
Utilização de critérios hidrogeológicos para captação de água subterrânea em Iguaraçu, estado do PR.

André Celligoi*

Cleuber Moraes Brito**

RESUMO

O aproveitamento da água subterrânea nos últimos anos por grande parte da população no norte do PR exigiu um maior aperfeiçoamento das técnicas de locação de poços tubulares em rochas basálticas da Formação Serra Geral. Foi realizado um estudo na cidade de Iguaraçu, onde foram aplicados critérios hidrogeológicos para locação de poços tubulares, os quais envolveram trabalhos como análise litológica da área, fotointerpretação e análises geomorfológicas. Tal estudo evidenciou que poços locados mediante critérios hidrogeológicos eficazes, possuem características hidráulicas superiores aos locados aleatoriamente, uma vez que no aquífero estudado as condições de armazenamento e circulação de água são heterogêneos e anisotrópicos. Portanto, este tipo de procedimento preliminar nos estudos hidrogeológicos, além de representar normalmente uma maior produção de água nos poços perfurados, pode acarretar também uma maior economia no seu custo final.

PALAVRAS-CHAVES: Hidrologia, aquífero serra geral, locação.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescente desenvolvimento das cidades do norte do PR, tem gerado um consumo maior de água nos seus mais diversos setores (industrial, comercial, residencial, etc.). Tal demanda tem exigido tanto quantidade quanto qualidade da água consumida, fato este que se opõe à realidade da água superficial captada e distribuída pela rede pública (rios, lagos, fontes), sujeita aos efeitos da poluição ambiental.

Desta forma, verifica-se um aumento significativo do aproveitamento da água subterrânea, constituindo-se numa fonte complementar de abastecimento, tanto pelo setor industrial, quanto por particulares, incluindo entre outros, condomínios residenciais e atividades ligadas ao comércio.

Os poços tubulares representam o principal meio de acesso à água subterrânea e sua capacidade produtiva depende de uma avaliação

hidrogeológica criteriosa, que pode garantir entre outras coisas, uma boa vazão. Estudos recentes (CELLIGOI, 1993; CELLIGOI & DUARTE, 1996) revelam existir uma clara discordância entre os valores de vazão (Q) obtidos pelos poços perfurados com e sem critérios hidrogeológicos.

O objetivo deste trabalho é mostrar alguns critérios hidrogeológicos utilizados para a perfuração de um poço na região de Iguaraçu e os seus excelentes resultados obtidos quando comparados aos do sistema aquífero Serra Geral em outras regiões.

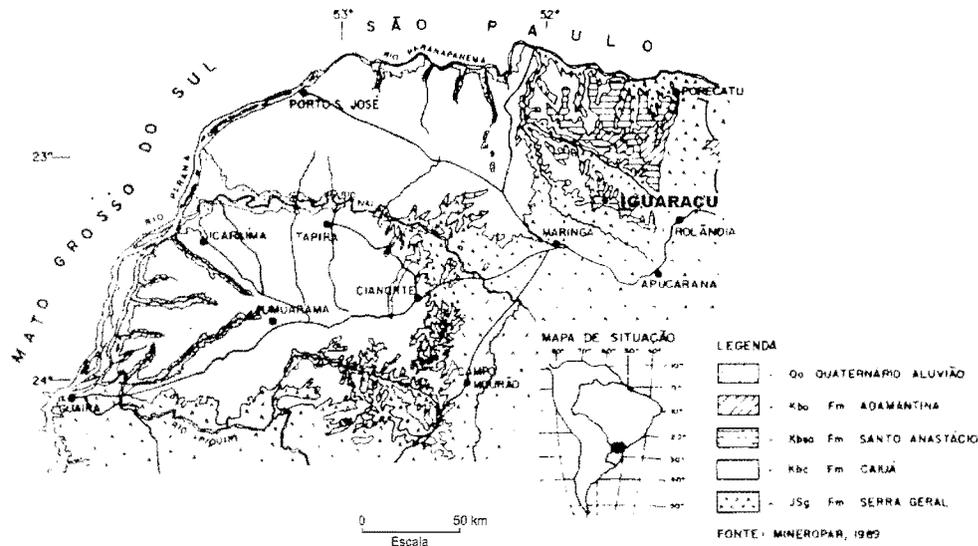
2. QUADRO GEOLÓGICO

A região de Iguaraçu encontra-se geologicamente na borda sudeste dos sedimentos pós-basálticos, referentes à Formação Caiuá no Estado do Paraná (Figura 1).

* Docente do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina - Caixa Postal - 6001 CEP 86051-990 Londrina Pr. E-mail: celligoi@inbrapnet.com.br

** Docente do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina - Caixa Postal - 6001 CEP 86051-990 Londrina Pr. E-mail: moraes@inbrapnet.com.br

Figura 1 – Mapa geológico regional do noroeste do Estado do Paraná. (Adaptado de STEVAUX & FERNANDEZ, 1995)



Tal formação consiste em arenitos de granulação fina a média, com cor característica roxo-violeta, intemperizando-se para cores vermelho escuras, apresentando nos sedimentos cobertura por película de óxido de ferro ou limonita. Os corpos de areia ocorrem em grandes bancos e cunhas, portando estratificação cruzada de médio a grande porte.

No caso de Iguaraçu, as espessuras observadas do arenito são bem inferiores àquelas da sua porção ocidental (NW do PR), que podem chegar a cerca de 200 m. Alguns registros de poços tubulares perfurados na região, revelam que o Caiuá possui espessuras nestes locais de cerca de 40 metros em média, adelgaçando-se rumo ao córrego Iguaraçu, onde desaparece por completo no fundo deste vale.

O contato inferior da Formação Caiuá é por discordância com as rochas basálticas da Formação Serra Geral. Esta formação ocorre nos fundos de vales mais profundos da área estudada, como o córrego Iguaraçu e o córrego Valência e é composta por basaltos pretos a cinza escuros, de estrutura maciça, vesicular e/ou amigdaloidal, microcristalinos e fraturados. Esfoliações esferoidais são características marcantes dos basaltos, tanto maciços, quanto vesico-amigdaloidais, embora sejam mais raras nestes últimos. Apresentam-se bastante preservados quando próximos às drenagens.

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. Considerações sobre o modo de ocorrência

Na área estudada existem duas formas de ocorrências de águas subterrâneas: [1] o aquífero Caiuá e [2] o sistema aquífero Serra Geral.

O aquífero Caiuá, pelas suas características geológicas de rochas sedimentares arenosas, constitui-se em um meio poroso, pouco espesso (nas partes mais elevadas da região, o pacote rochoso atinge não mais que 40 metros), homogêneo e de fluxo de água relativamente uniforme através dele, uma vez que os bancos de arenitos são bastante persistentes, desprovidos de uma variação acentuada de níveis argilosos, os quais atuariam basicamente como níveis confinantes ou semi-confinantes.

Este aquífero tem características essenciais de aquífero livre, ou não-confinado. Dessa forma, a recarga nesta região se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente, motivo pelo qual, aliás, não é aconselhado o seu uso através de fontes, dado o elevado risco de poluição por agrotóxicos, ou outros agentes antrópicos.

O aquífero Caiuá é explorado na cidade de Iguaraçu por 2 poços tubulares, os quais abastecem a área rural e cujas características principais estão relacionadas abaixo (Tabela 1)

Tabela 1 – Principais parâmetros hidrogeológicos dos poços tubulares de Iguaraçu-PR

Poço	Prof. (m)	Vazão (m ³ /h)	Nível estático(m)	Nível dinâmico (m)	Capacidade específica (m ³ /h.m)	Prof. Basalto (m)
P1	02	7,20	21	25,00	1,80	40
P2	60	4,80	22	28,00	0,80	39

Entretanto, na área estudada, o aquífero Caiuá praticamente inexistente, ficando a sua ocorrência na área de contato com os basaltos da Formação Serra Geral, local exatamente onde acontecem as fontes. A obtenção de água subterrânea por poços tubulares neste local deve ser restrita aos basaltos.

Ao contrário dos sistemas aquíferos sedimentares, os quais possuem uma certa homogeneidade física, o sistema Serra Geral, pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas.

Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidades das rochas, sendo a vazão obtida em cada poço tubular, relacionada ao número e à condição de abertura das fraturas atravessadas pelas perfurações. Tais descontinuidades se constituem principalmente nas estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamento.

Embora consideradas muitas vezes indiscriminadamente como rochas cristalinas, as suítes vulcânicas da Formação Serra Geral possuem diversas características litológico-estruturais que as distinguem hidrogeologicamente dos demais meios fraturados, tanto ígneas plutônicas, quanto metamórficas em geral.

No topo de derrame, mais especificamente nas estruturas vesiculares e amígdaloidais, a permeabilidade depende da disposição espacial dos vacúolos. Quando os mesmos são interconectados por fraturas, os resultados podem ser excelentes. A percolação de água, junto aos fraturamentos verticais, vai alimentar as diáclases horizontais da porção inferior do derrame. Estas, no entanto, não possuem,

freqüentemente, uma circulação de água muito efetiva, devido à presença de materiais de alteração junto aos planos de fraturas.

Todo esse sistema de fluxo, todavia, pode ser consideravelmente modificado por intermédio de estruturas tectônicas rúpteis regionais, como fraturamentos e falhamentos, bem como intrusões magmáticas – diques e *sills*, os quais podem alterar as condições hidrogeológicas originais.

Como citado anteriormente, as rochas vulcânicas, assim como outros tipos cristalinos, constituem um meio heterogêneo onde a circulação de água é condicionada às descontinuidades físicas das rochas.

Os trabalhos de fotointerpretação revelaram um alinhamento estrutural ao sul da área com direção aproximada E-W, a qual indica estrutura do tipo fratura/falhamento que pode permitir a circulação e armazenamento de água de maneira satisfatória.

3.2. Critérios hidrogeológicos de locação de poços

A exploração das zonas aquíferas da Formação Serra Geral através de poços tubulares tem sido utilizada em grande intensidade por toda a extensão da unidade, atingindo a casa de alguns milhares de poços atualmente. A captação de água por fontes é, também, uma forma plausível de aproveitamento dos recursos hídricos relacionados aos derrames. A utilização fica, no entanto, condicionada pelo valor de sua vazão e amplitude de variação sazonal (REBOUÇAS, 1976; 1978). Os poços tubulares permitem uma produção mais importante e constante no tempo do que as fontes.

Os métodos para a exploração das águas

subterrâneas nas seqüências vulcânicas da Formação Serra Geral devem envolver, pelo seu modo de ocorrência, os seguintes aspectos:

- a) Análise litológica e estrutural a partir de dados de campo.
- b) Interpretação de fotografias aéreas visando a identificação de lineamentos estruturais ligados a alinhamentos de relevo e de drenagem.
- c) Análise geomorfológica.

A análise litológica e estrutural visa reconhecer no campo as principais feições típicas de topo e base de derrame, como a presença de estruturas vesiculares e amigdaloidais, diaclasamentos horizontais e verticais, estruturas fluidais de movimentação magmática, bem como estruturas tectônicas e atectônicas presentes nos afloramentos disponíveis.

A interpretação de fotografias aéreas tem como finalidade principal a identificação de lineamentos estruturais, como alinhamentos de relevo e drenagem. As zonas de fraturamento, por serem mais facilmente atacadas pelos processos meteóricos e erosivos, constituem zonas de desenvolvimento preferencial de linhas de drenagens retilíneas. As lineações de drenagem são interpretadas como traços de

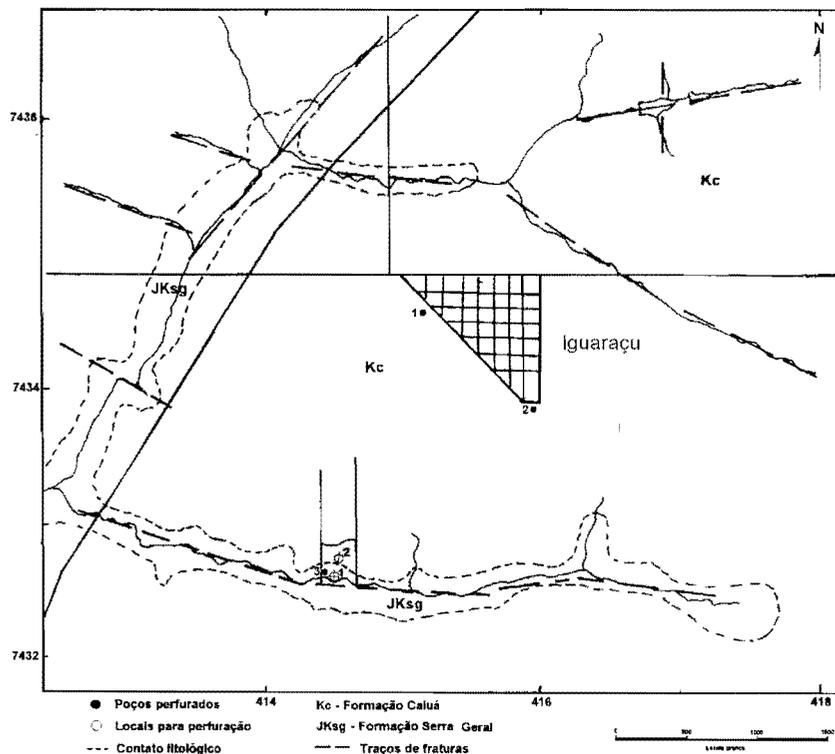
fratura quando retilíneas e bi a multidirecionais, pois os esforços aplicados sobre as rochas fraturam-nas em duas ou mais direções. Os entroncamentos, ou zonas de interseção de lineamentos, podem constituir-se em locais de boa circulação de água, uma vez que em tal situação aumentam as condições de interconexão entre os sistemas de fluxos horizontais e verticais nos derrames.

Assim, para este trabalho, considera-se um poço construído com critério geológico aquele em que são efetivados estudos hidrogeológicos no sentido de identificar as feições litológico-estruturais e geomorfológicas descritas acima, para sua aplicação na escolha dos locais mais favoráveis à locação de poços tubulares profundos.

3. 3. Locais para perfuração

Mediante os estudos realizados para a região, tomando-se como base os critérios hidrogeológicos de fotointerpretação e proximidade com estruturas geológicas presentes, são propostos 2 locais principais dentro da área requerida para pesquisa, que estão relacionados abaixo, em ordem de prioridade (Figura 2):

Figura 2 – Mapa geológico-estrutural de Iguaraçu-PR



Local 1 – Identificado na figura 2 como “1”. Sua localização é privilegiada dentro do contexto hidrogeológico, pois é o local mais próximo da estrutura identificada nas fotografias aéreas. Estudos realizados por CELLIGOI & DUARTE (1996) demonstram que poços tubulares perfurados nos basaltos, sendo locados o mais próximo de estruturas deste tipo possuem vazões superiores aos demais. Na região de Londrina – PR, tais poços chegam a vazões excepcionais, superiores a 50 m³/h. Estima-se, para um poço construído segundo a técnica e projeto

adequados às características hidrogeológicas da área e, penetrando de 100 a 150 metros de profundidade, vazões na ordem de 5 a 10 m³/h.

Local 2 – Identificado na figura 2 como “2”. Obedece aos mesmos parâmetros hidrogeológicos, entretanto, um pouco mais afastado (80 m) do lineamento do ribeirão Iguaçu. Todavia, se constitui em um local satisfatório para a perfuração.

Em área próxima aos locais de perfuração existe um poço tubular perfurado em 1979, com as seguintes características (Tabela 2)

Tabela 2 – Principais parâmetros hidrogeológicos de poço na zona rural de Iguaçu-PR

Poço	Prof. (m)	Nível estático (m)	Vazão máxima (m ³ /h)	Nível dinâmico (m)	Capacidade específica (m ³ /h.m)
P3	115	5,60	37,90	24,10	2,04

3.4. Resultados obtidos

Os resultados obtidos do poço perfurado em

Iguaçu podem ser vistos na Tabela 3 abaixo, juntamente com os valores de outros locais:

Tabela 3 – Principais parâmetros hidrogeológicos de aquíferos presentes na área estudada

	Prof.(m)	Vazão máxima (m ³ /h)	Capacidade específica (m ³ /h.m)
Iguaçu - S.Geral ¹	84,0	37,9	2,0
Londrina-SGeral ²	148,8	17,7	1,16
Caiuá-Iguaçu ¹	102,0	7,2	1,8
Caiuá ³	102,6	15,10	0,76

1 Esta pesquisa 2 Celligoi (1993) 3 DAAE (1974)

Os resultados obtidos em Iguaçu confirmam a importância da utilização de estudos hidrogeológicos prévios e com critérios para perfuração de poços tubulares.

Os resultados de vazão obtidos nesta pesquisa (Tabela 4) possuem valores compatíveis com

aqueles encontrados em Londrina (CELLIGOI, 1993) para poços perfurados com critérios hidrogeológicos. Vale ressaltar, que o poço de Iguaçu apresenta uma das maiores vazões encontradas em poços perfurados nesta região.

Tabela 4 – Vazão dos poços com e sem critério hidrogeológico (em m³/h.m) na região de Londrina e em Iguaçu

	Q _{méd} (m ³ /h)
Iguaçu ²	60,9
Poços com critério hidrogeológico ¹	58,5
Poços sem critério hidrogeológico ¹	17,5

1 Esta pesquisa 2 Celligoi (1993)

4. HIDROGEOQUÍMICA

4.2. Aspectos geoquímicos das águas subterrâneas

4.2.1. Composição Química

Foi realizada uma análise físico-química da água do poço tubular e outra representativa das fontes do aquífero Caiuá. Os resultados dessas

análises (Tabela 5) permitiram classificar as águas subterrâneas da Formação Serra Geral nesta região como sendo bicarbonatadas cálcicas, utilizando-se para tal o diagrama de Piper, Figura 3, o qual possibilita obter uma visão sucinta da composição química das águas analisadas.

Figura 3 – Diagrama de PIPER - Composição das águas subterrâneas da região de Iguaraçu. 1 = média de Londrina¹; 2 = Fonte Caiuá² e 3 = Poço basalto Iguaraçu². 4 = Poço Caiuá-Iguaraçu². Ref.: 1. Celligoi (1993); 2. Esta pesquisa.

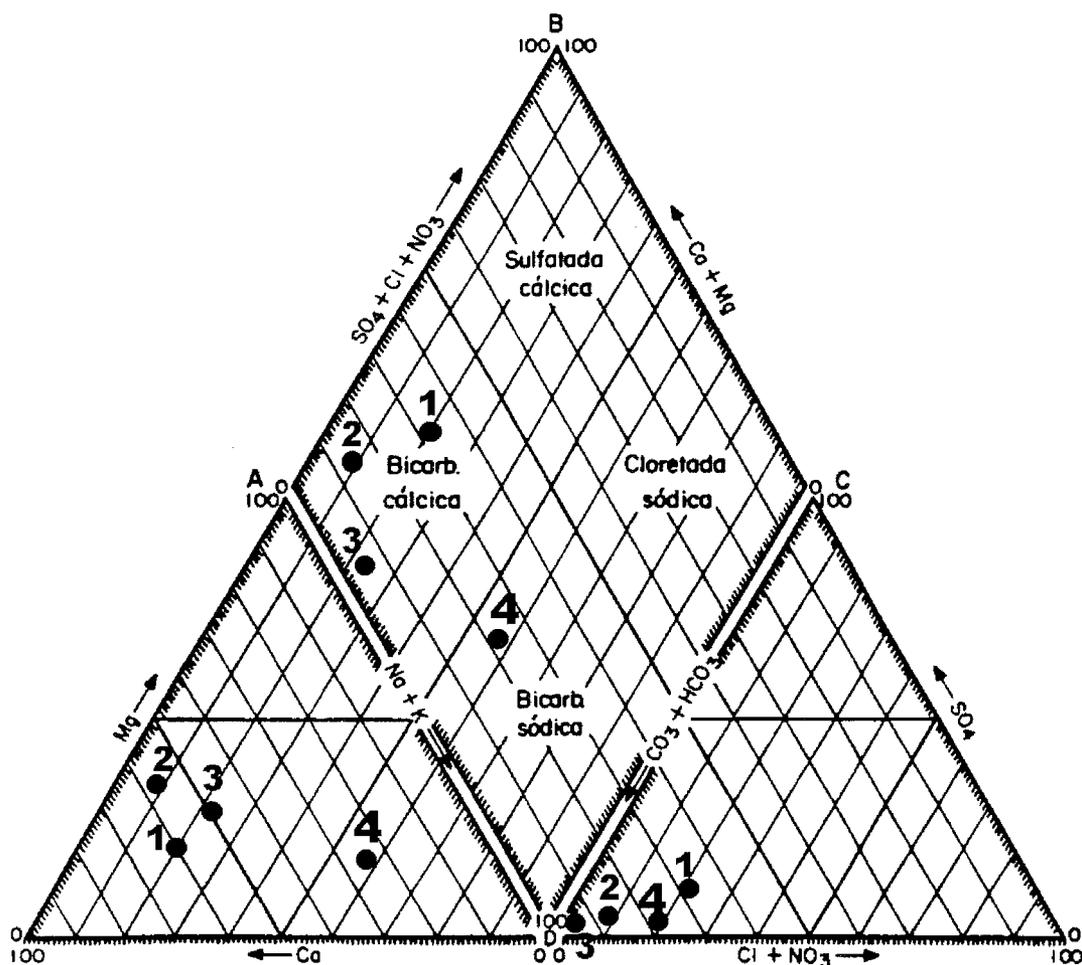


Tabela 5 – Distribuição dos elementos principais nos sistemas aquíferos da área estudada

	1	2	3	4
	Poço Basalto Iguaraçu	Média -Basalto Londrina	Fonte Caiuá	Poço Caiuá
Ca	16,35	26,50	16,99	0,84
Mg	5,46	5,90	6,97	0,27
Na	9,20	11,30	3,90	1,82
K	0,50	0,60	1,30	0,58
Cl	2,00	15,20	4,00	1,00
SO ₄	1,00	7,80	3,00	0,00
HCO ₃	71,00	76,10	68,00	6,00
NO ₃	0,18	4,20	1,85	0,47
F	0,10	0,70	0,10	0,00
STD	153,00	212,00	155,00	52,00
pH	7,40	7,20	6,70	6,40
ALC	71,00	77,80	68,00	6,00
C.E.	155,00	271,40	350,00	N.D

N.D. não-determinado

Pela observação comparativa das análises, podemos notar que existe claramente uma distinção entre as análises relacionadas ao aquífero Serra Geral (amostras 1 e 2) e as do Caiuá (amostra 4).

Quando comparada com a média de valores do aquífero Serra Geral (amostra 2), a amostra de Iguaraçu possui uma grande similaridade, demonstrando sua proveniência com este sistema aquífero.

No geral, a amostra de Iguaraçu apresenta menores concentrações iônicas do que as médias conhecidas para o Serra Geral, principalmente nos valores de Ca, Na, Cl, SO₄, F, STD e condutividade elétrica (CE). Para outros elementos as concentrações são bastante próximas (K, Mg, HCO₃ e alcalinidade).

Em relação ao predomínio da tendência cálcica das águas do aquífero Serra Geral em relação à sódica, tem-se o fato de que o cálcio é um elemento de grande solubilidade e que está presente em um grande número de minerais dessas rochas, como augitas e pigeonitas, bem como plagioclásios cálcicos e sub-cálcicos.

5. CONCLUSÕES

A região de Iguaraçu-PR encontra-se na borda SW dos sedimentos pós-basálticos da Formação Caiuá da Bacia Sedimentar do Paraná, onde existem duas formas de ocorrências de águas subterrâneas; o aquífero Caiuá e a zona aquífera da Formação Serra Geral.

Foram realizados estudos hidrogeológicos para locação de um poço tubular no contato entre as duas formações acima. O poço perfurado apresenta uma capacidade específica de 2.0 m³/h.m, superior ao valor médio para o Serra Geral em Londrina que é de 1,16 m³/h.m. Os valores de vazão acompanham esta tendência com 37,9 contra 17,7 m³/h nas mesmas regiões.

Evidencia-se assim que estudos hidrogeológicos são extremamente necessários para a locação de poços tubulares, uma vez que as características hidrogeológicas essenciais de aquíferos fissurados são condicionadas ao posicionamento do poço face às estruturas geológicas regionais e locação.

6. BIBLIOGRAFIA

- CELLIGOI, A. *Recursos hídricos subterrâneos de Formação Serra Geral em Londrina – PR*. São Paulo, 1993. Dissertação (Mestrado) – IG/USP
- CELLIGOI, A; DUARTE, U. Critérios hidrogeológicos na locação de poços tubulares em rochas basálticas da Formação Serra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, 1996, Salvador. *Anais*. Salvador, ABAS, 1996.
- DAEE (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO) – *Estudo de águas subterrâneas – regiões administrativas 10 e 11 – Presidente Prudente e Marília*. São Paulo, 1974. v. 1. Texto. 220 p.
- REBOUÇAS, A.C. – *Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná – análise de pré-viabilidade*. São Paulo, 1976. Tese de livre-docência – IG/USP.
- REBOUÇAS, A.C. – Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia do Paraná no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais*. Recife, 1978. V.6, p.2963-2976
- STEVAUX, J.C. & FERNANDEZ, O.V.Q. Avaliação preliminar do potencial mineral da região noroeste do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, nº 43, p.119-133, UFPR, 1995.