre a área aflorante são identificáveis como sedimentos aluvionares quaternários (vide FIGURA 11 – pág. 24).

Tais sedimentos, embora atinjam uma extensão significativa dentro da área de estudo, principalmente no terraço do Baixo Ivaí, sua exploração com poços tubulares é praticamente inexistente. Isto se deve em função, principalmente, das condições do relevo plano característico, uma vez que o nível freático é bastante alto, fato que viabiliza em grande parte a perfuração de poços do tipo cacimba, suficientes muitas vezes para o suprimento de água das pequenas propriedades da região.

Como as formações sedimentares suprabasálticas são todas aflorantes, não existindo um confinamento geológico por formações superiores, exceto as quaternárias, consideraremos os limites atuais da Formação Caiuá e correlatas, com a Formação Serra Geral sotoposta, como área de afloramento do Aquífero Caiuá, sendo toda ela mapeável em superfície.

Dessa forma, o aquífero Caiuá aqui considerado, consiste geologicamente nas rochas sedimentares cretáceas pós-basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná, que incluem a Formação Caiuá propriamente dita e mais as formações Santo Anastácio e Adamantina, pertencentes ao grupo Baurú (FIGURA 18).

A tabela abaixo apresenta uma descrição sumária das unidades sedimentares cretáceas aqui consideradas:

UNIDADE	FORMAÇÃO CAIUÁ	FORMAÇÃO STO. ANASTÁCIO	FORMAÇÃO ADAMANTINA
LITOLOGIA	Arenitos finos a muito finos, arroxeados, com estratificação cruzada tabular de grande a pequeno porte.	Arenitos finos a muito finos, maciços, algumas vezes com estratificação cruzada tabular de baixo ângulo.	Arenitos finos a muito finos, siltosos, róseos, maciços, com intercalações de lentes de lamitos.
ESTRUTURAS	Estratificação/laminação cruzada tabular, tangencial na base. Na base bancos maciços, cimentação carbonática.	Maciço, localmente com estratificação de baixo ângulo a subhorizontal; calcretes.	Maciço; estratificação cruzada acanalada e tangencial na base, de pequeno porte.
AMBIENTE DEPOSICIONAL	Desértico, interior e periferia de campo de dunas.	Desértico, lençóis de areia e extradunas.	Fluvial entrelaçado, distal.

TABELA 8 – Descrição sumária das unidades estratigráficas

(Modificado de FERNANDES, 1992)

FIGURA 18 – Mapa de extensão e localização do aquífero Caiuá no Estado do Paraná

8 CARACTERIZAÇÃO DO AQÜÍFERO

8.1 ESPESSURA MÍNIMA DO AQÜÍFERO

A partir dos dados de profundidades dos poços foi possível a obtenção de um mapa de isoprofundidades. De 168 poços cadastrados, 38 deles atingem, ou mesmo penetram nas rochas basálticas da Formação Serra Geral sotoposta, diversos destes obtêm sua produção destas zonas aquíferas e não do Aquífero Caiuá, propriamente dito.

A partir destes dados, foi confeccionado um mapa de isópacas. O termo "isópaca" será considerado nesse trabalho como "espessura mínima", uma vez que diversos dos poços cadastrados ou plotados não atingem a superfície do basalto (FIGURA 19), existindo assim, uma parcela da espessura da Formação Caiuá não atravessada pelos poços. Dessa forma, o mapa a ser apresentado aqui será um mapa de espessuras mínimas, em detrimento ao de isópacas.

Observa-se, a partir desse mapa, que as maiores espessuras do aquífero estão na porção centro-noroeste e centro-sudoeste da área aflorante e as menores espessuras nas porções marginais de contato leste e sul com a Formação Serra Geral (Vide FIGURA 11 – pág. 24).

Verifica-se, também, pelo mapa do topo da Formação Serra Geral, que existe, assim como na superfície topográfica, uma inclinação regional na direção E-W, no sentido da calha do rio Paraná. Este comportamento reflete, mesmo que grosseiramente, o comportamento geral das camadas das formações pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná nesta região, as quais têm uma inclinação média de 5° no sentido citado acima (LEINZ, 1949), MAACK(1981) e MELFI et al (1988) (FIGURAS 20, 21 e 22).

FIGURA 19 – Mapa de isolinhas de espessuras mínimas do aquífero Caiuá no estado do Paraná.

FIGURA 20 – Mapa de isolinhas do topo da Formação Serra Geral na área.

FIGURA 21 — Mapa contendo a topografia regional da área pesquisada (digitalizado a partir de FERNANDES, 1992).

FIGURA 22 – Bloco diagrama com a superfície topográfica simplificada

O perfil AB, assinalado na FIGURA 20, é mostrado na FIGURA 23, ilustrando esse comportamento, no qual evidencia-se o assentamento da Formação Caiuá sobre as rochas basálticas da formação Serra Geral.

FIGURA 23 — Seção geológica esquemática com as superfícies dos aquíferos Caiuá e Serra Geral.

8.2 SUPERFÍCIE SATURADA

Uma vez que a Formação Caiuá assume uma condição regional de aquífero livre em sua maior parte, os níveis estáticos dos poços, os quais exploram as águas desta formação somente, dispostos espacialmente em conjunto com a topografia, poderão fornecer a superfície saturada do aquífero, pelo menos em termos regionais.

Um mapa potenciométrico foi produzido a partir dos dados dos níveis estáticos dos poços e tem a conformação conforme as FIGURAS 24 e 25.

A análise da figura evidencia uma tendência regional da diminuição da potencimetria na direção E-W, no sentido da calha do rio Paraná. Tal configuração seria de uma certa forma esperada, uma vez que, tanto a superfície topográfica, quanto o contorno estrutural dos basaltos da Formação Serra Geral sotopostos, possuem uma inclinação de cerca de 5° nesta mesma direção e com este mesmo sentido.

Evidencia-se, também, a influência do controle topográfico imposto pelo amplo vale do rio Ivaí — o maior rio que atravessa a formação no Estado do Paraná, com diversos afluentes — em que o potencial das águas subterrâneas diminui em direção à calha deste rio.

A espessura saturada constatada do aquífero (FIGURA 26) segue a conformação imposta pelo mapa de espessuras mínimas, uma vez que o nível d'água nos poços perfurados acompanha, mesmo que de uma maneira grosseira, a superfície do terreno, em que pese, mais uma vez, a condição regional de aquífero livre para esta formação.

FIGURA 24 — Mapa potenciométrico do aquífero Caiuá no Paraná.

FIGURA 25 — Bloco diagrama contendo a superfície saturada do aquífero Caiuá no Paraná.

FIGURA 26 — Mapa de isolinhas da espessura saturada do aquífero Caiuá no Estado do Paraná.

É comum a presença de fontes na área pesquisada, vinculadas principalmente ao contato basal do aquífero Caiuá com a formação Serra Geral, em regiões de menores espessuras a leste onde os leitos dos rios correm sobre vales entalhados nos basaltos aflorantes (FIGURA 27). As fontes distribuídas por diversos pontos constituem muitas vezes o principal recurso hídrico para consumo doméstico em pequenas propriedades, não obstante as vazões serem reduzidas durante períodos prolongados de estiagens.

FIGURA 27 — Foto de uma fonte originada por contato litológico na região de Iguaçu (foto cedida por Cleuber Moraes Brito).

Se faz aqui necessário uma consideração especial sobre a condição de aquífero livre neste trabalho. O parâmetro mais indicado para a verificação sobre se um aquífero é confinado ou livre em uma formação sedimentar, é o coeficiente de armazenamento do aquífero. Como mencionado no item 4.3., página 9, este parâmetro foi descartado neste trabalho, por se fazer necessária a medição dos níveis com poços de observação, procedimento este não presente quando da realização dos testes.

Feições geológicas intrínsecas da formação foram analisadas no sentido de se obterem informações que seriam diagnósticas para tal avaliação. As características principais seriam a presença de camadas confinantes, que no caso em questão, corresponderiam a bancos extensos de argila compacta, que uma vez com espessura considerável poderiam de uma certa forma alterar a rede de fluxo subterrâneo a nível regional, conferindo características de confinamento, ou semi-confinamento ao depósito sedimentar.

Tais feições, contudo, só podem ser diagnosticadas em subsuperfície, uma vez que o pacote sedimentar é relativamente espesso e o relevo suavemente ondulado prejudica a exposição das camadas em afloramentos verticais.

Dessa forma, foram analisadas seis seções de perfilagens geofísicas em poços de propriedade da SANEPAR, distribuídos pela área da formação, que alcançavam praticamente toda a espessura sedimentar. Dessas seis perfilagens, cinco foram realizadas em poços novos, não constantes no cadastro geral da pesquisa, nos municípios de Cruzeiro do Oeste, Nova Esperança, Cianorte, Umuarama e Querência do Norte, e uma no poço 513 do cadastro, localizado no município de Loanda.

As distribuições dos poços perfilados com as respectivas localizações geográficas, estão constantes na FIGURA 28. Todas as seções com as perfilagens geofísicas foram cedidas gentilmente pela SANEPAR para a realização desta pesquisa.

FIGURA 28 — Localização geográfica dos poços perfilados.

As figuras com os perfis geofísicos, relacionadas nos ANEXOS, foram elaboradas a partir de leituras de raios gama — indicados para a verificação de teores de argila —, demonstram a não existência de quantidades expressivas de argilas compactas, conferindo aos perfis um padrão de uma relativa homogeneidade litológica, embora se verifiquem alguns picos de argila, contudo de pouca expressão regional.

Sendo assim, mesmo não se dispondo do parâmetro do coeficiente de armazenamento para se comprovar a característica de aquífero livre para a unidade, os perfis geofísicos analisados não demonstram justificativas geológicas para que o aquífero Caiuá no Estado do Paraná seja considerado como um aquífero confinado, ou mesmo semi-confinado em sua extensão.

Se faz importante mencionar que constam nos perfis de Umuarama, Cianorte e Nova Esperança, analisados pela empresa prestadora dos serviços para a SANEPAR, a

interpretação da porosidade efetiva deduzida pelos valores de eletroresistividade. Os cálculos realizados apontam para valores médios entre 15 e 22% ao longo dos intervalos das profundidades analisadas. A obtenção da porosidade efetiva é importante e foram usadas neste trabalho quando dos cálculos efetuados para a determinação das reservas permanentes do Aquífero.

Estes valores, diga-se, são bastante próximos aos encontrados durante testes realizados em laboratório com várias amostras retiradas nas regiões de Nova Esperança e Terra Rica, aonde existem afloramentos de rocha sã que puderam ser retiradas, obtendo-se valores médios determinados entre 16,8 e 22,6%, respectivamente, e com média geral de 19,7%. A metodologia empregada para o cálculo da porosidade efetiva foi a do anel volumétrico, largamente utilizada para amostras de solo (KIEHL, 1979) e que pode ser empregada com segurança, em virtude da praticidade que o método oferece.

O cálculo da porosidade efetiva (m_e) foi realizado conforme a expressão a seguir:

$$m_e = \frac{P_{ag}}{P_{sat} - P_{sec}} 100$$

Onde:

P_{ag} = massa da água liberada da amostra pela gravidade

P_{sat} = massa da amostra saturada

P_{sec} = massa da amostra seca em estufa a 110 °C

T2867

8.3 POTENCIALIDADE HÍDRICA

A partir dos dados de produção obtidos em 168 poços tubulares perfurados, foi possível o estabelecimento da potencialidade hídrica deste aquífero, a qual inclui vazões e capacidades específicas destes poços.

8.3.1 VAZÃO

A análise cadastral revelou uma vazão média de 15,3 m³/h para o Aquífero Caiuá no Estado do Paraná. Entretanto, a distribuição de frequência (FIGURA 29) mostra que as mesmas decrescem significativamente com o aumento dos valores das vazões obtidas em cada poço. Dessa maneira, 38,5% dos poços possuem vazões menores do que 5,0 m³/h e poços com vazões excepcionais, ou seja, com vazões maiores do que 50,0 m³/h perfazem somente 4,6% do total.

O quadro geral para os poços que exploram conjuntamente as águas do Aquífero Caiuá e dos basaltos Serra Geral sotopostos altera-se relativamente, com uma vazão média de 15,9 m³/h, com cerca de 29,4% dos poços com vazões inferiores a 5,0 m³/h.

O mapa de distribuição das vazões na Formação Caiuá (FIGURA 30) nos mostra que os mais altos valores estão direcionados na porção norte e noroeste da formação, entre os rios Paraná, Ivaí e Paranapanema.

Esta se destaca em meio a uma certa homogeneidade de vazões próximas a 5,0 m³/h, da região central. Tal distribuição sugere uma conformidade com o padrão obtido no mapa de espessura saturada (FIGURA 26, pág. 46), onde os maiores valores dispõem-se na porção norte do aquífero neste Estado, região de espessuras médias maiores da formação (vide FIGURA 19, pág. 38).

FIGURA 29 – Distribuição de freqüência das vazões dos poços que exploram as águas do aquífero Caiuá no Paraná, com e sem contribuição das zonas aquíferas da Formação Serra Geral.

8.3.2 CAPACIDADE ESPECÍFICA

Assim como nas vazões encontradas, os dados de capacidades específicas variam de uma forma semelhante, decrescendo a sua freqüência à medida em que os valores aumentam (FIGURA 31). A média para a região é de $0,8 \text{ m}^3/\text{h.m}$, com um valor máximo de $4,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$ na região de Colorado, norte da área.

FIGURA 30 — Mapa de isolinhas de vazões dos poços que exploram águas somente do aquífero Caiuá.

Entretanto, 55,5% dos poços possuem valores menores do que $0,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$, enquanto que apenas 8,6% exibem valores maiores do que $2,0 \text{ m}^3/\text{h.m}$. AS FIGURAS 32 e 33 mostram uma certa homogeneidade com baixos valores, em torno de $0,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$ nas regiões central e sul da área estudada, acompanhando de certa forma o padrão exibido pelos dados de vazão da FIGURA 30, página 53, em que os maiores valores estão nas porções norte e noroeste do Aquífero Caiuá no Paraná.

Analisando-se os dados relativos aos poços que exploram conjuntamente as águas do aquífero Caiuá e dos basaltos Serra Geral, o quadro altera-se relativamente, com uma capacidade específica média de $0,7 \text{ m}^3/\text{h.m}$, ligeiramente inferior aos valores anteriores, com cerca de 60,0% dos poços possuindo capacidades específicas inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

FIGURA 31 — Distribuição de freqüência das capacidades específicas dos poços do aquífero Caiuá no Paraná.

FIGURA 32 - Mapa de isolinhas de capacidades específicas dos poços que exploram águas somente do aquífero Caiuá.

FIGURA 33 — Distribuição dos poços com suas capacidades específicas

8.4 PARÂMETROS HIDRÁULICOS PRINCIPAIS

A partir dos dados referentes a testes de bombeamento realizados em poços da SANEPAR logo após as perfurações, ou mesmo em testes periódicos recentes, foi possível a obtenção dos principais parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Caiuá no Paraná: Transmissividade e condutividade hidráulica.

A metodologia empregada para a realização dos testes foi de uma etapa de vazão máxima contínua, seguida de recuperação de nível. Escalonamentos com vazões intermediárias não foram programados, uma vez que os dados de produtividade dos poços já constam no cadastro de poços anteriormente.

Para o cálculo dos parâmetros de transmissividade e condutividade hidráulica, utilizou-se o método de recuperação de THEIS & JACOB, descrito por DOMENICO & SCHWARTZ (1990), o qual permite que as fórmulas de não-equilíbrio desenvolvidas para aquíferos confinados possam ser utilizadas para estudos de aquíferos livres, mediante correção, utilizando-se somente o poço de bombeamento como fonte de medidas de tempo e níveis d'água.

Somente no poço de Loanda não foi utilizada esta metodologia, uma vez que para este teste se dispunha de um poço de observação situado a 30 metros do poço de bombeamento. A metodologia então utilizada foi a de COOPER-JACOB (1946) *in* DOMENICO & SCHWARTZ (1990), com correção de rebaixamento do nível d'água para testes de poços em aquíferos livres.

Todas as operações de cálculos, correções e plotagens nos gráficos, foram realizadas com o auxílio do *software* Aquifertest desenvolvido pela Waterloo Hydrogeologic Inc.. As figuras contendo os gráficos de plotagem dos testes de bombeamento estão relacionadas nos ANEXOS.

Foram analisados os testes de bombeamento de 17 poços que exploram somente as águas do aquífero Caiuá, abrangendo praticamente toda a área de estudo, com a finalidade de uma melhor compreensão das variações e suas distribuições dentro do espaço geográfico (FIGURA 34).

FIGURA 34 – Localização dos poços de bombeamento.

8.4.1 TRANSMISSIVIDADE

Os valores calculados de transmissividade apontam para uma média de $1,28 \times 10^2$ m²/dia, com mínimo de $2,07 \times 10^0$ e máximo de $1,51 \times 10^3$ m²/dia. Entretanto, uma distribuição simples de frequência mostra que 76,4% dos poços possuem valores de transmissividade menores do que a média, 58% entre 10 e 10^2 e que apenas 1 poço dos 17 estudados possui valor maior do que 10^3 m²/dia (FIGURA 35).

* Limite superior de classe incluso

FIGURA 35 – Distribuição de frequência dos dados de transmissividade.

Examinando-se a FIGURA 36 com a distribuição dos poços testados com seus respectivos valores, nota-se que os maiores valores de transmissividade localizam-se na porção centro-noroeste da Formação Caiuá. A tendência de aumento da transmissividade para esta região coincide com a área de maior espessura saturada do Aquífero, como vemos na FIGURA 26, página 46.

FIGURA 36 – Distribuição dos poços de bombeamento com os valores de transmissividade.

8.4.2 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Assim como com a transmissividade, os valores calculados da condutividade hidráulica (K) para os mesmos poços apresentam uma distribuição que coaduna com o padrão apresentado na FIGURA 24, em que evidencia-se um aumento da condutividade na região centro-noroeste do aquífero Caiuá (FIGURA 37).

Tal relação é de uma forma esperada, uma vez que a condutividade hidráulica é diretamente proporcional à transmissividade (FREEZE; CHERRY, 1979) e é calculada pela expressão:

$$K = \frac{T}{b}$$

Onde:

T = transmissividade em m^2/dia

K = condutividade hidráulica em m/dia

b = espessura do aquífero em metros

FIGURA 37 - Distribuição dos poços de bombeamento com os valores de condutividade hidráulica.

Da mesma forma, também os dados são relativamente variáveis, com uma média de $3,22 \times 10^{-1}$ m/dia, com um valor máximo de $4,27 \times 10^0$ m/dia e com mínimo de $1,38 \times 10^{-2}$ m/dia, com 76,4% dos valores menores do que a média e 58% entre 10^{-1} e 10^0 (FIGURA 38).

* Limite superior de classe incluso

FIGURA 38 — Distribuição de frequência dos dados de condutividade hidráulica.

Tomando-se como base os valores mais freqüentes, cuja moda situa-se em torno de 3×10^{-1} m/dia, pode-se dizer que os resultados situam-se em uma classificação de condutividade compatível com rochas francamente areníticas, ou sedimentos inconsolidados do tipo areia siltosa, descrito por Heath (1983) In: USEPA (1994) e demonstrado na FIGURA 39.

FIGURA 39 — Condutividade hidráulica em diferentes rochas (de Heath, 1983 *in* USEPA, 1994).

9 HIDROQUÍMICA

9.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

De um total de 513 poços cadastrados, foi possível a obtenção das análises dos dados de 168 amostras de água e somente 104 para hidroquímica, realizadas pela SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, algumas logo após as perfurações e outros contendo análises atualizadas a cada 2 anos, conforme projeto de cadastramento geral realizado pelo Órgão.

FIGURA 40 - Diagrama de PIPER - Composição química das águas subterrâneas do aquífero Caiuá no Paraná.

Analisando-se o diagrama de Piper (FIGURA 40) com as águas do aquífero Caiuá no Paraná, nota-se uma distribuição relativamente difusa, sustentando-se o caráter bicarbonatado cálcico a calco-magnésiano. Raramente estão presentes os tipos sódicos. Tal composição coaduna-se relativamente com a tipologia química para águas deste aquífero na Bacia do Paraná, mencionada por DAEE (1979).

Os poços, cujas águas têm contribuições dos basaltos estão também inseridos dentro do contexto químico geral das águas do Aquífero Caiuá no Paraná e também concordam com a distribuição da composição química das águas dos basaltos da Formação Serra Geral em Londrina – PR, os quais conformam-se com a tipologia química característica para este aquífero (CELLIGOI, 1993) (FIGURA 41).

FIGURA 41 - Diagrama de PIPER – Poços com águas do aquífero Caiuá (pontos vazios) e poços com contribuição dos basaltos Serra Geral (pontos vermelhos).

O caráter bicarbonatado das águas - 13,6 mg/L em média - pode ser explicado pela presença de regiões com relativa densidade de vegetação nas áreas de recarga,

O caráter bicarbonatado das águas - 13,6 mg/L em média - pode ser explicado pela presença de regiões com relativa densidade de vegetação nas áreas de recarga, através da dissociação iônica do ácido carbônico H_2CO_3 , o qual é formado com a produção de CO_2 atmosférico e do solo, bem como pela hidrólise dos minerais calco-silicáticos. Entretanto, a grande maioria da vegetação natural está posicionada nas matas ciliares que margeiam as drenagens da região, contribuindo com cerca de 4% da ocupação agrícola do solo (TABELA 9).

Cultura	%
Pastagem formada	87
Mata natural	4
Reflorestamento	2
Algodão	3
Milho	3
Café	1

TABELA 9 - Distribuição das culturas agrícolas na região.

O teor relativamente reduzido de sílica dissolvida nessas águas (18,6 mg/L, em média), é um fator que confirma a proveniência típica de águas de arenitos, com pouco tempo de residência, uma vez que nestes tipos de rocha a sílica praticamente se encontra de forma livre nos minerais essenciais silicáticos, como o quartzo e acessórios, sendo muito menos solúvel do que na forma de sílica combinada.

Para se tentar individualizar melhor as características químicas e físico-químicas do aquífero Caiuá no Estado do Paraná, tentou-se comparar os dados químicos de poços perfurados nestas rochas com dados de poços ocorrentes nas rochas basálticas da

Formação Serra Geral na região de Londrina, cerca de 50 km do contato entre as formações, onde tal aquífero é aflorante, com pouca contribuição de águas vindas das rochas da formação Caiuá (TABELA 10).

	Ca	Na	K	Mg	Cl	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	SiO ₂	STD	PH
Serra Geral	76.1	11.3	0.6	5.9	15.2	2.8	4.3	76.1	37.6	212	6.7
Caiuá	13.6	3.2	2.5	1.2	1.8	1.3	1.1	13.6	18.6	75	6.65

- Valores em mg/L (exceto pH)
- Fonte: Celligoi & Duarte (1994)

TABELA 10 - Dados químicos médios dos aquíferos Caiuá e Serra Geral.

Os valores médios dos íons principais acima demonstram que as águas provenientes do aquífero Caiuá no Paraná são, via de regra, menos mineralizadas do que as dos basaltos da Formação Serra Geral em Londrina e das vulcânicas da Bacia do Paraná em geral. Concordando com COELHO (1996), o qual afirma que as águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru são fracamente mineralizadas.

Esses valores, aliados às suas distribuições nos diagramas de STIFF, conotam qualidades diferentes de águas para os dois sistemas. Tal comparação justifica-se, uma vez que os dois são sistemas aquíferos verticalmente contínuos e com características semelhantes de aquíferos predominantemente livres, não obstante o fato de o aquífero Serra Geral ser constituído por uma seqüência de derrames vulcânicos.

9.2 DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS

Os dados de análises químicas das águas dos poços possibilitou realizar um tratamento estatístico que permitiu um zoneamento hidroquímico na área aflorante da Formação Caiuá. A distribuição espacial dos poços é relativamente homogênea, entretanto

existem áreas em que as concentrações dos poços são maiores ou menores que a média em geral, que é de cerca de 1 poço a cada 130 km². A análise dos dados foi estimada por meio de superfícies de tendência, em virtude da grande extensão da área de estudo (cerca de 25.000 km²).

A análise dos diagramas de STIFF a seguir (FIGURA 42) nos pontos plotados sobre a base da formação Caiuá no Paraná, sugere um relacionamento compatível com a natureza geológica e sua distribuição espacial.

FIGURA 42 — Mapa dos poços plotados com diagramas de STIFF evidenciando as variações das composições químicas.

Nas porções centrais da formação, onde a espessura saturada é relativamente maior, verifica-se que as concentrações salinas, em meq/L, dos cátions e ânions maiores são menores que as dos poços das porções de borda de sedimentos, mesmo que estes não tenham sua águas “misturadas” com as das zonas aquíferas da Formação Serra Geral. Nestas, as quais encontram-se em vermelho na figura, as concentrações dos íons são visivelmente maiores que os do aquífero Caiuá, embora, com proporções semelhantes entre eles, mantendo-se o caráter bicarbonatado cálcico em quase todas as amostras plotadas.

Verifica-se, também, que embora as concentrações iônicas não sejam constantes ao longo do Aquífero, a composição bicarbonatada cálcica é uma constante em praticamente na maioria dos poços. Dos poços plotados, somente em quatro deles encontra-se um padrão diferente: Dois tipos magnesianos, nas regiões de Colorado e Tapejara, e dois tipos sódicos, nas regiões de Lobato e Alto Paraná.

SÓDIO

Este elemento está presente com média de 3,2 mg/L, com valores entre 0,1 e 11,7 mg/L. Sua distribuição nos mostra um padrão mais ou menos uniforme, com algumas anomalias com valores mais altos próximos à borda nordeste do contato com a Formação Serra Geral e os mais baixos, na porção sul da área (FIGURA 43).

CÁLCIO

Os teores situam-se até 28,9 mg/L, com média de 5,3 mg/L. Sua distribuição sugere maiores valores na borda leste da área, junto ao rio Paraná e na porção sul, com menores valores na calha central da formação, onde as espessuras saturadas são maiores (FIGURA 44).

The figure displays a map of the Rio São Francisco basin with isolines representing calcium concentration in mg/L. The map is oriented with UTM coordinates: UTM N-S on the vertical axis (ranging from 7,350,000 to 7,500,000) and UTM E-W on the horizontal axis (ranging from 200,000 to 450,000). The isolines are labeled with values 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, and 22. A scale bar at the bottom right indicates a distance of 25 km. A legend at the bottom right explains the isolines and includes a frequency histogram.

LEGENDA

Isolinhas de concentração de cálcio (mg/L)

Frequência (conts)

Ca (mg/l)	Frequência (conts)
0-5	90
5-10	15
10-15	5
15-20	2
20-25	1
25-30	1
30-35	1
35-40	1
40-45	1
45-50	1
50-55	1
55-60	1
60-65	1
65-70	1

FIGURA 44 — Isolinhas de distribuição dos teores de cálcio

MAGNÉSIO

Este elemento está presente com média de 1,2 mg/L, com valores até 7,7 mg/L. Verificando sua distribuição, nota-se uma forte tendência de aumento de concentração na região de Cruzeiro do Oeste e arredores e os mais baixos na região norte da área, que inclui áreas próximas a Loanda e Nova Londrina (FIGURA 45).

POTÁSSIO

Presente com média de 3,3 mg/L e máximo de 8,7 mg/L, sua distribuição é relativamente uniforme, diminuindo os teores próximo à calha do rio Paraná e na porção norte.(FIGURA 46).

CLORETO

Sua distribuição é bastante uniforme, com teores baixos, aumentando ligeiramente para NE e NW de forma bastante regional. Sua média é de 1,8 mg/L, com um valor anômalo de 16,0 mg/L na região de Colorado (FIGURA 47).

BICARBONATO

Seus valores variam desde 2,0 até 175,0 mg/L, com média de 13,6 mg/L. Suas curvas de distribuição evidenciam menores valores na porção central da área, concordando aproximadamente com as regiões mais espessas da Formação (FIGURA 48).

NITRATO

Os teores apresentam média de 1,1 mg/L, com valores máximos de até 10,3 mg/L na região de Maria Helena. Entretanto 80% dos poços têm valores entre N.D. e 1,0 mg/L. Sua distribuição aumenta ligeiramente para o centro da área e diminui acentuadamente na porção norte, com valores tendendo a zero (FIGURA 49).

FIGURA 45 – Isolinhas de distribuição dos teores de magnésio.

FIGURA 46 – Isolinhas de distribuição dos teores de potássio.

FIGURA 47 — Isolinas de distribuição dos teores de cloreto.

FIGURA 48 — Isolinas de distribuição dos teores de bicarbonato.

SULFATO

Seus teores médios são de 1,3 mg/L e bastante baixos, entretanto em alguns poços os teores chegam a 63,0 mg/L em Santana do Itararé (porção sul da área) (FIGURA 50).

SÍLICA

Suas curvas de distribuição mostradas na figura demonstram uma relativa uniformidade e uma tendência de aumento das concentrações na porção centro-sul, coincidindo com as regiões da maior deposição de sedimentos e de maior espessura saturada da Formação Caiuá no Paraná. Seus teores médios são de 37,6 mg/L (FIGURA 51).

PH

O pH médio para estas águas é de 6,7. Entretanto existem valores extremamente baixos - 4,5 na porção extremo sudoeste e altos - 9,4 na região noroeste da área de estudo (FIGURA 52).

STD

Este parâmetro encontra seus maiores valores na borda nordeste, próximo ao contato com a Formação Serra Geral e na porção noroeste, junto à calha do rio Paraná. Essa distribuição evidencia sobremaneira a diferença entre as águas do Caiuá, com 75,4 mg/L em média, e as dos basaltos adjacentes, os quais têm em média 212,0 mg/L (FIGURA 53).

FIGURA 49 — Isolinhas de distribuição dos teores de nitrato.

FIGURA 50 — Isolinhas de distribuição dos teores de sulfato.

FIGURA 51 — Isolinhas de distribuição dos teores de sílica.

FIGURA 52 — Isolinhas de distribuição dos teores de pH.

FIGURA 53 — Isolinhas de distribuição dos teores de sólidos totais dissolvidos.

9.3 POTABILIDADE

Através de análises bacteriológicas e dos índices de saturação e potabilidade, as águas subterrâneas da Formação Caiuá no Paraná são classificadas como sendo ligeiramente corrosivas, porém de boa qualidade para o consumo humano e industrial.

Segundo os valores do SAR, as águas se classificam como boas para a irrigação da áreas cultivadas, havendo poucas restrições quanto ao tipo de cultura a ser desenvolvida. Este parâmetro, diga-se, é de grande importância para a região, considerando-se a vocação intensamente agrícola por todo o norte e noroeste do Paraná.

10 AVALIAÇÃO DAS RESERVAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo REBOUÇAS (1994), os grandes aquíferos livres ou confinados constituem meios de estocagem de águas subterrâneas, em função das baixas velocidades de fluxo, sendo seus regimes de fluxo subterrâneo considerados como estando em estado de equilíbrio, liberando nas zonas de descarga as mesmas quantidades que se infiltraram por unidade de tempo nas zonas de recarga.

Dos mais de 160 municípios localizados sobre a área de afloramento do aquífero Caiuá no Estado do Paraná, 78 deles possuem um ou mais poços para o abastecimento público total ou parcial de suas áreas urbanas e, algumas vezes, rurais, constantes no cadastro geral de poços profundos das SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Estado do Paraná).

Tais poços perfazem um total de 513 unidades, as quais, se bombeadas juntas, representariam uma retirada de 8.944 m³/h que, operando com 18 horas por dia, ter-se-ia um valor de 5,8 x 10⁷ m³/ano.

Nesses números não estão inclusos os poços de particulares, os quais abastecem grande parte das indústrias e área rural de toda a região para fins de irrigação, nem tampouco poços não cadastrados pelo Órgão acima citado.

Dessa forma se faz necessária a quantificação das reservas subterrâneas, tanto renováveis ou reguladoras, quanto as permanentes, para se estimar o potencial hídrico nos domínios da área pesquisada.

10.1 RESERVAS PERMANENTES

A reserva permanente, segundo COSTA (1998), constitui-se no volume hídrico acumulado no meio aquífero, em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica. Corresponde, no caso pesquisado, ao volume de água subterrânea localizado abaixo do nível mínimo de variação sazonal da superfície potenciométrica do aquífero.

O método da estimativa envolve os parâmetros correspondentes à área de ocorrência do aquífero, a espessura saturada e a porosidade efetiva, no caso estudado, tratando-se de aquífero livre.

O cálculo para a reserva permanente (R_p) é dado pela expressão:

$$R_p = A \times b \times m_e$$

Sendo:

A = área de ocorrência do aquífero Caiuá no Paraná ($2,9 \times 10^{10} \text{ m}^2$)

b = espessura saturada média (79,5 m)

m_e = porosidade efetiva, calculada em laboratório — vide capítulo 8.2. (19,7%)

Então teremos que:

$$R_p = 4,5 \times 10^{11} \text{ m}^3$$

10.2 RESERVAS REGULADORAS

A reserva reguladora do aquífero Caiuá no Estado do Paraná corresponde ao volume de água da zona de flutuação sazonal, ou anual, do nível de saturação, contribuindo em sua descarga para a rede hidrográfica na área de afloramento deste aquífero.

Existem diversos critérios de se efetuarem as estimativas, como: variações da superfície potenciométrica em medidas anuais; através da taxa de infiltração; através de infiltrômetros instalados na área, ou através da análise das curvas de recessão dos rios. Este último foi o aplicado no cálculo das reservas reguladoras para este trabalho.

O termo *recessão*, segundo DOMENICO & SCHWARTZ (1990), refere-se ao declínio da descarga natural de uma drenagem na ausência de entrada por precipitação e é assumida por leis de decaimento exponencial. O fluxo de base dos rios representa a retirada de água subterrânea do armazenamento, sendo conhecido como recessão de água subterrânea.

Esta recessão é determinada geralmente através de uma série de segmentos de hidrógrafas de um rio, na qual o fluxo de base é considerado, tomando-se as medidas de vazão do rio logo após o pico das precipitações. Desse ponto em diante, o fluxo total é o componente do fluxo de base derivado da descarga de água subterrânea na drenagem, pelo menos até as próximas precipitações. A curva gerada em escala logarítmica representa a curva de recessão da água subterrânea e pode ser descrita pela equação a seguir, utilizada por ROSA FILHO (1993) e DOMENICO & SCHWARTZ (1990):

$$Q = Q_0 e^{-kt} \quad (1)$$

Onde:

Q_0 = Descarga do rio no início da recessão (m^3/s)

Q = Descarga (m^3/s) do rio após um período t (dias)

k = Constante de recessão

Para este estudo, considerou-se os dados de vazão fluvial obtidos na Estação Fluviométrica Águas do Jacu, pertencente à SUDERHSA, localizada no rio das Antas, na bacia do rio Ivaí, no município de Douradina. Tal estação foi escolhida, em virtude de o rio encontrar-se inteiramente dentro dos domínios de afloramento da formação Caiuá, bem como na boa confiabilidade dos dados analisados. A localização da Estação é mostrada na FIGURA 54.

A partir dos dados de pluviometria diários tomados entre os anos de 1978 e 1983, período no qual a estação permaneceu ativa, observou-se os totais pluviométricos anuais segundo a tabela abaixo:

Ano	Total pluviométrico
1978	980
1979	1790
1980	1516
1981	1339
1982	1383
1983	2056
Média	1511

TABELA 11 – Totais pluviométricos da estação fluviométrica Águas do Jacu da SUDERHSA, no período entre 1978 e 1983.

FIGURA 54 - Mapa de localização do rio das Antas e a Estação Fluviométrica Águas do Jacu.

Para o cálculo da reserva reguladora tomou-se como base os dados dos anos de 1978 e 1979, visto que o primeiro é um ano “seco” e o ano seguinte um ano úmido, acima da média para este período nesta estação. Soma-se a isso o fato de as medições de vazão para esta estação só foram realizadas até o ano de 1980, a partir do qual, somente dados de alturas diárias de precipitação foram registrados e não mais os de descarga fluvial.

Foram construídos gráficos a partir das medições das vazões do ribeirão das Antas nos anos de 1978 e 1979. Tomando-se primeiramente o ano de 1978, que é um ano “seco” para o período, teremos (FIGURA 55):

FIGURA 55 — Gráfico da vazão do rio das Antas em 1978, evidenciando o período de recessão.

A descarga medida no rio ao início da recessão (Q_0) é de $9,66 \text{ m}^3/\text{s}$; a vazão (Q_t) ao cabo de 31 dias é de $8,48 \text{ m}^3/\text{s}$. Dessa forma, a partir da expressão (1) pode-se calcular a constante de recessão:

$$k = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_t}{t}$$

Então teremos:

$$k = \frac{\ln 9,66 - \ln 8,48}{31}$$

$$k = 0,004$$

O volume infiltrado na bacia contribuinte é dado por:

$$V_0 = \frac{Q_0 \cdot 86.400}{k} \quad (2)$$

Então:

$$V_0 = 2,08 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Sendo a área da bacia contribuinte para a estação Águas do Jacu (A) de $1,03 \times 10^9 \text{ m}^2$, a restituição média anual para o ano de 1978 - h_f - pode ser calculada por:

$$h = \frac{V_0}{A}$$

Então teremos:

$$h_f = 202 \text{ mm/ano}$$

Para o ano de 1979, que se constitui em um ano “médio” a “úmido”, pelo mesmo procedimento teremos o cálculo da restituição média anual (FIGURA 56):

FIGURA 56 — Gráfico da vazão do rio das Antas em 1979, evidenciando o período de recessão.

A descarga inicial (Q_0) é de $9,66 \text{ m}^3/\text{s}$; a vazão (Q_t) passados 88 dias é de $7,40 \text{ m}^3/\text{s}$. Dessa forma, a partir da mesma forma de cálculo para o ano de 1978, teremos que:

$$k = \frac{\ln 9,66 - \ln 7,40}{88}$$

$$k = 0,003$$

O volume infiltrado na bacia contribuinte é dado por:

$$V_0 = \frac{Q_0 \cdot 86.400}{k} \quad (2)$$

Então:

$$V_0 = 2,78 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Sendo a área da bacia contribuinte $A = 1,03 \times 10^9 \text{ m}^2$, a restituição média anual para o ano de 1979 - h_2 - pode ser calculada por:

$$h = \frac{V_0}{A}$$

Então teremos:

$$h_2 = 260 \text{ mm/ano}$$

Sendo a média pluviométrica anual na região é de 1.511 mm para o período amostrado, a restituição média ($h_m = 231 \text{ mm/ano}$) a partir dos valores de h_1 e h_2 , perfaz cerca de 15,3% da pluviometria, valor este que coaduna relativamente com valores obtidos por diversos autores para o aquífero Bauru como um todo, entre eles REBOUÇAS (1976).

Para o cálculo da reserva reguladora propriamente dita, utilizou-se o valor médio de restituição para os anos de 1978 e 1979. A área de ocorrência do aquífero Caiuá no estado do Paraná (A_c) é de aproximadamente $2,9 \times 10^{10} \text{ m}^2$, desta forma a reserva reguladora (R_r) pode ser calculada por:

$$R_r = A_c \times h_m$$

$$R_r = 6,7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

11 CONCLUSÕES

- A área de pesquisa está inserida na região noroeste do Estado do Paraná, sobre a qual afloram as rochas sedimentares suprabasálticas referentes ao aquífero Caiuá.
- De 168 poços cadastrados, 38 deles atingem, ou mesmo penetram nas rochas basálticas da Formação Serra Geral sotoposta.
- As maiores espessuras do aquífero estão na porção centro-noroeste e centro-sudoeste da área aflorante e as menores espessuras nas porções marginais de contato leste e sul com a Formação Serra Geral.
- Existe uma tendência regional da diminuição da potenciometria na direção E-W, no sentido da calha do rio Paraná.
- Os perfis geofísicos, analisados a partir de leituras de raios gama, indicados para a verificação de teores de argila, revelaram a não existência de quantidades expressivas de argilas compactas, conferindo aos perfis um padrão de uma relativa homogeneidade litológica. Dessa forma, não se demonstraram justificativas geológicas para que o aquífero Caiuá no Estado do Paraná seja considerado como um aquífero confinado, ou mesmo semi-confinado em sua extensão.
- A análise cadastral revelou uma vazão média de 15,25 m³/h para o aquífero, sendo que 38,5% dos poços possuem vazões menores do que 5 m³/h e poços com vazões maiores do que 50 m³/h perfazem somente 4,6% do total.
- Os maiores valores de transmissividade e condutividade hidráulica localizam-se na porção centro-noroeste da formação Caiuá. A tendência de aumento da transmissividade para esta região coincide com a área de maior espessura saturada do Aquífero.

- Os resultados das análises químicas permitiram classificar as águas subterrâneas da formação Caiuá no Estado do Paraná como bicarbonatadas cálcicas ou calcomagnesianas, mais raramente sódicas. Tal composição coaduna-se com a tipologia química para águas deste aquífero.
- Os valores médios dos íons principais demonstram que as águas provenientes do aquífero Caiuá no Paraná são, via de regra, menos mineralizadas que as dos basaltos da Formação Serra Geral.
- A distribuição dos poços no diagrama de STIFF demonstra que a composição química bicarbonatada cálcica para as águas analisadas é uma característica constante na maioria dos poços plotados.
- As reservas permanentes do aquífero Caiuá no Paraná, estimadas a partir de uma porosidade efetiva de 19,7%, foram de $4,5 \times 10^{11} \text{ m}^3$.
- As reservas reguladoras, calculadas a partir da curva de recessão do rio das Antas nos anos de 1978 e 1979, foram de $6,7 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$, com 15,3% de restituição média da pluviometria regional.
- Existe a necessidade de estudos futuros mais detalhados para cada pequena região, ou município, dentro desse contexto geral do aquífero Caiuá no Estado do Paraná, ressaltando que as perspectivas relacionadas com a gestão dos recursos hídricos, principalmente os subterrâneos, nos diversos municípios, têm se tornado visíveis do ponto de vista, tanto operacional, quanto ambiental.

12 BIBLIOGRAFIA

- BÓRIO, N. J.; LANDIM, P. M. B. (1971) Um estudo sedimentológico sobre a formação Caiuá. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 29, p. 145-157, UFPR.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / DNAEE — COORDENAÇÃO GERAL DE RECURSOS HÍDRICOS. (1996) *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília, DNAEE.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / DNAEE — COORDENAÇÃO GERAL DE RECURSOS HÍDRICOS. (1996) *Inventário das estações fluviométricas*. Brasília, DNAEE.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / DNAEE — COORDENAÇÃO GERAL DE RECURSOS HÍDRICOS. (1985) *Boletim fluviométrico, Série F-6.03 — Bacias dos rios Ivaí, Piquiri e Paraná*. Brasília, DNAEE.
- CAMPOS, H.C.N.S. (1987) *Contribuição ao estudo hidrogeológico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo*. São Paulo (Dissertação — Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CELLIGOI, A. (1993)- *Recursos hídricos subterrâneos de Formação Serra Geral em Londrina - PR*. São Paulo, 96 p. (Dissertação — Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CELLIGOI, A.; DUARTE, U. (1994) - Aspectos hidrogeoquímicos da Formação Serra Geral em Londrina - PR In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, (8.: 1994: Recife), Anais... Recife, ABAS, p. 425-433.
- CENTRO DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DO PARANÁ - CEMON/SUDERHSA. *Microsistema de dados hidrometeorológicos*. 1974 a 1984.

- COELHO, R. O. (1996) *Estudo hidroquímico e isotópico do Aquífero Bauru, sudoeste do Estado de São Paulo*. São Paulo, (Dissertação — Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ — SANEPAR — *Relatórios conclusivos de poços profundos*.
- CONSÓRCIO CESP-IPT/PAULIPETRO (1981). *Mapa geológico do bloco SF-22-U. Relatório n. 15.377*. São Paulo, IPT. 83 p.
- CORRÊA, A. R. (1982) *Características climáticas de Londrina*. IAPAR, Circ. n.5, 2.ed..
- COSTA, W. D. (1998) Avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade de aquíferos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, (10.: 1998: São Paulo), Anais... São Paulo, ABAS,CD-ROM.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (1979) *Estudo de águas subterrâneas - regiões administrativas 10 e 11 - Presidente Prudente e Marília*. São Paulo. v. 1. Texto. 220 p.,.
- DOMENICO, P. A. & SCHWARTZ, F. W. (1990) *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, Singapore, 824 p.,.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (1984) *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná, Tomo I*. SUDESUL — EMBRAPA — GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ/IAPAR, Londrina, 602 p.
- FERNANDES, L. A. (1992) *A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema: os grupos Bauru e Caiuá*. São Paulo, 129 p. (Dissertação — Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. (1979)- *Groundwater*. Prentice-Hall inc., New Jersey, 604 p.

- FULFARO, V. J. & PERINOTTO, J. A. J. (1996) A Bacia Bauru: Estado da arte. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4., Rio Claro, 1996. Boletim. Rio Claro, UNESP, p. 297-303.
- IBGE (1997) *Contagem da População 1996* - Sistema de Recuperação de Informações Municipais. IBGE. CD-ROM.
- JICA - AGÊNCIA INTERNACIONAL DE COOPERAÇÃO DO JAPÃO (1995) *Estudo do plano diretor para a utilização dos recursos hídricos do Estado do Paraná – Relatório final*. Yachiyo Engineering Co., Ltd.; Nippon Koei Co., Ltd., Tokyo, CD-ROM.
- KIEHL, E. J. (1979) *Manual de edafologia*, Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 262 p.
- LADEIRA, E. A. (1985) Contribuição da geologia estrutural à pesquisa de águas subterrâneas em rochas fraturadas. In SIMPÓSIO NACIONAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ROCHAS FRATURADAS (1.: 1985: Belo Horizonte), Anais... Belo Horizonte, ABAS.
- LEINZ, V. (1949) Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, USP*. v. 5, São Paulo. 103 p.
- MAACK, R. (1981) *Geografia Física do Estado do Paraná*. 2. Ed., Livraria José Olímpio Editora, Curitiba, 442p.
- MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. (1988) Geological and magmatic aspects of the Paraná basin - an introduction. In: THE MESOZOIC FLOOD VOLCANISM OF THE PARANÁ BASIN: PETROGENETIC AND GEOPHYSICAL ASPECTS, Eds. Piccirillo, E. M. and Melfi, A. J.. IAG/USP. São Paulo, p. 1-13.
- MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S/A (1983) *Mapa geológico do Estado do Paraná*, Escala 1:500.000, INÉDITO, Curitiba.
- MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S/A (1989) *Mapa geológico do Estado do Paraná*, Escala 1:650.000, Curitiba.

NETO, D. D.; VAN LIER, Q.; QMETTO, J. C.; BARBIERI, W. (1991) *Programa para elaboração do balanço hídrico e classificação climática: manual do usuário*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 25 p.

PARANÁ (Estado). COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ – SANEPAR. *Relatórios conclusivos de poços tubulares profundos*. Curitiba.

PARANÁ (Estado). COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ – SANEPAR. *Relatórios de perfilações geofísicas em poços tubulares*. Curitiba.

PARANÁ (Estado). INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR – ÁREA DE ECOFISIOLOGIA. *Resumos anuais de temperaturas médias e precipitação nas estações de Cianorte, Umuarama e Paranavaí*.

PARANÁ (Estado). INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. *Boletins climatológicos das estações meteorológicas da região noroeste do Estado do Paraná. 1972 a 1998*.

PARANÁ (Estado). SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL - SUDERHSA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná . *Cadastro geral de poços profundos*.

PARANÁ (Estado). SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL - SUDERHSA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná . *Dados das estações fluviométricas de Águas do Jacú e Sítio Santo Antonio*.

PARANÁ (Estado). SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL — SUDERHSA — CENTRO DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DO PARANÁ, Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Paraná . *Médias mensais pluviométricas entre 1974 e 1984*.

REBOUÇAS, A. C. (1994) Gestão sustentável dos grandes aquíferos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, (8.: 1994: Recife), Anais... Recife, ABAS, p 131-139.

- REBOUÇAS, A.C. (1976) *Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná - análise de pré-viabilidade*. São Paulo, 143 p. (Tese — Livre Docência) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ROSA FILHO, E. F. (1982) *Uma análise sobre a produtividade dos poços tubulares no aquífero Caiuá — Região noroeste do Estado do Paraná*. Recife, (Dissertação — Mestrado) — Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco.
- ROSA FILHO, E. F. (1993) Caracterização da depleção de um aquífero através do coeficiente de descarga, α , de Maillet. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 41, p. 125-144.
- SOARES, P. C. ; FIORI, A P. (1976) Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notas geomorfológicas*, Campinas, v. 16, n.32, p. 71-104.
- STEVAUX, J.C.; FERNANDEZ, O. V. Q. (1995) Avaliação preliminar do potencial mineral da região noroeste do Estado do Paraná, *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 43, p. 119-133.
- SZIKSZAY, M. (1993) Geoquímica das águas. *Boletim IG/USP. Série didática*, n. 5, 165p.
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994) *Handbook of Groundwater and Wellhead Protection*. Washington, DC.. EPA, 269 p.
- VELÁSQUEZ, L. N. M. (1996) *Efeitos da urbanização sobre o sistema hidrológico: Aspectos da recarga no aquífero freático e escoamento superficial — área piloto: Sub-bacias Sumaré e Pompéia, Município de São Paulo*. São Paulo, 124 p. (Tese — Doutorado) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. de J. *et al.* Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA (3.: 1987: Curitiba) , v.1, p. 441-474, Curitiba, 1987.

ANEXOS

ANEXO 1

TABELA DOS DADOS DOS POÇOS CADASTRADOS

DADOS PRINCIPAIS DOS POÇOS

			DADOS DO POÇO						DADOS QUÍMICOS																
Poço	Município	Proprietário	Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	NO2	NO3	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K	
2	SANTA FÉ	P.MUNICIPAL	35,0	19,0	14,0	4,0	28,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	N.S. DAS GRAÇAS	P.MUNICIPAL	65,0	-	12,0	4,1	27,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	GUARACI	SANEPAR	150,0	76,0	0,0	3,7	###	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	TAPEJARA	P.MUNICIPAL	67,0	-	0,0	0,2	41,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	MARIA HELENA	P.MUNICIPAL	47,0	-	11,0	2,9	27,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	FRANCISCO ALVES	P.MUNICIPAL	84,0	81,0	20,0	2,7	30,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	FRANCISCO ALVES	P.MUNICIPAL	102,0	30,0	5,0	1,0	25,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	TAPIRA	P.MUNICIPAL	81,0	-	21,0	0,2	59,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	STA CRUZ DO M. CASTELO	P.MUNICIPAL	84,0	-	8,0	12,0	18,0	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	PARANACITY	P.MUNICIPAL	82,0	-	28,0	1,0	35,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	UNIFLOR	P.MUNICIPAL	79,0	-	18,0	3,0	45,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	TERRA ROXA	P.MUNICIPAL	57,0	-	18,0	3,0	26,0	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	RONDON	SANEPAR	100,0	63,0	0,0	6,0	56,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	UMUARAMA	SANEPAR	119,0	-	15,0	36,0	73,0	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	ALTO PARANÁ	P.MUNICIPAL	96,0	60,0	7,9	4,0	60,0	0,1	8,2		76,0	70,0	1,0	1,0	0,01	1,0	-	-	-	0,0	23,6	2,9	-	-	
34	ALTO PARANÁ	SANEPAR	120,0	-	33,0	11,3	59,0	0,4	9,4	148,0	80,0	34,0	0,0	0,9	0,02	2,0	5,0	1,2	25,6	0,1	7,9	1,7	30,0	1,6	
35	ALTO PARANÁ	SANEPAR	150,0	85,0	19,0	7,2	68,0	0,1	6,8	74,0	39,0	39,0	9,0	0,2	0,01	2,0	0,0	0,0	43,4	0,4	5,0	1,8	7,7	2,6	
39	ALTO PIQUIRI	SANEPAR	62,0	-	15,0	2,2	35,0	0,1	7,0	48,0	4,0	4,0	0,8	0,6	0,00	1,0	-	-	14,0	0,1	0,8	0,2	0,4	1,8	
49	ALTÔNIA	P.MUNICIPAL	74,0	-	39,0	4,0	53,0	0,3	6,5	60,0	4,0	4,0	2,4	0,7	0,00	1,0	-	-	10,0	0,4	0,6	0,5	0,6	0,8	
54	ALTÔNIA	SANEPAR	120,0	-	3,0	10,0	53,0	0,2	5,9	50,0	9,0	9,0	22,1	2,7	0,02	2,0	-	-	14,0	0,1	2,6	2,1	1,5	4,1	
56	AMAPORÃ	P.MUNICIPAL	61,0	-	17,0	5,0	30,0	0,4	6,6	73,0	15,0	15,0	7,4	0,1	0,00	1,0	-	-	30,0	0,8	3,0	0,9	0,7	2,4	
57	AMAPORÃ	P.MUNICIPAL	68,0	-	-	2,0	24,0	-	4,5	98,0	11,0	11,0	110,0	0,1		1,0	-	-	20,0	1,8	4,5	2,5	1,2	4,0	
58	AMAPORÃ	SANEPAR	120,0	-	18,0	34,0	72,0	0,6	6,6	53,0	7,0	7,0	3,5	0,9	0,00	1,0	-	-	18,0	0,1	1,4	0,8	1,4	2,8	
59	ARARUNA	P.MUNICIPAL	82,0	-	29,0	1,3	41,0	0,1	7,2	65,0	13,0	13,0	1,6	0,5	0,00	1,0	-	-	20,0	0,1	2,2	0,5	2,0	2,9	
62	ATALAIA	P.MUNICIPAL	130,0	48,0	20,8	2,0	86,0	0,0	6,0		12,0	12,0	28,0	0,0	0,00	0,0	-	0,0		0,4	4,0	5,9	-	-	
63	ATALAIA	P.MUNICIPAL	120,0	79,0	64,6	1,9	69,0	0,4	5,9	14,0	12,0	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	1,0	-	-	
65	ATALAIA	P.MUNICIPAL	70,0	46,0	20,5	1,9	48,0	0,1	7,2	52,0	18,0	18,0	0,5		0,01	1,0	-	-	-	0,0	1,2	1,1	-	-	
67	GUARACI	P.MUNICIPAL	138,0	62,0	1,0	34,0	30,0	1,2	6,7	81,5	26,0	26,0	9,8	0,0		3,0	-	-	25,0	0,3	-	-	-	-	

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

Continuação

Poço	Município	Proprietário	DADOS DO POÇO							DADOS QUÍMICOS														
			Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	NO2	NO3	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K
71	XAMBRÊ	SANEPAR	120,0	-	18,0	29,0	57,0	0,7	6,3	4,0	10,0	10,0	9,7	0,2	-	-	-	0,1	-	-	1,6	1,4	-	-
76	CIANORTE	SANEPAR	148,0	132,0	38,1	20,0	78,0	0,5	6,3	15,0	8,0	8,0	8,0	-	-	3,0	-	0,0	-	0,0	1,8	0,3	-	-
77	CIANORTE	P.MUNICIPAL	89,5	-	34,3	4,0	50,0	0,3	6,7	10,0	5,0	5,0	-	-	-	1,0	-	0,0	-	0,0	2,1	1,9	-	-
78	CIANORTE	P.MUNICIPAL	100,0	-	32,2	5,0	62,0	0,2	6,6	53,0	47,0	47,0	24,0	0,9	0,00	2,0	-	-	-	0,1	13,6	1,5	-	-
80	CIANORTE	P.MUNICIPAL	95,0	-	35,1	5,0	60,0	0,2	6,0	53,0	13,0	13,0	29,0	0,0	0,00	2,0	-	-	-	0,0	1,8	1,0	-	-
83	CIANORTE	P.MUNICIPAL	120,0	-	32,2	5,0	48,0	0,3	7,0	20,0	19,0	19,0	3,7	-	-	3,0	-	0,0	-	0,5	0,0	1,2	-	-
88	CIDADE GAÚCHA	P.MUNICIPAL	100,8	-	13,0	6,1	33,8	0,3	6,9	7,0	7,0	7,0	1,8	-	-	2,0	-	0,0	-	0,0	3,6	2,7	-	-
93	CIDADE GAÚCHA	P.MUNICIPAL	78,0	-	22,0	6,0	39,0	0,4	6,3	64,0	7,0	7,0	6,8	0,4	0,00	1,0	0,0	0,0	23,0	-	4,0	0,4	-	-
95	CIDADE GAÚCHA	P.MUNICIPAL	78,0	-	30,0	2,0	41,0	0,2	6,4	43,0	6,0	6,0	4,6	1,0	0,00	1,0	0,0	0,0	15,0	0,8	1,2	0,3	0,6	3,8
96	CIDADE GAÚCHA	P.MUNICIPAL	82,0	-	48,0	3,0	55,0	0,4	6,5	71,0	9,0	9,0	5,5	0,4	0,00	1,0	0,0	0,0	30,0	-	1,4	1,8	-	-
97	CIDADE GAÚCHA	SANEPAR	120,0	-	11,0	16,3	76,0	0,3	6,2	17,0	19,0	19,0	23,4	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	-	0,0	5,6	2,9	-	-
101	COLORADO	P.MUNICIPAL	100,0	-	49,0	8,0	56,6	1,1	6,4	-	14,0	14,0	11,0	-	-	1,0	-	0,0	-	0,0	1,7	1,3	-	-
102	COLORADO	P.MUNICIPAL	100,0	61,0	28,0	15,0	45,6	0,9	6,1	-	12,0	12,0	22,0	-	-	0,0	-	-	-	0,0	1,4	1,3	-	-
103	COLORADO	P.MUNICIPAL	72,0	-	45,0	5,0	50,0	1,0	7,2	150,0	9,0	9,0	1,1	0,6	0,00	1,0	0,0	0,0	16,4	1,5	1,8	0,8	1,4	2,7
104	COLORADO	P.MUNICIPAL	68,0	-	45,0	5,0	50,0	1,0	7,2	40,0	10,0	10,0	1,2	0,1	0,00	2,0	0,0	0,0	14,1	0,2	2,1	0,8	1,8	1,7
105	COLORADO	P.MUNICIPAL	72,0	-	33,0	3,0	45,0	0,3	7,3	154,0	34,0	34,0	3,3	4,8	0,01	2,0	0,0	0,0	34,0	0,3	15,9	5,1	2,6	5,4
106	COLORADO	P.MUNICIPAL	72,0	-	33,0	3,0	34,0	3,0	6,3	153,0	6,0	6,0	5,8	7,5	0,01	1,0	5,0	0,0	16,0	0,1	4,2	4,6	2,5	8,7
107	COLORADO	P.MUNICIPAL	71,0	-	32,0	4,0	36,0	1,0	6,6	65,0	13,0	13,0	6,4	0,2	0,00	1,0	3,0	0,0	7,0	2,2	2,6	0,9	2,7	2,2
108	COLORADO	GENEROSO	150,0	-	17,0	45,0	27,0	4,5	5,2	169,0	5,0	5,0	6,0	10,0	0,00	16,0	0,0	0,0	20,0	0,1	6,1	4,6	11,7	5,0
110	CRUZEIRO DO SUL	SANEPAR	117,0	25,0	1,0	11,0	31,0	0,4	8,0	112,0	55,0	55,0	1,0	0,3	0,00	2,5	0,0	0,0	38,0	0,1	8,8	4,0	8,2	3,5
114	CRUZEIRO DO SUL	P.MUNICIPAL	60,0	-	35,2	3,0	41,0	0,5	7,3	-	15,0	15,0	1,5	0,0	0,02	0,0	-	0,0	-	0,0	3,0	1,4	-	-
118	MARIA HELENA	P.MUNICIPAL	72,0	-	14,0	1,5	38,0	0,1	4,8	129,0	2,0	2,0	15,4	10,3	-	1,0	2,0	-	11,0	0,2	3,5	5,1	3,7	5,0
119	DIAMANTE DO NORTE	SANEPAR	119,6	-	6,2	80,0	30,0	3,4	6,5	-	13,0	13,0	8,5	-	-	0,0	-	0,0	-	0,0	2,0	1,0	-	-
121	DOURADINA	SANEPAR	124,0	-	3,0	26,0	43,0	0,7	5,8	-	7,0	7,0	21,6	0,2	0,00	0,0	-	0,0	-	0,0	0,8	1,0	-	-
129	FRANCISCO ALVES	P.MUNICIPAL	100,0	-	17,4	2,0	56,0	0,1	6,5	-	24,0	24,0	16,0	0,0	0,00	0,0	-	0,0	-	0,1	2,4	5,8	-	-
131	FRANCISCO ALVES	SANEPAR	150,0	100,0	6,0	11,0	66,0	0,2	6,8	109,0	31,0	31,0	9,6	0,2	0,00	1,0	2,0	0,0	86,8	0,1	2,8	1,6	6,3	3,4
137	GUAIARAÇA	SANEPAR	164,0	-	47,0	21,0	63,0	1,3	6,0	20,0	6,0	6,0	17,2	0,5	0,00	2,0	-	-	22,5	-	1,0	0,3	0,8	3,3
138	GUAPOREMA	SANEPAR	150,0	23,0	3,6	15,0	68,0	0,2	7,6	-	79,0	79,0	3,8	0,1	0,00	3,0	-	0,0	-	0,0	7,3	3,7	-	-
142	ICARAÍMA	P.MUNICIPAL	101,0	-	20,0	7,0	25,0	1,4	6,5	10,0	20,0	20,0	-	-	-	1,0	-	-	-	0,4	4,8	7,3	-	-
148	ICARAÍMA	SANEPAR	100,0	-	32,0	16,0	63,0	0,5	6,1	65,0	7,0	7,0	10,8	0,9	0,00	2,0	-	-	23,0	0,1	1,4	0,4	0,9	3,6

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

Continuação

Continuação			DADOS DO POÇO						DADOS QUÍMICOS															
Poço	Município	Proprietário	Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	NO2	NO3	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K
149	IGUAÇU	P.MUNICIPAL	102,0	-	21,0	8,0	30,0	0,9	6,4	52,0	6,0	6,0	4,6	0,5	0,00	1,0	-	-	10,0	0,8	0,8	0,3	1,8	0,6
152	INDIANÓPOLIS	P.MUNICIPAL	93,0	-	19,0	2,0	56,8	0,1	6,8		33,0	33,0	11,0	0,0	0,00	3,0	-	0,0	-	0,0	5,3	4,1	-	-
154	INDIANÓPOLIS	P.MUNICIPAL	96,0	-	35,2	2,8	52,0	0,2	6,8	189,0	17,0	17,0	0,5			1,0	-	-	-	0,0	3,6	5,8	-	-
155	IPORÃ	P.MUNICIPAL	81,0	-	14,5	5,5	55,0	0,1	7,8	111,0	35,5	35,5	1,1	0,2	0,00	1,4	1,6	-	-	0,1	9,6	1,1	-	-
156	IPORÃ	P.MUNICIPAL	60,0	-	43,5	4,0	44,0	8,3	6,9	47,0	12,0	12,0	3,0	0,0	0,00	1,5	-	-	-	0,0	4,8	5,0	-	-
157	IPORÃ	P.MUNICIPAL	80,0	-	17,0	3,0	35,0	0,2	6,9	30,0	4,4	4,4	1,1	0,4	0,00	0,0	-	-	-	0,0	8,4	3,2	-	-
159	IPORÃ	SANEPAR	100,0	-	24,0	10,1	64,0	0,3	7,2	84,0	26,0	26,0	3,2	1,8	-	2,0	-	-	23,0	-	8,2	1,0	2,1	3,6
164	IPORÃ	SANEPAR	195,0	-	26,0	10,9	58,0	0,3	4,7	53,0	4,0	4,0	2,7	2,5	-	2,5	-	0,0	9,0	-	0,8	2,6	1,1	1,2
166	ITAGUAÍ	P.MUNICIPAL	70,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
168	ITAÚNA DO SUL	P.MUNICIPAL	90,0	-	44,6	8,3	50,0	1,6	5,9	-	13,0	13,0	0,0	0,0	0,01	3,0	-	0,0	-	0,0	1,8	2,4	-	-
170	ITAÚNA DO SUL	P.MUNICIPAL	101,0	-	50,0	11,6	60,0	1,2	6,1	-	14,0	14,0	24,0	0,1	0,01	3,0	-	0,0	-	0,0	0,9	1,4	-	-
175	IVATÉ	P.MUNICIPAL	93,5	-	10,0	5,0	36,0	0,2	7,0	-	14,0	14,0	2,6	0,8	0,00	2,0	-	0,0	-	0,0	2,0	2,0	-	-
176	IVATÉ	P.MUNICIPAL	95,0	-	24,0	4,0	56,0	0,1	6,0	-	11,0	11,0	30,0	0,7	0,00	3,0	-	-	-	0,4	1,6	0,5	-	-
177	ALTÔNIA	SANEPAR	121,0	-	1,0	17,0	71,0	0,2	6,4	73,0	23,0	23,0	0,6	-	-	-	-	-	-	-	4,0	1,0	-	-
180	LOBATO	P.MUNICIPAL	70,0	-	25,4	7,0	37,0	0,6	6,1	28,0	13,0	13,0	23,0	0,0	0,00	1,0	-	-	-	0,4	5,9	3,9	-	-
181	LOBATO	P.MUNICIPAL	90,0	48,0	19,2	7,0	30,0	0,6	7,5	-	11,0	111,0	0,5	-	-	0,0	-	-	-	0,0	3,2	6,3	-	-
182	LOBATO	P.MUNICIPAL	76,3	74,0	16,7	4,0	48,0	0,1	6,4		26,2	26,2	22,0	0,3	0,01	2,0	-	0,0	-	0,6	6,4	8,7	-	-
184	LOBATO	P.MUNICIPAL	60,0	-	26,4	6,0	40,0	0,4	5,4	-	14,0	14,0	0,0	0,5	-	2,0	-	0,0	-	0,0	0,5	1,2	-	-
185	LOBATO	P.MUNICIPAL	55,0	-	15,0	6,5	23,0	0,8	6,4	138,0	12,0	12,0	9,2	5,7	0,01	7,0	1,0	-	23,0	0,5	8,0	3,3	19,6	3,2
186	UMUARAMA	SANEPAR	120,0	-	15,0	21,5	33,0	1,2	5,4	71,0	11,0	11,0	100,0	0,1	0,01	-	-	0,3		0,2	2,4	2,4	-	-
187	LOANDA	SANEPAR	152,0	-	29,0	60,0	55,0	2,3	5,7	43,0	7,0	7,0	27,2	1,2		1,0	0,0	-	4,5		0,9	0,7	0,6	5,4
198	MARIA HELENA	P.MUNICIPAL	60,0	-	25,0	2,6	33,0	0,3	6,7	132,0	7,0	7,0	2,7	2,5	0,00	2,0	-	-	25,0	0,8	1,8	1,2	0,9	4,6
199	MARIA HELENA	P.MUNICIPAL	73,0	-	21,0	5,0	28,0	0,7	6,4	139,0	9,0	9,0	6,9	0,2	0,01	3,0	-	-	20,0		2,6	2,7	0,5	5,5
202	MARIA HELENA	SANEPAR	121,0	-	23,0	12,9	56,0	0,4	6,2	28,0	10,0	10,0	12,3	0,9	-	1,0	-	-	44,4	0,1	1,6	0,5	1,2	3,5
204	MARILENA	P.MUNICIPAL	72,0	-	43,0	3,0	52,0	0,3	5,7		8,0	8,0	0,0	-	-	0,5	-	0,0	-	0,2	0,8	1,0	-	-
208	MARILENA	P.MUNICIPAL	73,0	-	11,8	7,0	20,9	0,8	6,1	-	27,0	27,0	41,6	0,1	-	2,0	3,0	-	-	0,0	5,9	2,0	3,2	2,6
209	MIRADOR	P.MUNICIPAL	63,0	-	28,0	6,0	35,0	0,9	5,9	109,0	8,0	8,0	19,6	1,4	0,02	1,0	-	-	26,0		2,3	0,3		
229	NOVA LONDRINA	SANEPAR	102,0	56,0	12,0	28,0	48,0	0,8	7,5	119,0	46,0	46,0	2,9	0,2	0,00	3,0	-	-	35,0	0,2	10,6	1,9	7,3	3,7
235	NOVA OLÍMPIA	SANEPAR	150,0	-	11,0	26,9	63,0	0,5	6,7	60,0	25,0	25,0	9,5	0,1	0,00	1,5	-	0,0	28,0	0,1	5,9	1,3	1,5	2,7
243	PARANAVAÍ	SANEPAR	83,3	-	49,3	9,0	65,3	0,6	6,5		20,0	20,0	18,0	-	-	0,0	-	-	-	0,0	3,2	1,2	-	

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

Continuação

Continuação			DADOS DO POÇO							DADOS QUÍMICOS														
Poço	Município	Proprietário	Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	NO2	NO3	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K
245	PARANAVAI	IAPAR	65,0	-	32,0	3,0	37,0	0,6	5,9	119,0	5,0	5,0	12,3	2,6	0,00	2,0	2,0	-	8,0	0,3	2,7	0,9	1,4	5,8
247	UMUARAMA	SANEPAR	127,0	-	22,0	14,0	68,0	0,3	6,5	43,0	12,0	12,0	7,3	0,4	0,02	1,0	14,2	-	-	-	3,2	1,0	-	-
248	PÉROLA (F)	P.MUNICIPAL	107,0	-	31,5	5,0	60,0	0,2	5,6	-	8,0	8,0	0,0	0,7	0,00	2,0	-	0,0	-	0,0	0,9	1,0	-	-
253	PÉROLA	SANEPAR	230,0	-	14,0	36,0	60,0	0,8	6,3	120,0	13,0	13,0	12,6	2,0	0,01	1,0	0,0	0,0	12,0	-	2,6	2,8	0,7	2,4
254	PÉROLA	SANEPAR	150,0	-	6,0	40,0	59,0	0,8	6,3	37,0	13,0	13,0	12,6	-	-	-	1,5	0,1	-	-	4,0	1,0	-	-
256	PÉROLA	SANEPAR	131,0	-	18,0	41,8	68,0	0,8	6,5	53,0	18,0	18,0	11,0	0,6	-	1,0	0,0	-	24,8	0,1	2,9	0,9	1,0	4,0
257	ALTO PIQUIRI	SANEPAR	143,0	138,0	14,0	6,0	79,0	0,1	7,3	99,5	66,0	66,0	1,9		0,01	3,5	-	-	35,0	0,1	-	-	-	-
258	PLANALTINA DO PR	SANEPAR	150,0	-	28,0	50,0	78,0	1,0	6,9	53,0	26,0	26,0	6,2	0,2	0,02	2,9		0,0	22,0	0,1	-	-	-	-
263	ICARAÍMA	SANEPAR	120,0	-	9,0	23,5	41,0	0,7	6,8	89,0	45,0	45,0	13,9	0,0	0,01	2,0	10,5	-	-	-	17,6	3,4	-	-
266	PORTO RICO	SANEPAR	103,0	-	7,0	30,0	51,0	0,7	6,9	157,0	41,0	41,0	9,6	0,6	0,02	4,0	-	0,0	11,0	0,1	-	-	-	-
275	QUERÊNCIA DO NORTE	SANEPAR	101,0	-	6,0	27,7	35,0	1,0	6,7	147,0	12,0	12,0	4,6	0,7		1,0	-	-	20,0	-	1,6	1,0	2,1	3,9
276	QUERÊNCIA DO NORTE	SANEPAR	150,0	98,0	1,0	41,0	65,0	0,6	7,2	125,0	69,0	69,0	8,4	0,2	0,01	2,0	-	-	52,4	-	16,4	1,8	4,4	3,9
281	RONDON	P.MUNICIPAL	78,0	-	5,0	6,0	20,0	0,4	7,5	52,0	29,0	29,0	1,8	0,7	0,00	2,0	-	-	20,0	-	10,1	0,3	1,4	3,4
292	STA CRUZ DO M.CASTELO	P.MUNICIPAL	82,0	-	23,0	2,3	40,0	0,1	8,6	83,0	22,0	16,0	0,0	0,3	0,00	1,0	-	-	11,0	3,7	5,8	0,4	4,3	2,5
300	SANTA FÉ	SANEPAR	133,0	20,0	20,0	20,0	58,0	0,5	7,1	59,0	43,0	43,0	6,6	0,2	0,00	3,0	-	-	33,7	0,1	8,4	3,0	5,4	3,2
302	TAPIRA	P.MUNICIPAL	75,0	-	17,0	2,0	43,0	0,1	6,4	48,0	10,0	10,0	7,7	1,8	0,00	3,0	-	-	5,0	0,3	2,5	1,4	1,6	3,1
305	SANTA INÊS	P.MUNICIPAL	57,0	-	6,0	4,9	25,0	0,3	6,7	27,0	7,0	7,0	2,7	0,3	0,01	2,0	1,0	-	13,0	0,2	0,8	0,5	1,6	1,7
306	SANTA INÊS	P.MUNICIPAL	70,5	-	30,4	6,5	39,0	0,8	6,4	65,0	9,0	9,0	14,1	0,9	0,00	2,0	1,0	0,1	17,8	0,6	1,8	3,5	5,5	4,7
307	SANTA INÊS	SANEPAR	170,0	-	38,0	5,6	50,0	0,5	6,4	26,5	10,0	10,0	7,7	0,2	0,00	5,0	-	-	15,0	0,1	-	-	-	-
309	STA ISABEL DO IVAÍ	SANEPAR	150,0	-	2,0	51,6	59,0	0,9	7,3	112,0	43,0	43,0	4,2	0,6	0,00	2,0	-	-	32,1	0,1	11,0	2,4	2,2	3,5
310	STA ISABEL DO IVAÍ	P.MUNICIPAL	75,0	-	16,0	15,0	22,0	2,5	5,8	50,0	5,0	5,0	15,5	0,2	0,00	1,0	-	-	12,0		0,6	0,1	0,5	2,7
319	SANTO INÁCIO	P.MUNICIPAL	48,0	-	15,5	3,0	30,0	0,2	7,1	98,0	13,0	13,0	2,0	0,4	0,00	4,0	1,0	0,1	63,6	0,2	2,1	0,9	-	-
320	SÃO JOÃO DO CAIUA	SANEPAR	119,0	-	6,0	31,0	43,0	0,8	7,3		21,0	21,0	1,8		0,00	3,5	-	-	-	0,1	-	-	-	-
326	SÃO JORGE PATROCÍNIO	P.MUNICIPAL	96,0	-	37,0	3,3	50,0	0,3	7,2	183,0	7,0	7,0	0,9	0,6	0,01	2,0	-	-	8,0	3,6	0,8	0,2	1,2	4,3
328	SÃO JORGE PATROCÍNIO	SANEPAR	120,0	-	17,0	20,0	74,0	0,4	5,8		9,0	9,0	27,8				-	0,1	-	-	1,6	1,0	-	-
329	CIANORTE	SANEPAR	150,0	-	10,0	20,3	32,0	0,9	7,6	110,0	52,0	52,0	2,6	0,1	0,01	0,0	2,5	0,1	-	0,2	12,8	4,4	-	-
333	SÃO PEDRO DO PR	P.MUNICIPAL	63,0	-	21,0	2,2	30,0	0,2	6,8	439,0	17,0	17,0	5,3	0,7		6,0	3,0	-	23,0	9,8	4,6	1,2	7,4	2,8
334	SÃO PEDRO DO PR	SANEPAR	110,0	-	12,0	61,0	27,0	4,1	7,7	69,0	58,0	58,0	2,2		0,01	4,0	-	0,0	25,0	0,1	-	-	-	-
336	SÃO TOMÉ	P.MUNICIPAL	69,8	-	33,0	5,0	39,0	0,8	5,6	60,0	10,0	10,0	49,3	15,1	0,00	2,0	1,0	-	7,0	0,4	1,7	0,4	1,0	0,9
337	SÃO TOMÉ	P.MUNICIPAL	84,0	-	31,0	5,3	36,0	1,1	5,8	164,0	6,0	6,0	18,5	0,5	0,00	1,0	-	-	10,0	2,5	0,8	0,4	0,9	1,9

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

Continuação

Continuação			DADOS DO POÇO						DADOS QUÍMICOS															
Poço	Município	Proprietário	Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	NO2	NO3	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K
339	TAMBOARA	SANEPAR	100,0	-	25,3	31,2	62,0	0,8	6,4		19,0	19,0	16,5	0,3	0,02	1,0	-	0,0	-	0,0	1,7	2,8	-	-
344	TAPEJARA	P.MUNICIPAL	81,0	-	17,0	2,0	37,0	0,1	6,9	66,0	8,0	8,0	0,8	8,0	0,00	3,0	-	-	20,0	0,3	4,2	4,3	1,9	7,3
360	TERRA BOA	P.MUNICIPAL	76,0	-	27,0	2,0	47,0	0,1	5,6	75,0	29,0	29,0	143,0	1,7	-	1,0	-	-	0,1	0,4	10,0	1,9	1,8	2,7
366	TERRA RICA	P.MUNICIPAL	153,0	-	54,0	18,0	68,0	1,3	6,6	47,0	13,0	13,0	6,4	0,1	-	2,0	-	-	20,0	0,1	1,8	1,1	2,7	2,9
371	TUNEIRAS D'OESTE	P.MUNICIPAL	128,0	-	14,8	34,5	62,2	0,7	7,1		22,0	22,0	3,5	0,2	0,00	2,0	-	0,0	-	0,0	7,5	1,6	-	-
374	UMUARAMA	SANEPAR	120,0	-	30,0	12,0	65,0	0,3	5,9	42,0	5,0	5,0	12,3	0,6	-	1,0	-	-	20,0	0,5	0,8	0,3	0,4	2,9
376	UMUARAMA	SANEPAR	120,0	-	31,0	19,4	78,0	0,4	6,6	29,0	8,0	8,0	4,0	0,4	-	1,0	-	-	20,0	0,2	1,0	0,6	0,7	4,1
377	UMUARAMA	SANEPAR		-	23,0	12,0	62,0	0,3	7,6	80,0	25,0	25,0	1,2	0,6	-	1,0	-	-	24,8	0,1	4,6	1,4	1,2	4,0
379	UMUARAMA	SANEPAR	100,0	-	3,0	31,0	43,0	0,8	6,1	47,0	15,0	15,0	23,1	0,5	-	2,0	1,3	-	22,0	0,1	4,0	0,5	1,0	3,9
380	UMUARAMA	SANEPAR	119,0	-	23,0	5,7	77,0	0,1	6,9	65,0	25,0	25,0	6,0	0,7	-	2,0	1,0	-	22,0	0,1	3,8	2,3	2,7	3,6
383	UNIFLOR	SANEPAR	121,0	-	23,0	8,0	42,0	0,4	6,5	53,5	17,0	17,0	10,3	1,3	-	2,5	-	-	0,1	-	-	-	-	-
385	UNIFLOR	P.MUNICIPAL	63,0	-	24,0	2,5	35,0	0,2	6,0	62,0	10,0	10,0	19,5	0,1	-	1,0	-	-	12,0	0,2	1,8	1,0	0,7	1,6
388	CIANORTE	SANEPAR	113,0	-	37,0	5,0	95,0	0,1	6,9	85,0	30,0	30,0	7,2	0,0	0,00	0,0	0,0	0,1	-	0,0	6,4	2,9	-	-
400	XAMBRÉ	SANEPAR	122,0	-	31,0	9,6	60,0	0,3	6,3	22,0	10,0	10,0	9,7	-	-	-	-	0,1	-	-	-	2,4	1,6	-
401	XAMBRÉ	SANEPAR	150,0	-	5,0	41,0	70,0	0,6	6,8	83,0	34,0	34,0	10,5	0,7	-	1,5	-	-	26,0	0,1	8,0	1,4	3,8	4,1
405	TAPIRA	JOÃO DEVECHI	96,0	-	37,0	8,0	54,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
407	PARANAVAÍ	TEXTILPAR LTDA	116,0	-	32,5	26,0	53,0	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
412	DIAMANTE DO NORTE	DE S.P.	100,0	48,0	7,8	9,7	30,9	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
415	UMUARAMA	UMUARAMA LTDA	100,0	-	8,0	12,5	12,0	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
417	TAPIRA	CHEESE	96,0	-	17,2	4,0	38,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
418	CRUZEIRO DO OESTE	J. R. F. & CIA	150,0	-	50,0	8,0	###	0,1	6,4	7,0		9,0	6,9		0,10	0,1	-	-	21,7	-	4,1	107,0	1,0	31,0
428	ICARAÍMA	SANEPAR	153,0	-	4,2	50,0	55,0	1,0	6,7	104,0	33,0	33,0	16,2	0,5	0,00	3,0	0,0	-	0,0	-	10,8	1,2	2,7	3,8
432	MOREIRA SALES	SANEPAR	80,0	80,0	4,1	25,0	11,0	3,6	6,1	20,0	51,0	51,0	90,0	-	-	2,0	-	0,0	-	1,6	15,2	5,8	-	-
436	UMUARAMA	SANEPAR	120,0	-	9,0	27,5	70,0	0,5	6,2	43,0	7,0	7,0	8,6	0,6	-	-	0,5	-	-	-	0,8	1,0	-	-
441	XAMBRÉ	SANEPAR	123,0	-	4,4	13,0	70,0	0,2	7,7	115,0		66,0	-	-	-	-	-	-	-	-	20,8	2,9	-	-
442	SÃO JORGE PATROCÍNIO	SANEPAR	120,9	-	17,0	20,0	74,0	0,4	5,8		9,0	9,0	27,8	-	-	-	-	0,1	-	-	1,6	1,0	-	-
452	STA CRUZ DO M. CASTELO	SANEPAR	122,0	-	5,9	45,0	57,5	0,9	7,0	82,0	13,0	13,0	2,5	0,9	-	1,0	-	-	27,1	0,1	0,6	1,4	1,5	3,8
454	ATALAIA	SANEPAR	120,0	120,0	34,4	15,0	54,4	0,8	6,1	25,0	11,0	11,0	16,9	0,1	-	2,0	-	-	13,8	0,1	3,1	0,1	1,5	0,8
455	NOVA LONDRINA	SANEPAR	150,0	150,0	3,8	41,0	57,0	0,8	7,1	84,0	40,0	40,0	6,2	0,1	-	-	-	0,1	-	-	12,8	1,0	-	-
466	INAJÁ	SANEPAR	140,0	-	33,6	39,6	46,1	3,2	5,9	62,0	6,0	6,0	14,7	0,2	0,02	2,0	-	0,1	-	0,2	1,6	2,4	-	-

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

Continuação

Poço	Município	Proprietário	DADOS DO POÇO						DADOS QUÍMICOS															
			Prof	Prof Bas	NE	Q	ND	Q/s	pH	STD	Alc	HCO3	CO2	N02	N03	Cl	SO4	F	SiO2	Fe	Ca	Mg	Na	K
469	NOVA ALIANÇA DO IVAÍ	SANEPAR	150,0	150,0	11,2	14,4	67,0	0,3	6,7	66,0	34,0	34,0	12,9		0,01	1,0	-	0,1	-	-	8,8	2,4	-	-
471	SÃO MANOEL DO PARANÁ	SANEPAR	83,0	83,0	10,8	16,4	30,8	0,8	6,7	59,0	29,0	29,0	11,0	0,1	0,00	-	-	-	17,0	0,1	5,8	1,3	2,7	0,8
472	MARINGÁ	SANEPAR	132,0	132,0	58,7	19,0	70,0	1,7	7,6	84,0	43,0	43,0	2,1	0,1	-	-	-	0,1	-	-	12,8	1,0	-	-
476	MOREIRA SALES	SANEPAR	109,7	109,7	62,2	20,0	93,5	0,6	8,1	157,0	77,0	71,0	1,3	-	-	2,0	-	-	-	-	13,0	1,8	-	-
478	MARIA HELENA	SANEPAR	132,0	-	3,5	11,0	33,5	0,4	6,9	72,0	20,0	20,0	4,8	0,5	0,01	1,0	-	-	23,0	0,2	5,2	0,6	1,4	0,8
479	MARIA HELENA	SANEPAR	150,0	-	9,4	23,4	74,0	0,4	6,3	82,0	42,0	42,0	40,7	3,8	0,04	2,0	1,0	-	16,0	0,1	14,4	3,4	1,0	4,0
482	STO ANTÔNIO DO CAIUÁ	SANEPAR	78,0	-	11,0	45,0	28,0	2,6	6,6	114,0	5,8	5,8	2,9	0,3	0,00	5,0	9,1	-	-	0,1	0,5	1,0	-	-
483	FLORAÍ	SANEPAR	150,0	150,0	11,9	20,0	46,0	0,6	6,7	206,0	94,0	94,0	35,7	5,8	0,00	5,0	1,0	-	21,0	-	28,9	7,7	6,6	1,9
484	TAPIRA	SANEPAR	130,0	-	4,5	29,0	64,0	0,5	6,3	49,0	14,0	14,0	13,6	-	-	-	-	0,1	-	-	3,2	1,0	-	-
493	GUARACI	SANEPAR	155,0	155,0	-	9,0	28,7	-	6,6	105,0	16,0	16,0	7,8	4,6	0,00	6,5	-	-	12,0	0,1	-	-	-	-
494	FLORAÍ	SANEPAR	100,0	-	21,8	16,0	57,8	0,4	6,8	242,0	117,0	117,0	36,4	0,1	-	3,0	-	0,1	-	-	40,1	-	-	-
499	TERRA ROXA	SANEPAR	78,5	-	3,2	3,5	41,7	0,1	6,8	109,0	33,7	33,7	11,0	-	0,00	0,0	0,0	0,0	-	0,0	4,0	2,4	-	-
500	RONDON	RONDON LTDA	116,0	50,0	25,0	50,0	44,0	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
501	JUSSARA	CIA LTDA	140,0	60,0	15,0	5,0	80,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
504	FLORESTÓPOLIS	COM LTDA	121,0	121,0	89,0	4,7	89,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
505	JAPURA	PREF. MUNICIPAL	199,0	199,0	-	12,0	78,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
509	GUAIRAÇA	SANEPAR	101,0	-	16,2	55,0	58,0	1,3	6,5	38,0	13,0	13,0	9,0	0,6	-	1,0	-	-	-	0,0	0,7	5,0	-	-
510	CIANORTE	SANEPAR	101,0	-	12,6	21,0	78,0	0,3	6,8	81,0	28,0	28,0	9,3	0,1	0,00	1,0	-	-	-	0,2	5,7	2,6	-	-
513	LOANDA	SANEPAR	245,0	240,0	25,9	65,0	48,0	2,9	5,6	47,0	9,0	9,0	44,4	1,7	0,02	2,0	-	-	18,1	-	1,3	1,0	0,9	4,2

Prof., Prof Bas., NE e ND (em metros)

Q (em m3/h)

Q/s (em m3/h.m)

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

ANEXO 2

DADOS QUÍMICOS DOS POÇOS UTILIZADOS PARA O DIAGRAMA DE PIPER

DADOS QUÍMICOS DOS POÇOS UTILIZADOS PARA O DIAGRAMA DE PIPER

Poço	Local	pH	T(°C)	TDS	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	NH ₄	F	Cl	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	CO ₂	N ₂
34	Alto Parana	9,4	22,0	148,0	30,0	1,6	1,7	7,9		0,1	0,0	1,2	2,0	5,0	0,9	34,0	0,0	0,0
35	Alto Parana	6,8	22,0	74,0	7,7	2,6	1,8	5,0		0,4	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	39,0	9,0	
36	Alto PR	5,8		48,0	1,6	2,6	0,3	2,9					2,5	0,0	0,0	10,0	38,9	
37	Alto PR	5,5		71,0	3,2	3,3	0,2	6,5		0,1			3,0	0,0	4,5	7,0	43,3	
39	Alto Piquiri	7,0	22,0	48,0	0,4	1,8	0,2	0,8		0,1			1,0	0,0	0,6	4,0	0,8	
48	Altonia	7,2	24,0	83,0	3,4	1,9	2,7	3,9		0,6	0,0	0,0	3,0	0,0	4,2	13,0	1,6	0,0
49	Altonia	7,2	21,0	60,0	0,6	0,8	0,5	0,6	0,0	0,4			1,0	0,0	0,7	4,0	2,4	0,2
50	Altonia	6,2	22,0	19,0	1,4	3,3	0,8	0,8		0,2	0,0		1,0	0,0	0,2	10,0	12,3	0,0
52	Altonia	5,6	21,0	58,0	1,3	2,8	1,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	2,0	6,0	29,6	0,0
53	Altonia	6,2		65,0	1,3	3,4	0,3	0,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	11,0	13,5	0,0
54	Altonia	5,9		50,0	1,5	4,1	2,1	2,6		0,1	0,0		2,0	0,0	2,7	9,0	22,1	0,0
56	Amaporã	6,6	20,0	73,0	0,7	2,4	0,9	3,0	0,0	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	15,0	7,4	0,1
57	Amapora	4,5		98,0	1,2	4,0	2,5	4,5	0,0	1,8	0,3	0,0	1,0	0,0	0,1	11,0	110,0	0,3
58	Amaporã	6,6	22,0	53,0	1,4	2,8	0,8	1,4		0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,9	7,0	3,5	0,2
59	Araruna	7,2	22,0	65,0	2,0	2,8	0,5	2,2		0,1			0,0	0,0	0,5	13,0	1,6	0,2
66	Iguaraçu	6,3	24,0	62,0	2,5	0,5	0,0	1,5	0,0	0,4	0,0	0,0	1,0	2,0	0,1	6,0	5,8	0,1
95	Cidade Gaúcha	6,4	23,0	43,0	0,6	3,8	0,3	1,2	0,0	0,8	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	6,0	4,6	0,2
103	Colorado	7,2	22,0	150,0	1,4	2,7	0,8	1,8	0,0	1,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,6	9,0	1,1	0,1
104	Colorado	7,2		40,0	1,8	1,7	0,8	2,1	0,0	14,1	0,1	0,0	2,0	0,0	0,1	10,0	1,2	0,1
105	Colorado	7,3	24,0	154,0	2,6	5,4	5,1	15,9	0,0	0,3	0,1	0,0	2,0	0,0	4,8	34,0	3,3	0,0
106	Colorado	6,3	23,0	153,0	2,5	8,7	4,6	4,2	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	5,0	7,5	6,0	5,8	0,0
107	Colorado	6,6	24,0	65,0	2,7	2,2	0,9	2,6	2,2	2,2	0,0	0,0	1,0	3,0	0,2	13,0	6,4	0,0
108	Colorado	5,2	23,0	169,0	11,7	5,0	4,6	6,1	0,0	0,1	0,1	0,0	16,0	0,0	10,0	5,0	6,0	0,0
109	Colorado	6,5	23,0	52,0	0,8	1,7	0,7	2,5	0,0	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	1,4	9,0	5,5	0,0
110	Cruz do Sul	8,0		112,0	8,2	3,5	4,0	8,8	0,0	0,1	0,0	0,0	2,5	0,0	0,3	55,0	1,0	0,0
111	Cruz do Sul	7,0	21,0	37,0	1,8	2,5	0,7	1,1	0,0	0,1	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	10,0	1,9	0,2
117	Cruz do Sul	5,9	24,0	130,0	0,3	0,3	0,7	1,0	0,0	1,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	6,0	14,7	0,3
118	Maria Helena	4,8	21,0	129,0	3,7	5,0	5,1	3,5	0,0	0,2	0,0	0,0	1,0	2,0	10,3	2,0	15,4	0,1
130	Francisco Alves	6,8	22,0	24,0	0,7	0,8	0,2	0,8	0,0	0,8	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	10,0	3,1	0,3
131	Francisco Alves	6,8	23,0	109,0	6,3	3,4	1,6	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	2,0	0,2	31,0	9,6	0,1
133	Francisco Alves	6,9	22,0	77,0	4,1	1,9	1,1	6,6	0,0	0,0	0,0		1,0	0,0	0,4	30,0	7,2	0,0
136	Guairacá	5,8		14,0	1,0	3,0	0,3	1,0		0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,5	5,0	15,5	0,0
137	Guairacá	6,0		20,0	0,8	3,3	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,5	6,0	17,2	0,0
148	Icaraima	6,1	24,0	65,0	0,9	3,6	0,4	1,4	0,0	0,1	0,0	0,0	2,0	0,0	0,9	7,0	10,8	0,1
149	Iguaraçu	6,4	23,0	52,0	1,8	0,6	0,3	0,8	0,0	0,8	0,1	0,0	1,0	0,0	0,5	6,0	4,6	0,1
159	Iporã	7,2	22,0	84,0	2,1	3,6	1,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,8	26,0	3,2	0,1
162	Iporã	7,3	26,0	75,5	2,5	1,7	2,9	8,2	0,0	1,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,2	37,0	3,6	0,1
164	Iporã	4,7		53,0	1,1	1,2	2,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	2,5	4,0	2,7	0,4
167	Itaguaí	6,8		45,0	2,1	2,6	3,2	4,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	20,0	6,2	0,1
179	Loanda	5,6	21,0	47,0	0,9	4,2	1,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	1,7	9,0	44,4	0,0
185	Lobato	6,4		138,0	19,6	3,2	3,3	8,0	0,0	0,5	0,2	0,0	7,0	1,0	5,7	12,0	9,2	0,3

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

CONT.

Poço	Local	pH	T(°C)	TDS	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	NH ₄	F	Cl	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	CO ₃	N ₂
187	Loanda	5,7		43,0	0,6	5,4	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,2	7,0	27,2	0,0
191	Maria Helena	7,4		210,0	4,4	4,5	2,8	13,5	0,0	0,0	0,0	0,2	2,8	0,0	17,3	48,8	0,0	0,0
194	Maria Helena	7,4		21,0	12,4	1,1	5,3	30,3	0,0	0,1	0,0	0,2	1,8	0,0	0,5	158,6	0,0	0,0
198	Maria Helena	6,7	23,0	132,0	0,9	4,6	1,2	1,8	0,0	0,8	0,1	0,0	2,0	0,0	2,5	7,0	2,7	0,1
199	Maria Helena	6,4	23,0	139,0	0,5	5,5	2,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,2	9,0	6,9	0,0
201	Maria Helena	7,8		170,0	21,2	2,6	2,0	16,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,5	4,6	0,3	95,0	2,9	0,0
202	Maria Helena	6,2	22,0	28,0	1,2	3,5	0,5	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,9	10,0	12,3	0,0
203	Maria Helena	6,9	20,0	69,0	1,5	2,8	0,5	5,4	0,0	0,2	0,0	0,0	1,0	0,0	0,4	21,0	5,1	0,0
208	Marilena	6,9			3,2	2,6	2,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	0,1	27,0	41,6	0,1
229	Nova Londrina	7,5	23,0	119,0	7,3	3,7	1,9	10,6	0,0	0,2	0,0	0,0	3,0	0,0	0,2	46,0	2,9	0,3
235	Nova Olímpia	6,7		60,0	1,5	2,7	1,3	5,9	0,0	0,1	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	25,0	9,5	0,0
245	Paranavai	5,9	23,0	119,0	1,4	5,8	0,9	2,7	0,0	0,3	0,0	0,0	2,0	2,0	2,6	5,0	12,3	0,1
253	Pérola		21,0	120,0	0,7	2,4	2,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	2,0	13,0	12,6	0,1
256	Pérola	6,5		53,0	1,0	4,0	0,9	2,9	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,6	18,0	11,0	0,1
275	Querência do Norte	6,7	23,0	147,0	2,1	3,9	1,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,7	12,0	4,6	0,1
276	Querência do Norte	7,2	23,0	125,0	4,4	3,9	1,8	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,2	69,0	8,4	0,1
281	Rondon	7,5	22,0	52,0	1,4	3,4	0,3	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,7	29,0	1,8	0,1
282	Sabáudia	7,5		93,0	2,2	0,8	3,9	7,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,3	0,0	38,0	2,4	0,1
283	Santa Fé	6,3		35,0	2,6	3,0	0,4	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	4,0	0,0	0,9	8,0	7,8	0,0
284	Santa Fé	5,9	22,0	44,0	2,3	3,0	1,4	2,7	0,0	0,1	0,0	0,0	4,5	0,0	1,8	10,0	24,5	0,0
292	Sta Cruz M. Castelo	8,6	20,0	83,0	4,3	2,5	0,4	5,8	0,0	3,7	0,0	0,0	1,0	0,0	0,3	16,0	0,0	0,1
293	Sta Cruz M. Cast.	6,2	23,0	62,0	0,9	2,9	0,6	3,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	11,0	3,4	0,1
300	Santa Fé	7,1	22,0	59,0	5,4	3,2	3,0	8,4	0,0	0,1	0,0	0,0	3,0	0,0	0,2	43,0	6,6	0,0
301	Santa Fé	5,8	22,0	27,0	1,3	2,7	0,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,1	7,0	21,6	0,1
302	Tapira	6,4	19,0	48,0	1,6	3,1	1,4	2,5	0,0	0,3	0,0	0,0	3,0	0,0	1,8	10,0	7,7	0,1
305	Santa Ines	6,7	19,0	27,0	1,6	1,7	0,5	0,8	0,0	0,2	0,0	0,0	2,0	1,0	0,3	7,0	2,7	0,1
306	Santa Ines	6,4		65,0	5,5	4,7	3,5	1,8	0,0	0,6	0,0	0,1	2,0	1,0	0,9	9,0	14,1	0,1
309	Sta Isabel do Ivaí	7,3	22,0	112,0	2,2	3,5	2,4	11,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2,0	0,0	0,6	43,0	4,2	0,2
310	Sta Isabel do Ivaí	5,8	23,0	50,0	0,5	2,7	0,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,2	5,0	15,5	0,3
326	S Jorge do Patroc.	7,2	21,0	50,0	1,2	4,3	0,2	0,8	0,0	3,6	0,0	0,0	2,0	0,0	0,6	7,0	0,9	0,3
333	S Pedro do PR	6,8	19,0	439,0	7,4	2,8	1,2	4,6	0,0	9,8	0,0	0,0	6,0	3,0	0,7	17,0	5,3	0,2
336	São Tomé	5,6	23,0	60,0	1,0	0,9	0,4	1,7	0,0	0,4	0,0		2,0	1,0	15,1	10,0	49,3	0,0
337	São Tomé	5,6	19,0	164,0	0,9	1,9	0,4	0,8	0,0	2,5	0,1		1,0	0,0	0,5	6,0	18,5	0,2
344	Tapejara	6,9	22,0	66,0	1,9	7,3	4,3	4,2	0,0	0,3	0,0		3,0	0,0	8,0	8,0	0,8	0,2
360	Terra Boa	5,6	20,0	75,0	1,8	2,7	1,9	10,0	0,0	0,4	0,0		1,0	0,0	1,7	29,0	7,0	0,0
366	Terra Rica	6,6	24,0	47,0	2,7	2,9	1,1	1,8	0,0	0,1	0,0		2,0	0,0	0,1	13,0	6,4	0,1
367	Terra Rica	6,0	20,0	26,0	2,0	2,3	0,1	1,0	0,0	0,5	0,1		2,0	0,0	0,1	7,0	13,7	0,2
368	Terra Rica	6,9	24,5	172,0	3,3	1,9	0,4	0,5	0,0	2,9	0,0		3,0	0,0	0,0	9,0	2,2	0,1
374	Umuarama	5,9	19,0	42,0	0,4	2,9	0,3	0,8	0,0	0,5	0,0		1,0	0,0	0,6	5,0	12,3	0,0
376	Umuarama	6,6	21,0	29,0	0,7	4,1	0,6	1,0	0,0	0,2	0,0		1,0	0,0	0,4	8,0	4,0	0,0
377	Umuarama	7,6	21,5	80,0	1,2	4,0	1,4	4,6	0,0	0,1	0,0		1,0	0,0	0,6	25,0	1,2	0,0
379	Umuarama	6,1	21,0	47,0	1,0	3,9	0,5	4,0	0,0	0,1	0,0		2,0	1,3	0,5	15,0	23,1	0,5

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

CONT

Poço	Local	pH	T(°C)	TDS	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	NH ₄	F	Cl	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	CO ₂	N
380	Unurama	6,9		65,0	2,7	3,6	2,3	3,8	0,0	0,1	0,0		2,0	1,0	0,7	25,0	6,0	0,1
385	Uniflor	6,0	23,0	62,0	0,7	1,6	1,0	1,8	0,0	0,2	0,0		1,0	0,0	0,1	10,0	19,5	0,1
401	Xambre	6,8	22,0	83,0	3,8	4,1	1,4	8,0	0,0	0,1	0,0		1,5	0,0	0,7	34,0	10,5	0,0
422	Santana do Itararé	7,8	16,0	165,0	36,5	0,8	2,5	22,2	0,0	0,1	0,0		1,5	63,0	0,0	84,0	2,5	0,0
423	Santana do Itararé	8,0	19,0	142,0	26,0	1,6	0,8	14,8	0,0	0,1	0,0		0,4	0,5	18,7	80,0	1,9	0,0
428	Icaraima	6,7	22,0	104,0	2,7	3,8	1,2	10,8	0,0	0,0	0,0		0,0	3,0	0,0	33,0	16,2	0,0
435	Unurama	6,2	21,0	49,0	1,1	4,2	1,2	0,7	0,0	0,1	0,1		0,0	1,0	0,0	10,0	12,3	0,0
448	Loanda	5,7		43,0	0,6	5,4	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	7,0	27,2	0,0
449	Loanda	5,9		40,0	0,6	3,0	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0		0,2	1,0	0,0	0,5	7,0	17,2
450	Sta Cruz M. Cast.	7,4	22,0	58,0	1,1	3,8	1,4	1,2	0,0	0,6	0,4		1,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0
451	Sta Cruz M. Cast.	7,3	21,0	93,0	0,9	4,1	1,8	0,9	0,0	0,1	0,0		0,0	1,0	0,0	0,8	15,0	1,5
452	Sta Cruz M. Cast.	7,0	21,0	82,0	1,5	3,0	1,4	0,6	0,0	0,1	0,2		0,0	1,0	0,0	0,9	13,0	2,5
453	Sta Cruz M. Cast.	7,2	22,0	80,0	1,0	3,5	1,0	0,7	0,0	0,1	0,5		0,0	1,0	0,0	0,9	12,0	1,5
454	Atalaia	6,1		25,0	1,5	0,8	0,1	3,1	0,0	0,1	0,0		0,0	2,0	0,0	0,1	11,0	16,9
471	São Manoel do Paraná	6,7	22,0	59,0	2,7	0,8	1,3	5,8	0,0	0,1	0,0		0,0	0,0	0,0	0,1	29,0	11,0
473	Xambre	6,8	22,0	83,0	3,8	4,1	1,4	8,0	0,0	0,1	0,0		0,0	1,5	0,0	0,7	34,0	10,5
478	Maria Helena	6,9	22,0	72,0	1,4	0,8	0,6	5,2	0,0	0,2	0,0		0,0	1,0	0,0	0,5	20,0	4,8
479	Maria Helena	6,3		82,0	1,0	4,0	3,4	14,4	0,0	0,1	0,0		0,0	2,0	1,0	3,8	42,0	40,7
483	Floral	6,7	22,0	206,0	6,6	1,9	7,7	28,9	0,0	0,0	0,0		0,0	5,0	1,0	5,8	94,0	35,7
491	Santa Fé	6,6	20,0	84,0	4,2	2,7	1,1	6,8	0,0	0,1	0,0		0,0	2,0	0,0	0,3	30,0	14,7

Dados químicos (em mg/L, exceto pH)

ANEXO 3

GRÁFICOS DE TESTES DE BOMBEAMENTO

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,56 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $1,42 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Altônia

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,12 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $7,61 \times 10^{-2}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Cianorte

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $9,57 \times 10^0$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $7,97 \times 10^{-2}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Cidade Gaúcha

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,64 \times 10^2$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $1,64 \times 10^0$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Colorado.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $2,44 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $1,60 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Cruzeiro do Oeste.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $3,65 \times 10^2$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $3,31 \times 10^0$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Guairacá.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,65 \times 10^2$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $1,65 \times 10^0$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Guaraci

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $2,57 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $4,28 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Japurá.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Solução por COOPER & JACOB I - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,04 \times 10^3$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $4,27 \times 10^0$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Loanda.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $3,48 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $5,80 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Lobato.

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m²/d]: $7,24 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $7,24 \times 10^{-1}$

Gráfico de teste de bombeamento no poço de Marilena.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $7,36 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $6,69 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Nova Esperança.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $5,01 \times 10^1$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $5,96 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Paranacity.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $8,46 \times 10^{-1}$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $7,05 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Paranavai.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $1,54 \times 10^1$

Condução hidráulica (K) [m/d]: $1,54 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Tapejara.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $2,68 \times 10^{-1}$

Condução hidráulica (K) [m/d]: $2,56 \times 10^{-1}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Tapira.

Gráfico Tempo-Rebaixamento com vazão

Método de Recuperação de THEIS & JACOB - Aquífero Não Confinado

Transmissividade [m^2/d]: $2,07 \times 10^0$

Condut. hidráulica (K) [m/d]: $1,38 \times 10^{-2}$

Gráficos de teste de bombeamento no poço de Xambré.

ANEXO 4

GRÁFICOS DE PERFILAGENS GEOFÍSICAS

Perfil geofísico de raios gama em poço tubular
Local: Cruzeiro do Oeste

Perfil geofísico de raios gama em poço tubular
Local: Poço 513 - Loanda

Perfil geofísico de raios gama em poço tubular
Local: Querência do Norte

Perfil geofísico interpretado a partir de raios gama em poço tubular
Local: Cianorte

Perfil geofísico interpretado a partir de raios gama em poço tubular
Local: Nova Esperança

Perfil geofísico interpretado a partir de raios gama em poço tubular
Local: Umuarama