

CADERNOS IG/UNICAMP

*Revista do Instituto de
Geociências/UNICAMP
Caixa Postal 6152
13083-970 Campinas SP
Brasil
Fone: (019) 239-1097*

Reitor
José Martins Filho

Coordenador Geral da Universidade
André Maria Pompeu Villalobos

Pró-Reitor de Pós-Graduação
Carlos Alfredo Joly

Pró-Reitor de Graduação
José Tomaz Vieira Pereira

Pró-Reitor de Pesquisa
Carlos Henrique de Brito Cruz

Pró-Reitor de Extensão e Assuntos Comunitários
Archimedes Perez Filho

Pró-Reitor de Desenvolvimento Universitário
José Tadeu Jorge

Diretor do Instituto de Geociências
Celso Pinto Ferraz

Volume 6, Número 2, Dezembro de 1996

cadernos IG



UNICAMP

Doc. 79

cadernos



"CADERNOS IG/UNICAMP" é uma publicação do Instituto de Geociências da UNICAMP aberta a todos interessados que visa divulgar a produção científica nas seguintes áreas temáticas:

- ▶ administração e política de recursos minerais;
- ▶ ensino de geociências;
- ▶ geologia de petróleo;
- ▶ engenharia de reservatórios;
- ▶ história e teoria do conhecimento geológico;
- ▶ metalogênese e geoquímica;
- ▶ política científica e tecnológica;
- ▶ técnicas exploratórias de recursos minerais.

CORPO DE CONSULTORES*

Antonio Manoel de Figueiredo PETROBRÁS	Fernando F. Marques de Almeida IPT	Paulo M. Barbosa Landim IGCE/UNESP
Armando Márcio Coimbra IG/USP	Ivan A. do Amaral FE/UNICAMP	Paulo Roberto Meneses IG/UnB
Arthur Pinto Chaves POLI/USP	Jorge Bettencourt IG/USP	Raimundo Almeida Filho INPE
Eduardo C. Damasceno POLI/USP	José Vicente Valarelli IG/USP	Roberto C. Villas-Boas CETEM-CNPq
Eliezer Braz Pereira DMG/UFPB	Juarez Brandão Lopes IFCH/UNICAMP	Roberto Romano IFCH/UNICAMP
Éolo Pagnani IE/UNICAMP	Marcel Dardenne IG/UnB	Umberto G. Cordani IG/USP
Fábio Erber IEI/UFRJ	Maria Amélia Dantes FFLCH/USP	Yociteru Hasui IGCE/UNESP
	Milton Luiz L. Formoso IG/UFRGS	Wolney Lobato UFMG

* Integram também o corpo de consultores docentes do IG/UNICAMP

Coordenação Editorial: *Serviço Técnico de Desenvolvimento Institucional*, responsável: Neide dos Santos Furlan. Normalização Bibliográfica: *Biblioteca do IG/UNICAMP*, responsável: Márcia Schenfel Baena. Editoração e distribuição: Amauri Cesar Godoy. Capa: Luciane R.G. Gardesani. Fotolito e impressão: Gráfica Central da Unicamp. Tiragem: 500 exemplares.

CADERNOS IG/UNICAMP é uma publicação de periodicidade semestral.

Subscrição e distribuição: para receber os "Cadernos IG/UNICAMP" basta escrever para: IG/UNICAMP, Caixa Postal 6152, 13083-970, Campinas, SP.

SOLICITAMOS INTERCÂMBIO/WE ASK FOR EXCHANGE

ÍNDICE

MAPA DA MINA

Eliana M. A. Guimarães, Margarete Cicolin, Roselice C.V. Figueiredo
Mariluz K. De Gaspari, Jandira C. Grninger, Silvana M.A. Giamas,
Antonio Cesar Leal

03

**GEOMETRIA DOS AQUÍFEROS E CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS**

Geraldo H. Oda, Mara A. Iritani, Seiju Hassuda, Manuel F.C. Lopes
Luciana M.R. Ferreira, Reginaldo A. Bertolo, Sueli Yoshinaga,
Ricardo C.A. Hirata

18

**A IMPLANTAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA
DE LÍTIO NO BRASIL**

José Paulo Mansur

37

**DIRETRIZES PARA REFORMULAÇÃO CURRICULAR DE CURSOS
DE GEOLOGIA: O HISTÓRICO DA UNISINOS**

Hélio Jorge Portugal Severiano Ribeiro, Ernesto L. Lavina

7

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA BALANÇA COMERCIAL MINERAL
BRASILEIRA NA DÉCADA DE 80**

Cynthia F.V. Corrêa, Saul B. Suslick

10

**GEOCIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: "FORMARAM AS
GALÁXIAS DIVIDIDINHAS" - ALGUNS EXEMPLOS COM UM ESTUDO
SOBRE O TEMA 'A FORMAÇÃO DO UNIVERSO'**

Maurício Compiani

11

1

RESUMOS DE TESE

GEOMETRIA DOS AQUÍFEROS E CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS

Geraldo H. Oda¹

Mara A. Iritani¹

Seiju Hassuda¹

Manuel F. C. Lopes²

Luciana M. R. Ferreira¹

Reginaldo A. Bertolo³

Sueli Yoshinaga¹

Ricardo C. A. Hirata¹

Palavras - chave: água subterrânea, geometria dos aquíferos, fluxo subterrâneo

RESUMO

A caracterização tridimensional dos sistemas aquíferos e das condições de fluxo das águas subterrâneas no Município de Campinas foram os objetos do presente estudo. O Sistema Aquífero Diabásio ocorre na porção noroeste do município e chega a apresentar espessura de 300 m. As duas direções de juntas, N30°W e N48°E, com mergulhos subverticais devem controlar a ocorrência e a circulação das águas subterrâneas. O pacote sedimentar, que sustenta o Sistema Aquífero Tubarão, espessa-se de leste para oeste, chegando a 300 m no limite oeste do município. A nordeste da Rodovia Anhangüera, o pacote sedimentar é muito irregular e interrompido pela intrusão do diabásio, apresentando, em geral, espessuras menores que 100 m em pacotes sobrepostos ao diabásio. No mapa potenciométrico, elaborado apenas para o Sistema Aquífero Tubarão, observa-se que as linhas equipotenciais tendem a acompanhar a topografia do terreno, e o fluxo da água subterrânea é direcionado para as drenagens principais, representadas pelos rios Piçarrão, Capivari e Capivari Mirim. O Sistema Aquífero Cristalino, constituído por rochas do Complexo Itapira e pelos granitos Jaguariúna e Morungaba, mergulha para oeste-noroeste rumo ao centro da Bacia Sedimentar do Paraná, sotopondo-se

¹ Instituto Geológico/SMA

² Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE

³ Ambiter Terra Tecnologia de Meio Ambiente Ltda.

aos sedimentos do Grupo Tubarão. Apresenta uma paleosuperfície bastante irregular, principalmente devido à intrusão do diabásio. As estruturas rúpteis com caráter distensivo condicionam a ocorrência e circulação das águas subterrâneas.

ABSTRACT

A three-dimensional characterization of the aquifer systems and the flow conditions of the groundwater in the Campinas Municipality (São Paulo State, Brazil) are presented here. The Diabase Aquifer System, which is at least 300 m thick, occurs in the northwestern portion of the municipality. Two joint systems, with N30W and N48E strikes and subvertical dips, must control the occurrence and circulation of the groundwater. The sedimentary layers that support the Tubarão Aquifer System thicken from east to west, reaching 300 m in the western perimeter of the municipality. Northeast of the Anhangüera Highway, the sedimentary beds are very irregular and interrupted by the diabase intrusion, in general being less than 100 m thick when it overlies the diabase. The potentiometric map of Tubarão Aquifer System shows that the equipotential lines tend to follow the terrain topography and the groundwater flow is directed to the main drainage system, namely Piçarrão, Capivari and Capivari Mirim rivers. The Crystalline Aquifer System, constituted by the Precambrian Itapira Complex rocks and Jaguariúna and Morungaba granites, dips from west-northwest to the center of the Paraná Sedimentary Basin, underlying the Tubarão Group sediments. It presents a very irregular paleosurface, mainly due to the diabase intrusion. The brittle structures of tensile character condition the occurrence and circulation of the groundwater.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta a geometria dos sistemas aquíferos e a circulação das águas subterrâneas no Município de Campinas, cuja base de análise foram as informações de um cadastro de 672 poços tubulares profundos.

Este trabalho faz parte de um estudo maior, que englobou temas como: caracterização geométrica e produtividade dos sistemas aquíferos; circulação e reserva das águas subterrâneas; perfil do usuário e aspectos construtivos dos poços tubulares; e vulnerabilidade natural à poluição do aquífero sedimentar. Essa avaliação, por sua vez, compõe o capítulo "Hidrogeologia" do projeto "Subsídios do Meio Físico-Geológico ao Planejamento do Município de Campinas (SP)", de caráter

integrador e multidisciplinar, desenvolvido por várias equipes técnicas do Instituto Geológico/SMA, objetivando a gestão do meio físico (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993). O estudo, executado na escala 1:50.000, resultou num amplo diagnóstico considerando a geologia, geomorfologia, recursos minerais e hidrogeologia. O fruto deste esforço resultou em atendimento específico prestado por técnicos do IG/SMA à Prefeitura Municipal de Campinas, a fim de subsidiar a revisão do Plano Diretor Municipal e a regulamentação da APA dos distritos de Souza e Joaquim Egídio.

ÁREA DE ESTUDO

O Município de Campinas, com uma área total de 790 km², localiza-se entre as coordenadas 22° 40' e 23° 05' de latitude sul e 46° 49' e 47° 15' de longitude oeste, a cerca de 100 km a NW da capital paulista. As principais vias de acesso ao município são as rodovias: Anhangüera, Bandeirantes e D. Pedro I (Figura 1).

Geologicamente, o município encontra-se na interface entre a Bacia Sedimentar do Paraná e o Embasamento Cristalino, onde afloram os sedimentos do Grupo Tubarão, as rochas do embasamento cristalino e os diabásios intrudidos.

Essa condição geológica é responsável pelo relevo de transição, onde servam-se dois compartimentos geomorfológicos distintos: o Planalto Atlântico Brasileiro (Machado *et al.* 1981 *apud* INSTITUTO GEOLÓGICO 1993), com relevos de morros arredondados do Planalto de Jundiaí (com altitudes máximas de 990 m), e a Depressão Piracicabana, composta por relevos de colinas e morrotes (com altitudes médias entre 200 e 700 m), compreendendo a Zona do Médio Tietê (Almeida 1964 *apud* INSTITUTO GEOLÓGICO 1993).

TODO

Para a realização deste trabalho foram analisadas as informações existentes do cadastro de poços tubulares associadas aos levantamentos

geológico e geomorfológico executados pelo IG/SMA (INSTITUTO GEOLÓGICO *op. cit.*).

O cadastramento dos 672 poços foi desenvolvido em duas fases, sendo que na primeira foram consultados os arquivos de dados de poços tubulares do Instituto Geológico, do Departamento de Águas e Energia Elétrica e de 14 empresas particulares de perfuração que atuam na região.

A segunda fase consistiu na organização, complementação e/ou atualização dos dados dos poços, inclusive trabalho de campo. Estas obras de captação foram vistoriadas em campo e locadas em bases planialtimétricas de escala 1:10.000 e 1:50.000.

GEOMETRIA DOS AQUÍFEROS

A análise da geometria do aquífero consistiu no uso dos dados existentes de perfis geológicos de poços tubulares profundos, com informação do topo do embasamento e da geologia da área. Desta avaliação resultaram sete perfis geológicos de direção E-W e um mapa de contorno estrutural do topo do Embasamento Cristalino da porção ocidental do município.

FLUXO SUBTERRÂNEO

No Sistema Aquífero Tubarão, de porosidade granular, a cota do nível estático dos poços foi utilizada para a confecção do mapa potenciométrico do município, o qual serviu para avaliar o fluxo subterrâneo desta unidade. O baixo valor da profundidade média encontrada nos poços tubulares da área (entre 100 e 150 m) e a alta relação do nível potenciométrico com a topografia do terreno delineiam um modelo de circulação de fluxo da parte superior deste sistema aquífero.

Para os sistemas aquíferos Cristalino e Diabásio, a compreensão do comportamento do fluxo da água subterrânea baseou-se nos conhecimentos litológicos e estruturais destas unidades. Seu caráter heterogêneo e descontínuo, predominantemente fissurado, imprime um fluxo localizado, condicionado por estruturas tectônicas e de resfriamento, refletindo uma distribuição muito irregular

dos valores de nível d'água, impossibilitando conceitualmente o traçado de curvas potenciométricas.

RESULTADOS OBTIDOS

Sistema Aquífero Diabásio

Este sistema é constituído por rochas intrusivas básicas, pertencentes à Formação Serra Geral, alcançando cerca de 300m de espessura. Sua disposição assemelha-se a um grande "sill" que teria se encaixado no contato entre os sedimentos do Grupo Tubarão e o Embasamento Cristalino, como mostram as Figuras 2 e 3 (Perfis 3 e 4). A localização dos perfis está ilustrada na Figura 5. Este sistema, aflorante na porção NW do município (em 19% da área), foi considerado como uma unidade aquífera independente por apresentar características hidrogeológicas, estratigráficas e estruturais diferenciadas dos outros aquíferos presentes na área (Figura 1).

Dos poços tubulares profundos locados na porção mais espessa do diabásio, a maioria deles não chegou a atravessá-lo totalmente. Por este motivo, grande parte de seu contato inferior com o Embasamento Cristalino é inferido.

Sua porção aflorante exibe uma topografia muito plana em relação às outras litologias, nivelada na cota 600 metros, como mostram as Figuras 2 e 3 (Perfis 2, 3 e 4).

Nos perfis, percebe-se que seu contato com outras formações é abrupto, muitas vezes subvertical, função do caráter intrusivo desta unidade, o que faz com que poços locados próximos atravessem diferentes seções geológicas e também apresentem diferentes produtividades.

Esta unidade aquífera apresenta um comportamento extremamente heterogêneo, descontínuo, anisotrópico e fissurado.

No Município de Campinas, destacam-se duas direções de juntas, N30W e N48E, com mergulhos subverticais, as quais devem controlar a ocorrência e circulação da água subterrânea neste sistema. Contudo, o reduzido número de poços

cadastrados no diabásio não permitiu avaliar a influência das mesmas na produtividade dos poços.

A contribuição do manto de alteração em termos de produtividade de água não é significativa em função de sua composição predominantemente argilosa.

Nesta unidade não foram traçadas as curvas equipotenciais devido ao comportamento irregular do nível da água nos poços e ao caráter fissurado deste sistema. As linhas equipotenciais do aquífero sedimentar são, então, abruptamente interrompidas no contato com o diabásio.

Sistema Aquífero Tubarão

O Sistema Aquífero Tubarão, suportado por rochas sedimentares do Subgrupo Itararé, pertencentes ao Grupo Tubarão, localiza-se em toda porção ocidental do município, totalizando cerca de 245 km² (31% da área do município) ocorrendo, estratigraficamente, acima do Embasamento Cristalino (Figura 1).

Segundo INSTITUTO GEOLÓGICO (1993), distinguem-se quatro sub-unidades, ou associações faciológicas para o Subgrupo Itararé no município: arenitos, diamictitos/lamitos e ritmitos, ritmitos e sedimentos indiferenciados.

Os arenitos, com granulometria variada, predominam na região SSW do município, enquanto que os diamictitos/lamitos e ritmitos ocorrem de forma associada em toda porção SW de Campinas, porém, estratigraficamente abaixo dos arenitos. Os diamictitos são mais frequentes no extremo sul do município. Os ritmitos ocorrem predominantemente a oeste da zona urbana de Campinas. Os sedimentos indiferenciados ocorrem a NW da zona urbana de Campinas, sobre rochas do Complexo Itapira, representados por dois maiores corpos: o primeiro próximo ao Córrego Tanquinho e o segundo, cortado pela interligação das rodovias D. Pedro I - Anhangüera.

A oeste da Rodovia Anhangüera, o pacote sedimentar espessa-se, de leste para oeste, em direção ao centro da Bacia Sedimentar do Paraná chegando a 300 m no limite ocidental do município. Em geral, a superfície está nivelada ao redor da cota 600 metros (Depressão Periférica), apresentando formas de relevo colinosas com amplitudes menores que 100 m (Figura 4).

A norte da mesma rodovia, o pacote sedimentar é muito irregular e interrompido pela intrusão do diabásio, como mostram as Figuras 3 e 4 (Perfis 5 e 6), apresentando espessuras menores que 100 metros, em pacotes geralmente sobrepostos ao diabásio.

No extremo noroeste do município, no Perfil 1, o corpo de sedimentos retoma a forma regular encontrada no sul, com espessuras aumentando no sentido oeste da área (Figura 2).

A constituição litológica imprime uma porosidade granular, que controla a circulação da água subterrânea. Entretanto, as intercalações e interdigitações das camadas do Subgrupo Itararé fazem com que este sistema apresente um comportamento livre a localmente semi-confinado, heterogêneo, descontínuo e fortemente anisotrópico.

Algumas discontinuidades rúpteis são observadas como reflexo de esforços tectônicos como as falhas inversas e normais de direção NE e ENE a EW, respectivamente, as quais imprimem um caráter localmente fissurado no controle do comportamento hidrodinâmico do aquífero. A análise dos lineamentos fotogeológicos mostra direções N30-40W, N50-70E, N60-70W e EW, entretanto sem concentração acentuada em nenhuma direção, estando de acordo com o comportamento isótropo das rochas sedimentares (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993).

As maiores cotas potenciométricas, ultrapassando os 700 m, são encontradas na porção central do município, onde se situa a zona urbana de Campinas, próximas ao contato com o embasamento cristalino. Os níveis potenciométricos diminuem no sentido oeste do município, chegando a cotas inferiores a 550 m (Figura 1).

Estas curvas equipotenciais mostram um sentido de fluxo da água subterrânea para as drenagens principais como os rios Piçarrão, Capivari e Capivari Mirim. Na porção centro-oeste do município, o corpo sedimentar apresenta um fluxo subterrâneo no mesmo sentido do Ribeirão Quilombo e, na porção norte, do Córrego Anhumas e do Rio Atibaia. Assim, as drenagens são consideradas áreas de descarga do fluxo da água subterrânea. Este quadro caracteriza um modelo de circulação rápida da água subterrânea dentro da dinâmica do aquífero.

As discontinuidades lateral e vertical das camadas arenosas, interdigitadas com camadas lamíticas, dificultam a recarga de um modo geral, principalmente a recarga mais profunda.

Em nível regional, o fluxo da água subterrânea no município segue para oeste, acompanhando o mergulho geral da Bacia Sedimentar do Paraná, contribuindo para a recarga regional mais profunda desta unidade.

Sistema Aquífero Cristalino

A porção aflorante do Sistema Aquífero Cristalino compreende cerca de 50% da área municipal (Figura 1) e é constituída por rochas do Complexo Itapira e pelos granitos Jaguariúna e Morungaba. Duas zonas de cisalhamento paralelas (condicionadas por falhamentos transcorrentes) cortam o município com direção NNE, coincidindo com a direção geral da foliação das rochas do Complexo Itapira. A primeira zona passa pela parte central da zona urbana de Campinas (Zona de Cisalhamento de Campinas-ZCC) e a segunda por Sousas (Zona de Cisalhamento de Valinhos-ZCV). Estas duas zonas de cisalhamento dividem o pré-cambriano em três grandes compartimentos geoesstruturais (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993).

As rochas do Complexo Itapira ocorrem nos três compartimentos e são representadas por gnaisses bandados, gnaisses xistosos, granada-biotita gnaisses, gnaisses indiferenciados, gnaisses graníticos e gnaisses facoidais.

O granito Jaguariúna corresponde a hornblenda-biotita granito gnáissico porfirítico, com hornblenda-biotita granodiorito associado, e biotita granito gnáissico inequigranular, ocorrendo basicamente a oeste da Zona de Cisalhamento de Campinas (Compartimento Ocidental).

O granito Morungaba possui tipos litológicos maciços e homogêneos, representados principalmente por biotita granito equigranulares ou porfiríticos e ocorrem a leste da Zona de Cisalhamento de Valinhos-ZCV (Compartimento Oriental).

As zonas de cisalhamento de Campinas e Valinhos são de natureza transcorrente, e responsáveis pela geração de faixas de rochas miloníticas (desde protomilonitos até ultramilonitos).

A topografia da parte aflorante deste sistema divide-se, basicamente, em dois tipos. O primeiro é formado de colinas amplas, médias e pequenas com amplitudes menores que 100 metros, com a superfície nivelada ao redor da cota 700 metros, situando-se entre a linha de contato Cristalino-Tubarão até aproximadamente o Rio Atibaia (Depressão Periférica), como mostra a Figura 2 (Perfis 2 e 3). O segundo tipo, como mostram as Figuras 2 e 3 (Perfis 1 e 5), corresponde a um relevo de morros e morrotes com amplitudes entre 70 a 190 m, com a superfície situada entre 750 a 900m, situando-se a leste do Rio Atibaia (Planalto de Jundiá) (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993).

Na porção oeste do município, o Sistema Aquífero Cristalino sotopõe-se aos sedimentos do Grupo Tubarão, com inclinação para oeste-noroeste rumo ao centro da Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 5).

Na parte meridional do município, a inclinação média do topo do Embasamento Cristalino é de 1 a 2 graus, tendo como base para os cálculos a equidistância entre as curvas de nível do contorno estrutural e dados dos poços tubulares profundos da área. Esta superfície mergulha para NW de maneira bastante regular (Figura 5), apresentando apenas duas irregularidades principais, interpretadas como um baixo e um alto do paleo-relevo da época da deposição do Itararé ou como basculamento de blocos da época da intrusão dos diabásios, representadas por uma pequena depressão alongada na direção NE-SW, no extremo sul da área e por um alto na porção centro-sul do município, a oeste da Rodovia dos Bandeirantes, próximo à foz do Rio Piçarrão (poço 328).

Na parte setentrional do município, devido às perturbações ocasionadas pela intrusão do diabásio, o referido mergulho varia muito, podendo ser até subvertical, como se observa na Figura 3 (Perfis 4 e 5). Esta variação é observada pela grande irregularidade da isolinha 400 ao norte da Rodovia D. Pedro I e a oeste da Estrada da Rhodia. Nesta porção foram observadas as maiores irregularidades no embasamento como: altos e depressões do paleo-relevo que foram, respectivamente, envolvidos e preenchidos por diabásio proporcionando contatos, às vezes, subverticais, observados em afloramentos e comprovados por poços tubulares, que mostram lado a lado duas litologias completamente diferentes.

No extremo norte do município, as perturbações são menos significativas, sendo que o topo do embasamento cristalino, como mostra a Figura 2 (Perfil 1), volta a apresentar o mesmo mergulho da porção sul.

O Sistema Aquífero Cristalino é uma unidade de extensão regional heterogênea e anisotrópica. A água subterrânea neste sistema ocorre de duas maneiras: no manto de alteração e nas descontinuidades rúpteis.

O manto de alteração possui um comportamento semelhante a um aquífero sedimentar devido à sua porosidade granular resultante do intemperismo. Sua constituição varia de arenosa a argilosa em função da composição mineralógica da rocha original e da ação dos processos intempéricos. Sua espessura é variável, estando geralmente entre 10 e 40 metros, podendo chegar a 70 metros. Esta zona intemperizada, com características mais homogêneas do que a zona fraturada, possui comportamento de aquífero livre.

Outra forma de ocorrência da água subterrânea no Sistema Aquífero Cristalino é nas descontinuidades rúpteis, as quais imprimem uma porosidade por fraturamento. A circulação da água se dá pelas fissuras e fraturas abertas resultantes principalmente de atividade tectônica -, daí seu caráter de aquífero eventual.

No Município de Campinas, segundo mapeamento realizado (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993), entre os tipos de estruturas identificados destacam-se: a foliação gnáissica principal, a foliação milonítica e as brechas e falhas rúpteis. A feição estrutural que chama a atenção no município são as zonas de cisalhamento dúctil condicionadas pelos falhamentos transcorrentes de Campinas e Valinhos, com foliação milonítica, de direção NNE, e mergulhos elevados para NW e subordinadamente SE. Estas estruturas afetam a foliação gnáissica principal do Complexo Itapira e, também, a lente gnáissica a leste da Zona de Cisalhamento Valinhos. Contudo, do ponto de vista hidrogeológico, estas estruturas não são favoráveis à circulação da água subterrânea pois não implicam esforços distensivos.

Uma deformação rúptil atuante em todo o município gerou brechas e falhas rúpteis, que podem ou não estar preenchidas. Nas rochas miloníticas das zonas de cisalhamento ocorrem brechas e superfícies de falhas rúpteis. O maciço granítico Morungaba, próximo à Zona de Cisalhamento de Valinhos, apresenta uma faixa

brechada de direção NE, correspondendo a fortes lineamentos nas fotografias aéreas. No limite norte do município, o granito apresenta falhas de direção E-W, as quais geraram zonas de brechação.

A análise dos lineamentos fotogeológicos no domínio granítico Morungaba (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993) mostra um comportamento isótopo na porção norte do município enquanto na porção sul, os lineamentos apresentam-se preferencialmente NE. A leste do Rio Atibaia, a densidade de drenagens é grande, coincidindo com o afloramento dos granitos, indicando uma baixa permeabilidade do meio rochoso.

As rochas localizadas a oeste da Zona de Cisalhamento de Campinas e entre as zonas de cisalhamento Campinas e Valinhos apresentam importantes falhas rúpteis de direção WNW a NW, as quais podem gerar faixas métricas brechadas. Hidrogeologicamente, estas estruturas podem ser favoráveis ao fluxo de água subterrânea. A superposição de eventos tectônicos, entretanto, leva a confundir tais estruturas com outros tipos de fraturas.

Nos planos e estrias medidos nas falhas rúpteis, foram identificados os eixos dos esforços distensivos e compressivos principais. Este estudo mostrou que as fraturas e falhas NE a ENE e NNE existentes nas rochas situadas a oeste da Zona de Cisalhamento Campinas e entre as Zonas de Cisalhamento Campinas e Valinhos são preferencialmente distensivas. Nas rochas gnáissicas a leste da Zona de Cisalhamento Valinhos existe uma tendência oposta, sendo as falhas e fraturas NW, WNW e NNW distensivas, e as NE, ENE e NNE, compressivas (INSTITUTO GEOLÓGICO 1993).

Assim, estas estruturas rúpteis com caráter distensivo devem controlar a circulação regional e ocorrência da água subterrânea. Esta análise vem auxiliar a compreensão do comportamento deste recurso, que associado à produtividade pode nortear os critérios de locação de poços e proteção deste sistema aquífero.

CONCLUSÕES

O Sistema Aquífero Diabásio ocupa uma área aproximada de 150 km² na porção noroeste do município. Sua porção mais espessa (300 m) assemelha-se a um grande "sill" que se encaixou no contato entre os sedimentos do Grupo Tubarão e o Embasamento Cristalino, sem grandes alterações tectônicas.

Esta unidade aquífera apresenta um comportamento extremamente heterogêneo, descontínuo, anisotrópico e fissurado na área de interesse, destacando-se duas direções de juntas, N30W e N48E, com mergulhos subverticais, as quais devem controlar a ocorrência e a circulação da água subterrânea.

O Sistema Aquífero Tubarão, a sudoeste da Rodovia Anhangüera, espessa-se de leste para oeste, chegando a 300 m. A nordeste da mesma rodovia, o pacote sedimentar é muito irregular e interrompido pela intrusão do diabásio, apresentando, em geral, espessuras menores que 100 m em pacotes sobrepostos ao diabásio. No extremo noroeste do município, o pacote de sedimentos volta a apresentar a forma normal encontrada na porção sul.

Analisando o mapa potenciométrico observa-se que as linhas equipotenciais tendem a acompanhar a topografia do terreno, e o fluxo da água subterrânea é direcionado para as drenagens principais, representadas pelos rios Piçarrão, Capivari e Capivari Mirim.

A porção aflorante do Sistema Aquífero Cristalino é constituída por rochas do Complexo Itapira e pelos granitos Jaguariúna e Morungaba. Na porção oeste do município, este sistema aquífero encontra-se sob os sedimentos do Grupo Tubarão, com inclinação para oeste-noroeste, rumo ao centro da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando uma paleosuperfície erosiva irregular. Na porção noroeste do município, a superfície do topo do embasamento cristalino apresenta maior irregularidade devido às perturbações causadas pela intrusão do diabásio.

De uma forma geral, o Sistema Aquífero Cristalino é uma unidade de extensão regional, heterogênea e anisotrópica. A água subterrânea neste sistema ocorre de duas maneiras: no manto de alteração e nas descontinuidades rúpteis. A existência ou não de estruturas distensivas determina o caráter de aquífero eventual deste sistema.

Na área, a constituição granulométrica da porção alterada varia de arenosa a argilosa em função da composição mineralógica da rocha original. Este manto de alteração possui extensão regional e espessura em torno de 30 metros, podendo chegar a 70 metros. Estas características da zona intemperizada imprimem um comportamento de aquífero livre.

A principal forma de ocorrência da água subterrânea no Sistema Aquífero Cristalino está nas descontinuidades rúpteis das rochas, que impõem uma porosidade de fissuras. A circulação da água se faz apenas através das fissuras e fraturas abertas resultantes da atividade tectônica. Neste estudo, a análise dos lineamentos mostrou que as fraturas e falhas com direções NE, ENE e NNE nas rochas a oeste da Zona de Cisalhamento Campinas e entre as Zonas de Cisalhamento Campinas e Valinhos são preferencialmente distensivas.

Nas rochas gnáissicas, a leste da Zona de Cisalhamento Valinhos, a análise estrutural dos lineamentos evidenciou uma tendência oposta, sendo as falhas e fraturas NW, WNW e NNW distensivas e as NE, ENE e NNE, compressivas.

Assim, considera-se que estas estruturas rúpteis, com caráter distensivo, exercem um controle sobre a circulação regional e ocorrência da água subterrânea no Aquífero Cristalino. Esta análise vem auxiliar a compreensão do comportamento deste recurso, que associado à produtividade pode nortear os critérios de locação de poços e proteção deste sistema aquífero.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho os autores agradecem a colaboração das equipes de mapeamento e de geomorfologia do Instituto Geológico e as seguintes empresas de perfuração de poços: Aguabrás S.A. Poços Artesianos Ltda., Air-Drill Indústria e Comércio Ltda., Corner S. A. Perfuração de Poços, Edisonda Indústria e Comércio Ltda., Garça Poços Artesianos e Construtora Ltda., Hidrogesp Hidrogeologia, Sondagem e Perfuração Ltda., Hidrogeo Perfuração de Poços Artesianos, Jundsondas Poços Artesianos, Nortesul Perfuração de Poços Artesianos,

Peposa Perfurações de Poços Semi-Artesianos Ltda., Politi Engenharia e Construções Ltda., Sondágua Poços Artesianos Ltda., Sondamar Poços Artesianos Ltda., Tringil Poços Artesianos Ltda.

Cabe, ainda, um agradecimento à Geóloga Gianna Maria Garda pela versão do resumo e aos estagiários Alexandre Davide Miller, Carlos A. de C. Gonzalez e Gabriela C. Fronzaglia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SÃO PAULO (estado) SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Estudo de águas subterrâneas: região administrativa 5 - Campinas. São Paulo: DAEE, 1981. 2v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Avaliação dos recursos hídricos subterrâneos: ocorrência e exploração. Folha de Salto de Pirapora (SP) Escala 1:50.000. São Paulo: IG, 1990.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Itu (SP). São Paulo: IG, 1991. 3v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas (SP). São Paulo: IG, 1993. 3v.

- ☐ Texto Recebido em: maio de 1996
- ☐ Aprovado para Publicação: agosto de 1996

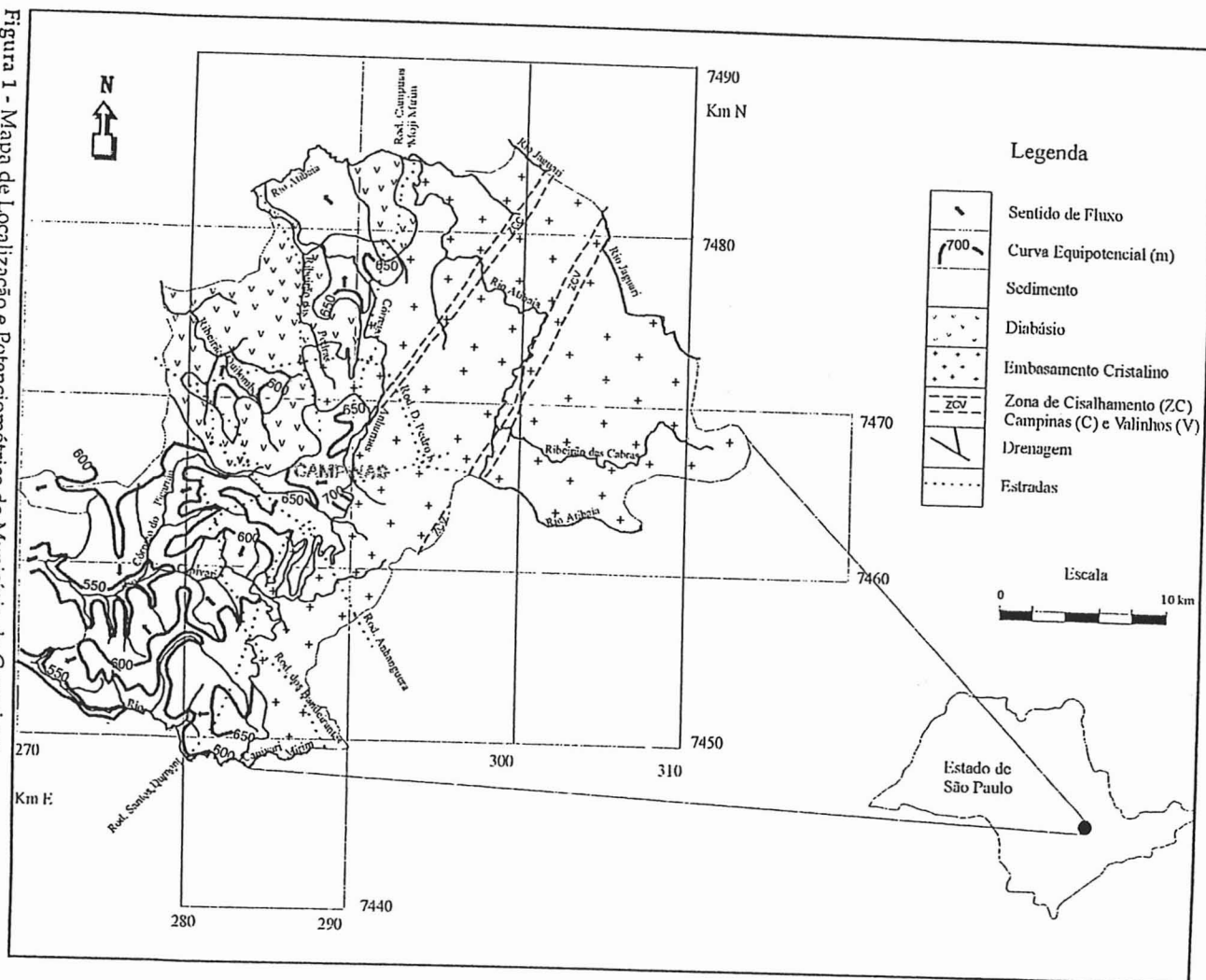


Figura 1 - Mapa de Localização e Potenciométrico do Município de Campinas

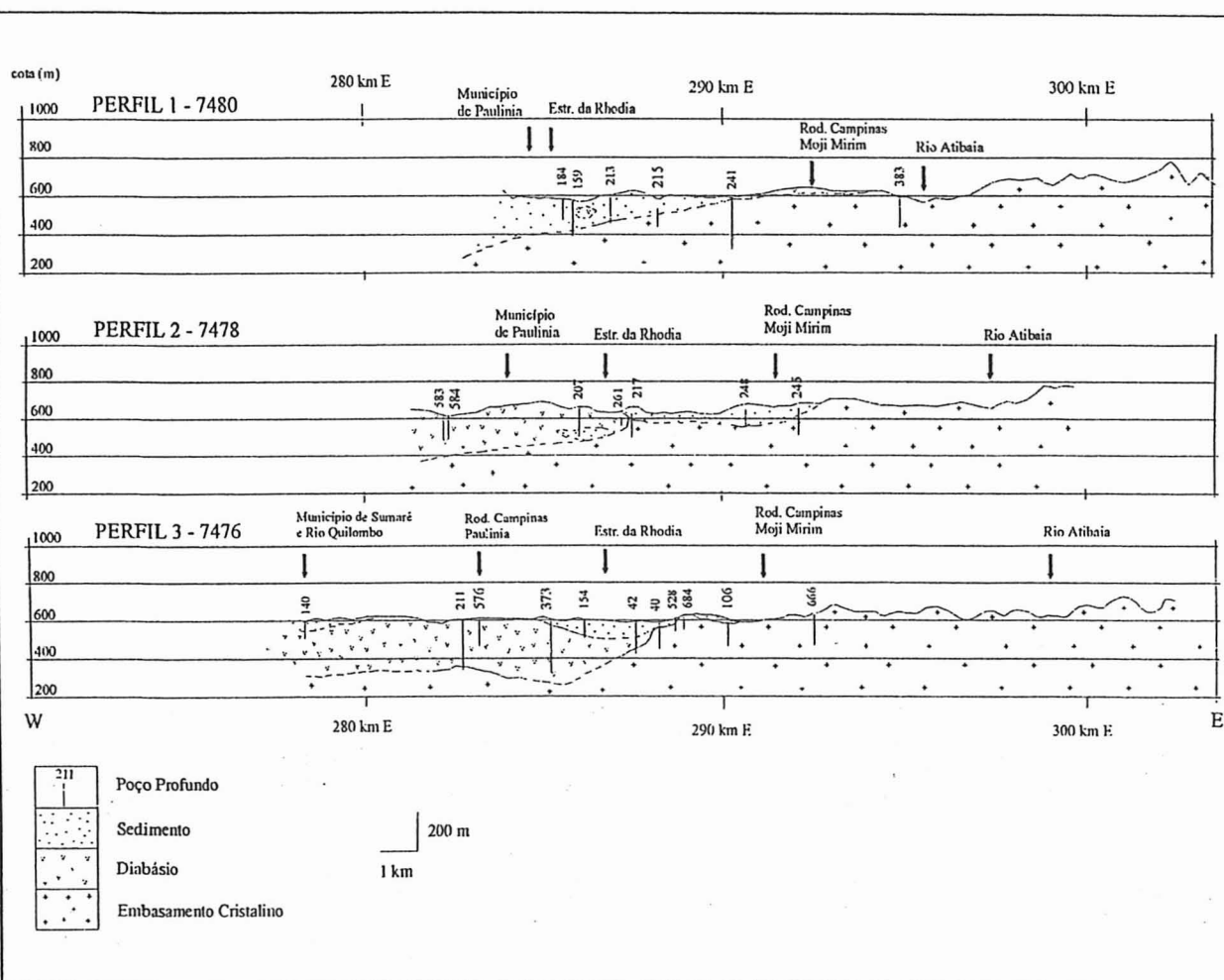


Figura 2 - Perfis Geológicos do Município de Campinas

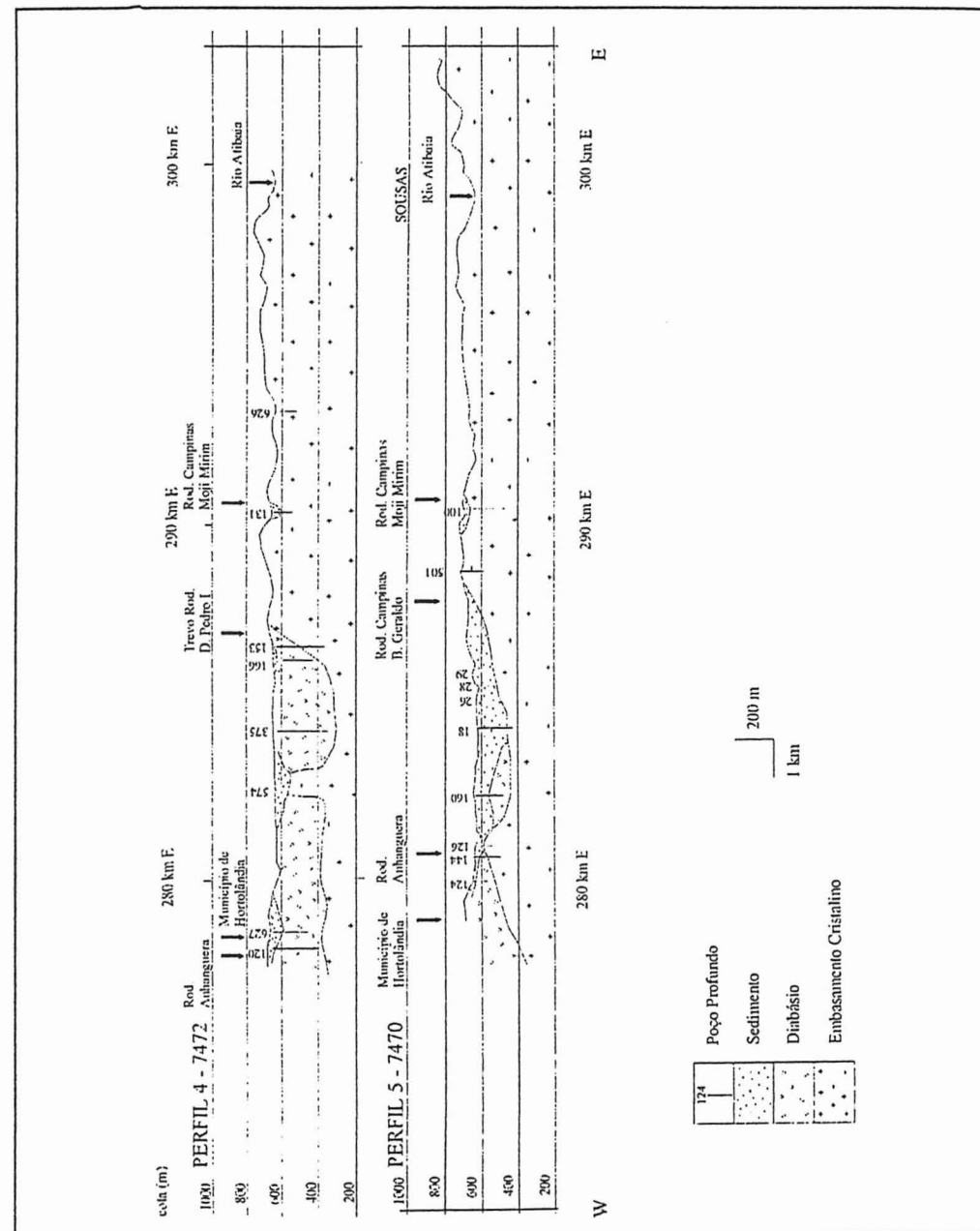


Figura 3 - Perfis Geológicos do Município de Campinas

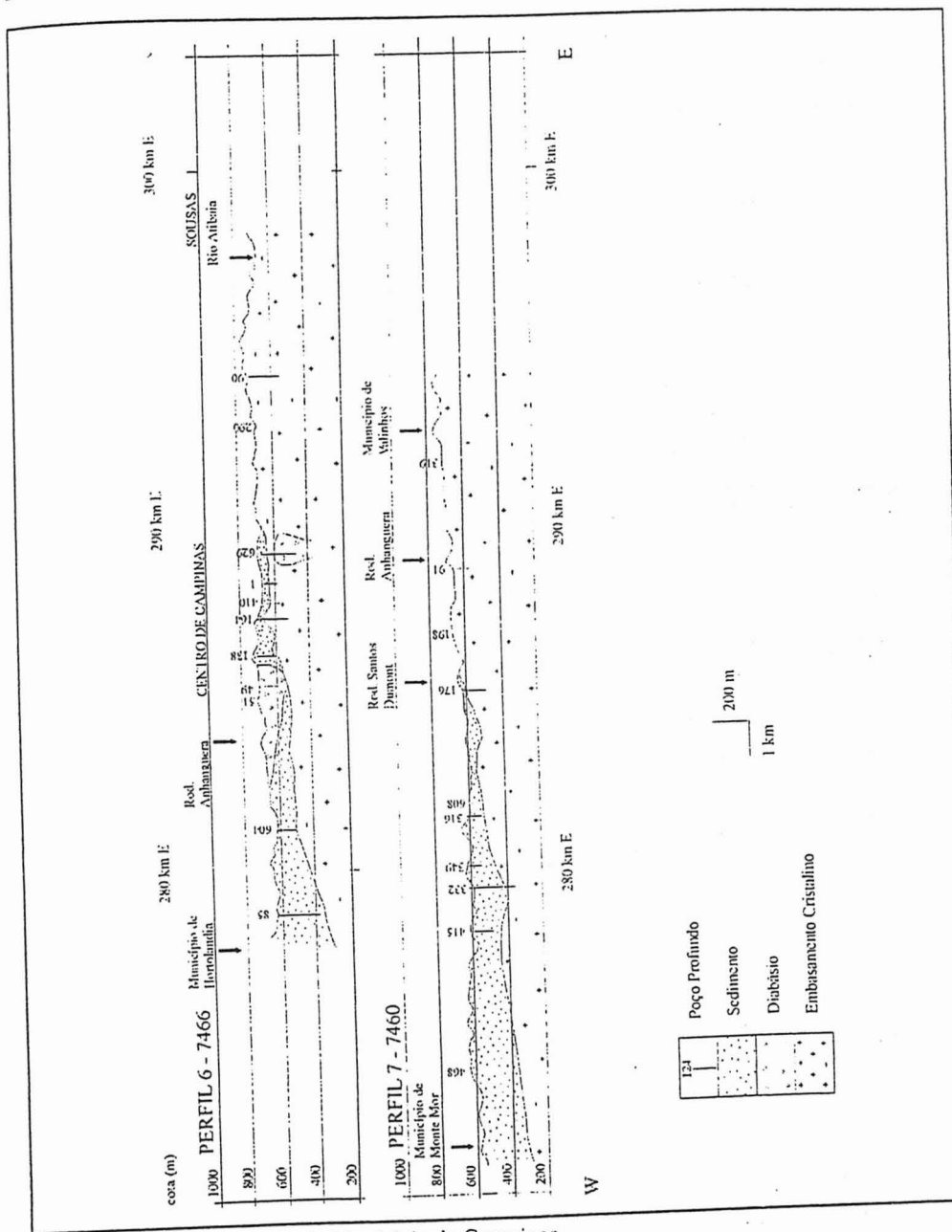


Figura 4 - Perfis Geológicos do Município de Campinas

A IMPLANTAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA DE LÍTIO NO BRASIL

José Paulo Mansur Marques¹

Palavras-chave: lítio, política mineral, indústria mineral

RESUMO

Desde 1956 que o Brasil tenta desenvolver uma indústria de lítio autônoma. As tentativas se iniciaram com a empresa *Orquima*, que posteriormente foi encampada pelo Governo Federal. A partir de 1967 isso prosseguiu através do Sistema CNEN-NUCLEBRÁS-NUCLEMON até meados da década de 80, quando cessaram todas as atividades de produção desses compostos no país. A partir de 1985, através da iniciativa privada e apoiada pelo Governo brasileiro, iniciou-se novamente um movimento visando o desenvolvimento dessa indústria, tendo como objetivos não só atender no curto prazo ao mercado brasileiro de sais de lítio como também, num futuro razoável, permitir a fabricação de compostos e produtos utilizados em indústrias de alta tecnologia como as indústrias nuclear, aeronáutica e aeroespacial. Implantada em 1992 com proteção federal, devido ao grande interesse do Governo no seu desenvolvimento, ela passou a sofrer uma série de pressões por parte de consumidores nacionais, dos produtores internacionais e do governo dos Estados Unidos da América. O objetivo deste trabalho é tornar de conhecimento amplo todo o desenvolvimento desse projeto e estudar a política e as ações adotadas pelo Governo Federal para incentivar e garantir a implantação e o desenvolvimento de uma indústria mineral pioneira no país de modo que os interessados possam, no final, concluir: - se as políticas e as ações adotadas para incentivar e garantir a implantação e o desenvolvimento dessa indústria nascente foram benéficas ou não para o país; - se foram benéficas, poderiam ser empregadas novamente? Os dados apresentados mostram que a política e as ações adotadas pelo Governo Federal foram benéficas para o país e provavelmente poderiam ser utilizadas novamente para outras matérias-primas minerais.

¹ Geólogo da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Mestre em Administração e Política de Recursos Minerais, Instituto de Geociências/UNICAMP.

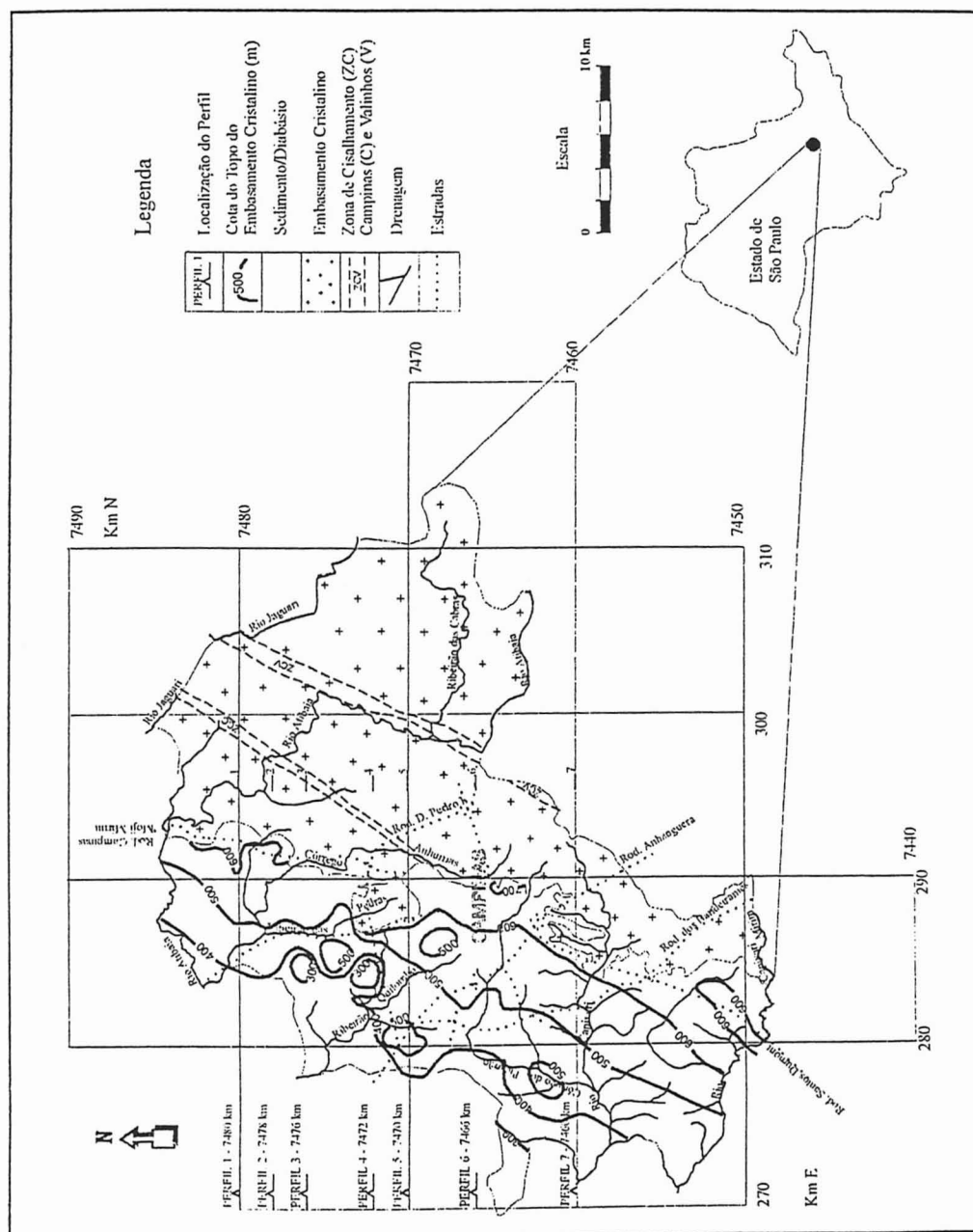


Figura 5 - Mapa de Contorno do Topo do Embasamento Cristalino no Município de Campinas

Reginaldo Bertolo

De: "Revista brasileira geociências" <secretariabg@yahoo.com.br>
Para: "Reginaldo Bertolo" <bertolo@igc.usp.br>; "Ricardo Hirata" <rhirata@usp.br>; "Amélia Fernandes" <ameliajf@igeologico.sp.gov.br>
Enviada em: quarta-feira, 22 de agosto de 2007 15:49
Assunto: Aceite de artigo RBG

Curitiba, 22 de agosto de 2007

Ilmo. Sr.
Reginaldo Bertolo
USP - Instituto de Geociências
Rua do Lago, 562
Cidade Universitária
05508-080 - São Paulo - SP
Referente artigo:

Reginaldo Bertolo, Ricardo Hirata & Amélia Fernandes	Geoqímica das águas minerais envasadas do Brasil
---	--

Prezado autor,

Os editores da Revista Brasileira de Geociências tem a satisfação de informar ao prezado autor que o artigo acima relacionado foi aceito e será publicado nos próximos números da revista, conforme ordem cronológica de aprovação dos artigos.

Transcrição de parte da Resolução nº 241/2004 do Conselho Diretor da Sociedade Brasileira de Geologia: "os artigos recomendados pelo corpo consultivo da RBG – Revista Brasileira de Geociências serão publicados em casos específicos na resolução mencionada, mediante pagamento de taxa correspondente ao valor de uma anuidade de sócio efetivo da SBGeo por autor, na data de aprovação do artigo...".

A resolução acima referida está na íntegra no site da SBGeo, oportunamente os avisos de cobrança serão encaminhados pela Diretoria Financeira da SBGeo-Sede.

Sem mais para o momento, renovamos os protestos de estima e consideração.

Atenciosamente

Alberto Pio Fiori
Editor-Chefe da RBG

21/11/2007