

CONTROLE GEOAMBIENTAL DE LOCAL PARA INSTALAÇÃO DE EMISSÁRIO NA CIDADE
DE RIO CLARO - SP

Jairo Roberto Jiménez Rueda*

Juércio Tavares de Mattos**

José Antonio Teixeira*

Walter Malagutti Filho*

Susana Volkmer***

INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata da aplicação de critérios geoambientais como parte do programa de estudos para a implantação de uma obra de saneamento básico visando a recuperação da rede de emissários de esgoto de Rio Claro, Estado de São Paulo. Essa obra terá influência direta sobre a região vizinha ao manancial constituído pelo Córrego Lavapés, ou seja, sobre uma faixa de 30 metros de cada lado do leito deste córrego. O empreendimento, alvo desses estudos, refere-se a canalização e retificação do referido córrego ao longo de seu comprimento num trecho de aproximadamente 220 m de extensão. Eventualmente, o emissário previsto fará a ligação com outros emissários e seu esgoto será conduzido a uma estação de tratamento de efluentes atualmente em forma de planejamento.

A área problema localiza-se nas bacias 08 e 09 do município

* Professores do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP

** Professor do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP e pesquisador do INPE

*** Aluna de Pós-Graduação.

de Rio Claro, entre o Horto Florestal "Navarro de Andrade" e os bairros Vila Paulista, Cidade Nova e Jardim Conduta (Figura 1).

OBJETIVOS

O objetivo principal desse estudo é a elucidação dos impactos geoambientais decorrentes das obras concebidas com vistas a recuperação dos sistemas de esgotos já existentes, ampliação e implantação de novo emissário bem como a canalização do córrego Lavapés.

METODOLOGIA

A metodologia empregada baseou-se na integração de estudos de diferentes campos de atuação dentro das geociências. Tais estudos incluem:

- mapeamento e caracterização geológica dos diferentes litótipos na escala 1:10.000;
- mapeamento e compartimentação das altas e baixas estruturas e sua relação com a topografia;
- compartimentação geomorfológica com base na geologia e na morfoestrutural gerando um mapa na escala 1:10.000;
- caracterização de aquíferos definidos com base em dados climáticos e morfoestruturais;
- mapeamento dos diversos solos executado por meio da integração de critérios geológicos, geomorfológicos e morfoestruturais, apresentado na escala 1:10.000;
- execução de três seções sísmicas aplicando-se a técnica de sísmica de refração em locais pré-estabelecidos pela análise morfoestrutural;
- estudos geotécnicos de classificação de solos unificada.

O sensoriamento remoto constituiu-se na principal técnica de interpretação, para a elaboração dos mapas referidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão a ser apresentada baseou-se na integração e interpretação dos resultados dos diversos estudos descritos no item anterior.

De acordo com a classificação de Koeppen (in Ometto, 1981), o clima que caracteriza a área é do tipo Cw, ou seja, clima no qual os meses de verão são mais úmidos, com regime de temperatura isotérmica.

O balanço hídrico da área foi realizado a partir dos dados disponíveis, na Estação Climatológica do Horto Florestal de Rio Claro. Os dados pluviométricos e termométricos comportam-se semelhantemente, uma vez que apresentam valores relativamente altos na época chuvosa (outubro/março) e relativamente baixos na época das estiagens (abril/setembro).

Em setembro os valores da precipitação vão se tornando maiores do que os da evapotranspiração potencial e, portanto, vai havendo reposição de água no solo até que este, em dezembro, atinja sua capacidade de campo. De janeiro até junho, a água excedente percola além da zona das raízes das plantas, indo alimentar os aquíferos e os cursos de água (Tabela 1).

Em junho, momento em que a precipitação vai assumindo valores inferiores aos da evapotranspiração potencial, começa a haver retirada de água do solo até que, em setembro, esgota-se a capacidade de campo. Esgotada a água disponível no solo, ocorre a deficiência desta (junho/outubro) até que novamente a precipitação ultrapasse a evapotrans-

TABELA 1 - Balanço hídrico regional de Rio Claro

VARIÁVEIS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
p	9,3	8,1	8,6	7,9	7,7	7,3	7,6	7,9	8,1	8,8	8,9	9,4
T	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
t	23,4	23,5	22,9	21,5	19,6	17,7	17,6	18,0	20,3	21,4	22,5	22,5
ETp	120,6	105,6	106,5	86,5	70,5	52,8	54,1	67,6	79,5	86,2	107,6	113,0
P	294,7	229,8	162,3	87,9	104,8	74,2	21,3	38,5	71,5	141,8	183,4	247,6
P-ETp	174,1	124,2	55,8	1,4	34,3	21,4	-32,1	-29,1	-8,0	45,7	75,8	134,6
NEG.AC.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-32,8	-61,9	-69,9	0,0	0,0	0,0
ARM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	71,0	53,0	49,0	94,7	100,0	100,0
ALT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-29,0	-18,0	-0,4	45,7	5,3	0,00
ETr	120,6	100,5	100,5	86,5	70,5	52,8	50,3	56,5	75,5	96,2	107,6	113,0
DEF	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	11,1	4,0	0,0	0,0	0,0
EXC	174,1	124,2	55,8	1,4	34,3	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	70,5	134,6

Variáveis: p = porcentagem de horas do mês em relação ao total de horas diurnas do ano; T = temperatura média anual (°C); t = temperatura média mensal (°C); ETp = evapotranspiração potencial (mm); P = precipitação pluviométrica (mm); ARM = armazenamento útil à vegetação (mm); ALT = variação do armazenamento da água no solo (mm); ETr = evapotranspiração real (mm); DEF = deficiência de umidade do solo (mm); EXC = excedente de água (mm).

piração potencial, dando origem a recarga dos aquíferos o que ocorre durante a época chuvosa, principalmente no primeiro semestre do ano, recarga esta que assume valores da ordem de 30% das precipitações pluviométricas anuais.

Geologicamente, apresentam-se as Formações Rio Claro, Corumbataí, Serra Geral e depósitos holocênicos, pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná na região de Rio Claro (Figura 2).

A Formação Rio Claro está constituída por sedimentos arenosos

de idade cenozóica. A Formação Serra Geral, de idade jurássica, está caracterizada por enxames de diques de diabásio que se encontram intrudindo a Formação Corumbataí e aflorando em superfície.

Os depósitos holocênicos encontram-se geralmente no vale aluvial dos córregos constituídos por sedimentos areno-argilosos e em alguns locais siltosos (Petri e Fúlfaro, 1983).

Morfoestruturalmente, trata-se de um alto estrutural e alto topográfico, condicionados por um alinhamento tectônico com direções preferenciais NE/NW. Como parte da neotectônica são gerados fraturamentos transversais ao alinhamento principal.

Este sistema, composto por falhas e fraturas tracionais e gravitacionais, define altos e baixos estruturais localizados; essas feições condicionam a ocorrência dos aquíferos como pode ser observado pela presença de nascentes e de áreas alagadas situadas na porção oeste do alinhamento NW, ao longo do qual se instalou o córrego Lavapés (Figura 2).

A Geofísica Aplicada estuda o contraste de determinados parâmetros físicos das rochas e distribuição destes em subsuperfície. A velocidade de propagação das ondas elásticas em rochas é o objeto de estudo dos Métodos Sísmicos. Os diversos litótipos apresentam diferentes velocidades de propagação e, devido a este contraste de velocidade, torna-se possível o uso do método sísmico na determinação de vários parâmetros físicos e do comportamento do subsolo.

Os valores de velocidades de ondas sísmicas determinados por meio da sísmica de refração podem ser interpretados, segundo Sjogren (1984) da seguinte forma (Figura 5 - BS 1, 2 e 3).

- Valores que se situam na faixa entre 0,40 a 0,55 km/s cor-

respondem a um solo de alteração superficial, inconsolidado. Os valores encontrados nas seções BS-1 (Figura 5-4) e BS-2 (Figura 5-5) na faixa de 1,5 a 1,7 km/s correspondem, nesses locais, a uma zona de alteração saturada. Na seção BS-3 os valores 1,95 a 2,10 km/s correspondem a uma zona de transição solo-rocha da Formação Corumbataí. Nas 3 seções, os valores variando na faixa de 3,3 a 3,7 km/s correspondem à Formação Corumbataí sã, ou seja, não alterada.

De acordo com os dados obtidos, pode-se constatar que, na seção BS-1 o solo apresenta-se com uma profundidade de aproximadamente 2 a 3 metros e que o material alterado e/ou sedimentos estão saturados, ocupando uma espessura de 6 a 8 metros na parte inferior. O topo da rocha sã encontra-se a uma profundidade variável, em consequência do caráter erosivo do contato entre 6 a 12 metros.

No ponto de observação BS-2, área de taboa, existem aparentemente os mesmos materiais do ponto BS-1. De 0 a 13 metros subdividem-se materiais de um solo saturado de mais ou menos 4 metros e um material de alteração ou de elementos supersaturados, onde se encontra o aquífero livre. A rocha sã também se apresenta em um contato mais contínuo, porém ainda erosivo no topo e com uma profundidade que varia entre 10 e 13 metros.

No ponto de observação BS-3 (Figura 5), perto da porteira do Horto Florestal, apresentam-se as coberturas superficiais que se encontram nos pontos anteriores (BS-1 e BS-2) até uma profundidade de 1,2 metros e uma área entre 2,5 e 7,5 metros de material alterado da Formação Corumbataí. A rocha sã também apresenta irregularidades muito fortes, originadas não só pela erosão do canal, como também pela organização do material em função da tectônica.

Na área foram caracterizadas as paisagens de planaltos, pedi-

planos e de aluvião, constituídas pelas seguintes unidades fisiográficas:

planaltos altos e baixos, pediplanos baixos e planície aluvial (Figura 3).

Os planaltos (P) estão representados pelo morro localmente conhecido como "morro da televisão", constituído principalmente por diques de diabásio e Formação Corumbataí. Estes planaltos apresentam-se subdivididos em altos fortemente dissecados e baixos ligeiramente dissecados, como parte de um alto estrutural e topográfico condicionado pelo lineamento tectónico regional.

Os pediplanos (Pd) encontrados correspondem à subdivisão regional de pediplanos baixos ligeiramente dissecados e condicionados aos altos estruturais e baixos topográficos que definem a formação de taludes ligeiramente inclinados, por causa da erosão incipiente.

A paisagem aluvial é composta por planície aluvial de inundação recente e sub-recente e por terraços altos, médios e baixos, os quais estão situados respectivamente em baixos estruturais e topográficos e em altos estruturais e baixos topográficos.

Os solos da região podem ser classificados como Terra-roxa estruturadas e Latossolos Roxos, situados nos planaltos altos e baixos, desenvolvidos a partir dos diabásios. Ocorrem nos altos estruturais e topográficos.

Os podzólicos Vermelho-Amarelo desenvolvem-se a partir dos argilitos da Formação Corumbataí, condicionados nos altos estruturais e baixos topográficos.

Os Cambissolos, por vezes, ocorrem associados aos Podzólicos Vermelho-Amarelo e aos litossolos da Formação Corumbataí, condicionados pelos altos estruturais e baixos topográficos. Alguns Cambissolos lo-

calizam-se nos depósitos aluvionares recentes, em posição de terraço.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos são encontrados nos pediplanos baixos, desenvolvidos a partir da Formação Rio Claro, situados em altos estruturais e baixos topográficos.

Os Litossolos estão sempre associados aos Cambissolos e são caracterizados pelos argilitos da Formação Corumbataí.

Os solos Hidromórficos restringem-se aos baixos estruturais e topográficos e desenvolvem-se a partir de sedimentos silto-argilosos recentes. Ocorrem associados a material orgânico (turfa) depositado em planície sub-recente. Os solos aluviais apresentam-se na planície de inundação recente, constituídos basicamente por camadas alteradas de sedimentos siltosos, arenosos e argilosos (Camargo et al., 1987) (Figura 4).

Os solos Gleis Húmicos (P1), em posição de terraço médio, caracterizam-se por apresentar condições químicas de acidez que variam entre muito alta a baixa. Os conteúdos de sódio trocável são moderados e os solúveis, muito baixos. As quantidades de cálcio são baixas para os trocáveis e muito baixas para os solúveis. O magnésio apresenta valores altos na superfície para os trocáveis e muito baixo para solúveis e trocáveis em profundidade. A alcalinidade é alta em superfícies e moderada em profundidade (Tabela 2).

Os solos Gleis pouco húmicos (P2) que caracterizam a paisagem da planície de inundação sub-recente, apresentam características de acidez total moderada. O sódio apresenta-se moderado na forma trocável e muito baixo na solúvel. O potássio é baixo em superfície e moderado a baixo em profundidade na forma trocável e muito baixo na solúvel. O cálcio trocável é moderado em todo o perfil e o solúvel é muito baixo. O magnésio varia de baixo a mediano na forma trocável e muito baixo na forma solúvel. A alcalinidade é muito alta e a condutividade aumenta

TABELA 2

Perfil e Horizonte	PH			Meq/100g de solo								Alcali- nidade us	Condutivi- dade us	índice de Saturação
	PW	H ₂ O	KCl	Na(T)	Na(S)	k(T)	k(S)	Ca(T)	Ca(S)	Mg(T)	Mg(S)			
P1														
Ap	8,63	4,88	3,94	0,75	0,038	0,470	0,006	2,17	0,019	4,41	0,017	12,0	0,87x10 ⁻³	-4,12
AC	0,63	6,47	4,74	0,30	0,011	0,505	0,005	2,58	0,011	0,00	0,005	8,0	0,59x10 ⁻³	-3,38
C	0,48	6,00	4,55	0,35	0,070	0,115	0,002	1,86	0,002	0,00	0,009	8,0	0,45x10 ⁻³	-4,17
P2														
Ap	1,80	5,67	5,36	0,36	0,004	0,100	0,001	5,66	0,004	0,88	0,007	14,4	0,37x10 ⁻³	-3,83
Cg1	1,81	6,16	5,32	0,65	0,004	0,405	0,004	5,80	0,000	0,25	0,024	16,0	2,48x10 ⁻³	-4,04
Ab	7,17	5,38	5,02	0,44	0,014	0,180	0,002	3,51	0,008	1,43	0,012	26,4	0,82x10 ⁻³	-3,57
P3														
Ap	4,55	6,38	5,39	0,56	0,016	0,380	0,007	11,32	0,040	3,89	0,014	18,4	0,62x10 ⁻³	-2,27
A/B	1,56	6,46	5,43	0,44	0,007	0,150	0,003	10,13	0,033	0,71	0,018	8,0	0,44x10 ⁻³	-1,54

da superfície para a profundidade (0,37 a 2,48 x 10⁻³ us), incrementando-se a capacidade de corrosão dos metais, bem como o índice de saturação (-3,57 a -4,04) (Tabela 2).

Os Cambissolos (P3) do terraço médio apresentam acidez moderada; sódio trocável mediano e solúvel muito baixo. O potássio varia de mediano a baixo da superfície para a profundidade na forma trocável e é muito baixo na solúvel. O magnésio é alto na superfície e muito baixo em profundidade na forma trocável e na forma solúvel. A alcalinidade varia de muito alta a moderada e a condutividade é moderada va-

riando de 0,44 a 0,62 x 10⁻³ us que, aliada ao índice de saturação médio (1,54 a -2,27), determina moderada corrosão dos metais e concreto (Tabela 2).

Na Tabela 3 é apresentado um resumo das características geotécnicas dos solos da área.

Com base nessa tabela e nas informações geológicas, hidrogeológicas e geofísicas pode-se deduzir que para o caso de escavações rasas, o solo apresenta as seguintes características:

- Classe de drenagem: severa limitação por ser muito pobremente drenada.
- Lençol freático: superior a uma profundidade de 0,75m.
- Riscos de inundação: ocasional e frequente.
- Declividade: 0-1%.
- Textura do solo na profundidade de escavação (rasa): argiloso, sendo suficientemente mole, propiciando a escavação com equipamento leve e/ou ferramentas manuais. Sendo assim, há pouca limitação à escavação.
- Profundidade rocha sã: maior que 1,5m.

Para a regularização não só da drenagem urbana, mas também do sistema de esgoto sanitário, o Departamento Autônomo de Águas e Esgotos de Rio Claro dividiu a cidade em várias bacias de drenagem. Destas, a do córrego Lavapés cobre uma superfície de aproximadamente 4,83 km² (483 ha) e apresenta um talvegue da ordem de 3,5 km.

O mencionado córrego nasce entre os bairros da Vila Nova e Bela Vista. Sua desembocadura no Ribeirão Claro situa-se em terrenos pertencentes ao Horto Florestal. Trata-se de um curso de água perene, alimentado pela restituição das águas subterrâneas nele descarregadas sob a forma de exutórios naturais. Seu curso apresenta feições de alinhamentos mais ou menos controladas pelas direções estruturais do

embasamento rochoso movimentado tectonicamente.

Infelizmente, não existem dados sobre a fluviometria dos cursos de água da área. Também inexistem dados sobre chuvas intensas de curta duração, apesar da constatação de grandes tormentas como as que ocorreram no dia 23 de novembro de 1980, quando as precipitações atingiram 125mm e no dia 1 de fevereiro, quando a totalidade pluviométrica foi de 167mm respectivamente, conforme observações da FEPASA.

Nestas circunstâncias, os projetistas são induzidos a estenderem, para a bacia em questão, os dados disponíveis em outra bacia de drenagem próxima, desde que elas se localizem em áreas fisiograficamente semelhantes.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em consequência das características geológicas da área e da ocorrência de numerosas nascentes responsáveis pela manutenção da mata nativa presente, recomenda-se que a canalização do córrego seja feita com muros em gabiões. Essa alternativa diminui enormemente os impactos que o concreto ciclópico, por exemplo, sofreria com a ação corrosiva das águas das nascentes e com a elevação da superfície piezométrica do lençol freático o que implicaria em um rebaixamento permanente do referido lençol na área, afetando tanto o equilíbrio hidrogeológico da região quanto a flora e a fauna e, conseqüentemente, o ecossistema como um todo.

A implantação da obra deverá ser acompanhada da recuperação da mata ciliar prevista pela legislação vigente, constituindo-se numa área de uso restrito. Assim, recomenda-se também o plantio de vegetação nas áreas vizinhas, como medida de proteção do manancial bem como do sítio arqueológico e do Horto Florestal "Navarro de Andrade". Por

TABELA 3 - QUADRO DE PROPRIEDADES FÍSICAS

PERFIL E HORIZONTE	GRUNULOMETRIA %			ARGILA		L.L.	L.P.	I.P.	CLASSIFICAÇÃO		QUANTIDADE QUE PASSA PELA PENEI- RA - # 200 (%)
	AREIA	SILTE	ARGILA	GROSSA	FINA				USC	SOLOS	
P1											
AP	68,31	15,39	16,31	16,31	----	----	NP	----	CL	(Pt)CL-ML	80,34
AC	77,20	22,80	----	----	----	18,4	NP	----	ML-OL	SM-SC	23,74
C	83,90	16,10	----	----	----	----	NP	----	CL	SM-SC	13,30
P2											
AP	75,16	10,99	13,85	13,85	----	43,50	35,60	7,9	CL	CL	59,07
Cg1	80,00	6,25	13,75	13,75	----	29,00	23,00	6,0	CL-ML	SM-SC	41,89
Ab	76,77	6,73	16,60	16,50	----	27,00	23,60	3,4	ML-OL	SM-SC	49,16
P3											
AP	76,00	9,35	14,58	14,58	----	30,50	21,00	9,5	CL	CL	54,79
A/B	85,07	8,70	6,23	6,23	----	29,00	28,00	1,0	ML-OL	CL-ML	39,61

Simbologia de Classificação de Solos Unificados:

PT: Solos altamente orgânicos incluindo os histossolos; CL: Argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média, argilas arenosas, argilas de baixa resistência; ML: Siltes inorgânicos e areias finas, areias finas siltsosas de pouca plasticidade; SM: Mistura de areia e silte; SC: Areias argilosas; OL: Argilas silto-orgânicas de baixa plasticidade.

modificar o padrão da circulação dos ventos, essas medidas também aliviarão o problema do mal cheiro associado ao córrego.

Recomenda-se, ainda, que o desenvolvimento urbano não invada essa área pelas razões expostas acima, seja sob a forma de loteamentos ou de ruas e avenidas. Porém, a área pode ser dedicada a fins sociais, desde que seja gerenciada pelos órgãos competentes do município que façam respeitar as diretrizes recomendadas anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

- CAMARGO, M.N.; KLANT, E. e KAUFFMAN, J.H. - Sistema Brasileiro de classificação de solos. Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo, 12(1): 11-33 (1987).
- CATHARINO, E.L.M. - Florística de matas ciliares. Simpósio sobre Mata Ciliar, Fundação Cargill, Campinas. pp. 61-70 (1989).
- CORTES, A.L. e MALAGON, D.C. - Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. 360 pp. (1984).
- LEPSCH, I.F. et alli - Manual para Levantamentos Utilitários do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso, 4ª Aproximação. Soc. Bras. Ci. Solo, Campinas, 175 pp. (1983).
- VIEIRA, L.S. e VIEIRA, M.N. - Manual de Morfologia e Classificação de Solos. Editora Agrônomo CEPES Ltda., São Paulo. 313 pp. (1983).
- SJOGREEN, B. - Shallow Refraction Seismic, Chapman and Hall, London, 220 p. (1984).

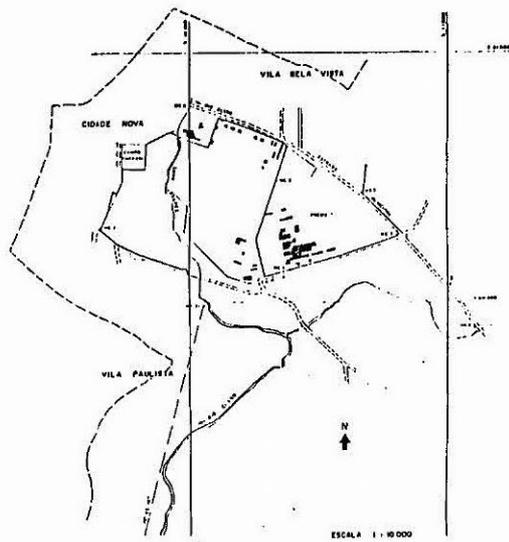
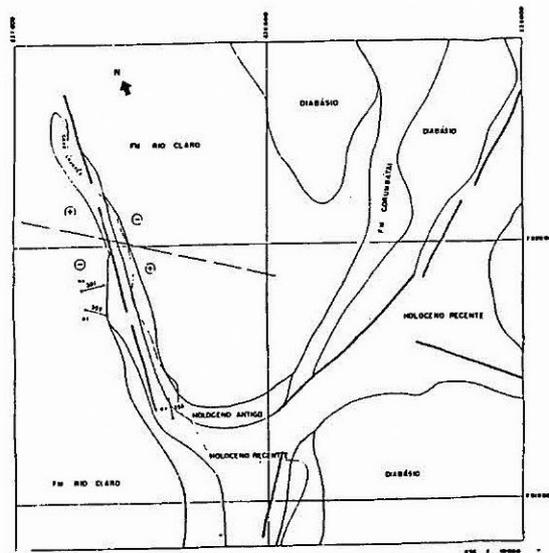


FIG. 1



MAPA GEOLÓGICO, MORFOESTRUTURAL E GEOFÍSICO

- ⊙ - Sítio arqueológico
- ⊖ - Sítio estratigráfico
- ⊙ - Sítio urbano

FIG. 2

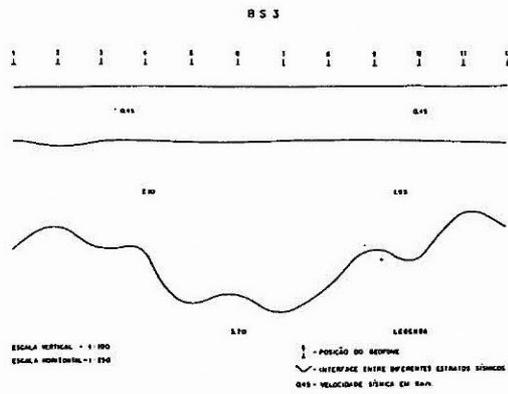
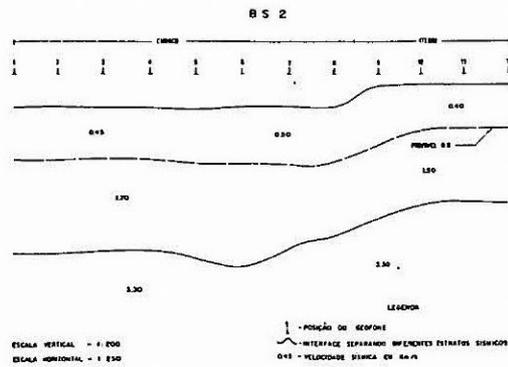
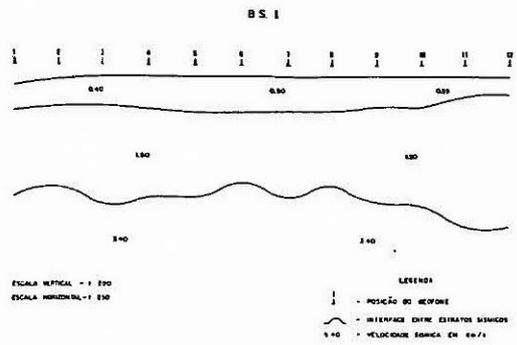


FIG. 5