



Folha de Dados

IDGED:

0173/02/A

LOTE:

01681

AUTOR:

GEONORTE ;SRH ;COGERH ;PROURB CE

TÍTULO:

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM SÍTIOS NOVOS

SUBTÍTULO:

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS; TOMO II GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

JANEIRO 1997

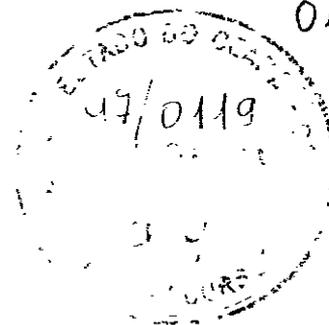
GOVERNO DO ESTADO



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROURB/CE

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
SÍTIOS NOVOS

RELATÓRIO DOS ESTUDOS BÁSICOS
TOMO II - ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS



Geonorte

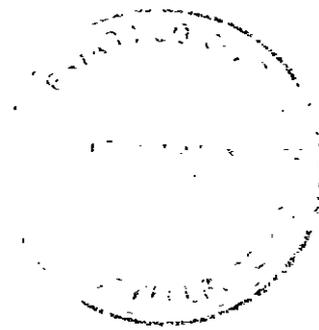
FORTALEZA

JANEIRO/97

000003



ÍNDICE





ÍNDICE

Pág

APRESENTAÇÃO.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. ESTUDOS GEOLÓGICOS.....	7
2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	8
2.2 GEOLOGIA LOCAL.....	12
2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	14
3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS.....	15
3.1 SONDAJENS NO LOCAL DA BARRAGEM E VERTEDOURO.....	16
3.2 ESTUDOS DOS MATERIAIS.....	18
3.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	25
4. DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA.....	27



APRESENTAÇÃO

T204596.DOC

610003



APRESENTAÇÃO

A GEONORTE - Engenharia de Solos e Fundações Ltda, empresa estabelecida à Rua Jorge Severiano, 900, bairro de Vila União, Fortaleza, Ceará, vem apresentar a SRH/COGERH, o Relatório dos Estudos Básicos para Elaboração do Projeto Executivo e dos Estudos Complementares para Implantação da Barragem Sítios Novos, nos Municípios de Pentecoste e Caucaia, integrante do PROURB-CE, conforme Contrato Nº 016/96-PROURB/CE/COGERH, de 08 de julho de 1996, assinado entre esta empresa e a COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), e Ordem de Serviço Nº 024/96-PROURB-CE/COGERH, de 12 de agosto de 1996

O Relatório dos Estudos Básicos é apresentado em seis vias, composto de três Tomos e seus anexos, a saber

- Tomo I - Estudos Topográficos
- Tomo I - Estudos Topográficos - Anexo - Desenhos
- Tomo II - Estudos Geológicos e Geotécnicos
- Tomo II - Estudos Geológicos e Geotécnicos - Anexo
- Tomo III - Estudos Hidrológicos

Fortaleza, Janeiro de 1997


José de Ribamar Pinheiro Barbosa
Engº Civil - CREA 2.918/D

wbsr /fsn

T234588 LOC

000007



1. INTRODUÇÃO

7204596.DOC



1. INTRODUÇÃO

O presente documento de Estudos Básicos tem por objetivo apresentar os Estudos Geológicos e Geotécnicos para elaboração do projeto executivo da Barragem Sítios Novos, no Município de Caucaia, Ceará

Assim sendo, este relatório foi dividido nos seguintes itens, de acordo com os aspectos abordados,

- Estudos Geológicos
 - Geologia Regional.
 - Geologia Local.
- Estudos Geotécnicos
 - Sondagem na Área da Barragem.
 - Sondagem na Área do Sangradouro.
 - Estudos dos Materiais



2. ESTUDOS GEOLÓGICOS

T204586.DOC



2. ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os estudos geológicos consistiram na análise das documentações existentes, no mapeamento geológico da área da barragem, detalhamento do eixo do barramento e do vertedouro, bem como da fotointerpretação geológica da bacia hidráulica

Serviram de apoio para o mapeamento geológico, fotografias aéreas do Cruzeiro do Sul, na Escala 1 25 000, quadrículo 684, ordem 0-175, faixa 1 fotos 2515 a 2509 e faixa 2 fotos 2540 a 2534, folha Fortaleza, além dos mapas geológico do compêndio Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará, Projeto Fortaleza, DNPM/DGM 1981

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área em estudo compreende um conjunto de rochas pré-cambrianas designadas de Complexo Caicó (gnaisse migmatizados, P&gn-mg, com lentes de quartzitos, qz, e calcários, ca, como também ocorrência de rochas ígneas alcalina de idade terciária, denominado de "neck", fonolitos tragnitoide, Tal As ocorrências quartenárias, aluviões, Qal, estão associadas aos vales dos pequenos rios e riachos existentes na região

2.1.1 Complexo Caicó (p&gn-mg)

Originalmente, foi descrito por Meunier (in Ferreira, 1967a)¹ para designar o que o autor chamou de uma espessa sequência parametamórfica identificada na região de Caicó e adjacências, constituída de quartzitos, metarcósios, meta-conglomerados e gnaisses, com intercalações anfíbolíticas

O complexo Caicó distribui-se por toda a área da região de Sítios Novos Os traços de xistosidade são pouco distintos nas fotos aéreas, provavelmente devido a migmatização Morfologicamente o relevo é pouco

¹ Braga et al Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará Projeto Fortaleza, MME-DNPM, Brasília, 1981



ondulado em quase toda a área, mostrando feições serranas nas porções centro-norte e sudeste, onde ocorrem quartzitos e fonolitos/traquitos, respectivamente. Na porções sul-oriental e centro-oeste os traços de xistosidade apresentam a direção NE-SW, na porção centro-norte e noroeste e aproximadamente N-S, na parte SW e centro-leste a xistosidade possui direção NW-SE. As mudanças de direção dos traços de xistosidade nas porções NE e S, sugerem eixos de dobramentos. De modo geral, o mergulho da foliação é para E.

Litologicamente o Complexo Caicó é definido como uma sequência constituída de gnaisses variados, incluindo lentes de quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas, próprias dos gnaisses, até as mais homogêneas. **Os gnaisses** mais comuns são biotita-gnaisses e hornblenda-biotita-gnaisses. A região estudada apresenta predomínio de gnaisses ricos em biotita. Geralmente esses gnaisses são de cor cinza-clara, granulação fina a grossa, apresentando finas listras até espessas bandas félsicas intercaladas com máficas. Os minerais mais comuns são feldspato, quartzo e biotita. Os gnaisses bandeados representam um tipo de textura dos biotita-gnaisses. Geralmente aparecem em zonas de migmatização incipiente e nos locais onde os paragneisses estão associados a corpos lenticulares de quartzitos, calcários cristalinos e anfibolitos.

Os migmatitos ocupam grandes extensões nas áreas de ocorrência do Complexo Caicó, cujas regiões de domínio, em mapa, são caracterizadas pela redução ou ausência dos traços de xistosidade, ou aparecimento de complexos dobramentos e estruturas fechadas. Apresentam de uma maneira geral, duas fácies distintas: uma, guardando como características os elementos planares, chamada de metatexitos por Mehnert (1971)², exibindo estruturas dobrada, flebítica e estromática como dominantes, e a outra, com estruturas planares menos conspícuas ou

² Braga et al. Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará. Projeto Fortaleza, MME-DNPM, Brasília, 1981.



ausentes, como "schlieren", nebulítica e pontuações anatexíticas, chamada de diatexitos por Mehnert. Os migmatitos são rochas leucocráticas de cor cinza-clara, granulação variando de média a grossa, constituída de quartzo, feldspato, biotita e muscovita. A foliação apresenta dobramentos complexos e microfraturamentos, preenchidos por veios quartzosos, aplíticos e pegmatíticos multidirecionais.

Os quartzitos, na área, formam pequenos serrotes alongados e descontínuos, orientados segundo o "trend" regional. São rochas de pouca espessura, às vezes dobradas, bastante recristalizadas, laminadas, fraturadas, granulação fina, textura maciça e cor creme. Quando próximas dos gnaisses tornam-se algo muscovítico.

Os calcários cristalinos são geralmente dolomíticos, de cor creme e branco-leitosa, macicos, textura granular mosqueada e sacaroidal, granulação fina a média. Possuem, as vezes, impurezas de grafita, minerais micáceos e horblenda. Ocorrem como lentes descontínuas, encaixadas nos gnaisses, segundo o "trend" regional.

Pelo estudo comparativo das associações mineralógicas do Complexo Caicó com os tipos básicos apresentados por Miyashiro (1975)³, conclui-se que as rochas podem ser enquadradas na fácies anfiboito.

2.1.2 Vulcanismo Alcalino (Tal)

A primeira referência sobre rocha ígnea alcalina no Ceará provém de Almeida em 1958. Refere-se ao morro Cararu, localizado na foz do rio Pacoti, 6 km a nordeste da cidade de Messejana, posicionando-o como a extremidade ocidental de alinhamento de vulcões subordinados a uma zona de fraturas. Apoiado em estudo batimétrico do Oceano Atlântico, particularmente da região entre o arquipélago de Fernando de Noronha e a

³ Braga et al Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará Projeto Fortaleza, MME-DNPM, Brasília, 1981



costa do Rio Grande do Norte. Almeida (1958)⁴ chama atenção para o alinhamento de "altos fundos" em que se encontram esse arquipélago e o atol das Rocas, sugerindo a verificação da possível extensão desse alinhamento ao interior do Ceará

Na área em estudo o fonolito tracoíde, "neck", apresenta-se topograficamente como um serrote circular, na porção sudeste. Na presença desses "neck" não foi constatada auréola de metamorfismo nas bordas, provavelmente devido ao alto grau de metamorfismo das encaixantes (fácies anfíbolito) e suas pequenas dimensões, não ultrapassando 1,5 km²

Os fonolitos constituem a maior porcentagem das rochas alcalinas encontradas regionalmente

O corpo alcalino da área trata-se de um fonolito traquitóide e acha-se encaixado na sequência migmatito-gnáissica regional do Complexo Caicó. Este "neck" é uma rocha mesocrática, fanerítica, fina, de cor cinza-clara, com conspícuos vacúolos preenchidos por material siltoso amarelo, apresentando localmente nítida estrutura laminar. Como constituintes mineralógicos tem-se feldspato potássico, aegirina, nefelina, analcima, sodalita, opacos, selicita e caulinita.

2.1.3 Aluviões (Qal)

Os aluviões são todos os depósitos fluviais ou lagunares recentes. Compreendem as faixas alongadas, estreitas e sinuosas depositadas nas calhas dos rios e riachos principais, predominantemente orientadas segundo NE e NNE.

As espessuras dos aluviões é de um modo geral pequena pois sempre estão condicionadas às partes mais baixas dos vales.

Litologicamente estão representadas pelas argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos. Nas calhas dos rios as argilas detríticas

⁴ Braga et al Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará. Projeto Fortaleza, MME-DNPM, Brasília, 1981



são abundantes, sendo constituídas de caulinita (predominante), montmorilonita, quartzo e feldspato. Os cascalhos e areias constituem também grandes reservas. Nos médios cursos os aluviões são constituídos principalmente de areias grossas, mal selecionadas, puras, com seixos e calhaus de quartzo e rochas adjacentes. Nos baixos cursos, predominam areias mais impuras, com bastantes níveis de argila e silte escuro.

2.2 GEOLOGIA LOCAL

Para o estudo da geologia local foram realizados caminhamentos por toda malha topográfica da barragem e vertedouro, onde se estudou cinco afloramentos existentes, dos quais foram mensuradas atitudes de foliação e fraturamentos, com utilização de bússola.

As litologias ocorrentes na área compreende rochas pré-cambrianas do Complexo Caicó, gnaisses/migmatitos (P&gn-mg), com lentes de quartzitos (P&qz). As aluviões estão representados por areias puras e sedimentos argilosos, depositados nas calhas dos riachos e rios locais.

2.2.1 Litologias

a) Complexo Caicó - gnaisses/migmatitos com lentes de quartzitos

No eixo e vertedouro da Barragem Sítios Novos ocorrem litologias do Complexo Caicó, compreendendo gnaisses por vezes migmatizados e lentes de quartzitos. Os gnaisses (biotita-gnaisses com veios pegmatíticos) afloram somente no leito do rio São Gonçalo, estaca 60 (+20m SW e +30m NE), entre as estacas 36 e 37 e ainda na estaca 77. No restante, da extensão do eixo, predomina solo de alteração de gnaisse, areno-siltoso, de coloração cinza a creme.

O quartzito aflora no eixo barrável, constituindo a ombreira direita, entre as estacas 79 a 81, e, ainda, na forma de pequenos blocos alterados entre as estacas 34 e 37.



No vertedouro ocorrem lentes quartzíticas com presença de seixos angulosos de tamanho variando de 3 a 10cm. Os gnaisses (biotita Gnaisse) afloram somente entre as estacas 4 e 6 (entre S 2D - S 1G) constantemente alterados. Os domínios quartzíticos presentes na área estão entre as colunas 0 e 3 ($\pm 80m$ a NW) e estacas (12 a 15) (parte NE da área).

b) Quaternário Aluviões

Litologicamente representadas por areias puras e argilosas, os aluviões estão restritos à calha do rio São Gonçalo, com aproximadamente 40 metros de largura. Embora recobrando as rochas do Complexo Caicó, na área, podem ocorrer afloramentos de gnaisses em seu leito (estaca 60).

2.2.2 Estruturas

Em alguns locais as atitudes de foliação medidas nos gnaisses possuem os seguintes valores:

LOCAL	FOLIAÇÃO
Na estrada, 2 km a Sul de Sítios Novos	- 0 Az / 30 E (biotita-gnaisse)
Na estrada mais 2,2 km ao Sul de Sítios Novos	- 330 Az / 40 NE (metatexito)
A sul do morro de quartzito (ombreira)	- 40 Az / 30 SE (quartzito)
Estaca 60 + 30m NE (leito rio)	- 350 Az / 50 NE (biotita-gnaisse)
Estaca 60 + 20m SW (leito rio)	- 355 Az / 40 NE (biotita-gnaisse) 350 Az / 60 SE (biotita-gnaisse) 20 Az / 60 SE (biotita-gnaisse) 10 Az / 30 SE (biotita-gnaisse)

A atitude de foliação do quartzito, a sul do morro que constitui a ombreira direita, é 0 Az / 30 E.

T204596.DOC



Foram medidas fraturas no ponto da estaca 60 (leito rio) com os seguintes valores

290 Az / subvertical (20 fraturas)

290 Az / 60 SW (5 fraturas)

40 Az / subvertical (5 fraturas)

2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos estudos geológicos podem ser visualizados no Tomo II - Estudos Geológicos e Geotécnicos - Anexo, nos desenhos abaixo discriminados

- Desenho GT-01 Geologia Regional,
- Desenho GT-02 Geologia Local - Barragem,
- Desenho GT-03 Geologia Local - Vertedouro



T234596 DOC



3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

T204596 DOC

000013



3. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos objetivaram a caracterização do subsolo, através de sondagens e ensaios de campo, no local da barragem e do vertedouro e a localização e caracterização dos materiais para construção, por meio de sondagens, coleta de amostras e realização de ensaios geotécnicos de laboratório

3.1 SONDAGENS NO LOCAL DA BARRAGEM E VERTEDOURO

Visando definir o subsolo no local da barragem e vertedouro, foram executadas 25 sondagens a percussão, 27 sondagens mistas iniciando com percussão e prosseguindo com rotativa e 3 sondagens a pá e picareta, nas posições indicadas em planta nos desenhos GT-04 e GT-05, no Anexo B. Os resultados destas sondagens são apresentados nos desenhos N^{os} 01 a 54, no Anexo A, sob forma de perfis individuais do subsolo no local de cada furo. As cotas das bocas dos furos foram obtidas do levantamento topográfico realizado no local.

Na execução dos trechos de sondagens a percussão foram usados dois processos para avanço do furo. Inicialmente foi usado o trado concha de 4", ao encontrar-se o nível d'água ou material impenetrável a esta ferramenta o furo foi revestido e prosseguido por lavagem até atingir-se por sua vez, material impenetrável a este outro processo.

Para extração das amostras foi utilizado o amostrador padrão de 2" e 1 3/8" de diâmetros externo e interno, respectivamente, o qual era cravado no terreno por meio de golpes de um martelo de 65 kg, com altura de queda de 75 cm. Durante a cravação do amostrador foram registrados os números de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar cada 15 cm no terreno, até uma penetração total de 45 cm. A soma dos golpes das duas últimas parcelas de 15 cm, ou seja dos 30 cm finais de cravação, é apresentada sob forma de tabela e gráfico nos perfis de sondagens. Este número de golpes é denominado de "Standard Penetration Test (SPT)".

Os trechos de sondagem rotativa foram executados com coroa BX (diâmetro externo 59,563mm) acoplada a um barrilete duplo. A sonda utilizada foi uma MACH 920 da MAQUESONDA, de avanço manual. Para cada operação do barrilete



foram registrados a percentagem de recuperação e o número de peças, dados que estão indicados nos perfis de sondagens

As sondagens mistas foram iniciadas a percussão e prosseguidas por rotativas. O processo de execução desta sondagem obedeceu ao mesmo processo descrito anteriormente para sondagens a percussão e rotativa.

As amostras coletadas nas sondagens a percussão e mista ficarão a disposição da COGERH/SRH, em nosso laboratório, durante 30 dias, após a entrega do relatório geral definitivo.

Das sondagens a pá e picareta executadas no eixo barrável foram coletadas amostras para serem submetidas aos seguintes ensaios geotécnicos de laboratório:

- Granulometria por Sedimentação (DNER-ME 51-64),
- Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71),
- Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63),
- Compactação - Proctor Normal (DNER-ME 48-64),
- Peso Específico dos Grãos (DNER-ME 93-64)

Os resultados dos ensaios são apresentados no Anexo A

Na estaca 46 do eixo barravel foi coletado um bloco indeformado de 0,30m x 0,30m x 0,30m, para a realização da seguinte campanha de ensaios geotécnicos de laboratório:

- Granulometria por Sedimentação (DNER-ME 51-64),
- Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71),
- Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63),
- Compactação - Proctor Normal (DNER-ME 48-64),
- Peso Específico dos Grãos (DNER-ME 93-64),
- Cisalhamento Direto Lento



Os resultados dos ensaios são apresentados no Anexo A. Como o ensaio de cisalhamento direto lento não é normatizado, sendo realizado por técnicas usuais, os procedimentos adotados são descritos no item 3.2.1 - Ensaio Especiais.

Com base nos resultados das sondagens, foram preparadas seções esquemáticas do subsolo, apresentadas nos desenhos GT-04 e GT-05, no Anexo B. Estas seções representam evidentemente apenas uma indicação do desenvolvimento provável das camadas do subsolo, constatadas somente nas verticais das sondagens e foram elaboradas visando permitir uma melhor visualização da natureza geral do subsolo no local da barragem e sangradouro.

Na sondagem a percussão SP-10, na estaca 20 no eixo barrável e nas sondagens mistas SM-01, SM-03, SM-04 e SM-05, respectivamente nas estacas 40, 60+10,00, 69+10,00 e 79 no eixo barrável, foram executados ensaios de infiltração do tipo "Le Franc", cujos resultados são apresentados no Anexo A.

Nas sondagens mistas SM-01, SM-03, SM-04 e SM-05, respectivamente nas estacas 40, 60+10,00, 69+10,00 e 79, no eixo barrável, foram executados ensaios de perda d'água "Lugeon", cujos resultados são apresentados no Anexo A. Para a determinação da pressão máxima dos ensaios Lugeon, foi adotada a pressão específica de 0,25 kgf/cm² m, sendo considerada como profundidade a distância da boca do furo até o topo obturador.

3.2 ESTUDOS DOS MATERIAIS

Os estudos das ocorrências de materiais para a utilização na construção da Barragem Sítios Novos foram iniciados por um simples reconhecimento de toda a área em volta do eixo do barramento, de modo que fossem selecionadas as ocorrências potencialmente aproveitáveis, levando-se em conta a qualidade do material e os volumes disponíveis.

Foram examinadas as ocorrências indicadas pelo DNOCS e pela GEONORTE em trabalhos anteriores, além de novos locais apontados



pelo reconhecimento da área em volta do barramento. Foram estudadas as seguintes ocorrências:

- Jazida 01 material terroso para o maciço, indicada pela GEONORTE em trabalho anterior,
- Jazida 02 material terroso para o maciço, indicada pelo DNOCS,
- Areal 01 areia de rio que será utilizada nas transições, filtros, drenos e concreto,
- Pedreira 01 para produção de pedra para enrocamento e brita,
- Cascalheira 01 ocorrência de pedregulhos

A localização e acesso de todas as ocorrências em relação ao eixo barrável é apresentado no desenho N° GT-06, no Anexo B

As jazidas de material terroso, denominadas de Jazida 01 e 02 foram identificadas e estudadas através de sondagens a pá e picareta executadas nos vértices de uma malha quadrada de 100m, abertas a foice, cobrindo a área a ser explorada, conforme é mostrado nos desenhos GT-07 e GT-08, no Anexo A

Os valores da espessura média utilizável da jazida, bem como dados de área, volume e distância média ao eixo estão resumidas no quadro a seguir

CARACTERÍSTICA	ud	JAZIDAS	
		01	02
• Espessura utilizável	m	0,97	1,24
• Área	m ²	1 200 000	560 000
• Volume de expurgo	m ³	168 000	168 000
• Volume utilizável	m ³	1 164 000	694 400
• Distância ao eixo	m	150	2 740

T204596 DOC



Das sondagens executadas nas jazidas, foram coletadas amostras para a classificação táctil-visual e para serem submetidas aos seguintes ensaios geotécnicos de laboratório

- Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 80-64).
- Granulometria por Sedimentação (DNER-ME 51-64),
- Limite de Liquidez (DNER-ME 44-71),
- Limite de Plasticidade (DNER-ME 82-63),
- Compactação - Proctor Normal (DNER-ME 48-64),
- Peso Específico dos Grãos (DNER-ME 93-64)

A classificação táctil-visual e os resultados dos ensaios são apresentados no Anexo A

Além dos ensaios acima mencionados, foram realizados os seguintes ensaios especiais

- Permeabilidade de Carga Variável.
- Cisalhamento Direto Lento

Como os ensaios de permeabilidade de carga variável e o cisalhamento direto não são normatizados, sendo realizados por técnicas usuais, os procedimentos adotados são descritos no item 3 2 1 - Ensaio Especiais

O exame dos ensaios de caracterização realizados (granulometria e limites de Atterberg), nas jazidas 01 e 02, permitiu enquadrar os materiais estudados nos grupos SC (areia argilosa) e SM-SC (areias silto-argilosas) da "Classificação Unificada"

O enquadramento dos solos na "Classificação Unificada" possibilita estimar suas características no que concerne a sua utilização na construção de barragens de terra Segundo Sherard (Sherard, J L e outros



- "Earth and Earth Rock Dams" - John Wiley and Sons, Inc 1963) os solos dos tipos SC e SM-SC apresentam as seguintes características

Solo SC

- Alta resistência à erosão,
- Alta a média resistência ao cisalhamento,
- Impermeável,
- Boa a regular trabalhabilidade,

Solo SM

- Média a fraca resistência à erosão,
- Alta resistência ao cisalhamento,
- Semi permeável a impermeável,
- Boa a regular trabalhabilidade,

As propriedades acima citadas são esperáveis para obras em que seja feito o controle de umidade e densidade durante a construção. Para orientação deste controle são apresentados a seguir os valores médios da massa específica seca máxima ($\gamma_{sm\acute{a}x}$) e a umidade ótima ($h_{\acute{o}t}$), obtidas nos ensaios de compactação das jazidas

VALORES DE COMPACTAÇÃO	JAZIDAS	
	01	02
$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (g/cm ³)	1,96	1,95
$h_{\acute{o}t}$ (%)	10,6	9,7



O Areal (A-01), e a Pedreira (P-01) foram identificados e estudados para execução dos drenos, riprap e concretos. A cascalheira (C-01) foi identificada e estudada para proteção do talude de jusante. Os valores de espessura média, área, volume e distância média ao eixo estão resumidos no quadro a seguir.

CARACTERÍSTICA	ud	O C O R R Ê N C I A S		
		A-01	P-01	C-01
• Espessura utilizável	m	1,50	6,00*	0,20*
• Área	m ²	24 000	15 000	30 000
• Volume de expurgo	m ³	0,00	0,00*	0,00*
• Volume utilizável	m ³	36 000	90 000*	6 000*
• Distância ao eixo	m	3 100	13 700	2 300

NOTA (*) valores estimados

Foram coletadas quinze amostras do areal, para a realização da classificação táctil-visual e dos seguintes ensaios geotécnicos de laboratório:

- Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 51-64),
- Equivalente de Areia (DNER-ME 54-63),
- Permeabilidade a Carga Constante,
- Densidade Aparente Mínima e Máxima

A classificação táctil-visual e os resultados dos ensaios de laboratório são apresentados no Anexo A.

Como o ensaio de permeabilidade de carga constante e densidade aparente mínima e máxima não são normatizados, sendo realizado por técnicas usuais, os procedimentos são descritos no item 3.2.1 - Ensaio Especiais.



Foram coletadas amostras da Pedreira 01, para a realização do ensaio de Desgaste por Abrasão tipo "Los Angeles" (DNER-ME 35-64) O resultado deste ensaio é apresentado no Anexo A

Ainda foram coletadas amostras na Cascalheira 01 para a realização do ensaio de Granulometria por Peneiramento (DNER-ME 51-64) O resultado deste ensaio é apresentado no Anexo A

3.2.1 Ensaio Especiais

Foram realizados sobre as amostras coletadas no eixo barrável e nas sondagens das Jazidas 01 e 02 e do Areal 01, os seguintes ensaios geotécnicos de laboratório

Eixo Barrável

- Cisalhamento Direto Lento bloco indeformado, estaca 46

Jazida 01

- Permeabilidade com carga variável furos 01, 02, 47, 70 e 98,
- Cisalhamento direto lento furos 47, 48 e 60

Jazida 02

- Permeabilidade com carga variável furos 06, 18, 22, 26 e 53,
- Cisalhamento direto lento furos 06 e 24

Areal 01

- Permeabilidade com carga constante furos 01, 02, 04, 05 e 06,
- Densidade aparente mínima e máxima furos 01, 02 e 04



Os procedimentos para a execução dos ensaios especiais, que não estão normatizados, são descritos a seguir

3.2.1.1 Permeabilidade com Carga Variável

A moldagem do corpo de prova foi realizada no próprio cilindro onde foram executados os ensaios, sendo o solo compactado na umidade ótima e massa específica seca máxima, obtida no ensaio de compactação

O equipamento de ensaio foi drenado para retirada das bolhas de ar. Inicialmente, os corpos de prova permaneceram no mínimo 24 horas sob fluxo de água, até que este se tornasse constante, quando foi iniciado o ensaio

Foi medido o tempo para a água descer uma determinada altura na bureta. O nível da água foi repostado no nível inicial e a operação repetida no mínimo mais duas vezes. O coeficiente de permeabilidade foi calculado através da média dos valores

3.2.1.2 - Permeabilidade com Carga Constante

A moldagem dos corpos de prova foi realizada no próprio cilindro onde foram executados os ensaios, adensando o material com água abundante, percolando o solo até ser atingido o índice de vazios previsto

O corpos de prova permaneceram no mínimo trinta minutos com fluxo de água constante, antes do início do ensaio

Durante a execução do ensaio, foi medido a quantidade de água que atravessou o corpo de prova, durante um certo intervalo de tempo e a operação repetida no mínimo mais três vezes, consecutivamente. O coeficiente de permeabilidade foi calculado através da média dos coeficientes obtidos em cada uma das vezes



3.2.1.3 - Cisalhamento Direto Lento

Os corpos de prova foram compactados na caixa de cisalhamento (lado 5,08 cm e altura = 2,00 cm), e saturados sob uma tensão vertical de 0,5 Kgf/cm². Em seguida foi completada a carga vertical de tal modo que fosse obtida a tensão normal de ruptura (1, 2 e 4 kgf/cm²) e aguardado o tempo necessário para que ocorresse o adensamento primário.

Posteriormente, foi iniciada a fase de ruptura com uma velocidade de 10⁻² mm/min, sendo realizadas leituras das deformações vertical, horizontal e do dinamômetro a cada 15 minutos, até que fosse caracterizada a ruptura ou a tensão cisalhante permanecesse constante.

3.2.1.4 Densidade Aparente Mínima e Máxima

A densidade aparente mínima das amostras de areia, ou seja, com índice de vazios máximo, foi determinado em um cilindro de peso e volume conhecidos, onde se verteu cuidadosamente o material, até preencher todo o volume do cilindro. A densidade aparente mínima é dada pela relação do peso de areia contido no cilindro e o volume do cilindro.

A densidade aparente máxima das amostras de areia, ou seja, com índice de vazios mínimo, foi determinado em um cilindro de peso e volume conhecidos que foram adensadas em três camadas, com bastante água, em uma mesa vibratória, de tal modo que o material ocupasse todo o volume do cilindro. A densidade aparente máxima é dada pela relação entre o peso da areia adensada e o volume do cilindro.

3.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos estudos geotécnicos podem ser visualizados no Tomo II - Estudos Geológicos e Geotécnicos - Anexo, divididos da seguinte maneira:



- Anexo A - Estudos Geotécnicos
 - Ensaaios de Laboratório
 - Sondagens a Percussão e Mistas

- Anexo B - Desenhos
 - Estudos Geotécnicos - Sondagens
 - Estudos Geotécnicos - Ocorrências



4. DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



4. DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

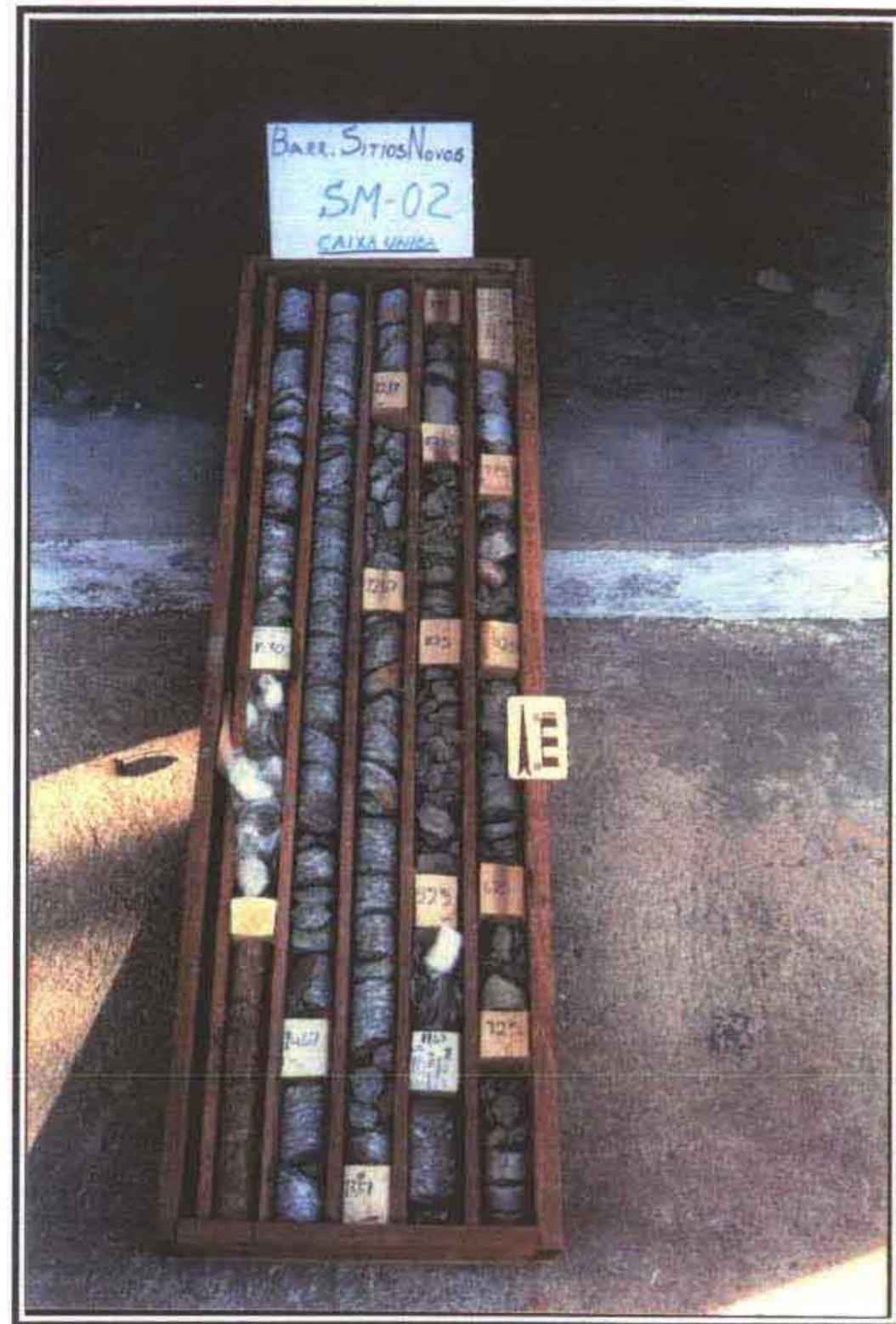
A documentação fotografica das amostras coletadas nas sondagens mistas é apresentada a seguir, mostrando as peças recuperadas em cada manobra nos trechos executados por sondagem rotativa, com suas respectivas profundidades inicial e final

12/01/2002

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



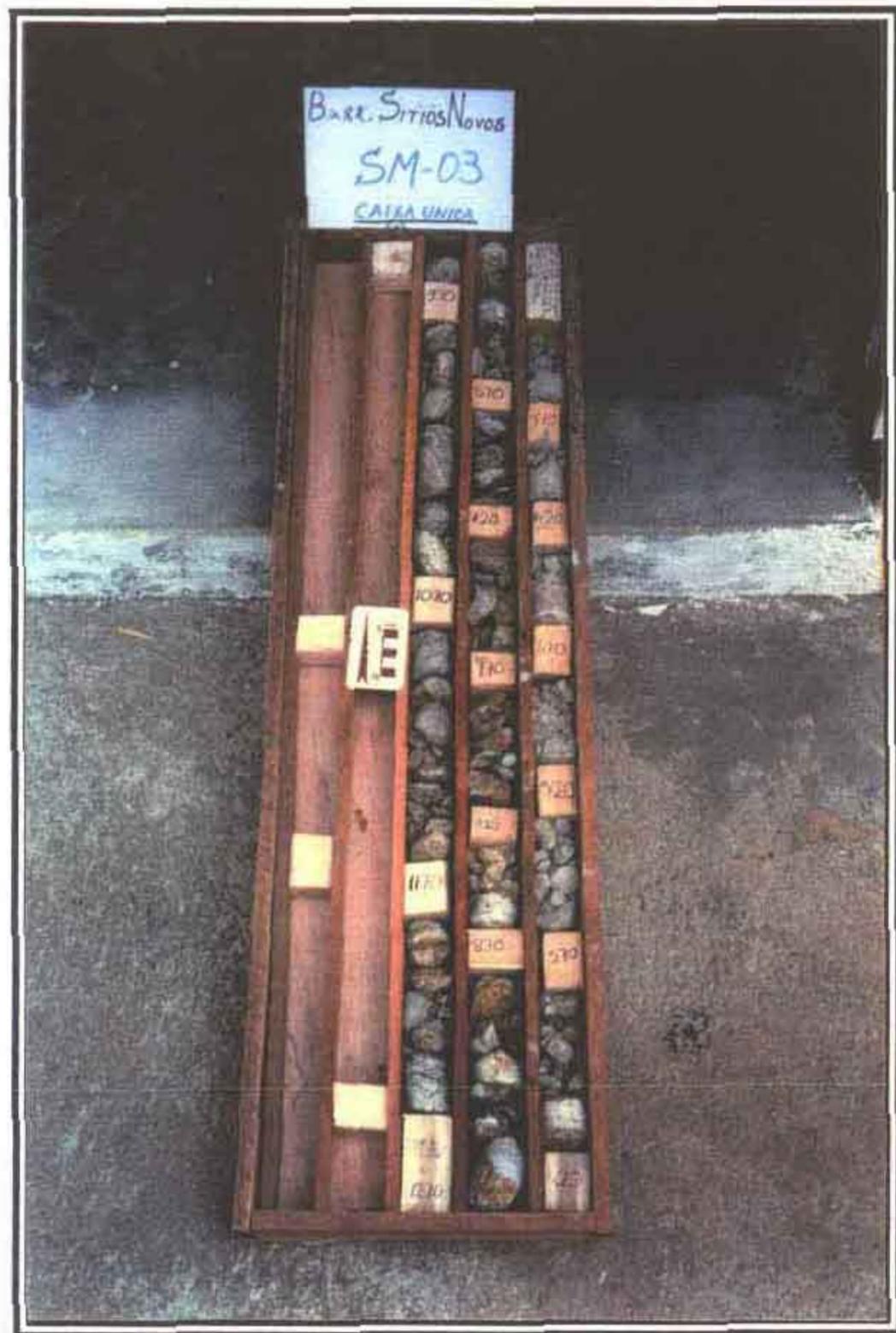
SONDAGEM SM-01



SONDAGEM SM-02

000032

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



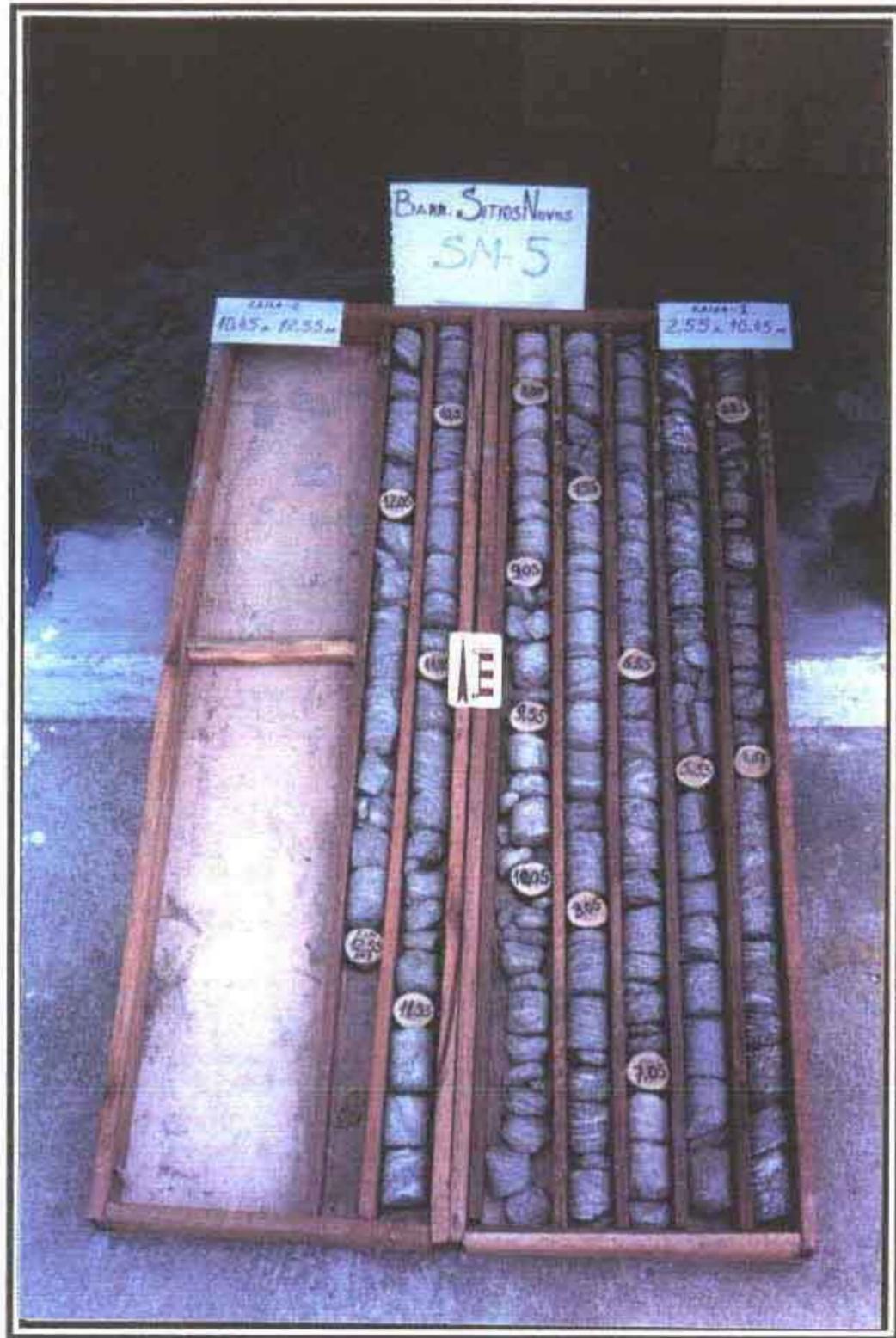
SONDAGEM SM-03



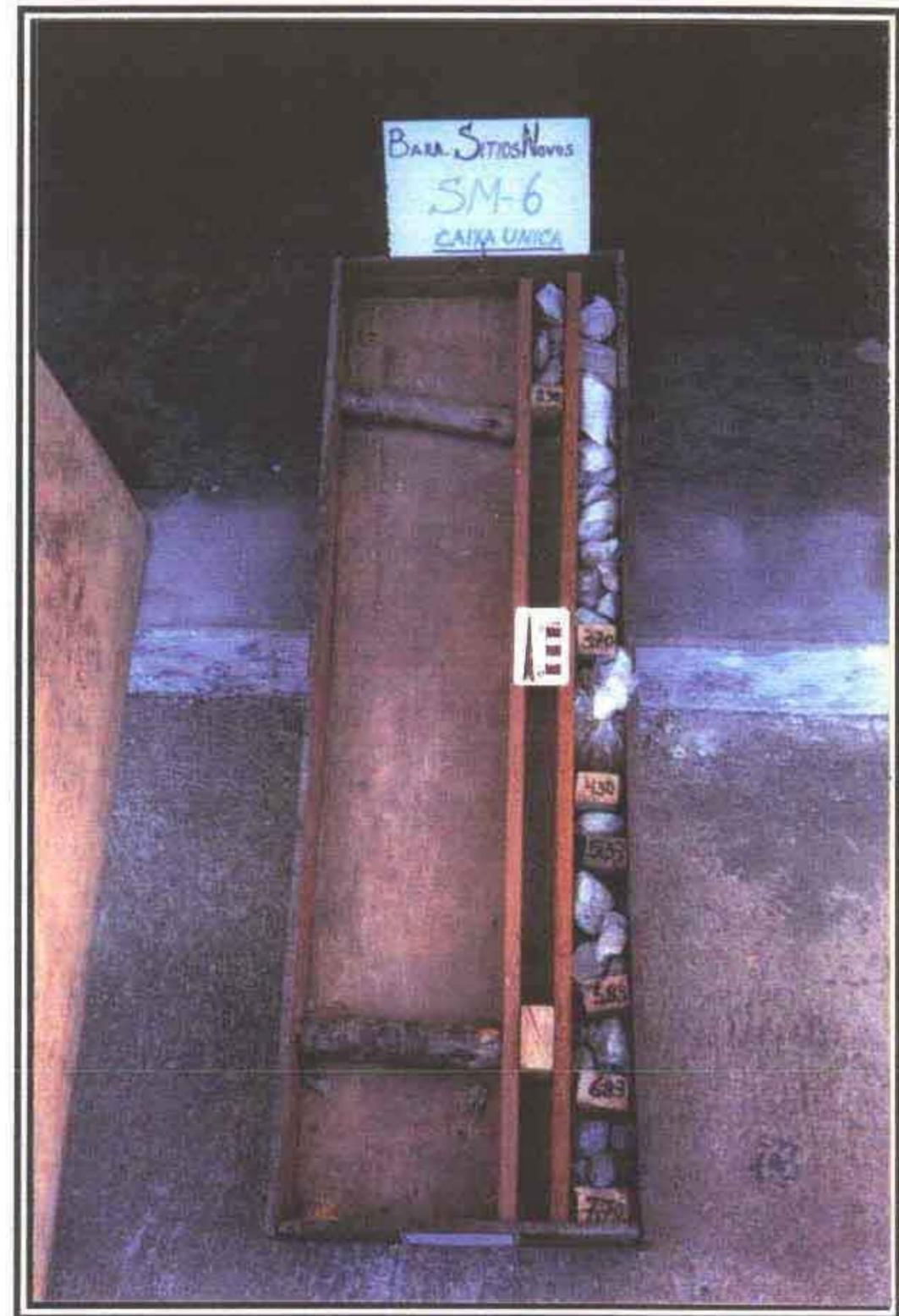
SONDAGEM SM-04

000033

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



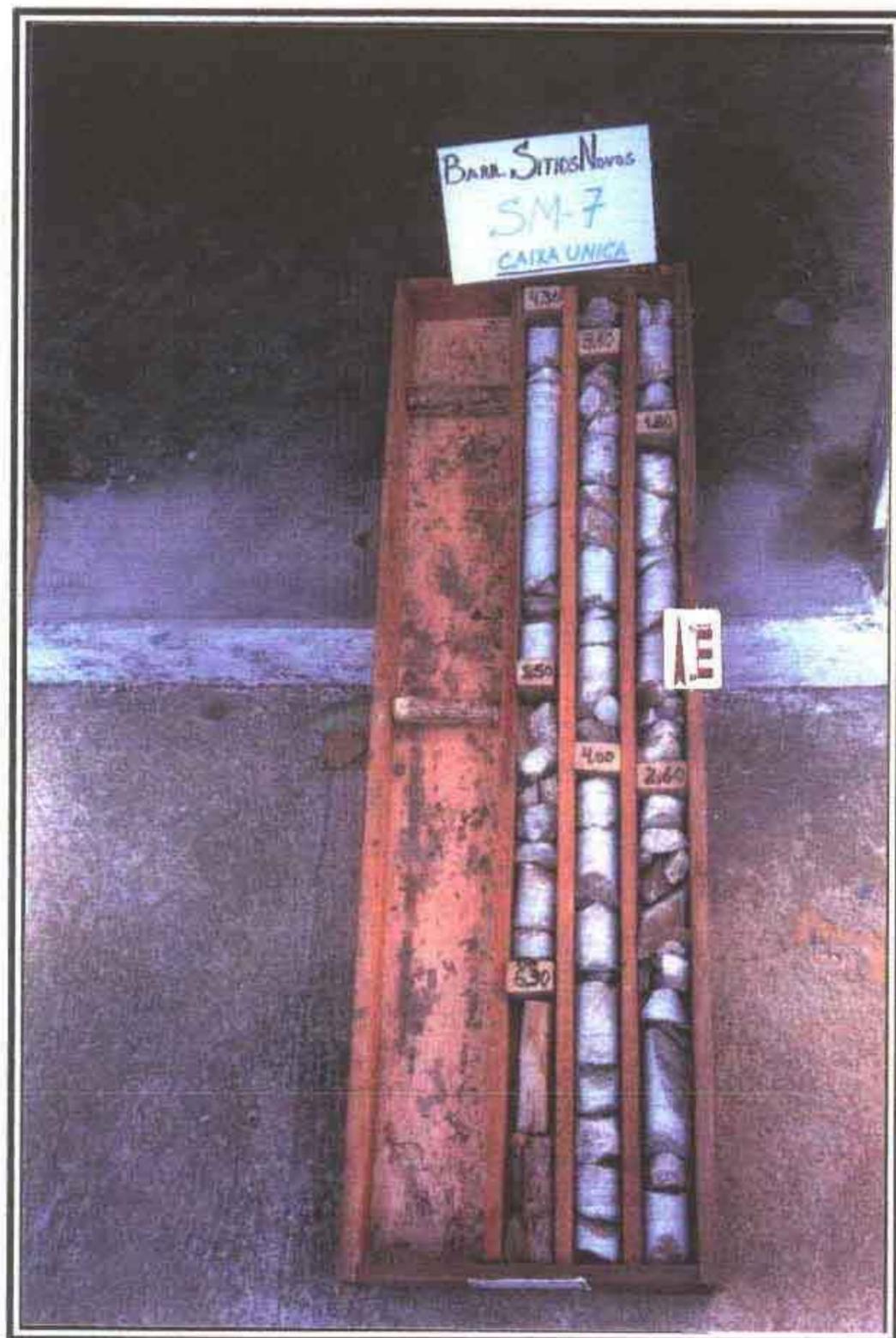
SONDAGEM SM-05



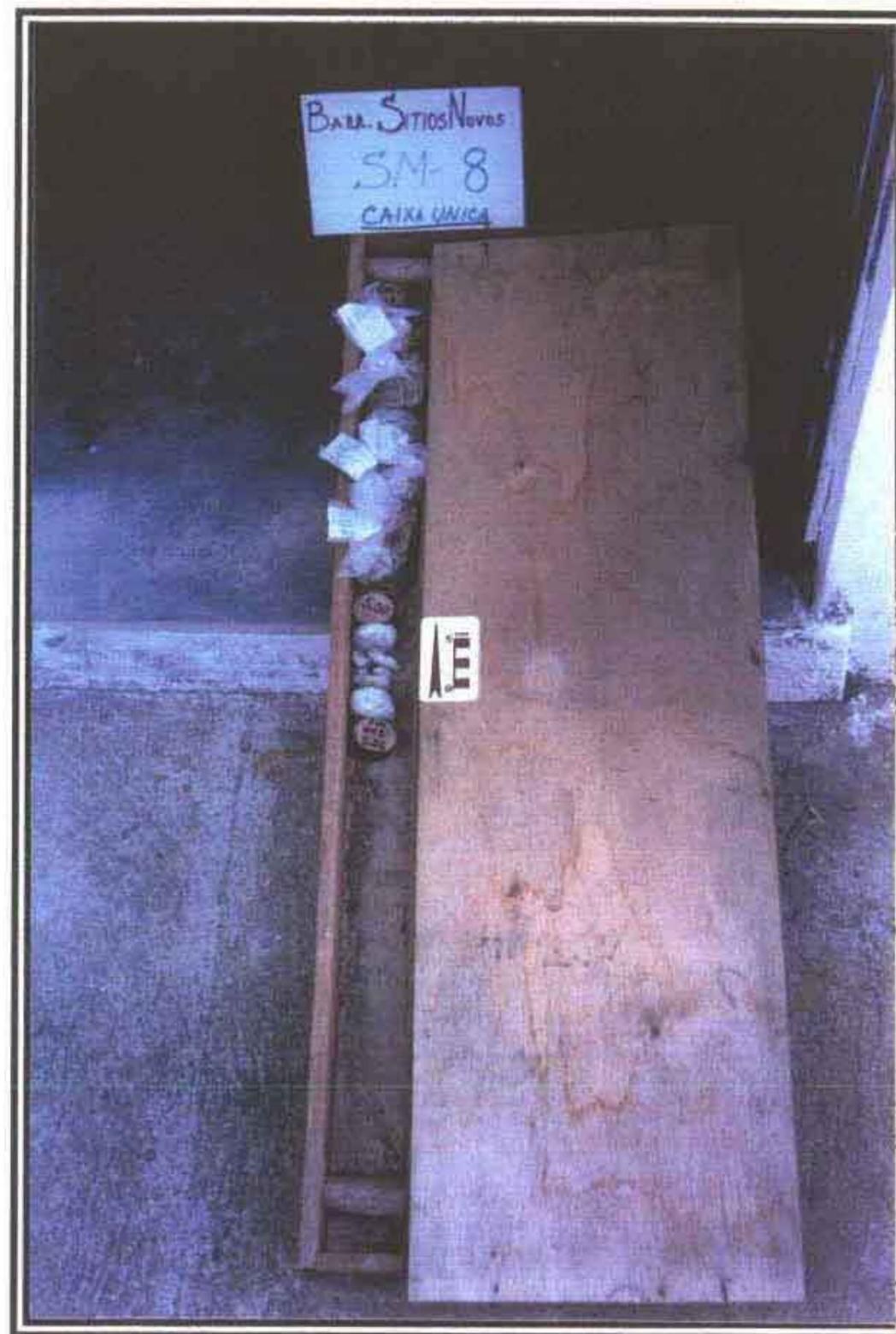
SONDAGEM SM-06

000034

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



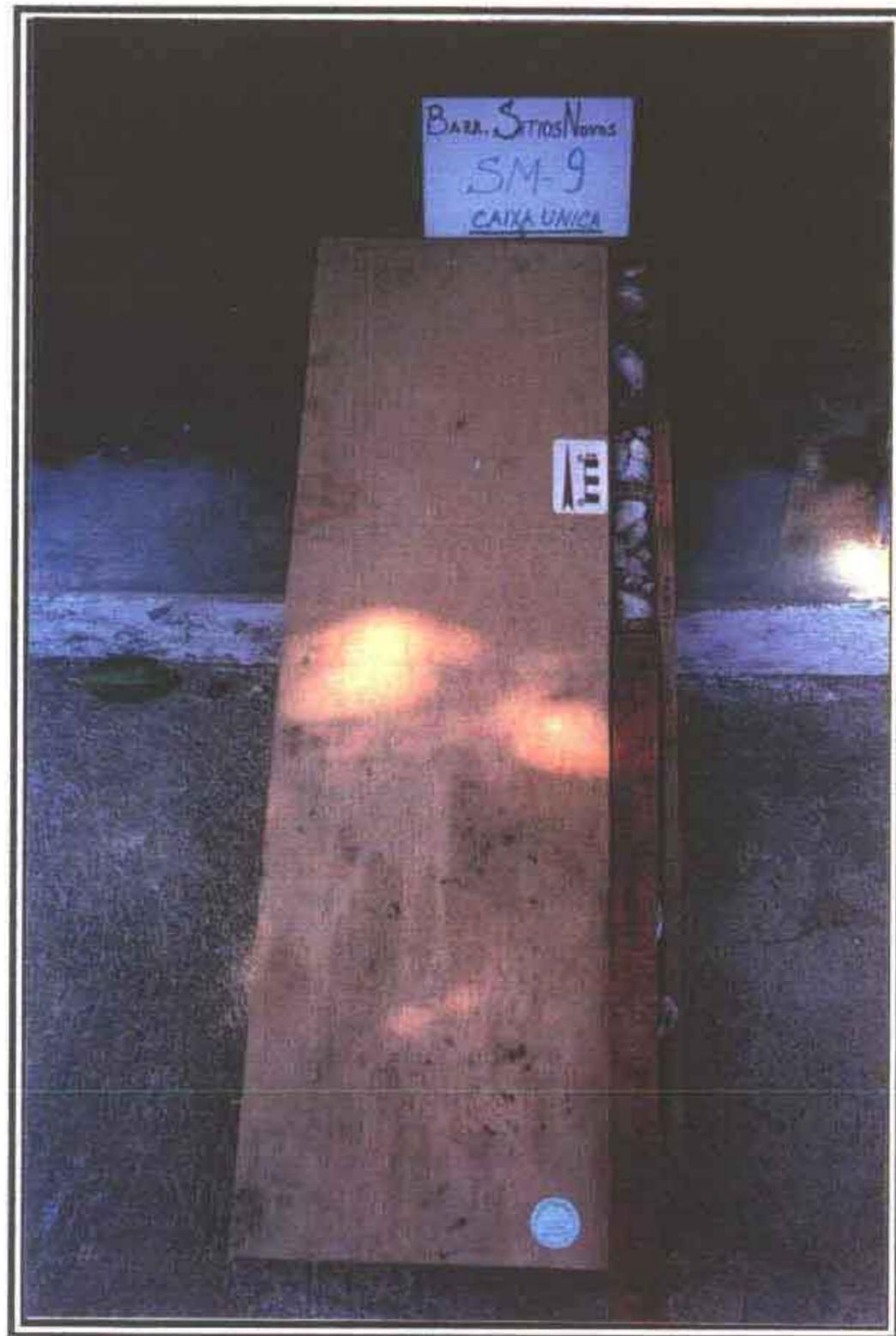
SONDAGEM SM-07



SONDAGEM SM-08

000035

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



SONDAGEM SM-09



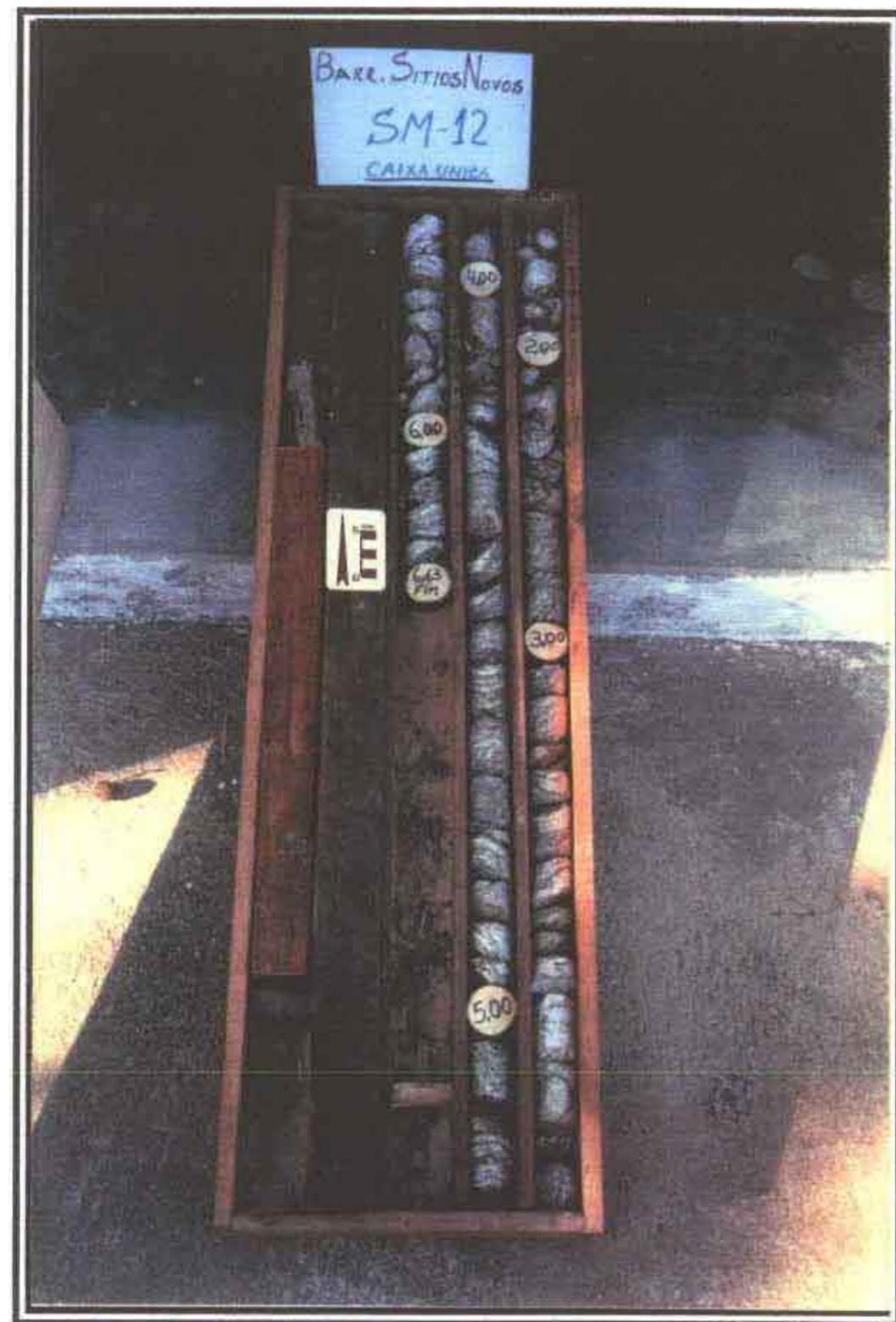
SONDAGEM SM-10

000036

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



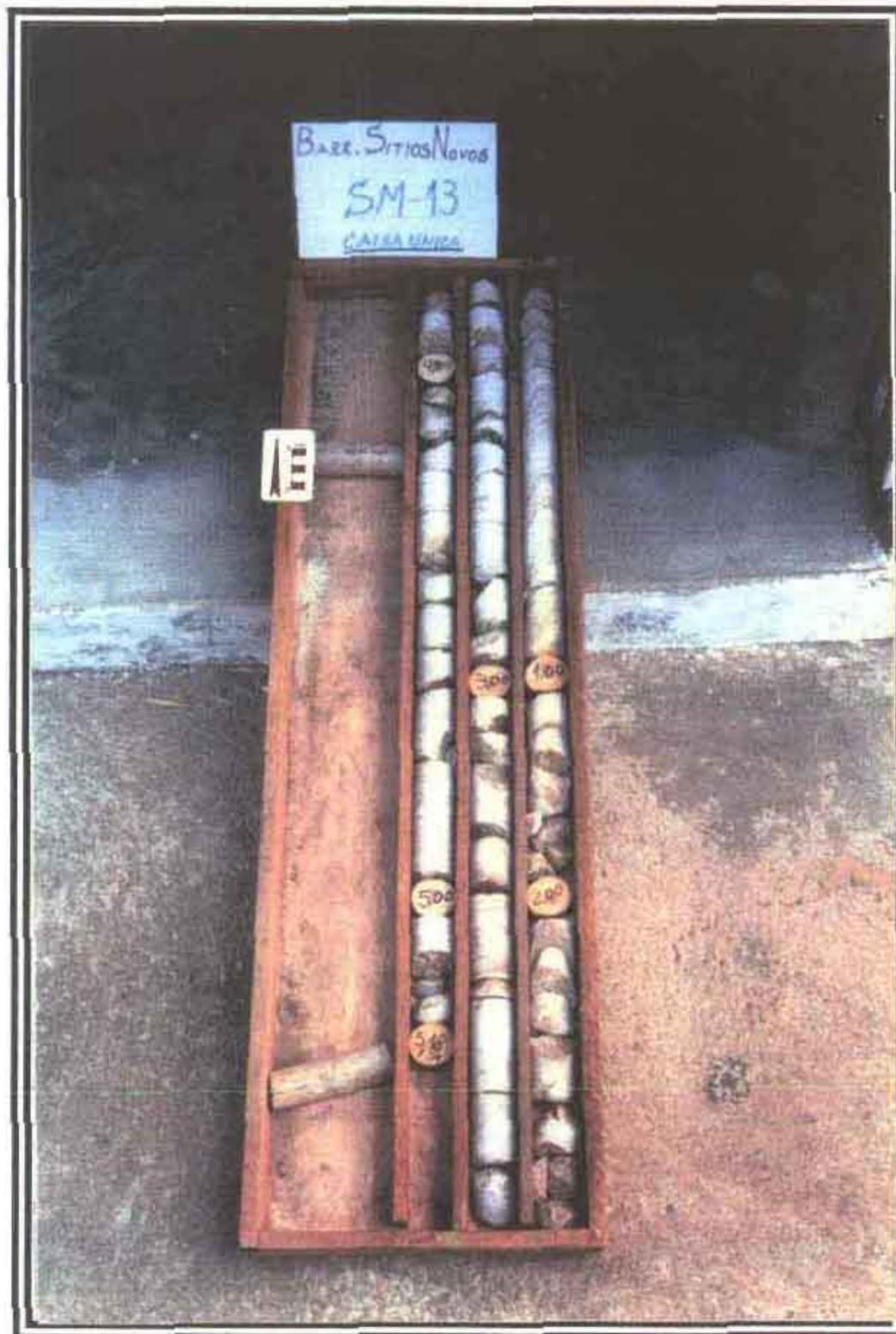
SONDAGEM SM-11



SONDAGEM SM-12

000057

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



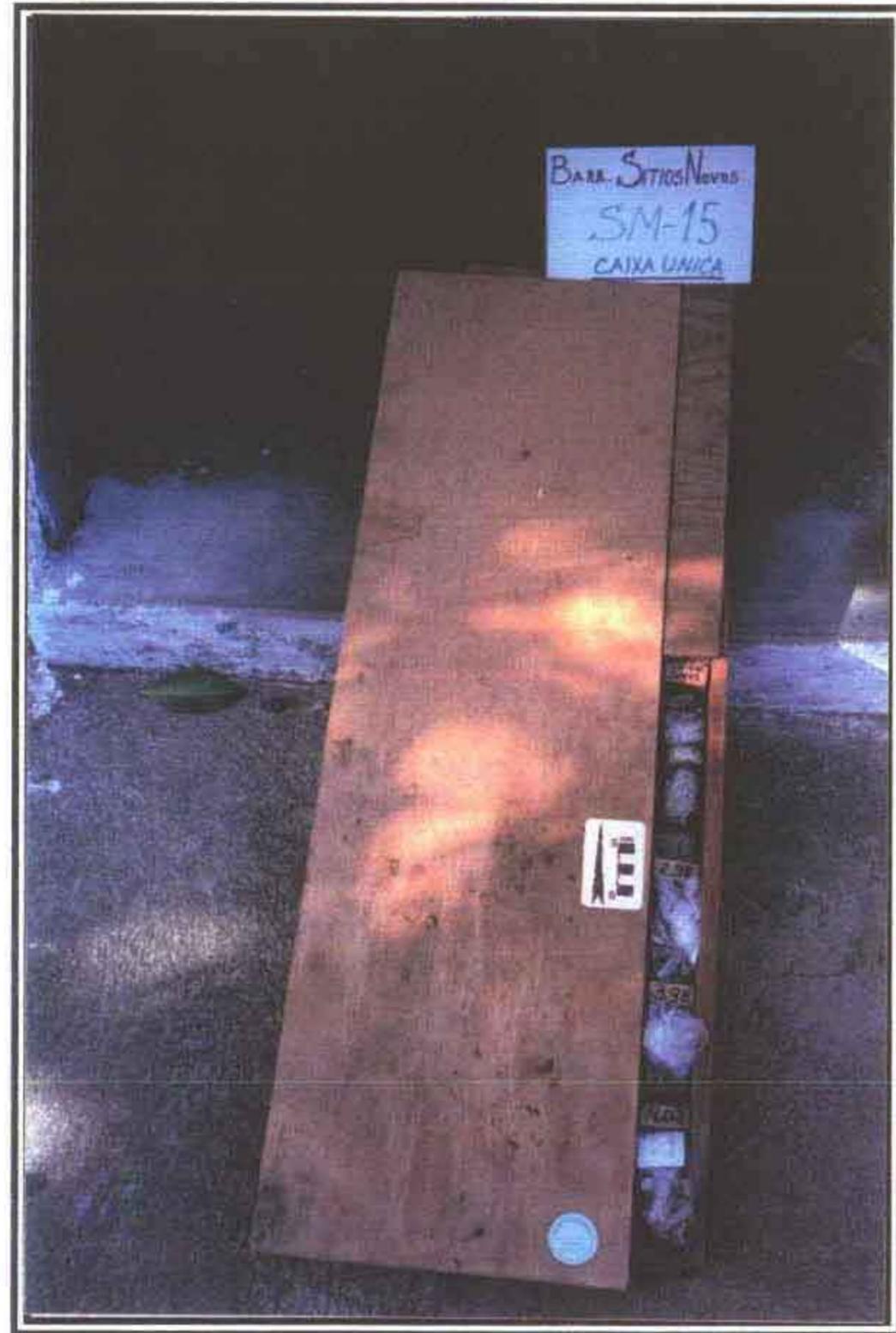
SONDAGEM SM-13



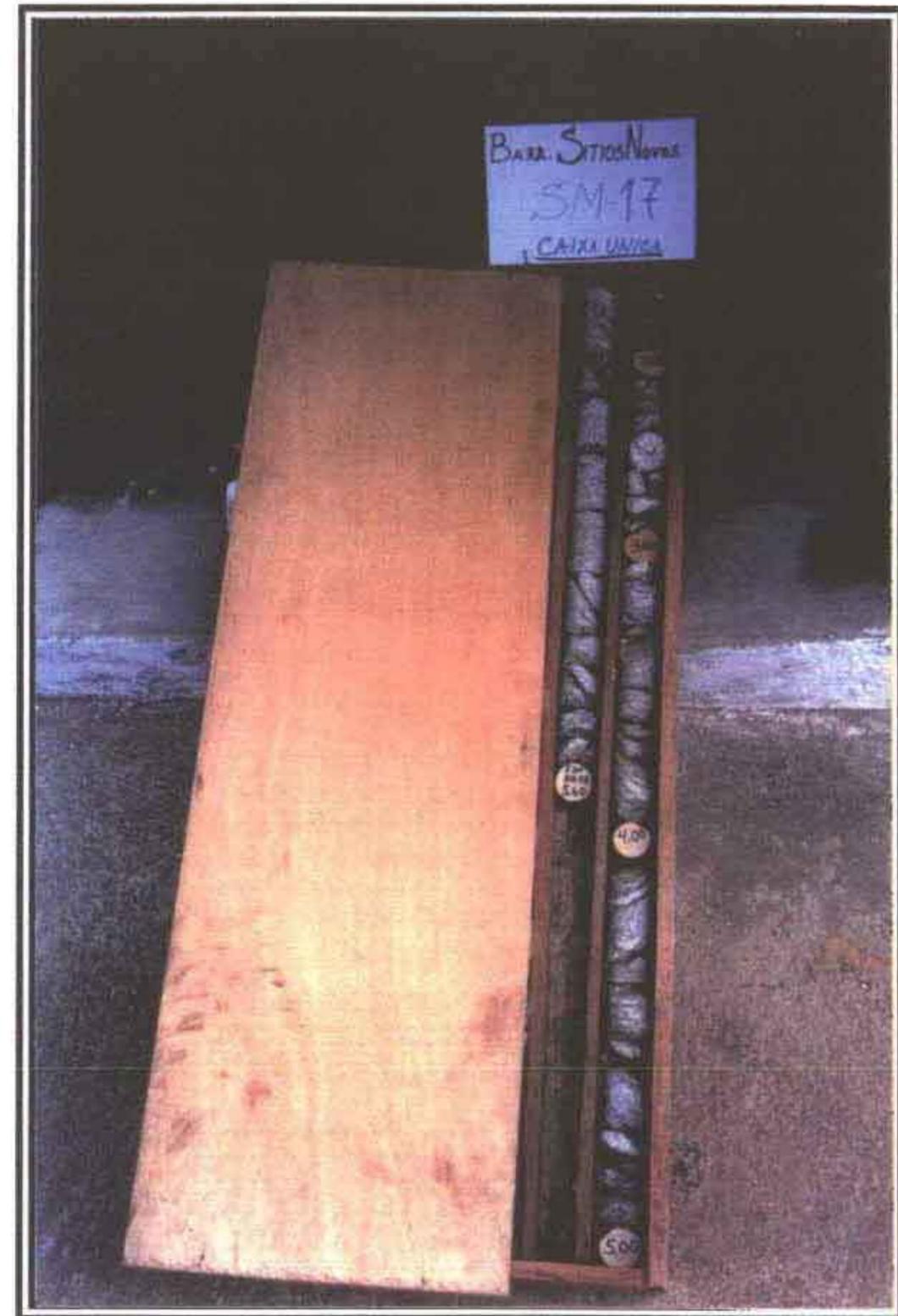
SONDAGEM SM-14

000033

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

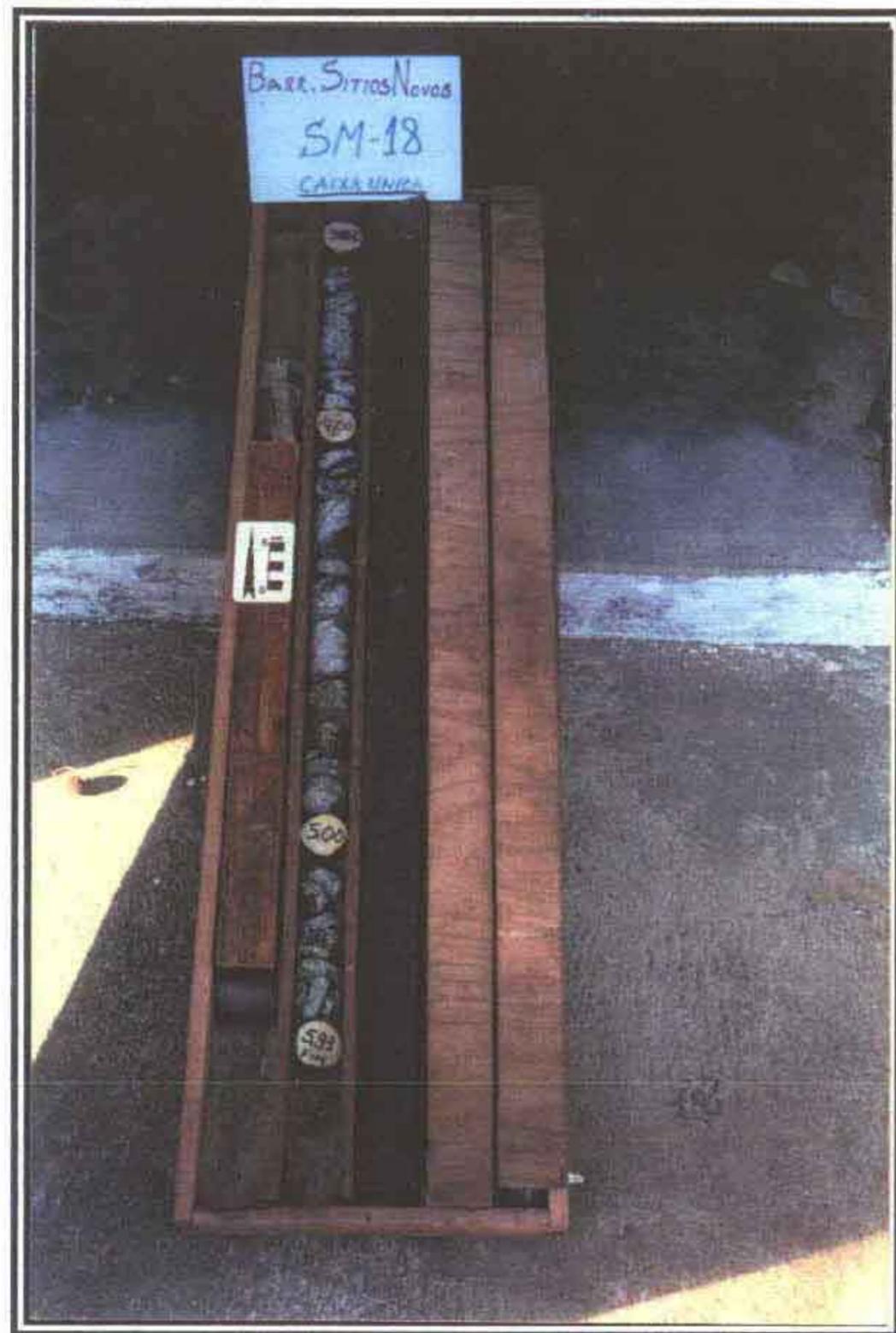


SONDAGEM SM-15

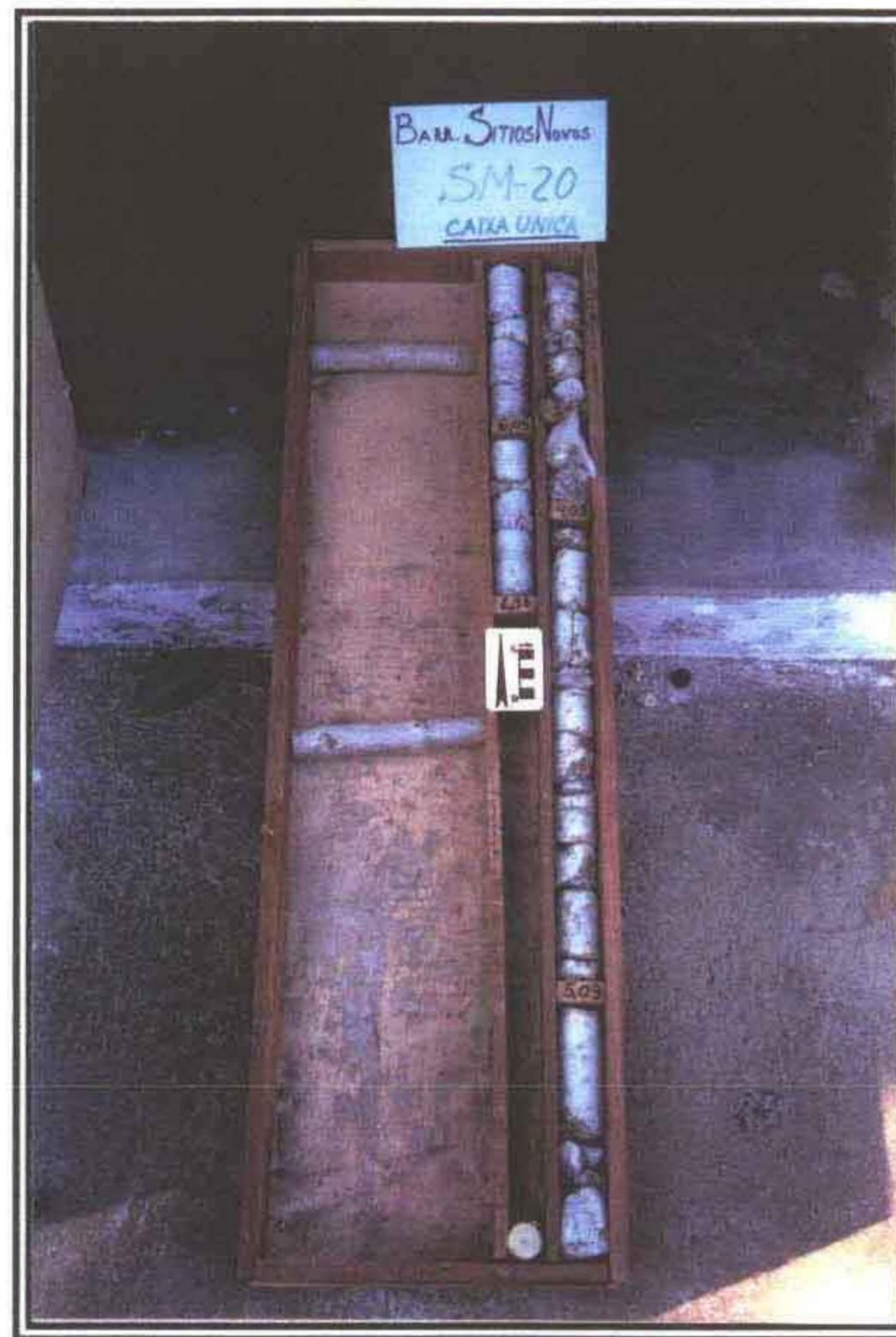


SONDAGEM SM-17

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



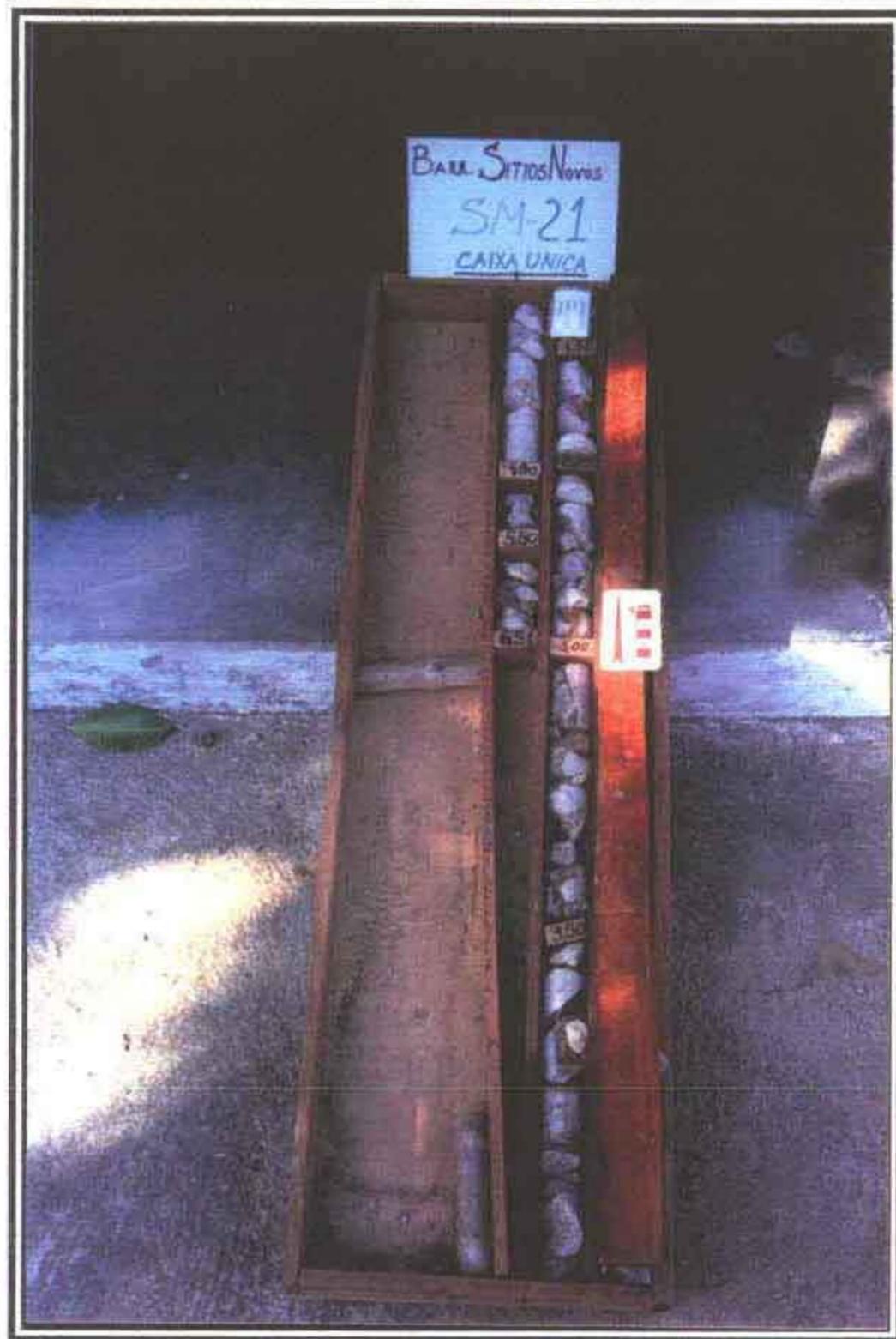
SONDAGEM SM-18



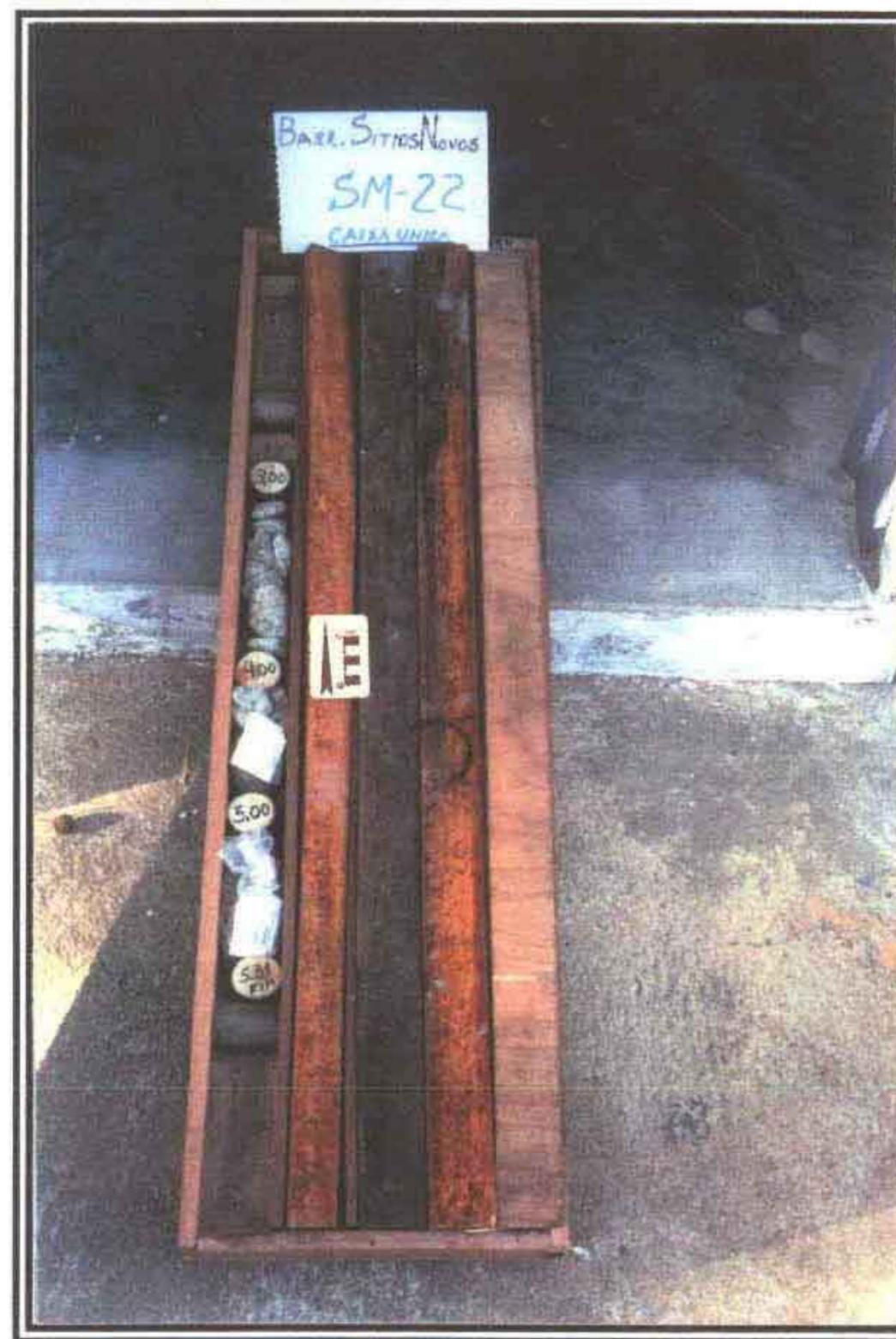
SONDAGEM SM-20

000010

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



SONDAGEM SM-21



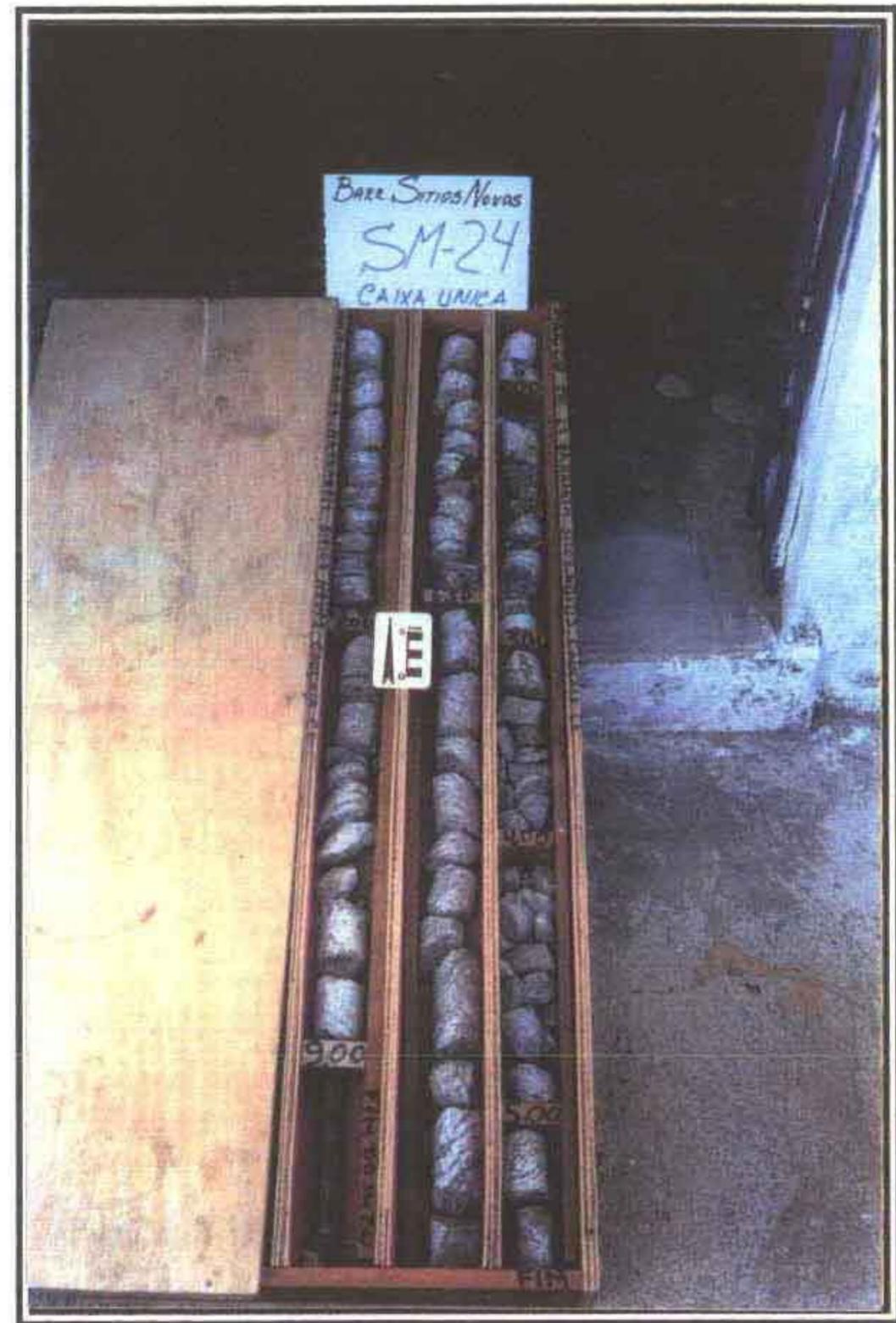
SONDAGEM SM-22

000041

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

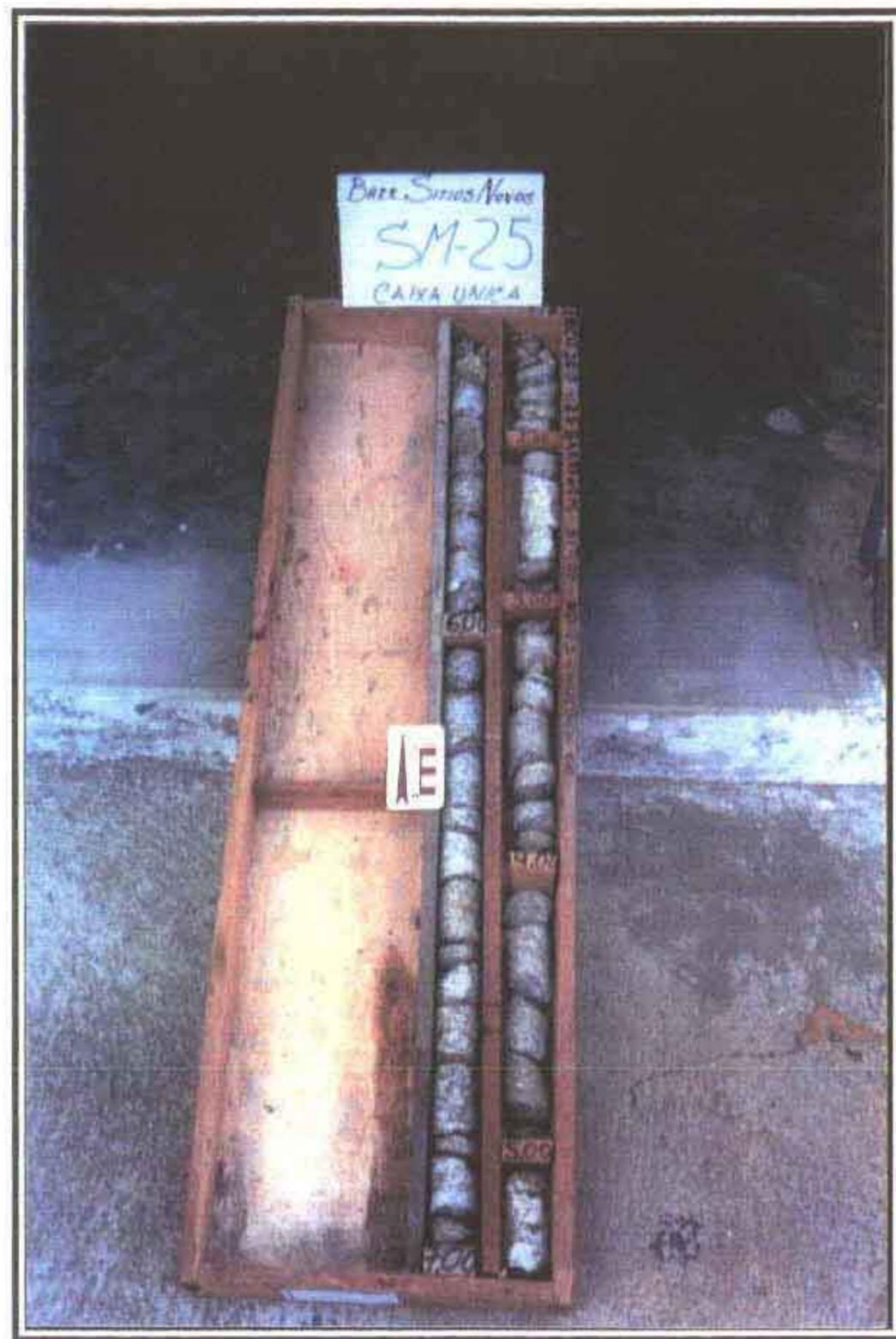


SONDAGEM SM-23

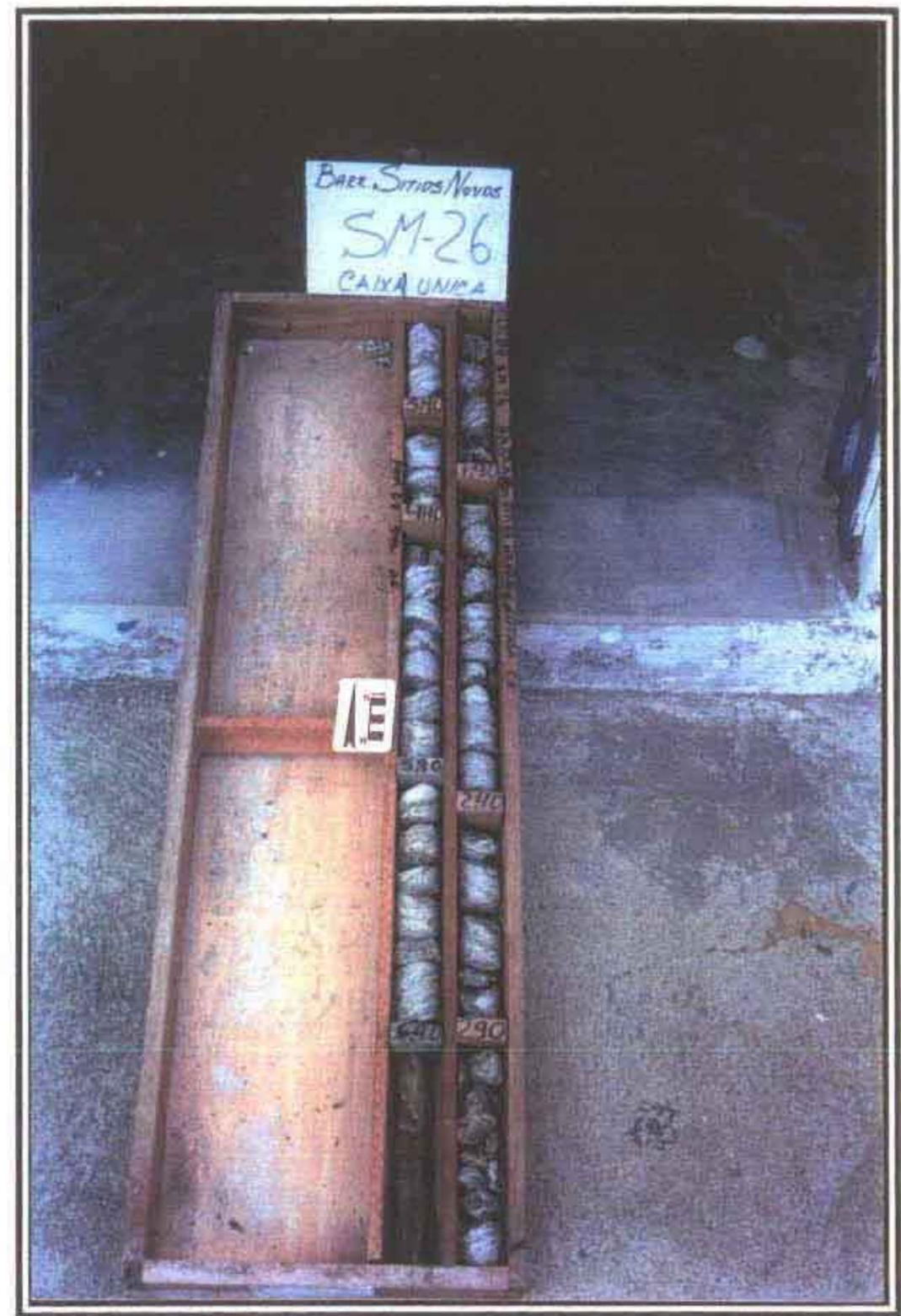


SONDAGEM SM-24

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



SONDAGEM SM-25



SONDAGEM SM-26

000043

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

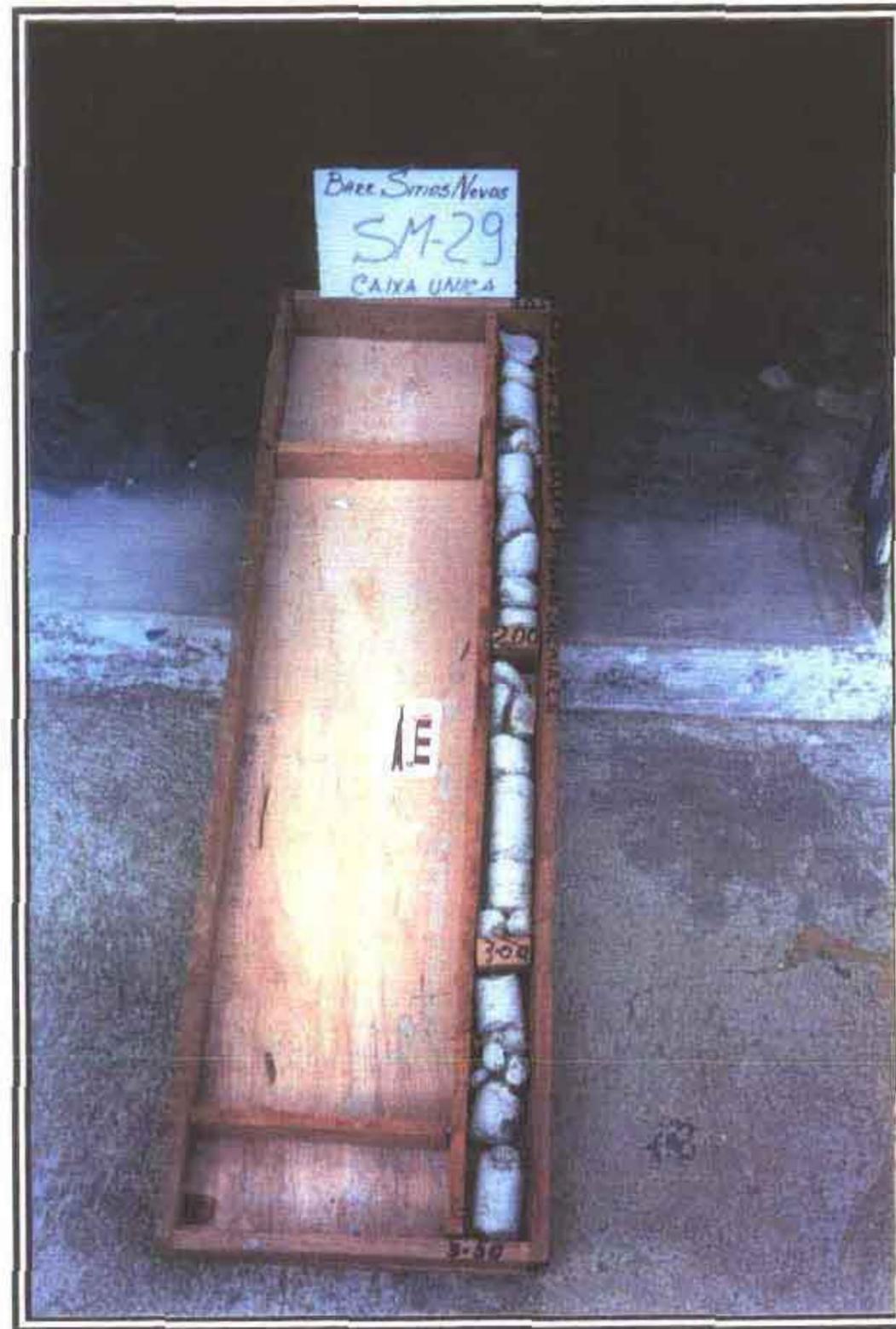


SONDAGEM SM-27



SONDAGEM SM-28

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



SONDAGEM SM-29

000045