

Biblioteca Universitária  
UFSC

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO MEIO FÍSICO PARA  
CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DOS TERRENOS VISANDO À  
OCUPAÇÃO HUMANA**

**SORAIA MARINON ZARDO**

**Orientador: Juércio Tavares de Mattos, Dr.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Area de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos  
Naturais**



0.214.049-6

**Florianópolis - SC  
Agosto/1993**

UFSC-BU

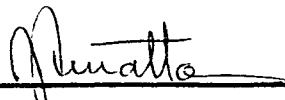
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO MEIO FÍSICO PARA CLASSIFICAÇÃO  
GEOTÉCNICA DOS TERRENOS VISANDO À OCUPAÇÃO HUMANA

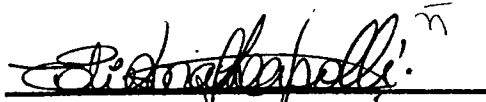
SORAIA MARINON ZARDO

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, Área de  
Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento  
de Geociências do Centro de Filosofia e de Ciências Humanas da UFSC, em  
cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Geografia.

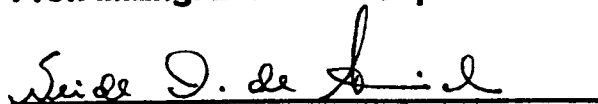
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM / / 1993



Prof. Dr. Juécio Tavares de Mattos (Orientador)



Prof. M.Eng. Édis Mafra Lapoil



Prof. M.Sc. Neide Oliveira de Almeida

Florianópolis - SC  
Agosto/ 1993

"PRIMEIRAMENTE, HÁ A UNIDADE DAS COISAS, PELA QUAL CADA COISA  
ESTA DE ACORDO CONSIGO MESMA, CONSISTE DELA MESMA E É  
COERENTE CONSIGO MESMA. EM SEGUNDO LUGAR HÁ A UNIDADE, PELA  
QUAL UMA CRIATURA ESTA UNIDA AS OUTRAS, E TODAS AS PARTES DO  
MUNDO CONSTITUEM UM SÓ MUNDO"

PICO DELLA MIRANDOLA

(1463-1494)

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Juércio Tavares de Mattos pela orientação e sugestões apresentadas a esta dissertação.

À Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente - STM por permitir a minha participação neste Pós Graduação.

À CAPES, pelo apoio financeiro de auxílio a bolsa de estudo.

À Professora M.Eng. Édis Mafra Lapolli pela amizade, incentivo, apoio e visão diante dos obstáculos encontrados.

Ao Mauro Ribeiro Martins pelo carinho, vibração e ajuda na execução dos trabalhos.

Aos amigos e colegas Lia Caetano Bastos, Fernando Ostuni Gauthier, Victor José Philippi Luz, Ana Maria B. Franzoni, Flávio Rubens Lapolli, Mariane Alves Dal Santo, Ricardo Wagner ad Víncula Veado, Rosana Maria Rodrigues, Francisco K. Takeda, Glicério Triches, Leandro Liberatori, Glaci Trevisan, Ronaldo da Silva Ferreira, Rogério Cid Bastos, Odair Gercino da Silva, Neide de Oliveira Almeida, Mônica Lopes, Jussara Dreier Vignol, Nelson Infanti, César Santos, Vera Marchiori, Ivan Zilli Bacic, Sérgio Freitas Borges, Alceu Ribeiro Alves, Eduardo Piñera Marques, que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Ao Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa Catarina - LARS\SC por proporcionar todo o apoio logístico, principalmente na utilização dos sistemas computacionais (SITIM/SGI).

Ao Laboratório de Mecânica dos Solos, do Departamento da Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC por permitir o acesso para a execução dos ensaios laboratoriais.

## RESUMO

A identificação de áreas adequadas à ocupação, seja para fins industriais, comerciais, residenciais, lazer, e outros, requer conhecimento do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia, geotecnia). Esse conhecimento deve servir de subsídio ao planejamento urbano, pois através dele pode-se prever e controlar as mudanças nos padrões de organização do espaço.

O objetivo deste trabalho de pesquisa é estudar o meio físico de maneira a classificar geotecnicamente os terrenos visando o uso/ocupação, através de dados de sensoriamento remoto orbital.

Procurou-se estudar uma área com alta densidade demográfica, para tal, escolheu-se o extremo nordeste de Santa Catarina, englobando parte dos municípios de Joinville, Garuva e São Francisco do Sul, a qual totaliza 648 km<sup>2</sup>.

Os procedimentos metodológicos envolveram tratamento digital nas imagens orbitais oriundas do satélite LANDSAT 5 - TM, através de pré-processamentos e realce, bem como a interpretação em produtos fotográficos. Os elementos texturais na imagem, em se tratando do meio físico decorrem, principalmente, dos elementos de drenagem e de relevo. Esses permitiram compartimentar a área de estudo, fisiograficamente e em unidades básicas, de forma que foi possível correlacionar com fatores e propriedades geotécnicas, como: alterabilidade, tipo de material do manto de alteração, plasticidade,

compressibilidade, índice de plasticidade e atividade coloidal, através de amostras de solo, coletadas para ensaios laboratoriais.

Como resultado obteve-se carta temática, denominada Carta para Orientação a Ocupação Humana, contendo as seguintes classes: Classe 1 - desfavorável a ocupação devido a problemas geotécnicos; Classe 2 - desfavorável a ocupação devido às áreas de preservação permanente; Classe 3 - desfavorável a ocupação por apresentar os fatores e problemas das Classes 1 e 2 ; Classe 4 - favorável a ocupação , porém com restrições; e Classe 5 - favorável a ocupação sem restrições.

## ABSTRACT

The identification of the suitable areas for occupation, such as industrial, commercial, residential use, leisure, and others, requires landscape knowledge (e.g. geology, geomorphology, pedology, geotechnic). This knowledge must be used to help urban planning, since through it changes in spaces organization patterns can be predicted and controlled.

The purpose of this work is to study the landscape in order to geotechnically classify it for the development of urban and regional planning, through Remote Sensing.

The area is located on the northwest of the state of Santa Catarina, approximately 648 km<sup>2</sup>, portion of the municipality the Joinville, Garuva e São Francisco.

The methodological procedures were based on digital processing of LANDSAT 5 - TM images, through pre-processing and enhancement and photographic product interpretations. The image texture elements in the landscape analysis arise, principally, from drainage and relief elements. These elements allow to divide the area physiographically and in basic units of terrain and to correlate it with geotechnical parameters and proprieties, like: alterability, kind of soils material, plasticity, compressibility, atterberg limits through soil samples and laboratory analysis.



This work result was a thematic map, called Map to Orientation of Human Occupation, with the following classes:

Class 1 - limited for geotechnical factors areas ;

Class 2 - limited for ambiental factors areas ;

Class 3 - favorable for human occupation areas but with restriction;

and

Class 4 - favorable for human occupation areas without restriction.

## SUMÁRIO

	pág.
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Origem do Trabalho	01
1.2 Objetivo do Trabalho	02
1.3 Importância do Trabalho	02
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	04
2.1 Sensoriamento Remoto	04
2.2 Geologia / Geomorfologia / Pedologia	10
2.3 Mecânica de Solos	13
3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1 Localização da Área	18
3.2 Dados Climáticos	18
3.3 Cobertura Vegetal	20
3.4 Hidrografia	21
3.5 Cobertura e Uso da Terra	22
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.1 Primeira Fase	25
4.1.1 Seleção e Aquisição de Produtos de Sensoriamento Remoto e de Dados e Informações Temáticas do Meio Físico	25
4.1.2 Análise e Preparação das Informações Temáticas	27
4.1.3 Análise e Preparação dos Dados e Informações de Sensoriamento Remoto	31
4.1.4 Compartimentação Fisiográfica Preliminar	35
4.1.5 Avaliação	39
4.2 Segunda Fase	41
4.2.1 Trabalho de Campo	41
4.2.2 Compartimentação Fisiográfica Final	42
4.2.3 Ensaio Laboratoriais	44
4.2.4 Caracterização Geotécnica	47
4.2.5 Avaliação	50
4.3 Terceira Fase	52

4.3.1	Classificação Temática das Unidades de Compartimentação	52
4.3.2	Geocodificação dos Dados e Informações	53
4.3.3	Cartas Temáticas	55
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
5.1	Quanto à Compartimentação com o Uso de Imagens Orbitais	56
5.2	Quanto à Detecção de Aspectos Geotécnicos com Imagens de Satélites	57
5.3	Quanto à Carta para Orientação à Ocupação Humana	59
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	65
6.1	Conclusões	65
6.2	Recomendações Técnicas	66
6.3	Recomendações Políticas	67
	BIBLIOGRAFIA	68
	SUMÁRIO DE FIGURAS	xi
	SUMÁRIO DE TABELAS	xii
	SUMÁRIO DE ANEXOS	xiii
	SUMÁRIO DE APÊNDICES	xiiv

## SUMÁRIO DE FIGURAS

FIGURA 01	Localização da Área	19
FIGURA 02	Áreas Alagadiças	24
FIGURA 03	Fluxograma de Trabalho	26
FIGURA 04	Localização dos Pontos de Coleta	41
FIGURA 05	Aspecto Policíclico do Relevo	43
FIGURA 06	Esquema Básico de Evolução das Vertentes	44
FIGURA 07	Fluxograma de Rotina de Ensaio em Laboratório	46
FIGURA 08	Gráfico de Plasticidade	49
FIGURA 09	Áreas de Interesse Especial	54
FIGURA 10	Extração de Seixos no Rio Cubatão	63

## SUMÁRIO DE TABELAS

TABELA 1	Características Gerais dos Sensores nos Satélites	07
TABELA 2	Escalas Granulométricas	15
TABELA 3	Relação de Produtos da Imagem LANDSAT/TM	35
TABELA 4	Unidades Básicas de Compartimentação	40
TABELA 5	Resultados da Caracterização Geotécnica	51

## SUMÁRIO DE ANEXOS

ANEXO 1	Carta das Unidades Básicas de Compartimentação	78
ANEXO 2	Carta para Orientação à Ocupação Humana	80

## SUMÁRIO DE APÊNDICES

APÊNDICE 1	Curvas Granulométricas	82
APÊNDICE 2	Resultado dos Ensaios	106

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Origem do Trabalho

A ocupação humana em áreas urbanas ocorre, muitas vezes, de forma acelerada e/ou descontrolada. Esse fato gera inúmeros problemas de ordem social, econômica e de infra-estrutura.

A identificação de áreas adequadas a ocupação, seja para fins industriais, lazer, residenciais, comerciais, e outros, requer conhecimento do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia, geotecnia). Esse conhecimento deve servir de subsídio ao planejamento urbano, pois através dele pode-se prever e controlar as mudanças nos padrões de organização do espaço.

O meio físico se manifesta através da forma. A utilização dos produtos e das técnicas de sensoriamento remoto, através das características espaciais (texturais) e espectrais, possibilitam comparar, analisar e correlacionar formas do meio físico com dados de campo (quantitativos e qualitativos).

Com a idéia básica de contribuir para melhoria nas formas de ocupação humana, refletindo conseqüentemente na qualidade de vida, teve origem esse trabalho.



## 1.2 Objetivo

O objetivo desse trabalho de pesquisa é estudar o meio físico de maneira a classificar geotecnicamente os terrenos visando o uso\ocupação, através de dados de sensoriamento remoto orbital.

## 1.3 Importância do Trabalho

A utilização dos produtos de sensoriamento remoto orbital, em estudos geoambientais, têm crescido bastante, a medida que suas potencialidades têm sido demonstradas e confirmadas em diferentes aplicações.

Pode-se constatar esta crescente demanda através de simpósios nacionais e internacionais, em revistas especializadas como ITC Journal, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing e outras, além de livros dedicados à tecnologia do Sensoriamento Remoto, envolvendo aplicações específicas como geologia, agricultura, cobertura vegetal, e outras.

No Brasil, periodicamente realiza-se o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, e é possível constatar que por ocasião do primeiro evento em 1978, na cidade de São José dos Campos - SP, haviam quatro temas principais que envolviam o Sensoriamento Remoto: Geologia, Floresta e Agronomia, Geografia e Oceanografia; passados quinze anos, em 1993, na cidade de Curitiba - PR, ocorre o VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, apresentando onze temas: Planejamento Regional e Estudos Urbanos,

Estudos e Monitoramento da Vegetação Natural, Geoprocessamento, Comportamento e Assinaturas de Alvos Naturais, Recursos Naturais não Renováveis, Sensoriamento Remoto por Microondas, Educação e Treinamento em Sensoriamento Remoto, Monitoramento e Inventário de Recursos Renováveis e Meio Ambiente, Sensoriamento Remoto Orbital em Cartografia, Transferência de Tecnologia, e Previsão de Safras. Estas informações sugerem a disseminação da tecnologia e conseqüentemente formação e capacitação de pessoal nesta área do conhecimento.'

Nesta pesquisa, para a identificação de áreas adequadas a ocupação humana, as imagens orbitais se destacam por suas características espectrais, espaciais e de visão sinóptica.

O desenvolvimento desse trabalho contribuirá tanto para a área de planejamento urbano, como para a pesquisa básica.

Na área de planejamento urbano, servirá para orientar o tomador de decisão, quanto a capacidade e limitação dos terrenos, sob o enfoque geotécnico.

Aos pesquisadores, principalmente das ciências geomecânicas, contribuirá com o uso de novas técnicas. Onde, busca-se correlacionar dados de sub superfície, por meio de atributos e parâmetros obtidos em campo e/ou laboratório, com informações extraídas de imagens de satélites.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Sensoriamento Remoto

As possibilidades de uso dos produtos de sensoriamento remoto, ao nível orbital, através de técnicas aplicadas no conhecimento da superfície terrestre são cada vez maiores. A ampliação do uso desses produtos deve-se, entre outros, aos avanços tecnológicos dos sistemas de aquisição de dados, do formato dos produtos, dos sistemas desenvolvidos para análise e interpretação das imagens e do interesse maior de especialistas de áreas diversas.

Sensoriamento Remoto para SIEGEL e GILLESPIE (1980), é a ciência que coleta informações, descrevendo objetos ou alvos a distância, e que não poderiam ser estudados sem instrumentos.

STEFFEN, LORENZZETTI e STECH (1980 apud INPE 1980) conceitua Sensoriamento Remoto como um conjunto de atividades, cujo objetivo reside na caracterização de propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, refletido ou emitido pelos mesmos.

COLWELL (1983) conceitua sensoriamento remoto como um instrumento que apresenta informações nas diversas áreas do conhecimento, de forma multitemporal e multiespectral, através de satélites em diferentes altitudes.

NOVO (1989), define como "sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamentos de dados, equipamentos para transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações".

As definições de Sensoriamento Remoto são inúmeras e diversas. Entende-se tratar de tecnologia, que registra informações através de instrumentos permitindo o processamento, análise e interpretação dos dados.

A escolha do produto de sensoriamento remoto para um trabalho específico está diretamente associada ao tipo de sensor. Sob o aspecto dos sensores, estes podem ser entendidos quanto à fonte de energia e assim classificam-se em ativos (radar) e passivos (máquina fotográfica). Outra maneira de classificar o sensor é através da região óptica em que a energia é observada, assim temos sensor termal, sensor refletido, sensor microondas. Ainda pode-se classificar os sistemas sensores em função do tipo de transformação sofrida pela radiação detectada, assim temos os sistemas não imageadores (radiômetros) e os sistemas imageadores (fotográficos, varredura óptica e radares de visada lateral (NOVO, 1988).

Os diferentes tipos de sensores são caracterizados por sua resolução. Como a resolução é uma medida da habilidade do sensor, pode-se distinguir respostas espectrais, espaciais e radiométricas. Outra resposta é a temporal e que diz respeito a frequência com que o satélite imagea o mesmo local.

Os produtos orbitais comumente utilizados no conhecimento do meio físico advém do sensor Thematic Mapper - TM do satélite LANDSAT, de tecnologia norte americana e dos sensores Haute Resolution Visible - HRV-XS (multiespectral) e HRV-P (pancromático), do satélite SPOT, de tecnologia francesa. Esses sensores são passivos, isto é, dependem da luz solar, como fonte de energia, e detectam essa radiação, refletida ou emitida pelos objetos da superfície terrestre.

O sensor TM - do satélite LANDSAT 5 apresenta seis canais que detectam radiação refletida, sendo três (TM1, TM2 e TM3), posicionados na região do visível do espectro eletromagnético, três canais ( TM4, TM5 e TM7), posicionados na região do infravermelho próximo e médio, e um canal (TM6), que detecta a radiação emitida posicionado na região do infravermelho distante (canal termal), são sistemas de varredura mecânica.

Os sensores HRV-XS e HRV-P do SPOT apresentam três canais (XS1, XS2 e P), que detectam a radiação refletida posicionados na faixa do visível e um canal (XS3), posicionado na faixa do infravermelho médio (Tabela 1), são sistemas de varredura eletrônica.

Existem dois tipos de formato dos produtos de sensoriamento remoto, o analógico e o digital.

Os produtos orbitais digitais podem ser manipulados através de um sistema de tratamento de imagens. As imagens apresentam-se discretizadas, em valores numéricos, denominados pixels (SCHOWENGERDT, 1983).

SATÉLITE	SENSOR	INTERVALO ESPECTRAL (ym)	RESOLUÇÃO ESPACIAL NO TERRENO (m)
LANDSAT - 5	TM - 1	0,45 - 0,53	30
	TM - 2	0,52 - 0,60	30
	TM - 3	0,63 - 0,69	30
	TM - 4	0,76 - 0,90	30
	TM - 5	1,55 - 1,75	30
	TM - 6	10,4 - 12,5	120
	TM - 7	2,08 - 2,35	30
SPOT - 1	HRV (XS - 1)	0,50 - 0,59	20
	HRV (XS - 2)	0,61 - 0,68	20
	HRV (XS - 3)	0,79 - 0,89	20
	HRV (P)	0,51 - 0,73	10

Tabela 1 - Características gerais dos sensores nos satélites

Pode-se trabalhar ou analisar as imagens digitais por meio de processamentos que incluem técnicas de pré-processamento (calibração radiométrica, correção geométrica e remoção de ruídos), realçamentos e classificações (SCHOWENGERDT, 1983).

As técnicas de pré-processamento e de realçamento são mais empregadas pelos especialistas nas áreas de geologia, geomorfologia e pedologia, onde o interesse dos mesmos convergem para discriminação de alvos específicos.

De acordo com NOVO (1989), tem crescido a tendência de utilização dos processamentos de realce de imagens, que posteriormente são submetidas à análise visual. Isso ocorre devido as dificuldades de controlar fatores que interferem na precisão das classificações, tais como interferência atmosférica, topografia, variância interna da reflectância da classe, etc, bem como as dificuldades de incorporação de informações espaciais (textura) de forma adequada.

PARADELLA (1990), comenta os bons resultados encontrados nas classificações temáticas, em agricultura, uso do solo, etc, e que em geologia as classificações tem apresentado baixo desempenho. Esse autor ressalta a importância do tratamento digital, principalmente, as técnicas de pré-processamento e de realce, para a geologia.

Estudos feitos e recomendados por PINTO (1991), para discriminar feições de erosão, através de imagens digitais, foram : pré-processamento (correção atmosférica), e realce, no domínio espectral. A técnica de realce utilizada foi IHS (Intensity, Hue, Saturation), baseada na transformação da imagem colorida representada no espaço RGB (Red, Green, Blue), para o espaço IHS de variações independentes do ponto de vista de percepção visual. O resultado da técnica IHS foi a obtenção de imagens híbridas R.G.B. (TM-LANDSAT + HRV-P SPOT).

Várias são as metodologias encontradas que usam produtos orbitais, sob a forma de reproduções fotográficas. Algumas dessas metodologias foram adaptadas de outras que utilizavam fotografias aéreas.

VALÉRIO FILHO, EPIFÂNIO e FORMAGGIO (1981), adaptam elementos da interpretação de fotografias aéreas em preto e branco, à análise de imagens multiespectrais para mapeamento de solos.

Uma outra metodologia é a de SOARES et al (1978), e também a de VENEZIANI e ANJOS (1982), que foram adaptadas da metodologia de SOARES & FIORI (1976), inicialmente desenvolvida por Guy (1966, apud SOARES e FIORI, 1976) e por RIVERAU (1972) através da lógica na interpretação de fotografias aéreas.

As metodologias, de forma geral, levam em conta a textura fotográfica . RIVERAU (1972) trabalhando com fotografias aéreas definiu elemento textural, como a menor superfície homogênea ou volume contínuo que é possível e que se repete. VENEZIANI e ANJOS (1982), definem a textura fotográfica como um padrão de arranjo de elementos texturais. A reunião e a disposição dos elementos texturais define a estrutura, a qual analisa a função do objeto em suas relações com o meio, o que permite interpretar as formas.

DONZELI et al (1983), baseados na textura de drenagem e na dissecação do relevo caracterizam a fisiografia associada aos tipos de solos.

NOVO (1989), diz que a textura oferece a impressão visual de rugosidade ou lisura na imagem, e a mesma é um elemento de diferenciação entre unidades de relevo, isto é, relevos planos, textura lisa e relevos dissecados, textura rugosa ou grosseira.



RIEDEL (1989), comenta que a medida que a porosidade das coberturas de alteração aumenta, diminui a densidade textural de relevo e de drenagem das imagens.

OLIVEIRA (1989), conclui que o grau de evolução dos solos mostra correlação com a textura da imagem, isto é, solos argilosos, mais evoluídos, refletem texturas mais lisas.

VEDOVELLO (1993), compartimenta a fisiografia através da análise dos elementos texturais de imagens a fim de caracterizar fatores geotécnicos, como: tipo de material do manto de alteração, permeabilidade, e outros.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto, com imagens orbitais, fornece dados e informações espectrais e/ou espaciais para diversas áreas de conhecimento. O uso do sensoriamento remoto nas ciências da terra, como geologia, geomorfologia, pedologia e mecânica de solos, possibilitam a correlação quantitativa e qualitativa, dos dados, que, geralmente, são encontrados de forma segmentada, estanque.

## **2.2 Geologia / Geomorfologia / Pedologia**

A interface existente entre geologia, geomorfologia e pedologia permite o estudo conjunto dessas ciências, entretanto, para uma melhor compreensão, torna-se necessário conhecer e estudar o papel de cada uma delas.

A geologia estuda a terra em seu conjunto, quanto à estrutura, isto é, a forma e a geometria externa e interna dos corpos rochosos, quanto à composição, manifestada pelos minerais e rochas; e quanto a evolução dada pela dinâmica, história e teoria dos movimentos e fenômenos crustais e tectônicos (LOCZY e LADEIRA, 1980; SIEGEL e GILLESPIE, 1980).

TRICART (1968) diz que a geomorfologia serve de interface entre: a crosta terrestre (litosfera), o ar, a água e o gelo.

A filiação estreita entre a geomorfologia e/ou geologia é observada, por exemplo, na geomorfologia estrutural onde as estruturas geológicas são facilmente identificadas na paisagem, assim como os sistemas hidrográficos informam sobre a natureza e até as deformações dos corpos rochosos (COQUE, 1977).

Desde o final do século XIX estudiosos perceberam as relações da pedologia com a geomorfologia (COQUE, 1977).

A pedologia é uma das ciências que estuda o solo. Para essa ciência o solo é um meio organizado (estruturas pedológicas); é um meio de concentrações de minerais, por alteração, transporte, acúmulos relativos ou absolutos e gênese de novos minerais, além de ser um agente de elaboração das formas de relevo (RUELLAN, 1988).

O solo possui outros conceitos que variam de acordo com a área de conhecimento, pode-se citar na geologia, definido por TOGNON (1985), como "produto do intemperismo físico e químico das rochas, situado na parte superficial do manto de intemperismo".

Vários são os estudos que demonstram as correlações existentes entre formas de relevo (vertentes), pedologia (horizontes superficiais), geologia (definição de rocha matriz ou fonte de fornecimento dos materiais transportados e a definição de estruturas), e mecânica dos solos (caracterização mecânica e física). Entre eles pode-se citar: QUEIROZ NETO (1974), BARROSO et al (1981), DONZELI et al (1983), SALOMÃO (1985) e VEDOVELLO (1993).

Uma característica comum à geologia, à geomorfologia e à pedologia é a forma, uma vez que permite tratar elementos do meio físico homologamente. Nessa linha, SOARES e FIORI (1976), exprimem forma como a disposição espacial de elementos texturais com propriedades comuns.

ABREU (1982), diz que a forma define diferentes tipos de heranças e hierarquizam-se nas vertentes, sugerindo uma disposição geométrica, que refletem as sucessivas fases de morfogênese.

Os processos endógenos (orogênese, epirogênese, vulcanismo, e outros), e os processos exógenos (meteorização, transporte, ablação, e outros), são responsáveis pela modelagem do relevo (PENCK 1953, apud ABREU, 1982).

O resultado desses dois processos gera duas classes de formas de relevo que são as formas iniciais e as seqüenciais (PENTEADO, 1980).

As formas iniciais refletem , no relevo, feições degradadas, isto é, feições onde preponderam as atividades de intemperismo e remoção progressiva da massa rochosa e da cobertura de alteração, advindo o rebaixamento do relevo.

As formas seqüenciais refletem, no relevo, feições agradadas, isto é, terrenos que recebem materiais e sedimentos (ZARDO, MARTINS e MATTOS, 1993).

Os limites dessas formas iniciais e seqüenciais são relativos, uma vez que os processos são dinâmicos. Entretanto é possível definir áreas, predominantemente, sujeitas a processos de acumulação de material e sedimentos, e áreas onde predominam processos de desgaste, erosão de materiais e sedimentos.

Nas formas, principalmente, seqüenciais (agradadas), que conferem aos terrenos características próprias, são onde ocorrem, inicialmente, a ocupação humana. Esses terrenos são acumulativos, e em função de sua gênese, composição e local de deposição podem conferir comportamento diferenciado, sob o aspecto geotécnico, para fins de ocupação humana.

### **2.3 Mecânica de Solos**

A mecânica de solos, segundo LEINZ E LEONARDOS (1970), estuda a constituição e propriedades físicas do solo (lato sensu), e dos sedimentos incoerentes; e faz parte da Geomecânica, ciência que estuda o comportamento mecânico de todos os materiais geológicos, isto é, solos e rochas (TOGNON, 1985).

Os princípios da mecânica de solos são rotineiramente aplicados a trabalhos de engenharia de projetos (TSCHEBOTARIOFF, 1978). Para as finalidades da engenharia, o solo é um material de construção ou de mineração.

Solo, geotecnicamente, é todo o material de imediata e fácil desagregação pelo manuseio ou ação da água (TOGNON, 1985).

TERZAGHI e PECK (1962), dizem que o solo é o agregado natural de grãos minerais que podem ser separados por meios mecânicos suaves, tais como a agitação em água. Os grãos são partículas que tem dimensão e forma. Como a variação das dimensões das partículas é ampla, torna-se necessário, fracioná-las, desde um termo genérico como fração grosseira ( $> 0.006$  mm), até a definição de termos como areia fina, grossa, e outros.

A escala granulométrica é a representação fracionada dos grãos, e para tal, diversas escalas foram elaboradas. Pode-se citar a escala da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e a escala Internacional (ATTERBERG, 1905, apud VARGAS, 1978) (Tabela 2).

Para a obtenção das dimensões dos grãos, de maneira a representá-los, normalmente, são feitos ensaios de peneiramento, para solos granulares e ensaios de sedimentação, para solos argilosos. A necessidade de mais de um tipo de ensaio é devido as dimensões e formas diferenciadas das partículas. O resultado dos ensaios de peneiramento e de sedimentação são representados por gráficos semilogarítmicos em curvas granulométricas. A forma, principalmente nas frações finas, permite caracterizar a sua mineralogia, uma vez que o grão nesta fração é a representação de um único mineral. As frações mais grosseiras apresentam formas angulares, sub angulares, arredondadas ou

chatas, e as frações finas apresentam formas angulares achatadas, lamelares e em agulha.

	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
Internaciona I (mm)	> 2	2 - 0,2	0,2-0,02	0,02-0,002	< 0,002
ABNT -1945 (mm)	> 2	2 - 0,4	0,4 - 0,05	0,05 - 0,005	< 0,005

TABELA 2 - Escalas Granulométricas

Fonte: Adaptada de VARGAS, 1978

Uma mistura de duas ou mais frações granulométricas diferentes, é denominada solo natural. Essa mistura confere, em função da dimensão e forma das partículas, propriedades físicas próprias. De acordo com TERZAGHI e PECK (1962), essas propriedades, são chamadas de Propriedades Índices e dizem respeito aos grãos e a massa de solo.

As propriedades físicas do solo, mais imediatas, são: granulometria ou textura, plasticidade e a atividade da fração fina dos solos. (VARGAS, 1978)

A textura da fase sólida dos solos é definida pelo tamanho relativo dos grãos e a granulometria é a medida referente aos grãos.

As duas últimas propriedades, plasticidade e atividade coloidal, dizem respeito as frações finas. TERZAGHI e PECK (1962) comentam que a

"classificação do solo baseada somente na granulometria, provavelmente será falha, porque as propriedades físicas das frações mais finas dependem de muitos outros fatores, além da granulometria, como a estrutura cristalina, por exemplo. Assim, a plasticidade é a capacidade segundo TSCHEBOTARIOFF (1978), de suporte deformacional por cisalhamento, sem se romper. VARGAS (1978), define plasticidade como a propriedade de certos sólidos serem moldados sem variação de volume.

Para TERZAGHI e PECK (1962), a plasticidade é uma propriedade coloidal, devido ao fato de que nenhum mineral possui plasticidade, a menos que seja reduzido a um pó de partículas coloidais, além disso, esses autores dizem que nos estados plástico e sólido, a fração fina do solo possui coesão ou capacidade de resistir a esforços de cisalhamento, devido a água intersticial e as forças capilares.

Entende-se que a plasticidade é a propriedade que certos sólidos possuem de serem moldados, sem se romperem.

O teor de umidade dos solos confere estados líquido, plástico e semi-sólido e definem propriedades como viscosidade, plasticidade e friabilidade, respectivamente (VARGAS, 1978). Com base nessas informações, ATTERBERG (1911 apud VARGAS, 1978), definiu limites entre um estado e outro: limite de plasticidade (LP), e limite de liquidez (LL).

O limite de plasticidade (LP) é o estado de consistência, limite entre o estado plástico e o estado semi-sólido, na prática o solo começa a romper-se.

O limite de liquidez (LL) é o estado de consistência, limite entre os estados líquido e plástico.

Quando o limite de liquidez dos solos aumenta, a plasticidade e a compressibilidade também aumentam (TERZAGHI e PECK, 1962).

Para conhecer esses limites, CASAGRANDE (1932, apud VARGAS, 1978), padronizou os ensaios de ATTERBERG desenvolvendo o aparelho Casagrande para determinação do limite de liquidez.

Os resultados desses ensaios podem ser representados através de gráficos, como o de plasticidade, desenvolvido por CASAGRANDE (1932 apud VARGAS, 1978), e correlacionados com outros dados em classificações de solos, como o Sistema Unificado (CASAGRANDE, 1948 apud CORREIA, 1988), e a classificação para fins rodoviários (NOGAMI e VILLIBOR, 1981).

A última propriedade índice é a atividade da fração muito fina dos solos (2 micras), definida por SKEMPTON (1953 apud VARGAS, 1978), em que confere a maior ou menor plasticidade e coesão a um determinado comportamento argiloso. Definindo que a atividade coloidal é o próprio índice de plasticidade pela fração argila ( $\% < 2$  micras).

BARATA (1974), propõe modificações na expressão original de SKEMPTON, para que tanto o numerador como o denominador sejam referidos a mesma fração ( $< \#$  numero 40).



### **3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1 Localização da Área**

A área de estudo situa-se entre os paralelos 26° 08' 53" e 26° 21' 01" de Latitude Sul e meridianos 48° 47' 47" e 49° 01' 45" de Longitude Oeste de Greenwich. Compreende um total de 648 km<sup>2</sup> que engloba parte dos municípios de Joinville, Garuva e São Francisco do Sul, no Estado de Santa Catarina. Essa área abrange uma parte significativa da área urbanizada da cidade de Joinville. No Estado, Joinville é o maior centro urbano, com uma população municipal de 440.576 habitantes em 1990 (PMJ/Fundação Municipal "25 de Julho, 1991) (FIGURA 01).

A rede viária encontra-se amplamente, distribuída na área, através de rodovias federais (Br-101 e BR-280), estaduais (SC-415 e SC-413), municipais e ferrovias da RFFSA.

#### **3.2 Dados Climáticos**

A região costeira de Santa Catarina, onde está inserida a área de estudo, apresenta clima do tipo subtropical com invernos relativamente frios e verões quentes, sem estação seca.



Estudos feitos pela Prefeitura Municipal de Joinville/Fundação 24 de Julho (1991) entre os períodos de 1980 a 1991, na região de Joinville, mencionam que a temperatura média anual foi de 22° C, sendo a média das máximas 25,9° C e a média das mínimas de 18,2°C.

O índice de precipitação anual foi de 1.908,9 mm com uma média mensal de 159,6 mm; a maior precipitação ocorreu no mês de fevereiro com 271,4 mm e menor no mês de junho com média de 88.8 mm (PMJ/FUNDAÇÃO MUNICIPAL "25 DE JULHO", 1991).

### **3.3 Cobertura Vegetal**

A cobertura vegetal apresenta diversas unidades fisionômicas, como: Floresta Atlântica, Floresta de Baixada, Floresta de Transição, Mangues, e a Restinga Arbórea (PMJ/FUNDAÇÃO MUNICIPAL "25 DE JULHO" , 1991).

A Floresta Atlântica (Floresta Umbrófila Densa) ou então Floresta Tropical da Encosta Atlântica é formada por árvores com cerca de 30 metros de altura e presença característica de lianas e epífitas, junto as inúmeras espécies como canela, imbuia, peróba, cedro, baguaçu, garuva, figueira, cambuí e outros. Essa fisionomia reveste as encostas da Serra do Mar.

A Floresta de Baixada apresenta árvores de aproximadamente 20 metros de altura, compostas por espécies como o palmito e o jerivá. Essa fisionomia ocorre em manchas em meio as lavouras.

A Floresta de Transição é constituída pela interpenetração de flora da Floresta Atlântica, da Floresta com Araucárias e de campos.

Os mangues são constituídos de espécies arbustivas e pequenas árvores como a siriúva, o sapateiro ou mangue branco, mangue charuto e capim praturá, além do algodoeiro da praia e a samambaia da praia.

A restinga arbórea apresenta-se isolada, constituída de arvoretas e estrato inferior herbáceo-graminóide descontínuo.

### **3.4 Hidrografia**

O sistema hidrográfico da região é composto por três bacias: bacia do Rio Cubatão, bacia do Rio Cachoeira e bacia do Rio Pirai.

A bacia do Rio Cubatão, ao norte, no qual o rio nasce na Serra do Mar (Serra Queimada), escoa em direção ao canal das três barras e deságua na Baía Babitonga.

A bacia do Rio Cachoeira, situada no centro leste da área, tem sua formação na região de planície, corta a área urbana de Joinville e deságua na Lagoa do Saguçu, que faz parte da Baía Babitonga.

A bacia do Rio Pirai, situa-se ao sul da área. As suas nascentes estão na Serra do Mar. O rio Pirai abastece o município, tanto para consumo

humano quanto para a agricultura. Esse Rio deságua no Rio Itapocu que desemboca no Oceano Atlântico.

### **3.5 Cobertura e Uso da Terra**

Neste trabalho, define-se cobertura e uso da terra, de acordo com PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989), como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, quer por aspectos naturais, quer por atividades desenvolvidas pelo homem.

A área situada na região costeira, apresenta um relevo diversificado, com as escarpas da Serra do Mar (vertente Atlântica), morros isolados como o Morro do Iriú, Morro da Boa Vista e Morro Itinga. Esta área apresenta uma cobertura vegetal densa (Floresta Atlântica). A ocupação é limitada por fatores geológicos, topográficos e institucional, pois a maioria constitui-se em área de preservação permanente, definida no Código Florestal (PMJ, 1987).

Existe uma zona intermediária entre a planície e a serra, definida por depósitos de encosta e de enxurrada, onde as atividades extrativas do setor mineral comumente encontradas são as caixas de empréstimo e retirada de material para aterro. A ocupação indevida de áreas urbanas ocorre em cotas acima de 40 metros, além dos limites restritivos para parcelamento para fins urbanísticos em áreas com declividade acima de 30%, previstos em lei.

A área de planície, corresponde aos fundos de vale, planície costeira, e envolvem também morros e colinas isoladas.

A faixa de ocorrência de mangue está lentamente sendo reduzida, em função da ocupação urbana, apesar, dos manguesais serem considerados áreas de preservação permanente.

Ainda nas planícies, ocorrem as plantações de arroz irrigado, em terrenos hidromórficos (FIGURA 02), bem como jazidas de seixo e areia, utilizados para a construção civil.

A ocupação do espaço, nas áreas de planície, esta centrada, principalmente, em atividades urbanas. Pode-se citar que, aproximadamente, 98 % da População Economicamente Ativa - PEA, esta envolvida com atividades comerciais, prestação de serviços e industriais, e o restante envolvida com atividades agropecuárias (PIDSE, 1990).

No setor primário, os produtos agrícolas mais representativos estão nas culturas de cana de açúcar, arroz, banana e mandioca. Os produtos pecuários como leite, ovos e mel são pouco expressivos em relação a criação de bovinos e suínos. Quanto aos recursos não renováveis destaca-se o cascalho, a areia e o gnaisse, que estão direcionados à indústria da construção civil.

O setor secundário destaca-se pelas indústrias de transformação, sendo as de melhor desempenho representadas por: metalurgia, mecânica, material elétrico e comunicação, material de transporte, material plástico, têxtil e vestuário. Nesse setor a PEA de Joinville, está bem próxima a PEA Industrial, necessitando importar mão de obra de outros municípios (PIDSE, 1990).



FIGURA 02 - Áreas alagadiças - No primeiro plano, área de plantio de arroz irrigado, a direita Floresta de Baixada e ao fundo a Serra do Tromba

O setor terciário representado pelo comércio e pela prestação de serviços, é o reflexo do desempenho dos demais setores. Nesta região do Estado esse setor é considerado muito ativo.

## **4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

O procedimento metodológico, bem como, os materiais utilizados nessa dissertação estão fundamentados em técnicas de sensoriamento remoto e informações do meio físico com o propósito de caracterizar fatores geotécnicos básicos. O procedimento utilizado, dividido em três fases distintas, é mostrado no Fluxograma de Trabalho (FIGURA 03).

A seguir, serão descritas as etapas correspondentes a cada uma das fases:

### **4.1 Primeira Fase**

#### **4.1.1 Seleção e Aquisição de Produtos de Sensoriamento Remoto e de Dados e Informações Temáticas do Meio Físico**

Uma vez definida a área de estudo, selecionou-se dos trabalhos temáticos existentes, as informações sobre geologia, pedologia, mecânica de solos e geomorfologia, da região Nordeste de Santa Catarina. Esses trabalhos foram adquiridos junto à Prefeitura Municipal de Joinville, Associação dos Engenheiros Agrônomos de Santa Catarina - AEASC, Serviço de Mineração - MINFRA, Departamento Nacional de



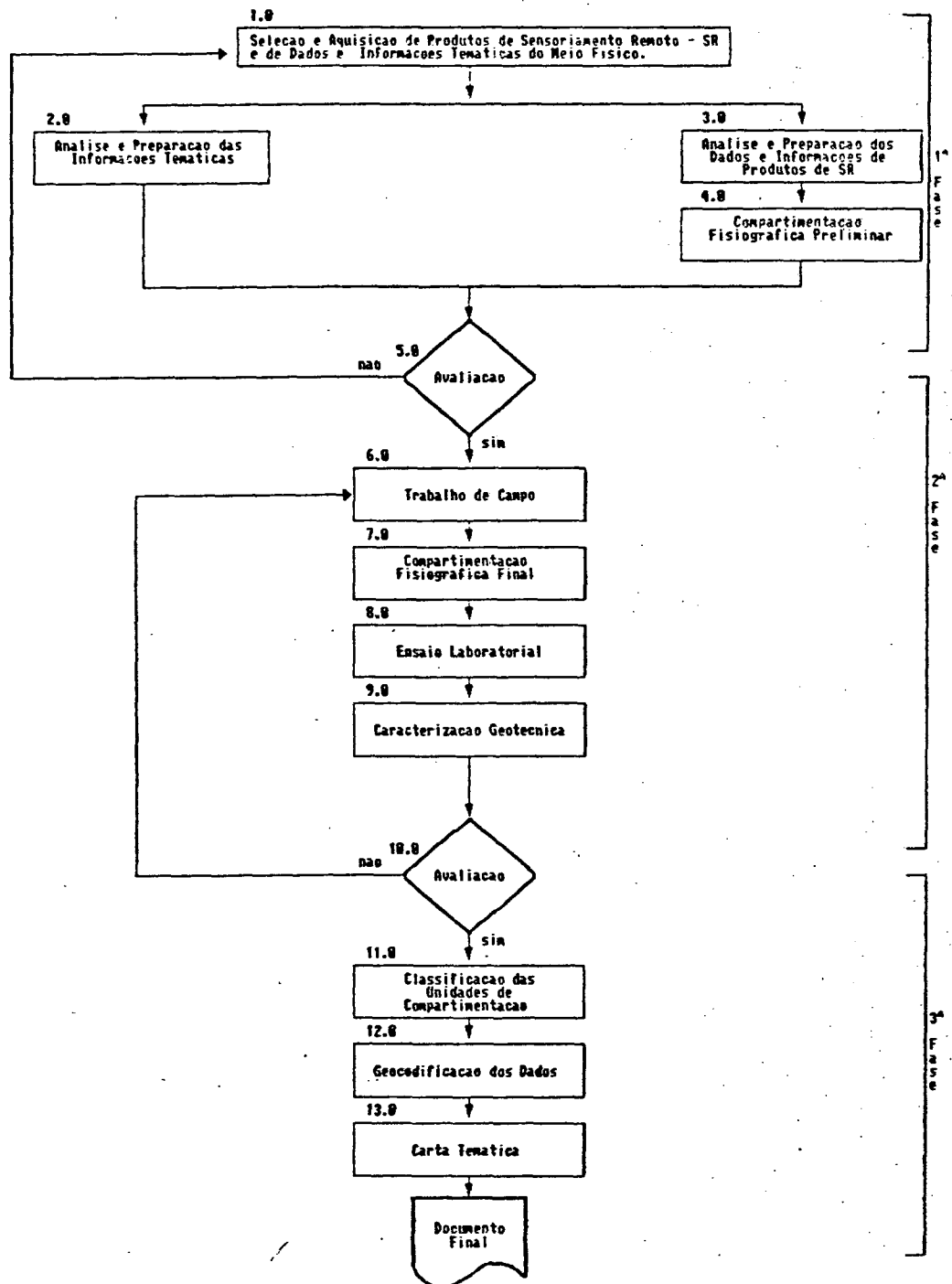


FIGURA 03 - FLUXOGRAMA DE TRABALHO

Estradas de Rodagem - DNER, Secretaria de Estado do Planejamento e Fazenda - SPF e Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa Catarina - LARS/SC.

Dentre os produtos de sensoriamento remoto optou-se, preferencialmente, pelas imagens de satélites. As imagens escolhidas foram do Satélite LANDSAT 5 - TM, tanto no formato digital, quanto no analógico. As fotografias aéreas foram utilizadas, principalmente, nas atividades de campo.

A decisão tomada para a escolha dos produtos orbitais deteve-se sob os seguintes aspectos: extensão da área, aproximadamente 648 Km<sup>2</sup>; a escala no formato analógico (1:50 000); possibilidade de estudar a mesma área em intervalos de frequência do espectro eletromagnético; conhecimento de outras técnicas na solução de problemas com produtos orbitais; e a disponibilidade dos produtos orbitais, no caso de reprodução desta metodologia para outras áreas do Brasil.

#### **4.1.2 Análise e Preparação das Informações Temáticas**

As informações temáticas existentes da área de estudo são regionais e semi-detalhadas, na escala 1:50000 e menores. Dessa forma, foi possível associar e relacionar os dados e informações necessários ao desenvolvimento desse trabalho .

Em geologia selecionou-se os trabalhos de ALBUQUERQUE et al (1971), TRAININI (1974), SILVA et al (1982), DNPM/CRM (1987), SILVA (1987),

e DNPM (1988); em geomorfologia os trabalhos de MONTEIRO (1958), PELUSO (1986), SANTA CATARINA/GAPLAN (1986), e IBGE (1990); em pedologia, os trabalhos de CEPA (1987) e de PMJ/FUNDAÇÃO MUNICIPAL "25 DE JULHO" (1991); em mecânica dos solos, o trabalho de DNER (1989); e a legislação ambiental no trabalho de PMJ/FUNDAÇÃO MUNICIPAL "25 DE JULHO" (1991).

A área de estudo, apresenta formas diversificadas de relevo plano e de relevo acidentado, condicionadas por fatores estruturais e/ou litológicos, através de processos morfogenéticos que atuam sobre o substrato.

As litologias mais antigas, de idade arqueana (> 2.500 m.a.), fazem parte de uma unidade geotectônica, um cinturão móvel, definido por SILVA (1987) de Cinturão Granulítico-Charnockítico, e que constitui o substrato da área. As rochas do Complexo Granulítico-Charnockítico apresentam uma variada gama de gnaisses hiperstênicos, incluindo quartzo feldspáticos, metapiroxenitos, quartzitos, pequenos corpos anortosíticos, hiperstênio-dioritos, metapelitos, gnaisses calcissilicáticos e formações ferríferas bandada. Litologias de idade mais jovem (1.800 a 2.500 m.a.), intrudidas no cinturão móvel, são conferidas pelos granitos de natureza anorogênica, definidos como ortoclásio granito e sienito a hornblenda, SILVA et al (1982) os denomina de Granitóide Pirai. Todo este pacote litológico passou por um processo tectono-magmático denominado Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1969), no qual está associada a abertura do continente com a formação do Oceano Atlântico e a formação da Serra do Mar.

A Reativação Wealdeniana teve início, aproximadamente a 190 m.a., onde a primeira fase desse evento, fez-se acompanhar do magmatismo basáltico, na região está evidenciado sob a forma de diques e sills de diabásio. A última fase dessa Reativação, aproximadamente 65 m.a., ocorreram movimentos

ascensionais que elevaram centenas de metros acima de suas posições originais, as superfícies de erosão paleogênicas (LOCZY e LADEIRA, 1981), dando origem a Serra do Mar.

Nessa área, as vertentes da Serra do Mar, voltadas para leste são mais extensas e com maior declividade. No Estado de Santa Catarina o caráter dado a Serra do Mar como frente dissecada de bloco falhado, merece estudos. RICH (1953 apud KING, 1956), em estudos pelo Estado de São Paulo, não observou tal feição, dizendo tratar-se de uma flexura monoclinal constituindo numa escarpa de erosão cíclica, comprovado pelo alinhamento retilíneo, pelos vales suspensos, pelas capturas fluviais, pelas elevações assimétricas, pelo contraste entre a drenagem na escarpa e no planalto, pela adaptação da drenagem e pela ausência de correlação entre a morfologia e a dureza das rochas. ANGULO (1992) menciona o caráter diferente da Serra do Mar, no Estado do Paraná, através da erosão diferencial, pela presença de capturas fluviais e de elevações assimétricas. Em Santa Catarina, estudos apresentados nos trabalhos de MONTEIRO (1958) e do IBGE (1990) dizem que o modelado alcantilado da Serra do Mar é decorrente da atuação de um sistema morfoclimático quente e úmido associado a rios de forte gradiente que submeteram todo o sistema a uma erosão fluvial intensa. Essa unidade de relevo está definida pelo IBGE como pertencente ao Domínio Morfoestrutural - Faixa de Dobramentos.

Outra unidade que compõe o relevo dissecado, porém apresentando altitudes menores, são as Serras do Leste Catarinense, pertencente ao Domínio Morfoestrutural Embasamentos em Estilos Complexos (IBGE, 1990). Essa unidade foi inicialmente definida por ALMEIDA (1952 apud ALBUQUERQUE et al, 1971), e posteriormente ratificada por MONTEIRO (1968,

apud IBGE, 1990). Essas serras são agrupamentos de elevações subparalelas orientadas e separadas por vales muito profundos.

Nesse modelado de relevo dissecado, que possui distintos domínios morfoestruturais, já mencionados, estão agrupadas associações de solo Litólico álico e Cambissolo álico (PMJ/Fund. Mun. "25 de Julho", 1992).

Nas áreas de relevo plano, a litologia é mais jovem ( $< 1$  m.a.), apresenta modelados diversos, condicionados a sedimentação progradante relacionada às ingressões e regressões marinhas quaternárias (IBGE, 1990), e a sedimentação colúvio aluvionar. Assim são encontradas as seguintes formas de acumulação: planícies aluviais, vales de fundo colmatado e formas litorâneas de acumulação arenosa e vasosa. As planícies aluvionares são originadas pelo desenvolvimento da drenagem dos rios Cubatão e Itapocu (MONTEIRO, 1958). A planície aluvionar do Rio Itapocu é definida como um conjunto acumulativo de origem marinha e flúvio-marinha com feições de mangue, terraços arenosos e aluviões (DUARTE, 1980 APUD PELUSO JR, 1986). O IBGE (1990) define essa unidade de relevo, em Planícies Descontínuas, pertencente ao Domínio Estrutural denominado Depósitos Sedimentares Quaternários. Essas planícies descontínuas mostram que para os sedimentos continentais indiferenciados, mal selecionados, os solos estão agrupados em associações de Cambissolo distrófico álico, Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico e Glei Pouco Húmico distrófico. Para sedimentos argilosos-arenosos, definidos em áreas de mangues, e para areias marinhas litorâneas, os solos estão agrupados em associações de Podzólico e de Areias quartzosas marinhas distróficas.

Quanto às informações geotécnicas existentes na área, as mesmas visaram o conhecimento da trabalhabilidade dos materiais a serem escavados, as

características dos aterros, fundação destes e das obras de arte especiais referentes ao estudo da duplicação da rodovia federal Br-101. Foram executados, para este estudo da duplicação, sondagens diretas do tipo "furo" e "poço", rotativas, percussão, ensaios de resistência ao cisalhamento "in situ" Vane Shear Test, ensaios de densidade pelo método do cilindro bizelado e do frasco de vidro, ensaios de umidade natural, ensaios de granulometria, plasticidade, liquidez, compactação e índice de suporte califórnia. Com o resultado dos ensaios, os solos foram classificados segundo HRB (Highway Research Board), após isto, estabelecidas as frequências absolutas e percentuais. O trecho da Br-101 que faz parte da área de estudo, é de aproximadamente 1.500 metros, onde foram feitas, em torno de, 30 pontos de coleta (DNER, 1990).

#### **4.1.3 Análise e Preparação dos Dados e Informações de Sensoriamento**

##### **Remoto**

Para esse trabalho utilizou-se a imagem do LANDSAT 5 - TM, da órbita WRS 220, ponto 78, quadrante sul, passagem de 09 de setembro de 1990, no formato digital e no fotográfico.

Para o tratamento da imagem digital, empregou-se o Sistema de Tratamento de Imagem - SITIM-150, sistema este, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), no qual procedeu-se o pré-processamento e o realce.

Os procedimentos de pré-processamento utilizados foram: registro, correção atmosférica e eliminação de ruído.

O registro é a superposição de imagens com mapas ou outras imagens, de forma que exista coincidência espacial dos objetos (MASCARENHAS; VELASCO, 1987).

Neste trabalho, foi feito o registro da imagem com a base cartográfica. Utilizou-se como base cartográfica as folhas planialtimétricas parciais de Garuva (SG-22-Z-B-II-1), Joinville (SG-22-Z-B-II-3) e Jaraguá do Sul (SG-22-Z-B-I-4) elaboradas pelo IBGE, em 1981; e a folha de São Miguel (SG-22-Z-B-I-2), elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos-DSG, em 1969, todas as folhas na escala 1:50000. Para o registro foram utilizados vinte e cinco pontos de controle, distribuídos de forma equitativa.

A correção atmosférica foi aplicada nos dados digitais, uma vez que a atmosfera influi na resposta de um alvo, através da absorção atmosférica e do espalhamento atmosférico. Através da absorção ocorre a subtração de valores de brilho de energia radiante do alvo; já o espalhamento adiciona valores à resposta original. Essa função foi aplicada nas bandas do visível (1, 2 e 3).

A eliminação de ruídos "tem a finalidade de retirar o ruído pontual resultante de diferenças entre detectores" (BARBOSA, 1984), essa função foi aplicada nas bandas que apresentaram ruídos.

Os procedimentos de realce utilizados foram: manipulação de contraste e filtragem espacial.

A ampliação de contraste tem a finalidade de aumentar o contraste de uma imagem onde na cena original, aplica-se uma transformação matemática que expande o intervalo original de informação, para toda a escala dos 255 níveis disponíveis.

Comumente utiliza-se a opção do contraste linear, embora existam outras opções (transformações não lineares). O contraste linear foi aplicado nas bandas 1, 2, 3, 5 e 6 para uma melhor caracterização dos alvos, uma vez que a informação original dessas cenas estava restrita a uma pequena porção do intervalo de representação de níveis digitais permitidos ( PARADELLA, 1990; BARBOSA, 1984).

A filtragem digital é utilizada para ressaltar aspectos da imagem através de conceito de frequência espacial de uma imagem. Considerou-se uma imagem constituída de altas e baixas frequências, ou seja, 50% da área constitui-se em respostas uniformes (componentes de baixa frequência) situadas na borda leste; e o restante, situado na borda oeste, constitui-se em respostas ligadas a contrastes de feições de relevo, associado às altas frequências. Em função do conceito de frequência, encontram-se filtros passa alta e filtros passa baixa. Os filtros passa alta realçam e detectam bordas, podendo subdividir-se em três tipos, de acordo com direções preferenciais, assim podemos ter máscara no sentido vertical (N-S) e horizontal (E-W), no sentido diagonal (NE-NW); e o tipo isotrópico. Os filtros passa baixa realçam os padrões representantes das estruturas da imagem, suavizando as variações mais bruscas e atenuando a presença de ruídos na imagem.

Foi aplicada filtragem espacial nas bandas 1, 4, 5, 6 e 7, uma vez que foi possível observar melhor distinção entre os alvos. Utilizou-se um filtro



isotrópico, MÁSCARA 1, de peso 12 conforme sugerido por PARADELLA e DUTRA(1980). Nesses filtros, os níveis de cinza da imagem original são modificados pela aplicação da "máscara", onde os valores atribuídos, como multiplicadores, alteram os valores dos níveis de cinza.

MÁSCARA 1

0	0	0	-2	0	0	0
0	0	1	-2	1	0	0
-2	-2	-2	28	-2	-2	-2
0	0	1	-2	1	0	0
0	0	0	-2	0	0	0

Após os procedimentos realizados, acima descritos, fotografou-se no vídeo todas as bandas tratadas, gerando as imagens no formato analógico.

A utilização dessas fotografias (TABELA 3) possibilita a leitura e a análise simultânea do comportamento textural dos alvos nas diferentes faixas do espectro eletromagnético.

Dos produtos obtidos, selecionou-se a banda que melhor ressaltasse os elementos texturais e o comportamento espectral dos terrenos. Desse modo, a banda 5, após a etapa de pré processamento , eliminação de ruídos, e a etapa de realce, ampliação de contraste e filtragem espacial, foi escolhida para a análise fisiográfica, e posterior interpretação das características geotécnicas dos terrenos. As demais bandas foram úteis para confirmação ou rejeição de elementos duvidosos da análise. A banda 6 é a única que apresenta a distribuição da temperatura na superfície da terra, onde é máxima a exitância termal média da superfície e mínima a atenuação atmosférica.

FORMATO	ESCALA APROXIMADA	BANDAS
Digital	-	todas
A N A L Ó G I C O	1:100000	6
	1:60000	5
	1:50000	3
	1:50000	4
	1:50000	7
	1:50000	1/2/3

TABELA 3 - Relação de produtos da imagem LANDSAT/TM

#### 4.1.4 Compartimentação Fisiográfica Preliminar

CHRISTIAN e STEWART(1968) apresentaram as primeiras pesquisas referentes a divisão e/ou compartimentação da paisagem. Citam BOWMAN (1914), que foi um dos primeiros pesquisadores a descrever "tipos topográficos", observando as relações entre topografia e uso da terra; também citam HEATH (1956), que discute "tipos de terrenos" os quais não são apenas formas de relevo, mas sim associações de vários elementos do terreno.

CHRISTIAN e STEWART (1968), dividiram a paisagem ou os terrenos, denominando-os de "unidades hierárquicas", as quais obedecem um padrão reconhecível e recorrente.

Empregando esse conceito de hierarquizar os terrenos, com o uso de sensoriamento remoto, pode-se citar ACKERSON e FISH (1980), que definem as unidades de terreno como entidades distintas e que dispõem de homogeneidade interna.

Neste trabalho, para a compartimentação fisiográfica e definição dos tipos de terrenos da área, utilizou-se a banda 5, a qual visualmente apresenta as melhores características diferenciais dos alvos. Buscou-se, preliminarmente, analisar os fatores morfogenéticos (tectônica, nível de base, e outros), litológicos (resistência a erosão, permeabilidade, e outros) e deformacionais (falhamentos e dobramentos), uma vez que os mesmos controlam as propriedades de textura e estrutura das formas na imagem. A textura e estrutura estão diretamente associadas às propriedades dos materiais e a dinâmica atuante no processo morfogenético. Essa análise, permitiu separar as unidades que apresentaram relevo acidentado das unidades com relevo plano. Para tal, observou-se que o relevo dissecado apresenta maior incidência de elementos texturais, tanto de relevo (cristas e vertentes), quanto de rede de drenagem. Outro aspecto são os altos níveis de cinza, decorrentes da cobertura vegetal densa e também do sombreamento causado pelas vertentes íngremes. No relevo plano, a textura é menos grosseira, a densidade relativa de elementos texturais de relevo e de rede de drenagem são menores.

A dissecação do relevo está relacionada ao nível de base local. Segundo BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA (1965) não há nível de base de erosão fixo, o nível do mar é considerado o nível de base geral.

Neste trabalho considerou-se o nível de base local, a região da planície, levando-se em conta a predominância de áreas com feições agradadas sobre as áreas com feições degradadas, e vice-versa. Para tanto, definiu-se através da altimetria relativa, variando entre quarenta e sessenta metros de altitude. Essa variação altimétrica relativa é devido à resistência diferencial aos processos erosivos.

Após a definição das unidades fisiográficas: áreas agradadas e áreas dissecadas, através das características morfo-lito-estruturais da imagem, detalhou-se as unidades texturais homogêneas contidas nas unidades fisiográficas. VEDOVELLO (1993) define em unidades básicas de compartimentação - UBCs. Essas UBCs apresentam litologia, forma de relevo, perfil de alteração, vegetação, etc, específicos e constantes na sua área de ocorrência.

Neste trabalho considerou-se como UBCs, as unidades que apresentam elementos texturas homogêneos de relevo e drenagem, na imagem, entretando sem a preocupação de abordar a vegetação, como foi definido pelo autor supracitado. Assim definiu-se os elementos: densidade de textura (relevo e drenagem); textura da rede de drenagem e textura das formas de relevo (encostas e áreas planas).

A densidade é a quantidade de microfeições de relevo e de drenagem, por unidade de área. Adotou-se a escala relativa de textura que

RIEDEL (1989) estabeleceu para as unidades: textura muito alta, textura alta, textura média, textura baixa e textura muito baixa. Entende-se que as rochas mais resistentes ao intemperismo tendem a apresentar maior densidade de textura de relevo e drenagem.

Para a textura da rede de drenagem estabeleceu-se as seguintes classes: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa . Nessas classes diversas propriedades associadas à rede de drenagem são consideradas como: a densidade, a tropia, as lineações, etc. A assimetria da rede de drenagem, que é uma propriedade interpretada na imagem de satélite, possibilita a delimitação das unidades homogêneas. A textura das formas de relevo é interpretada através de propriedades como forma das encostas , densidade, lineações, etc. Outras propriedades como assimetria, quebras negativas e positivas foram úteis para a definição de limite das unidades homogêneas.

A análise dos elementos texturais na imagem fotográfica para áreas dissecadas e para áreas agradadas são diferenciadas e para isto levou-se em consideração os diversos tipos de uso da terra, principalmente nas áreas planas. Outro fator nas áreas planas é o nível freático próximo a superfície e que reflete texturalmente variações de nível de cinza na imagem.

Na área de estudo, a análise e a interpretação dos perfis de vertentes, dificilmente apresenta somente uma forma básica. Os fatores morfogenéticos, nesse caso, são os o que mais influenciam a mudança do perfil da vertente, principalmente o clima. As oscilações climáticas ocorridas no Quaternário permitiram o desenvolvimento de formas de relevo que permanecem na paisagem atual como formas herdadas (SOARES e FIORI, 1976). Assim,

observa-se formas conjugadas em um mesmo perfil, tais como: côncavo-convexo, côncavo-retilíneo-convexo, e outros.

Após análise dos elementos texturais da imagem fotográfica da banda 5, associada às demais, quando necessário, foram definidas 13 classes, sendo 5 dessas associadas a unidades fisiográficas pertencentes as áreas agradadas e as 8 restantes associadas à unidades fisiográficas pertencentes as áreas dissecadas (TABELA 4).

#### **4.1.5 Avaliação**

Nesta etapa avaliou-se as correspondências existentes das informações temáticas com as áreas definidas pela fisiografia e pelas UBCs e seus limites. Essa Avaliação possibilita, quando necessário, redefinir limites incluir novos dados e/ou informações e estabelecer os critérios e procedimentos para a etapa de campo.

CLASSE	UNIDADE	TEXTURA DAS FORMAS DE RELEVO	TEXTURA DA REDE DE DRENAGEM	DENSIDADE DE TEXTURA
1	A <sub>1</sub>	plana	alta	média
2	A <sub>2</sub>	plana	alta	baixa
3	A <sub>3</sub>	plana	muito baixa	muito baixa
4	A <sub>4</sub>	plana	baixa	baixa
5	A <sub>5</sub>	convexa	alta	média
6	D <sub>1</sub>	convexa	alta	média
7	D <sub>2</sub>	côncava-convexa	baixa	muito alta
8	D <sub>3</sub>	côncava-convexa	baixa	alta
9	D <sub>4</sub>	côncava-convexa	alta	muito alta
10	D <sub>5</sub>	côncavo-convexo	média	média
11	D <sub>6</sub>	côncava-convexa	alta	alta
12	D <sub>7</sub>	côncava	média	alta
13	D <sub>8</sub>	côncava-convexa	baixa	baixa

TABELA 4 - Unidades Básicas de Compartimentação-UBCs

## 4.2 Segunda Fase

### 4.2.1 Trabalho de Campo

Através da análise e interpretação da compartimentação fisiográfica e das unidades básicas, estabeleceu-se para a etapa de campo: os locais de coleta, bem como a forma de coleta e o tipo de material a ser amostrado. Assim, foram definidos vinte e três pontos de coleta, de maneira a cobrir toda a área (FIGURA 04):

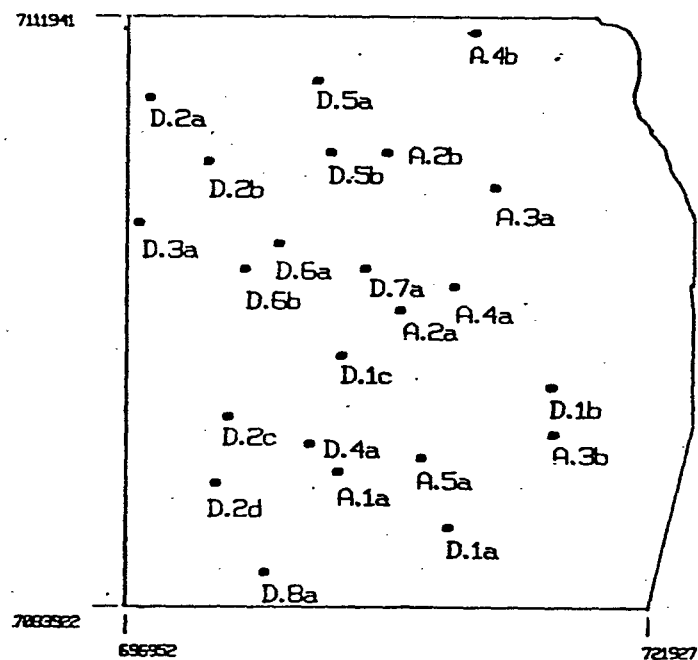


FIGURA 04 - Localização dos Pontos de Coleta

As coletas foram realizadas em cortes de estradas, facilitando com isso a observação do perfil do solo e a coleta propriamente dita.



A decisão, quanto ao tipo de material a ser coletado, foi tomada através da variação tonal, textural (granulometria) e estrutural, ao longo do perfil de solo; levando-se em consideração a existência de comportamentos geotécnicos distintos (plasticidade, alterabilidade, e outros). Cada coleta, no perfil, correspondeu às características predominantes dentro de um intervalo, aqui denominado de horizonte. Essa denominação possui apenas caráter diferencial para efeito de coleta, sem entretanto, ater-se a sub-divisões genéticas ou pedológicas em horizontes e sub-horizontes que pudessem estar presentes, como ocorrem em estudos pedológicos.

Na maioria dos locais definidos foi possível coletar três amostras por perfil, que foram denominadas, neste trabalho, por horizonte A (superficial ou superior), horizonte B (intermediário) e o horizonte C (inferior). Os perfis de solo atingiram até 5,60 metros. Dessa forma, coletou-se 57 amostras para ensaios em laboratório. Concomitantemente as coletas, foi feito um reconhecimento pormenorizado da área de estudo.

#### **4.2.2 Compartimentação Fisiográfica Final**

Nesta etapa compatibilizou-se a interpretação das unidades com o reconhecimento em campo.

Quanto ao relevo ficou evidenciado o seu aspecto policíclico, através da conjugação de formas de perfis de vertentes, através de ombreiras, através de campos de pedras (matacões e blocos), e através de linhas de pedras e carapaças ou

concreções ferruginosas (FIGURA 05). BIGARELLA et al (1965) elaboraram diversos esquemas relacionados à formação de vertentes devido as variações climáticas. Um desses esquemas é encontrado na bacia do Rio Cubatão (FIGURA 06).



FIGURA 05 - Aspecto policíclico do relevo (ombreiras, campos de pedras e planície colúvio-aluvionar) . Região do Quiriri (Morro do Cajati), noroeste da área de estudo

As áreas compartimentadas (UBCs) foram delimitadas através da variação textural. Nesse trabalho, preliminarmente, discriminou-se muitas unidades, por apresentarem diferenças sutis, entretanto, na compartimentação final agregou-se, devido a elaboração final da carta temática, na escala 1:100 000.

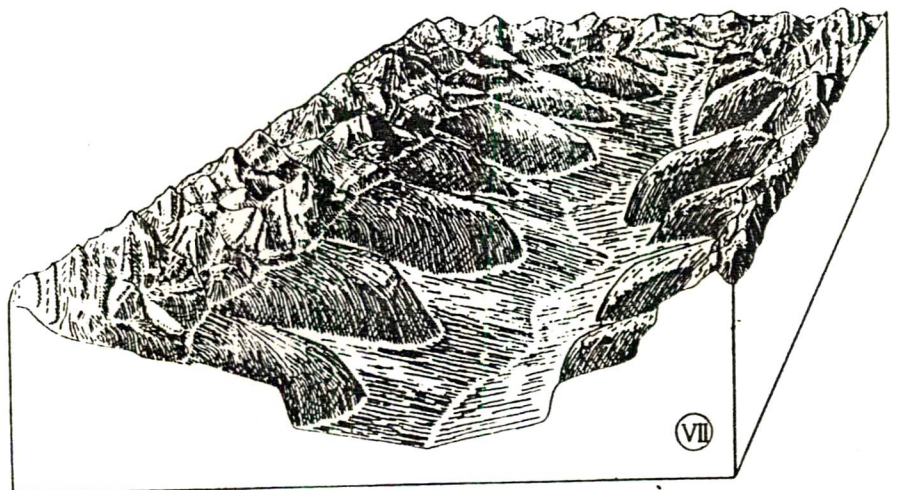


FIGURA 06 - Esquema básico de evolução de vertentes

Fonte: BIGARELLA et al (1965)

#### 4.2.3 Ensaio Laboratoriais

Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC.

Os ensaios de caracterização definidos são: análise granulométrica, determinação de limite de plasticidade e determinação do limite de liquidez.

A preparação das amostras de solos para os ensaios obedeceram o método DNER-ME 41-63, tendo como referência o método da ABNT MB-27-45.

Para a análise granulométrica aplicou-se o método DNER-ME 51-64. Esse método de ensaio é uma combinação de análise por sedimentação e por peneiramento.

Para cálculo dos limites de plasticidade e de liquidez de solos foram aplicados os métodos de ensaio DNER-ME 82-63 e DNER-ME 122/82, respectivamente.

Todas as etapas pertinentes aos ensaios laboratoriais são apresentadas no fluxograma da FIGURA 07.

Os instrumentos necessários à execução dos ensaios foram: peneiras padronizadas (série Tyler), dispensor, balança de precisão e densímetros.

Utilizou-se agente antifloculante ( Hexametáfosfato de Sódio), a fim de obter-se uma suspensão fina, por ocasião do ensaio de sedimentação. MILITITSKY e NUDELMAN (1981), recomendam esta solução por caracterizar melhor a diferenciação das partículas.

Os resultados obtidos do ensaio de granulometria foram representados em curvas granulométricas (APÊNDICE 1) e os resultados dos ensaios de plasticidade, liquidez e granulometria são apresentados no Apêndice 2.

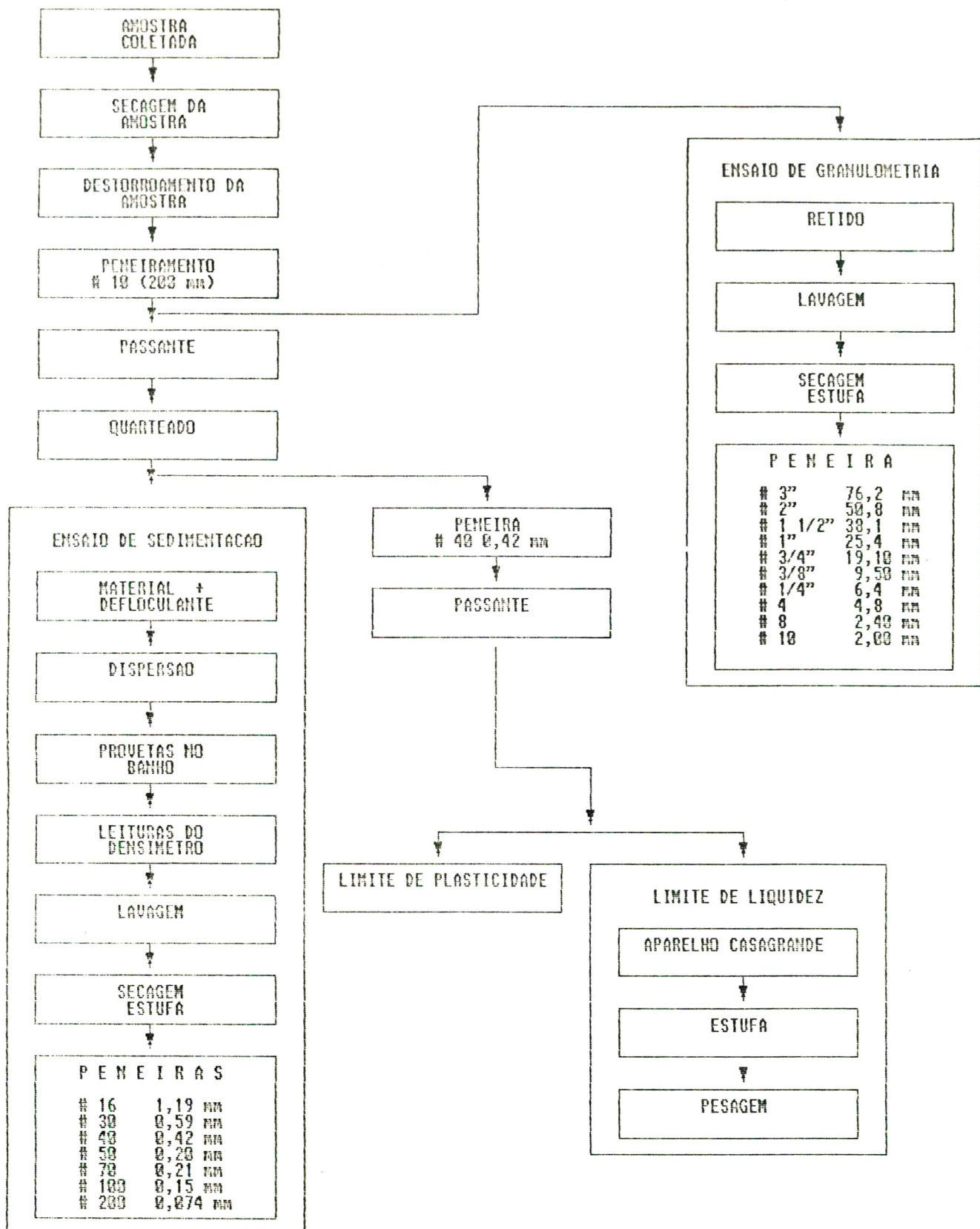


FIGURA 07 - Fluxograma de Rotina de Ensaio em Laboratório

#### 4.2.4 Caracterização Geotécnica

Para a caracterização geotécnica foram utilizados parâmetros e propriedades da mecânica dos solos, que associados as respostas encontradas na imagem e na interpretação definiram as unidades de terreno.

Os fatores geotécnicos caracterizados foram: tipo de material do manto de alteração, plasticidade, atividade coloidal, compressibilidade, permeabilidade e alterabilidade.

O tipo de material do manto de alteração diz respeito tanto ao material de solo residual (produto resultante da alteração da rocha in situ), como de solo transportado (TERZAGHI e PECK, 1962). Definiu-se, quantitativamente, o tipo de material por meio dos resultados obtidos nos ensaios de granulometria. Nesses resultados, definidos em porcentagens, é comum encontrar mais de um tipo de fração granulométrica em uma mesma amostragem. Em função dessas porcentagens designou-se o tipo de material, por exemplo, a unidade A1a que apresenta 56 % de fração areia, 14 % de fração silte e 30 % de fração argila foi definida como areia argilosa.

A plasticidade e a compressibilidade são propriedades obtidas do gráfico de plasticidade (FIGURA 08). Quanto maior o Índice de Plasticidade (IP), maior é a plasticidade do material. Para essa propriedade foram definidas duas classes (alta e baixa) através da linha A do gráfico de plasticidade. Acima dessa linha o solo

apresenta alta plasticidade e abaixo apresenta baixa plasticidade. Analisando as amostras, observou-se que a maioria delas apresentam baixa plasticidade.

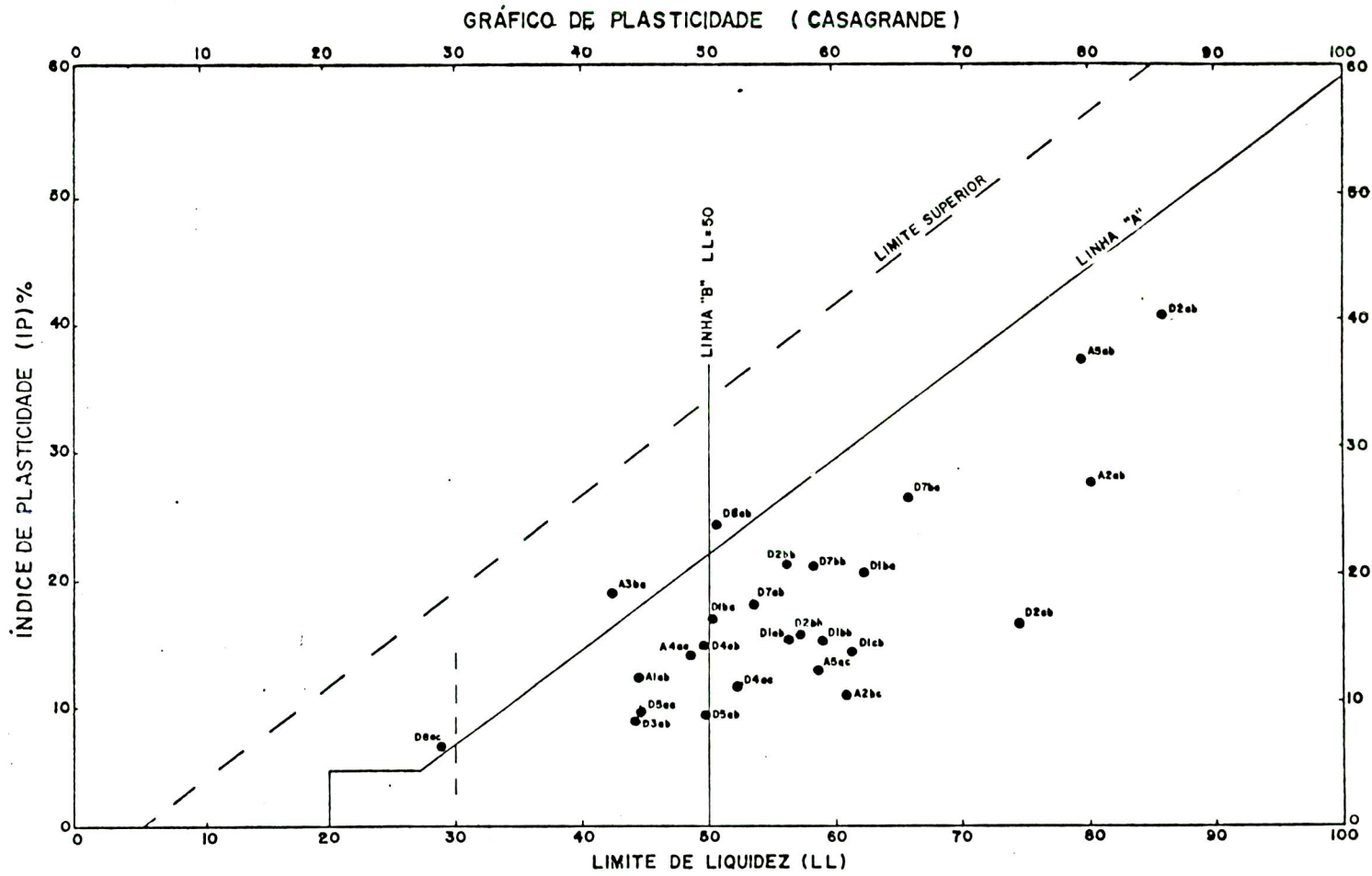
A compressibilidade é a diminuição de volume que os materiais apresentam quando estão sob carga (TOGNON, 1985).

Utilizou-se o gráfico de plasticidade para definir as duas classes: alta e baixa, respectivamente a direita e a esquerda da linha B ( $50 \% = LL$ ). A medida que aumenta o limite de liquidez aumenta a compressibilidade. Os solos compressíveis são, geralmente, formações recentes, porosas, com elevado teor de umidade; o seu comportamento é diferencial, devido ao caráter errático da composição e das camadas que os constituem.

A atividade coloidal foi calculada baseada na proposta de Skempton, e adaptada por BARATA (1974), onde foram definidos os seguintes intervalos:  $> 1,5$  (alta),  $0,7 - 1,5$  (grande), e  $< 0,7$  (normal). A maioria (75%) das amostras de solo apresentaram atividade coloidal normal, isto é, menor que 0,7. Segundo SORIA (1986), esse resultado permite concluir que na área predominam solos lateríticos e também que não há teores apreciáveis de montmorilonita (APÊNDICE 2)

A permeabilidade é a maior ou menor facilidade com que os líquidos percolam os materiais. Assim, através do resultado dos ensaios de granulometria e atividade coloidal foi possível definir a permeabilidade. Desse modo, definiu-se sete classes em função da fração granulométrica: altíssima (areias e areias siltosas), muito alta (areia siltosa argilosa), alta (areia argilo siltosa), média (areia argilosa), baixa

FIGURA 08 - Gráfico de Plasticidade





(argila arenosa), muito baixa (argila arenosa siltosa), e baixíssima (argila siltosa arenosa).

A alterabilidade física das amostras foi obtida através do ensaio de granulometria e seu cálculo baseou-se nos critérios adotados pela UNIVERSIDADE DE BOGOTÁ (1973, apud OLIVEIRA, 1989). Esse índice de intemperismo é expresso pela relação entre porcentagem de areia e porcentagem de argila (APÊNDICE 2), e como resultado, tem-se quatro graus de alteração: muito fortemente alterado (  $< 1,00$ ), fortemente alterado (  $1,00 - 3,50$  ), moderadamente alterado (  $3,50 - 8,50$  ), e fracamente alterado (  $> 8,50$  ).

#### **4.2.5 Avaliação**

Nesta etapa compatibilizou-se os resultados obtidos dos ensaios laboratoriais com as unidades básicas de compartimentação (TABELA 5).

Essa avaliação possibilita, quando necessário, incluir novos dados e/ou informações e estabelecer critérios e recomendações para a ocupação humana.

Unidade	Tipo de material	Plasticidade	Compressibilidade	Atividade Coloidal	Permeabilidade	Alterabilidade
A1a	Areia Argilosa	Baixa	Baixa	Normal	Média	Fortemente Alterada
A2a+A2b	Argila Siltosa Arenosa	Baixa	Alta	Normal	Baixíssima	Muito Fortemente Alterada
A3a+A3b	Areia	-	-	-	Altíssima	Moderadamente Alterada
A4a+A4b	Areia Argilosa Siltosa	Baixa	Baixa	-	Alta	Fortemente Alterada
A5a	Argila Arenosa Siltosa	Baixa	Alta	Normal	Muito Baixa	Muito Fortemente Alterada
D1a+D1b+D1c	Argila Arenosa Siltosa	Baixa	Alta	Normal	Muito Baixa	Muito Fortemente Alterada
D2a+D2b+D2c+D 2d	Argila Arenosa Siltosa	Baixa	Alta	Normal	Muito Baixa	Muito Fortemente Alterada
D3a	Areia Argilosa Siltosa	Baixa	Baixa	-	Alta	Fortemente Alterada
D4a	Areia Argilosa	Baixa	Baixa	Normal	Média	Fortemente Alterada
D5a+D5b	Areia Argilosa	Baixa	Alta	Normal	Média	Fortemente Alterada
D6a	Argila Arenosa	Baixa	Alta	Normal	Baixa	Muito Fortemente Alterada
D6b	Areia Argilosa Siltosa	Baixa	Alta	Normal	Alta	Fortemente Alterada
D7a	Areia Argilosa Siltosa	Baixa	Alta	Normal	Alta	Fortemente Alterada
D8a	Areia	Alta	Alta	Grande	Altíssima	Fortemente Alterada

TABELA 5 - Resultados da caracterização geotécnica

### 4.3 Terceira Fase

#### 4.3.1 Classificação Temática das Unidades de Compartimentação

O município de Joinville, através de seus órgãos competentes, apresenta carta (FIGURA 09), na escala 1:50000, sob o tema "áreas de interesse especial" (PMJ, 1987) onde são definidas:

- Áreas de proteção ambiental da Serra do Mar, através de duas zonas: uma de preservação permanente das encostas e outra de proteção dos mananciais, preservação cultural e da paisagem;

- Área de preservação permanente dos mangues; e

- Área da zona de proteção dos aeródromos.

De posse dessas informações, sobrepôs-se estas áreas com as unidades básicas de compartimentação, a fim de compatibilizar os seus limites.

Para a classificação, adotou-se e adaptou-se a proposta de SILVA (1989), que geocaracteriza a sua região de estudo, através da geologia e da geotecnia, e apresenta um geozoneamento baseado em fatores de ordem ambiental e de ordem geotécnica. Desse modo, definiu-se na área de estudo, os três grupos que regem a classificação:

- Grupo I, o qual define áreas limitadas por fatores geotécnicos;

- Grupo II, o qual define áreas que estão sob preservação permanente;
- Grupo III, que são as áreas favoráveis a ocupação humana.

A partir da definição dos grupos, elaborou-se a seguinte classificação:

CLASSE 1 - Esta classe apresenta áreas que pertencem ao Grupo I;

CLASSE 2 - Esta classe apresenta áreas que pertencem ao Grupo II;

CLASSE 3 - Esta classe apresenta áreas que pertencem ao Grupo I e ao Grupo II;

CLASSE 4 - Esta classe apresenta áreas que pertencem ao Grupo III porém com restrições; e

CLASSE 5 - Esta classe apresenta áreas que pertencem ao Grupo III sem restrições.

#### **4.3.2 Geocodificação dos Dados e Informações**

Os dados e informações gerados para definição da compartimentação fisiográfica, das unidades básicas e da classificação de terrenos foram geocodificados através do Sistema Geográfico de Informações - SGI, sistema este, desenvolvido pelo INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS).

No SGI elaborou-se o mapa das unidades básicas de compartimentação, através de procedimentos definidos pelas funções do SGI:

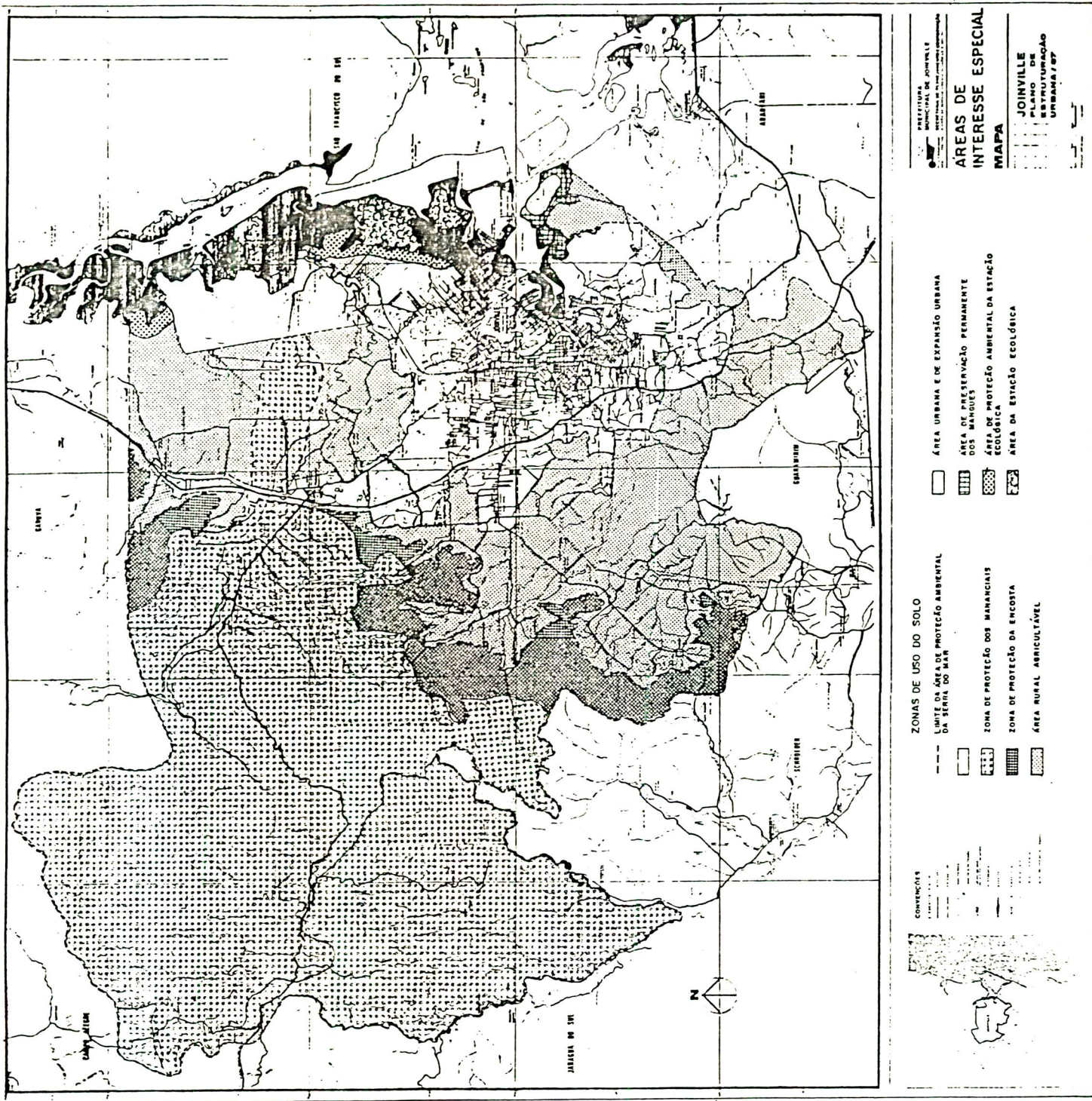


FIGURA 09 - Áreas de Interesse Especial

.criação de projeto, definição de planos de informação, classes correspondentes, digitalização de áreas (polígonos), criação de legenda e geração de carta

### **4.3.3 Cartas Temáticas**

Definiu-se pela elaboração de duas cartas , na escala 1:100000, denominadas de CARTA DE UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO e CARTA PARA ORIENTAÇÃO A OCUPAÇÃO HUMANA (ANEXOS 1 e 2, respectivamente).

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Quanto à Compartimentação com o Uso de Imagens Orbitais

Para a compartimentação da área utilizou-se da banda 5, dado que nessa visualizava-se com melhores detalhes os elementos de definição para reconhecimento das unidades básicas homogêneas e da fisiografia. Sendo que as demais bandas serviram de subsídio para a análise, como exemplo, pode-se mencionar, a banda 6 que permitiu identificar as quebras positivas das áreas mais elevadas, através dos baixos níveis de cinza (tons escuros); bem como sob o aspecto da altimetria relativa, a banda 6 e a combinação 1/2/3, apresentaram a melhor noção de amplitude altimétrica. Nas bandas 4 e 7 identificou-se áreas alagadiças (plantação de arroz), os corpos d'água e os rios, através dos baixos níveis de cinza. A banda 7 também possibilitou diferenciar, principalmente, nas áreas planas, os campos com pouca vegetação, nível de cinza alto; da ocupação humana (casas, edifícios, ruas, avenidas, solo exposto), com níveis de cinza muito alto. A malha viária foi melhor observada na banda 7 e na combinação colorida 1/2/3, com níveis de cinza alto. A banda 4 permitiu a análise das lineações de relevo e drenagem.

A área foi compartimentada em dois níveis: o fisiográfico e o de unidades básicas. A compartimentação fisiográfica possibilitou reunir e isolar formas de relevo, ao nível regional, através da caracterização de feições agradadas e/ou degradadas. A compartimentação de unidades básicas(UBCs)

possibilitou o detalhamento das áreas, com o estudo dos fatores e propriedades dos materiais constituintes do meio físico.

Na interpretação da imagem, muitas das unidades definidas apresentaram a mesma resposta textural, tanto em relevo plano, como em relevo dissecado. Sendo que esse fato foi confirmado no reconhecimento em campo. Essa homogeneização da paisagem é comum, principalmente numa região com ausência de estação seca. Além disso, o diversificado pacote litológico que se apresenta na região, resulta em resistências diferenciais aos processos erosivos.

## **5.2 Quanto à Detecção de Aspectos Geotécnicos com Imagens de Satélite**

As propriedades e fatores definidos nesse trabalho (tipo de material \ plasticidade \ permeabilidade\ compressibilidade \ alterabilidade \ atividade coloidal) e correlacionados com propriedades na imagem orbital (densidade, textura, forma) permitiram chegar aos seguintes resultados:

- o índice de intemperismo físico definido através da alterabilidade foi correlacionado com as formas de vertentes e áreas planas. Sob este enfoque, observa-se que cada unidade básica é um conjunto homogêneo de informações, entretanto, a resistência diferencial aos processos erosivos, em rochas com composição química heterogênea, não apresentou uma correlação significativa. O grau de alterabilidade: muito fortemente alterado, coincide com o solo residual mais espesso, predominando vertentes convexas e relevos planos onde a velocidade de intemperismo é maior que a remoção dos materiais (D2, D5, D6, D1, A5 e A2). As unidades D2 e D6 apresentam inversão na curva



granulométrica, isto é, o horizonte B apresenta um solo melhor selecionado (granulometria) em relação ao horizonte A. Entende-se que a camada superficial por ser mais grosseira, possa ser produto de remoção de material de épocas pretéritas, em outras condições climáticas.

- para a permeabilidade correlacionou-se os elementos de drenagem com os resultados das frações granulométricas. Nas áreas com relevo dissecado, a permeabilidade é inversamente proporcional à densidade de elementos texturais da rede de drenagem, A presença quase constante de vertentes conjugadas côncavas-convexas não possibilitou correspondência com a permeabilidade observada na imagem, variando de alta a baixa, com predominância para alta e nos ensaios a permeabilidade também variou, entretanto, com predominância para média. No relevo plano, também foi necessário observar a variação tonal, pois, muitas vezes, a tonalidade escura nessas áreas pode ser indício de umidade elevada e, conseqüentemente, baixa permeabilidade. Essa correlação permitiu bons resultados, como no caso das áreas planas onde a permeabilidade varia de baixíssima (A1) a altíssima(A3).

- para o tipo de material do manto de alteração as informações de granulometria, atividade coloidal, plasticidade e liquidez foram correlacionadas com a densidade textural e as formas de relevo. Através dessa correlação, verificou-se que é possível diferenciar o relevo plano do relevo dissecado, portanto, trabalhando-se ao nível regional. Nos ensaios laboratoriais predominaram amostras com plasticidade baixa, atividade coloidal normal, tanto nas áreas planas como nas dissecadas, e o tipo de material como: argila siltosa arenosa (A2 \ A5 \ D1 \ D2) apresentam-se, normalmente na áreas planas e convexas, na interface das feições agradadas das feições degradadas; as areias argilosas e areias argilosas siltosas predominam nas áreas dissecadas (D3 \ D4 \ D5 \ D6 \ D7) nas formas

de relevo côncava-convexa. Tal resultado decorre dos fatores morfogenéticos, onde o intemperismo predomina sob a remoção dos materiais. A diversidade na composição litológica, definida pelo complexo granulítico, condiciona a dissecação mais intensa dos terrenos, refletindo texturas mais grosseiras nas imagens. A dissecação das rochas granitóides apresenta comportamento homogêneo e por isso a textura, normalmente, é mais suave.

- a compressibilidade e a plasticidade foram correlacionadas com as formas de vertentes e a densidade textural. Observou-se que nas áreas dissecadas (D5 \ D6 \ D7 \ D2 \ D1), com vertentes côncavas-convexas, a compressibilidade é alta e a plasticidade é baixa, portanto, apresentando boa correlação. Nas áreas planas, a correlação não mostrou-se satisfatória. Esse resultado é decorrente dessas áreas agregarem feições particulares como: áreas alagadiças, áreas de mangue, áreas de colinas e áreas de campo; associado as feições de relevo menores, como terraços. E ainda, devido ao fato que o universo abrangido pelas amostras muitas vezes não foi suficiente para identificar toda a unidade.

### **5.3 Quanto a CARTA PARA ORIENTAÇÃO À OCUPAÇÃO HUMANA**

A carta para orientação à ocupação humana é uma carta básica que fornece subsídios ao tomador de decisão na área de planejamento.

A inclusão nesta carta temática de áreas de preservação e de proteção ambientais teve como objetivo a análise conjunta dessas informações com os dados de geotecnia. Essa análise conjunta torna-se necessária devido ao fato de que a orientação à ocupação humana deve considerar tanto a

caracterização geotécnica como as áreas de proteção e de preservação estabelecidas por lei. A análise acima referida permitiu a definição de cinco classes na área estudada: Classe 1 - áreas limitadas por fatores de ordem geotécnica; Classe 2 - áreas limitadas por fatores de ordem ambiental; Classe 3 - áreas limitadas por fatores de ordem geotécnica e ambiental; Classe 4 - áreas favoráveis à ocupação com restrição; e Classe 5 - áreas favoráveis à ocupação sem restrição).

Assim temos a seguinte classificação;

**CLASSE 1** - Esta classe apresenta áreas que possuem limitações no que concerne aos fatores geotécnicos. Os fatores geotécnicos interpretados e definidos através de Sensoriamento Remoto ( permeabilidade, tipo de material do manto de alteração, plasticidade e alterabilidade) , e correlacionados com os ensaios, permitem enquadrar nessa classe, as unidades homogêneas que apresentam-se tanto em áreas agradadas como em degradadas. As áreas de topografia baixa, onde o nível freático está muito próximo à superfície, podem apresentar problemas em épocas de cheias (como inundações), além de tornar necessários cuidados especiais com as fundações. Isto ocorre nas unidades, situadas em áreas agradadas, A1 e A5, que apresentam permabilidade baixa, cobertura do manto fortemente alterada, plasticidade baixa e compressibilidade variável (FIGURA 02, PAG. 25). a implantação de obras nestas áreas, não é recomendável, pois trata-se de áreas sujeitas principalmente a inundações. As unidades dessa classe, que estão situadas em áreas degradadas, são: D4, D5, D6 e D7. Essas áreas com vertentes côncavas-convexas e côncavas, apresentam a textura dos elementos de relevo e drenagem altas a muito altas e fortemente inclinadas. Entretanto o material que compõe os perfis desses solos estão fortemente alterados, apresentando plasticidade baixa e compressibilidade alta.

CLASSE 2 - Esta classe apresenta limitações uma vez que trata-se de áreas garantidas por lei a fim de serem protegidas e/ou preservadas. São áreas de preservação permanente, definidas em Lei Federal n. 4.771/65 - Código Florestal: áreas de mangues e áreas de preservação de encostas. Os manguezais são considerados os locais mais sensíveis dentre os ecossistemas costeiros e também de maior vulnerabilidade aos efeitos de dejetos oriundos das atividades antrópicas. Os manguezais são áreas restritas, normalmente limitados às reentrâncias da costa, contornos de baías, estuários e outras áreas de águas pouco movimentadas. Estão restritos as regiões tropicais, apresentam um solo salino e deficiência de oxigênio. Em razão da maior ou menor salinidade do solo é que são sucedidas as plantas neste ambiente, sendo que a parte mais seca, mais alta do mangue tem-se normalmente o mangue branco, *Laguncularia racemosa*, após isso, o mangue siriúba, *Avicenia schaueriana*, e, situado na parte mais baixa do mangue o denominado mangue vermelho, *Rizophora mangle*. Os aspectos geomorfológicos, florísticos, as condições da água (salina) permitem também mencionar o aspecto faunístico onde o manguezal atua como um criadouro natural. Apesar de sua importância ecológica e econômica, os manguezais vêm sendo degradados e conduzidos à inutilidade em função do progresso industrial e urbano. As áreas de mangues na área de estudo têm sido objeto de invasões sistemáticas por famílias, que não têm acesso aos terrenos ofertados pelo mercado imobiliário, em função da situação sócio econômica. ] Na faixa de ocorrência de mangue, unidade A6, os solos apresentam alto grau de umidade e alta concentração de matéria orgânica.

A área de preservação permanente de encostas, unidades D1, D2, D3 e D8, correspondem a vertente atlântica da Serra do Mar, a mesma é indicada em função do alto grau de limitação topográfica, apresentando declividades superior a 30 %.

CLASSE 3 - Esta Classe apresenta áreas que possuem limitações envolvendo fatores geotécnicos e ambientais. As unidades que apresentam esses fatores são D1, D3, D4, D5 e D7. Os fatores geotécnicos dizem respeito à plasticidade alta, declividade elevada e os materiais apresentam-se fortemente a muito fortemente alterados, demonstrado pelos depósitos de meia encosta e de base, espessos e de granulometria variável, áreas sujeitas a escorregamentos. Essas mesmas unidades também apresentam-se limitadas pois trata-se de zonas de proteção dos mananciais e de preservação cultural e da paisagem. A zona de proteção dos mananciais engloba a parcela montanhosa das bacias dos rios Pirai e Motucas, além da quase totalidade da bacia do rio Cubatão, a qual constitui no principal manancial de abastecimento de água. A zona de preservação cultural e da paisagem, diz respeito ao uso e ocupação do solo; na estrada Dona Francisca a ocupação da colonização alemã é considerada histórica, através de sua arquitetura e do uso da terra.

Classe 4 - Esta classe apresenta áreas que não estão limitadas por fatores geotécnicos, definidos nas classes 1 e 2, entretanto, apresenta restrições. As restrições nas áreas planas, fundamentam-se nos problemas de assorimento e escorregamentos localizados, associados a retirada de material (caixas de empréstimo, pedreiras, extração de seixos (FIGURA 10). As áreas com topografia acentuada estão sujeitas a movimentos de massa. Devido a estes problemas, esta classe necessita de procedimentos técnicos específicos localizados, isto é, medidas de orientação técnica preventiva a fim de evitar possíveis movimentos de massa, desde caracterização do comportamento hidrogeotécnico do talude, análise de estabilidade do talude, até medidas definitivas de contenção, envolvendo obras de engenharia. As unidades desta classe A2, A5, A8, D1, D2, D3 e D8 na sua maioria, apresentam como material de alteração: areias e areias argilo siltosas identificadas por perfis

côncavo-convexos e convexos, onde predominam permeabilidade alta, tanto para as unidades situadas em relevos dissecados como para as situadas em relevos planos. A plasticidade apresenta-se baixa ou inexistente.



FIGURA 10 - Extração de seixos no rio Cubatão - Unidades A2 e D1

Classe 5 - Esta classe apresenta áreas favoráveis à ocupação, definida pelas unidades A3 e A4. São áreas situadas em relevo plano, apresentando altíssima permeabilidade, baixa ou nenhuma plasticidade e / ou compressibilidade.

Neste trabalho, a área urbanizada compreende parte do município de Joinville, juntamente com o distrito de Pirabeiraba e engloba todas as classes definidas neste estudo. Assim tem-se a seguinte distribuição:

Classe 1	-	29,0 %	-	52,93 km <sup>2</sup>
Classe 2	-	1,6 %	-	2,84 km <sup>2</sup>
Classe 3	-	1,6 %	-	2,84 km <sup>2</sup>
Classe 4	-	43,0 %	-	78,23 km <sup>2</sup>
Classe 5	-	24,0 %	-	45,11 Km <sup>2</sup>

Observa-se que apenas 24 % ( Classe 5 ), da área urbanizada apresenta-se favorável à ocupação humana, 43 % ( Classe 4 ) são as áreas favoráveis porém com restrições e o restante 32,2 % correspondem às áreas com restrição, seja por problemas geotécnicos seja por questões ambientais.

## 6.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Conclusões

Neste trabalho, estudou-se o meio físico, através de dados de sensoriamento remoto orbital, de modo a classificá-lo geotecnicamente visando à ocupação humana.

Pelos resultados obtidos, constata-se a potencialidade do sensoriamento remoto orbital para a obtenção de fatores (parâmetros e propriedades) geotécnicos.

O desconhecimento das características e dos limites do meio físico gera, normalmente, problemas envolvendo a ocupação do espaço. Por esse motivo, verifica-se a relevância da geomecânica, uma vez que essa ciência, que iniciou registrando as ocorrências causadas pela má ocupação, vem contribuindo com estudos e elucidações dos problemas envolvendo solos e rochas.

Por tratar-se de uma área fisiograficamente diversificada, constata-se que a sistemática utilizada para compartimentá-la, através da fisiografia e das unidades homogêneas, é considerada adequada.

Verifica-se que as relações existentes entre as unidades é sutil, em função dos fatores morfogenéticos, litológicos e deformacionais. A definição dessas



unidades está sujeita, em alguns casos, a confusões devido à espessa cobertura de alteração, à homogeneização da textura na imagem em áreas planas, às coletas em locais que não traduzem as feições e as propriedades na unidade.

## **6.2 Recomendações Técnicas**

A ocorrência, na área de estudo, de índices pluviométricos elevados, sem estação seca, favorece a ação de processos morfogenéticos resultando em coberturas de alteração espessa com taxas baixas de remoção de material. Frente a tal quadro, recomenda-se que as coletas de material, em campo, sejam adensadas, principalmente, quando da presença de perfis conjugados de vertentes. A presença quase constante de vertentes conjugadas côncavas-convexas, em áreas degradadas, não possibilitou correspondência com a permeabilidade observada na imagem, variando de alta a baixa, com predominância para alta e nos ensaios a permeabilidade também variou, entretanto, com a predominância para média. As áreas planas apresentam comportamento variado em razão da coalescência de materiais de ambientes de origens diversas (marinho, fluvial, lagunar), depreende-se nesses locais o caráter errático das litologias, obtendo-se variação da permeabilidade (de baixa a altíssima), bem como da compressibilidade (de alta a baixa)

Estudos da correlação dos níveis de cinza das imagens de satélite com o resultado dos ensaios geotécnicos (índice de alterabilidade, índice de plasticidade, e outros), podem ser intensificados, de maneira a conhecer as correlações existentes entre os dados e informações de sensoriamento remoto e os dados da mecânica dos

solos, para então, adotar novas técnicas em locais com características semelhantes a essa área de estudo, como aspectos geológico/geomorfológicos/climáticos/ e outros.

Recomenda-se que outros tipos de ensaios geotécnicos sejam aplicados, a fim de dar continuidade às correlações definidas nas imagens de satélites, como por exemplo: MCV (Moisture Condition Value) em miniatura (mini MCV) divulgado por SORIA e FABRI (1980) e que objetiva a solução de problemas de terraplenagem entretanto possibilita prever as características de resistência dos solos e no desenvolvimento de uma nova classificação dos solos.

### **6.3 Recomendações Políticas**

Embora a qualidade da decisão envolva, geralmente, uma forte componente política, fica demonstrada a importância da contribuição de estudos geotécnicos básicos para os estudos técnicos econômicos. No entanto, torna-se necessário que um conjunto de fatores, regras e níveis de intervenção estejam associados a esses estudos, sob pena de os mesmos tornarem-se ineficazes. Cabe às autoridades político-administrativas as ações fundamentais para a promoção do conhecimento de seu território, a fim de disporem de informações e mecanismos de gestão e de planejamento adequados, no que concerne aos recursos naturais e ao meio físico.

**BIBLIOGRAFIA**

- ABREU, A.A. de - Análise Geomorfológica: Reflexão e Aplicação (uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do Planalto de Diamantina-MG). Tese de livre docência. Departamento de Geografia da F.F.C.C.H./USP. São Paulo. 1982.
- ACKERSON, V.B.; FISH, E.B. - An Evaluation of Landscape Units. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. v.46. n.3. p. 347-358.
- ALBUQUERQUE, L.F.F. de; ARIOLI, E.E.; DIAS, A.A.; KIRCHNER, C.A. - Geologia das Quadrículas de Blumenau e Joinville - Santa Catarina. DNPM/CPRM. Porto Alegre. 1971. p.101.
- ALMEIDA, F.F.M. - Structure and Dynamics of the Brazilian Coastal Area. PAN-AMER.SYMP. UPPER MANTLE, II, Group II, 29-38, México.
- ALVES, A.R.; LAPOLLI, E.M.; BASTOS, R.C.; BASTOS, L.C. - Classificação de Imagens Digitais pelo Método da Máxima Verossimilhança - Uma Nova Abordagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. Anais do... São José dos Campos, SP v.2 p. 281-283.,
- AMARAL, G. - Princípios de Sensoriamento Remoto. In: GEOPROCESSAMENTO. Escola Politécnica-USP. São Paulo. 1990. p. 27-36.
- ANGULO, R.J. - Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. Tese de Doutorado, USP/Instituto de Geociências. 1992. São Paulo. 334p.
- BARATA, F.E. - Considerações Sobre Atividade Coloidal das Argilas e Solos Argilosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE SOLOS, 5 São Paulo, 1974. Anais do ... São Paulo, v II, p.223-237. ABGE.
- BARBOSA, M.P. - Tratamento Automático de Imagens. INPE-3001-MD/024, São José dos Campos. 1984. 56p.
- BARROSO, J.A.; ANTUNES, F. dos S.; CABRAL, S.; POLIANOV, H. - Correlações de Características Genéticas de Solos e as suas Propriedades Geotécnicas. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. Anais do ...  
Rio de Janeiro. Coppe/UFRJ-CNPq. ABMS 1981.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; XAVIER DA SILVA, J. - Considerações a  
Respeito da Evolução das Vertentes. BOL.PAR. DE GEOG. N. 16 e 17, julho  
1965. Curitiba, PR.

CIMA - Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações  
Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD - Versão preliminar.  
Brasília. 1991. p. 125-126.

CHRISTIAN, C.S.; STEWART, G.A. - Methodology of Integrated Surveys.  
PROCEEDINGS OF THE TOULOUSE CONFERENCE AERIAL SURVEYS AND  
INTEGRATED STUDIES. 1968. p.233-280.

COLWELL, R.N. - Manual of Remote Sensing. Falls Church, VA. 1983. 2d. VII. 2440  
p.

COQUE, R. - Geomorfologia. Alianza Universidad Textos. Madrid, 1984. p.  
469.UNESCO. p. 233-280.

CORREIA, A.G. - Revisão da Classificação de Solos para Propósitos de Engenharia.  
GEOTECNIA, n. 52, 1988. p.75-90.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Plano Funcional,  
Anteprojeto Básico /Executivo de Engenharia das Obras Prioritárias de  
Melhorias na BR-101/SC, Incluindo Duplicação da Pista Existente. Florianópolis.  
1990. v. 3.1 - Memória Justificativa subtrecho: Garuva/Entr.Br-280. Segmento:  
Km5-Km57.

DNPM- Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa  
Catarina. DNPM-Brasília. 1988. p. il mapas. Ser.geologia, 28. Seção Geologia  
Básica, 18.

DNPM/CRM - Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado de Santa  
Catarina. Escala 1:50000. Florianópolis. 11º Distrito do DNPM e Coordenação de  
Recursos Minerais da Secretaria da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia.  
1987. 216p.; il.

- DONZELI, P.L.; VALÉRIO F.M.; NOGUEIRA, F.D.; PEREZ, A.; KOFFLER, N.F. -  
Imagens Orbitais e de Radar na Definição de Padrões Fisiográficos Aplicados a  
Solos. Rev. Bras. Ci. Solo. v. 7. 1983. p. 89-94.
- ENGEVIX - Usina Hidrelétrica Cubatão - Relatório de Impacto Ambiental - CELESC.  
Florianópolis, 1989.
- FRANKLIN, S.E. - Terrain Analysis from Digital Patterns in Geomorphometry and  
Landsat MSS Spectral Response. PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING AND  
REMOTE SENSING, Vol.53, n.1, January 1987, p.59-65.
- FROELICH, A.J. et al - Planning a New Community in an Urban Setting: Lehigh.  
(Franconia Área, Fairfax County, Virginia). U.S. Geological Survey; professional  
Paper 950, 1976.
- HARTMANN, L.A.; SILVA, L.C.; ORLAND, F.V. - O Complexo Granulítico de Santa  
Catarina - Descrição e Implicações Genéticas. Acta Geológica Leopoldesia. São  
Leopoldo. 3(6). 1979. p. 93-112.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Geografia do Brasil -  
Região Sul. v.2. Rio de Janeiro-RJ. 1990. 420p.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - Curso de Treinamento  
Sensoriamento Remoto. INPE-COM.2/MD, relatório INPE-1869-MD/004, agosto  
1980. São José dos Campos - SP. p.318
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA-  
CEPA - Plano Estadual de Irrigação: Programa Regional - Baixada Norte  
Catarinense. Florianópolis. 1987. 173 p.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.  
- Geologia, Tectônica, Geomorfologia e Sismologia Regionais de Interesse às  
Usinas Nucleares da Praia de Itaorna. Monografia. São Paulo, 1982, p.150.a
- ISSLER, R.S.; FREIRE, F.A. - O Universo dos Granitóides da Região Sul do Brasil.  
In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA 2, Florianópolis, 1985. Anais do  
... Florianópolis. Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleos RS/SC e PR. 1985. p.  
89-101.

- JIMENEZ, J.R.R.; GODOY, A.M. - Metodologia para Visão Tridimensional das Imagens "LANDSAT". Geografia, v.7 (13-14). out. 1982. p. 163-167.
- KING, L. - A Geomorfologia do Brasil Oriental. Separata da Rev. Bras. de Geog. n.2 - Ano XVIII - Abr/jun de 1956.
- LARACH, J.O.; SOUZA, J.L.R. de; SILVEIRA, C.O. da - Levantamentos Pedológicos no Brasil Executados pela S.N.L.C.S. - EMBRAPA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. Anais do ... Rio de Janeiro, 1981. COPPE/UFRJ - CNPq - ABMS.
- LEINZ, V. e LEONARDOS, O.H. - Glossário Geológico. São Paulo. Ed. nacional/EDUSP. 1970. 236 p.
- LOCZY, L.DE; LADEIRA, E.A. - Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica. Edgard Blucher, Rio de Janeiro, 1980.
- MACIEL FILHO, C.L. - Carta Geotécnica de Santa Maria. UFSM/FINEP. 1990.
- MARETTI, C.C. - Cartas Geológico-Geotécnica da Região Estuarino-Lagunar de Iguape e Cananéia (e Ilha Comprida): Exemplos de Geologia Aplicada ao Planejamento Ambiental Costeiro. Dissertação de mestrado, USP/Escola de Engenharia de São Carlos. 1989.
- MARTINS, M.R.; MATTOS, J.T.; BRANDINI, F.P. - Técnicas de Realce Orbitais Evidenciando as Variações Espectrais da Massa de Água Superficial da Baías de Paranaguá e Antonina - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba, PR. Anais do ... São José dos Campos, SP. v.4, p.181-189.
- MASCARENHAS, N.D.A. e VELASCO, F.R.D. - Processamento Digital de Imagens. IV Escola Brasileira Argentina de Informática - Universidad Católica de Santiago del Estero - Argentina. MCT/INPE, 1989
- MASSAD, F. - As Argilas Transicionais (Pleistocênicas) do Litoral Paulista - Características Geotécnicas e Propriedades de Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8, 1986, Porto Alegre, RS. Anais do ... Porto Alegre, p.113-128.

- MILITITSKY, J. e NUDELMANN, T.A. - Contribuição ao Estudo das Propriedades Geotécnicas de Solo Residual de Migmatito da Região do Novo Campus da UFRGS, Viamão, RS - In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. Anais do ... Rio de Janeiro. 1981. Coppe/UFRJ - CNPq - ABMS.
- MONTEIRO, C.A. de F. - Esboço Geomorfológico de Santa Catarina. In: Departamento Estadual de Geografia Estatística. Atlas de Santa Catarina. Florianópolis. 1958.
- MORELLI, A.F.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, J.C.N. - Influência da Geometria de Visada na Reflectância Espectral de Duas Espécies de Gramíneas Forrageiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. Anais do... São José dos Campos, SP. V.3, p.80-95. INPE
- NOVO, E.M.L. de M. - Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 1989. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo.
- NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. - Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. Anais do ... Rio de Janeiro, 1981. COPPE/UFRJ/CBPq/ABMS, P.30-41. 1981.
- OLIVEIRA, W. J. de - Contribuição para o Mapeamento Geológico da Região Sudeste do Estado de Rondônia Através do Emprego de uma Sistemática de Estudo Usando Dados de Satélite. INPE - 5002 - TDL/396. São José dos Campos-SP. 1989.
- PARADELLA, W.R. - Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos Aplicado a Geologia. INPE-5023-RPE/616. 1990, São José dos Campos, SP. p.45.
- PARADELLA, W.R.; DUTRA, L.V. - Filtragens Digitais de Imagens LANDSAT como Técnica de Auxílio Visual na Interpretação Geológica. INPE-1823-RPE/189. São José dos Campos-SP. 1980.
- PARADELLA, W.R.; VITORELLO, I.; LIU, C.C.; MATTOS, J.T. de; DUTRA, L.V.; MENESES, P.R. - Imagens do Satélite SPOT-1 em Mapeamento Geológico: um Estudo Comparativo com Vários Produtos Sensores no Vale do Rio Curaçá, Bahia. Rev. Brasileira de Geociências. v.20 (1/4). p. 282-292. 1990

- PELUSO Jr., V.A. - O Relevo do Território Catarinense. GEOSUL. Departamento de Geociências-CCH, UFSC, Florianópolis/SC. (I) 2. 1986. p. 7-69.
- PENTEADO, M.M. - Fundamentos de Geomorfologia. IBGE, 3º edição. Rio de Janeiro. 1980.
- PEREIRA, M.N.; KURKIDJIAN, M. DE L.O.; FORESTI, C. - Cobertura e Uso da Terra Através de Sensoriamento Remoto - Capítulos de 1 a 8. INPE 5032MD/042. 1989, São José dos Campos, SP.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE - Joinville Plano de Estruturação Urbana, 1987. Análises e Recomendações. Joinville - Secretaria de Planejamento e Coordenação. 1987. 169p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE/ FUNDAÇÃO MUNICIPAL "25 DE JULHO" - Delimitação das Áreas com Potencial para o Desenvolvimento da Agropecuária no Município de Joinville. Associação dos Eng. Agrônomos de Santa Catarina. AEASC. 1991. 270p.
- PINTO, S. dos A.F. - Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica. INPE - 5311 - TAE/09. São José dos Campos, 1991.
- PROGRAMA INTEGRADO DE DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO - PIDSR - Diagnóstico Municipal de Joinville. SEPLAN. 1990. Florianópolis-SC
- QUEIROZ NETO, J.P. de; JOURNAUX, A. ; PELLERIN, J.; CARVALHO, A. - Formações Superficiais da Região de Marília-SP. In: Sedimentologia e Pedologia, 8. USP. Instituto de Geografia. São Paulo. 1977. 40p.
- QUEIROZ NETO, J.P. de - Proposição de uma Tipologia dos Materiais de Origem dos Solos do Brasil de Sudeste. Not. Geomorf., Campinas, 14 (27/28). dez 1974. p. 77-94.
- RIEDEL, P.S. - Estudo das Coberturas de Alteração de Parte do Centro-Leste Paulista Através de Dados de Sensoriamento Remoto. INPE-4849-TDL/364. São José dos Campos. 1989. 143p.



- RIEDEL, P.S.; MATTOS, J.T. de; RUEDA, J.R.J. - Uso de Sensoriamento Remoto no Estudo das Formações Superficiais Visando o Desenvolvimento Econômico Integrado - Caso Exemplo: Região de Rio Claro-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, 1. Campos do Jordão, MG. Anais do ... São José dos Campos-SP. INPE-SELPE. 1987. p. 144-150.
- RIVERAU, J.C. - Nota de Aula do Curso de Fotointerpretação - Publicado: Soc. Inter. Cult. Esc. Geol. Ouro Preto XI Semana de Estudos. 1972
- RUELLAN, A. - Contribuição das pesquisas em Zona Tropical ao Desenvolvimento da Ciência do Solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21. Anais do ... Campinas. Simpósio: A Importância do Conhecimento da Organização da Cobertura Pedológica: a Análise Estrutural. UNICAMP/CATI/IAC. Campinas-SP. 1988 p. 405-414. ...
- SALOMÃO, F.X. DE T. - Interpretação Geopedológica Aplicada a Estudos de Geologia de Engenharia. Síntese de teses de pós-graduação, n 3 São Paulo, 1985. ABGE.
- SAUSEN, T.M.; NOVO, E.M.L. de M. - Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geomorfologia. INPE-2209-MD/007. São José dos Campo-SP. 1981.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro-RJ. 1986. 173 p.
- SCHOWENGERDT, R.A. - Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. London, Academic, 1983. 249p.
- SIEGEL, B.S. e GILLESPIE, A.R. - Remote Sensing in Geology. John Wiley F Sons New York. 1980.
- SILVA, H.S. - A Importância das Ciências Geológicas no Planejamento Urbano. A Zona Litoral Entre Faro e Olhão. GEOTECNIA, 57 - Nov. 1989. p. 75-83. ...
- SILVA, L.C.; DIAS, A.A. - Projeto Timbó - Barra Velha. Brasil, convênio DNPM-CPRM. Porto Alegre, 1981. 282p. (Relatório inédito).

- SILVA, L.C.; SOUZA, E.C. de; DIAS, A. de A.; JOST, H. - Análise Preliminar do Potencial Econômico dos Terrenos Pré-Cambrianos do Nordeste Catarinense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. Anais do ... Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia. v.3, 1982. p. 738-749.
- SILVA, L.C. da - FOLHA SG-22-Z-B - Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Escala 1:250000. DNPM. Brasília. 1987. 8p. il, list Rec. Min., 3 mapas p. 8b (in bolso).
- SOARES, P.C.; FIORI, A.D. - Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Notícia Geomorfológica, 16 (32). 1976. p. 71-104.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; MATTOS, J.T. - A Lógica de Interpretação de Fotografias Aéreas Convencionadas Aplicada a Imagens de Satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1. São José dos Campos-SP. Anais do ... São José dos Campos. CNPq/INPE. v.1. p. 616-618.
- SÓRIA, M.H.A. - Os Limites de Atterberg, o Argilo Mineral e o Teor de Argila. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8, 1986, Porto Alegre. Anais do ... Porto Alegre, p.161-171. 1986.
- SORIA, A.M.; FABRI, G.T. - O Ensaio de Mini-MCV, um Ensaio de MCV "Moisture Condition Value", com Corpos-de-Prova de Dimensões Reduzidas. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 15, Belo Horizonte, 1980. Anais do ... Belo Horizonte, Ass. Bras. Pav., v.3, 21p.
- TEIXEIRA GUERRA, A. - Dicionário Geológico - Geomorfológico. IPAGH. Rio de Janeiro, 1954.
- TERZAGHI, K; PECK, R. - Mecânica dos Solos na Prática da Engenharia. Ao Livro Técnico. Rio de Janeiro, 1962. p.637.
- TOGNON, A.A. - Glossário de Termos Técnicos de Geologia de Engenharia. ABGE. 1985, p.139. São Paulo.
- TRAININI, D.R. - Projeto Campo Alegre/74. Relatório Final. CPRM/CNEN. Porto Alegre. 63 p. anexos.

- TRICART, J. - As Relações entre a Morfogênese e a Pedogênese. In: Notícia Geomorfológica, Campinas, 8 (15). jun 1968. p. 5-18.
- TSCHEBOTARIOFF, G.P. - Fundações. Estruturas de Arrimo e Obras de Terra. Mcgraw-Hill do Brasil. São Paulo. 1978.
- VALÉRIO FILHO, M.; EIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. - Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Pedologia. INPE-2211-MD/008. São José dos Campos-SP. 1981. 58 p.
- VARGAS, M. - Introdução à Mecânica dos Sólidos. Ed. Mcgraw-hill do Brasil/USP. São Paulo, 1978.
- VARGAS, M. - The Concept of Tropical Soils. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMECHANICS IN TROPICAL LATERITIC AND SAPROLITIC, 1, 1985, Brasília. Anais do... Brasília, v.3, p. 101-134. SIMSTF/ABMS. 1985.
- VEDOVELLO, R. - Zoneamento Geotécnico, por Sensoriamento Remoto, para Estudos de Planejamento do Meio Físico - Aplicação em Expansão Urbana. Dissertação de Mestrado INPE. 1993. 73p.
- VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. de - Uso de Teledeteção na Compartimentação Fisiográfica para a Obtenção de um Zoneamento Geotécnico de Múltiplo Uso em regiões Litorâneas. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 5. Anais do ... Cuzco, SELPER. 1991. p. 473-479.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos - Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia. São José dos Campos. INPE, Nov 1982. 61 p. (INPE-227-MD/014).
- VENEZIANI, P.; MATTOS, J.T.; OHARA, T.; SCHORSCHER, H.D. - Análise de Movimentos Tectônicos Utilizando Produtos de Sensores Remoto na Região do Espinhaço Meridional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5, 1988, Natal. Anais do ... São José dos Campos, v.2, p.341-353.
- ZARDO, S.M.; MARTINS, M.R.; MATTOS, J.T. - Análise Fisiográfica: Uma Abordagem através dos Produtos Orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. Anais do... São José dos Campos, SP. v.3, p.409-416.

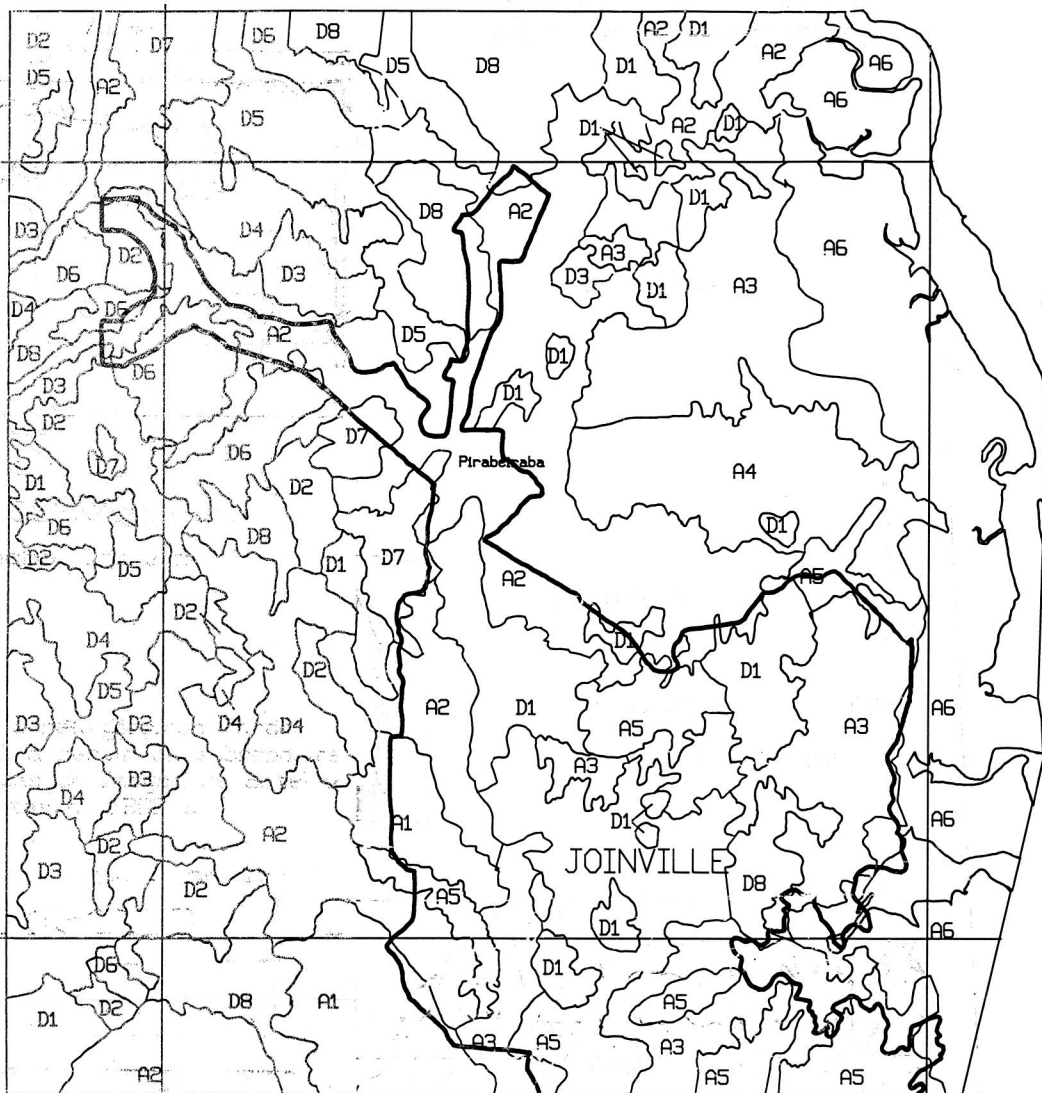
ZUQUETTE, L.V. - Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para Condições Brasileiras. Tese de Doutorado, USP/Escola de Engenharia de São Carlos. 1987. 657p.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. - Mapeamento Geotécnico: Levantamento e Análise das Metodologias e Sistemática. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE G7, Belém-Pará. Anais do ... Belém-Pará. SBG. v. I. 1988. p. 591-605.

**ANEXO 1**

# UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO - UBC

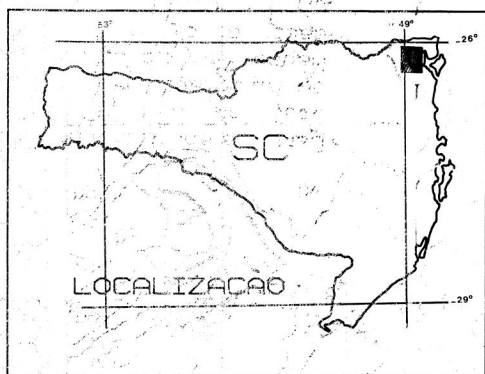
7108



7088

701

721



## Legenda

Feição

Unidade

	A1
	A2
	A3
	A4
	A5
	A6

## Convenções



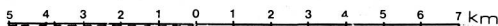
Mancha urbana

Degradada

- D1
- D2
- D3
- D4
- D5
- D7
- D8

Carta elaborada por Soraiá Marinho Zardo, utilizando o SGI/INPE a partir da sobreposição de informações oriundas de Imagem de Satélite, Mapas Temáticos, Cartas do IBGE e dados de campo

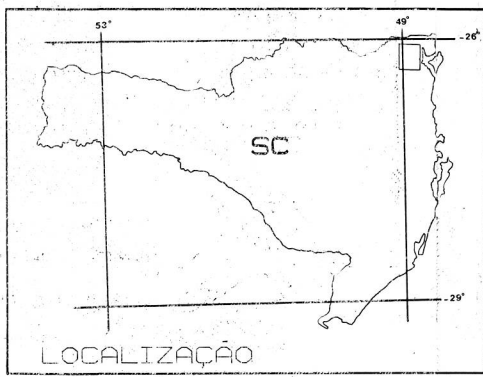
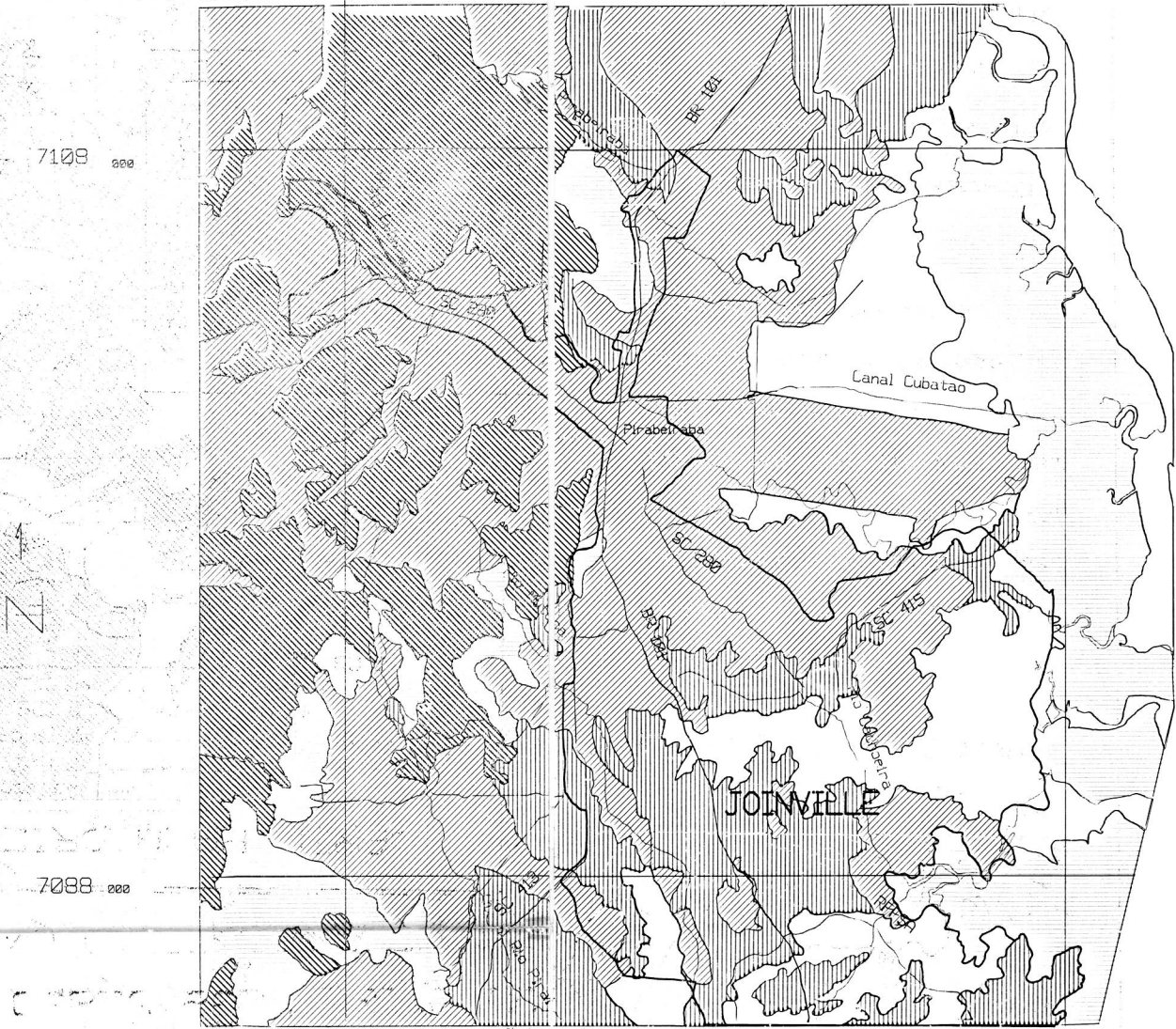
Florianópolis, julho de 1993



ESCALA - 1 : 100 000

**ANEXO 2**

# CARTA PARA ORIENTAÇÃO À OCUPAÇÃO HUMANA



## LEGENDA

- Grupo I - Áreas limitadas por fatores de ordem geotécnica
- Grupo II - Áreas limitadas por fatores de ordem ambiental (Ar. de Preserv. Permanente)
- Grupo III - Áreas favoráveis a ocupação humana

- Classe 1 - Grupo I
- Classe 2 - Grupo II
- Classe 3 - Grupo I e II
- Classe 4 - Grupo III com restrição
- Classe 5 - Grupo III sem restrição

## Convenções

- Mancha urbana
- Rede de drenagem
- Rede viária

Carta elaborada por Soraia Marinon Zardo, no LARS/SC, utilizando o SGI/INPE a partir da sobreposição de informações oriundas de imagem de satélite, mapas temáticos, cartas do IBGE e dados de campo.

Florianópolis, julho de 1993



**APÉNDICE 1**



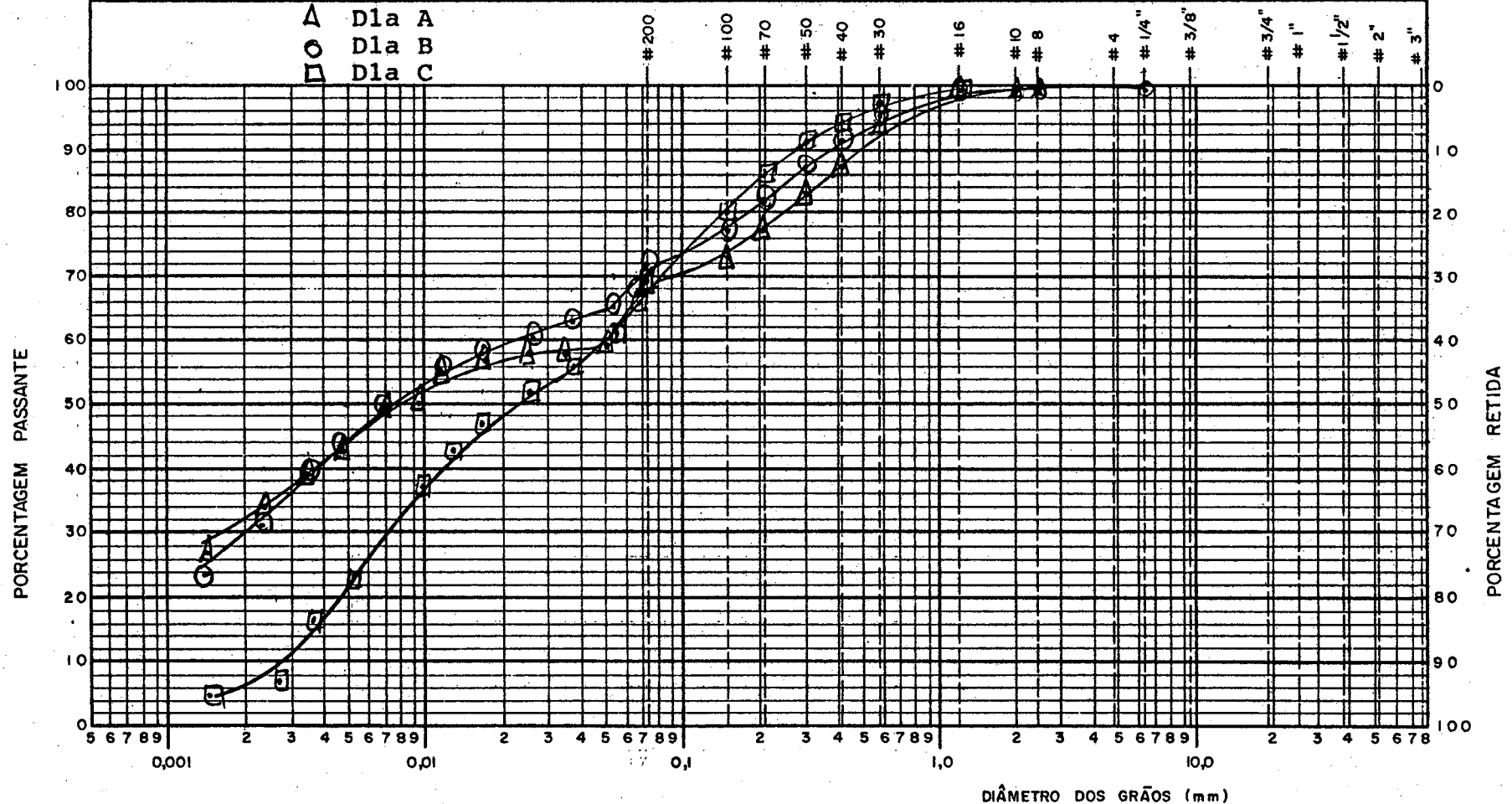
UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 22/02/92

AMOSTRA Nº Jo Dia ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

DATA 03 / 02 / 93

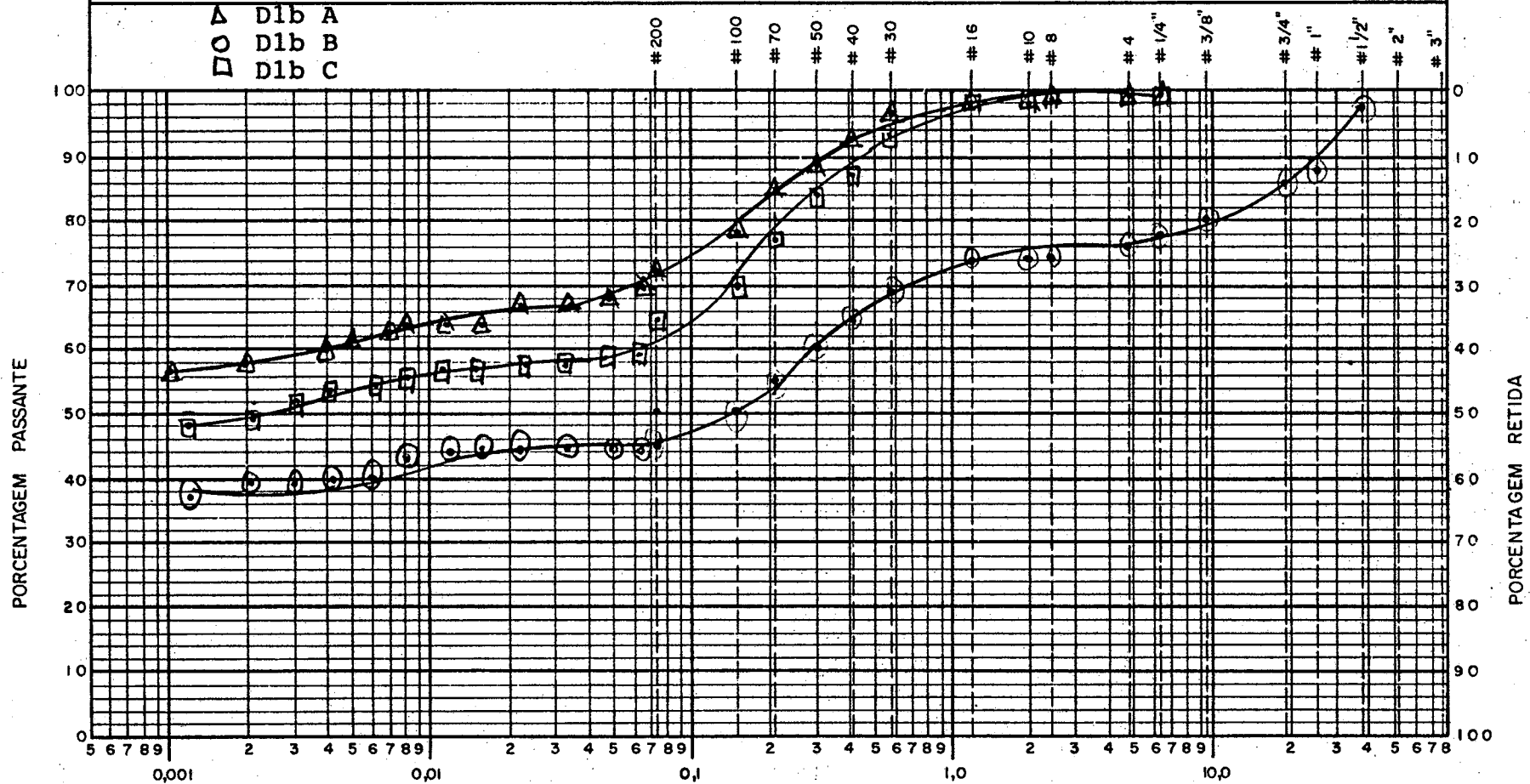
AMOSTRA Nº Jo D1b

LABORATORISTA

Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

▲ D1b A  
 ○ D1b B  
 □ D1b C



DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



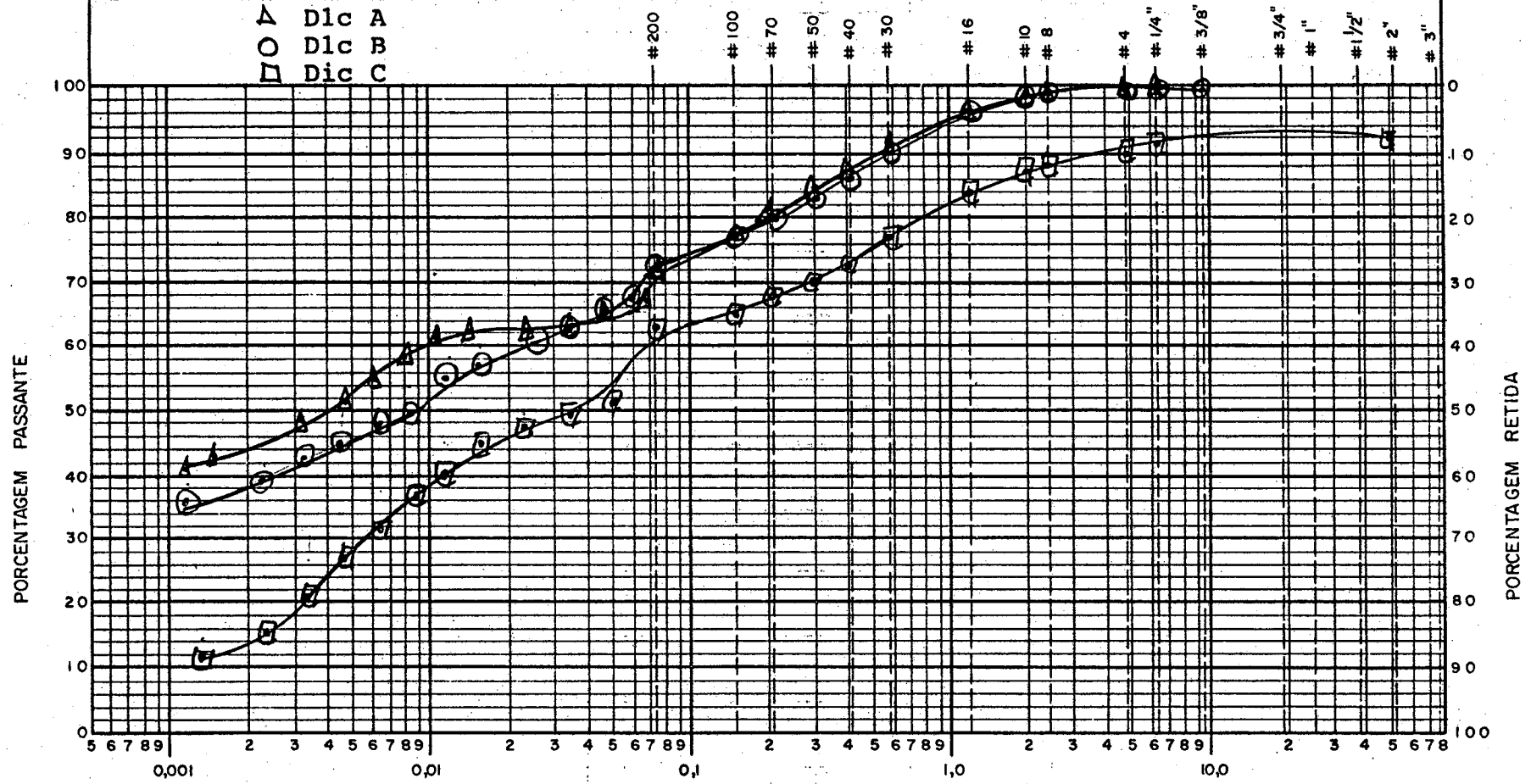
UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 05 /02/93

AMOSTRA Nº Jo D1c LABORATORISTA Leandro CHEFE LABORATÓRIO



ABNT

ARGILA		SILTE		AREIA FINA		AREIA MÉDIA		AREIA GROSSA		PEDREGULHO	

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)



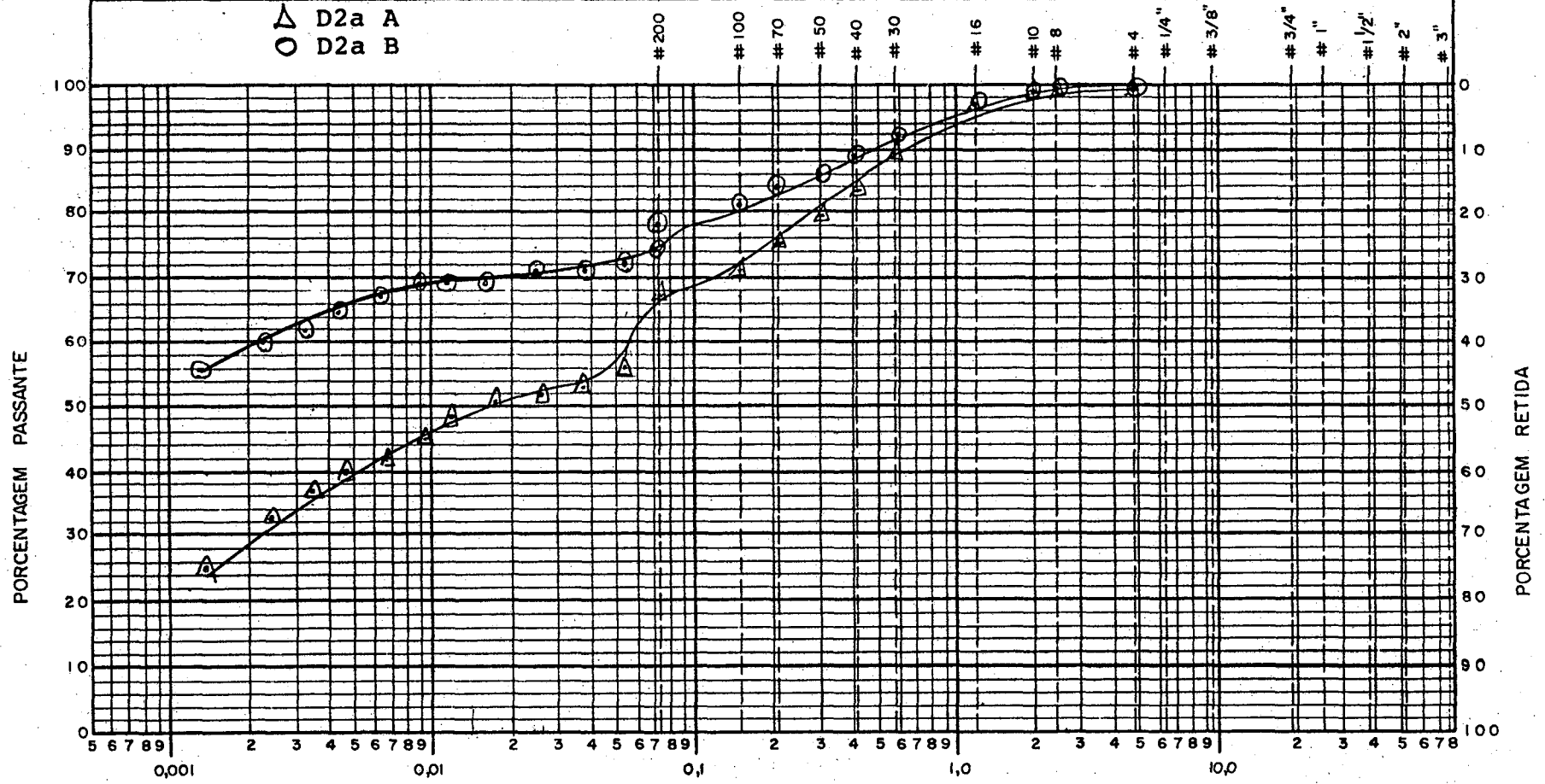
UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 14 / 01/93

AMOSTRA Nº Jo D2a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



UFSC

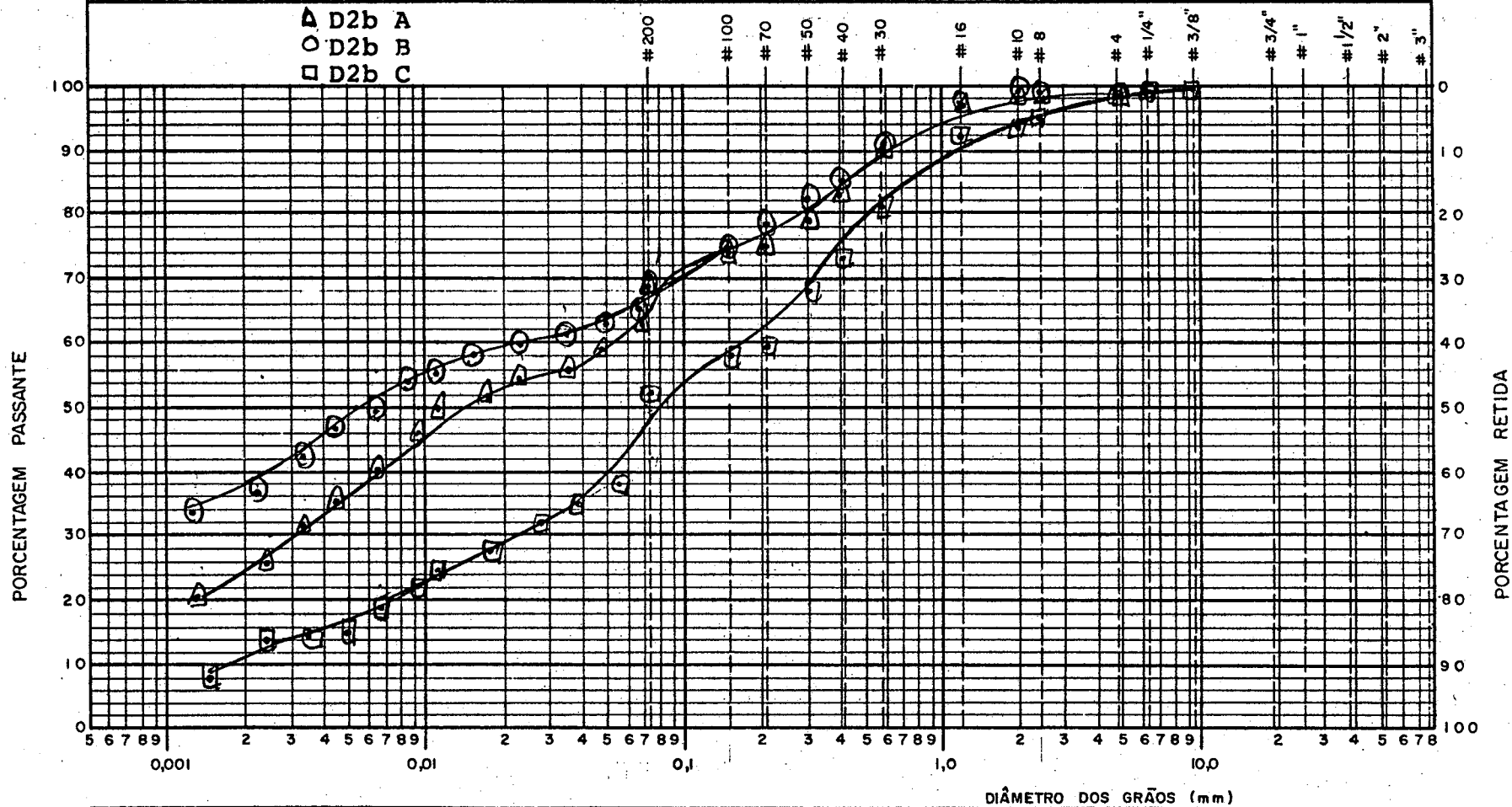
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA / /

AMOSTRA Nº Jo D2b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

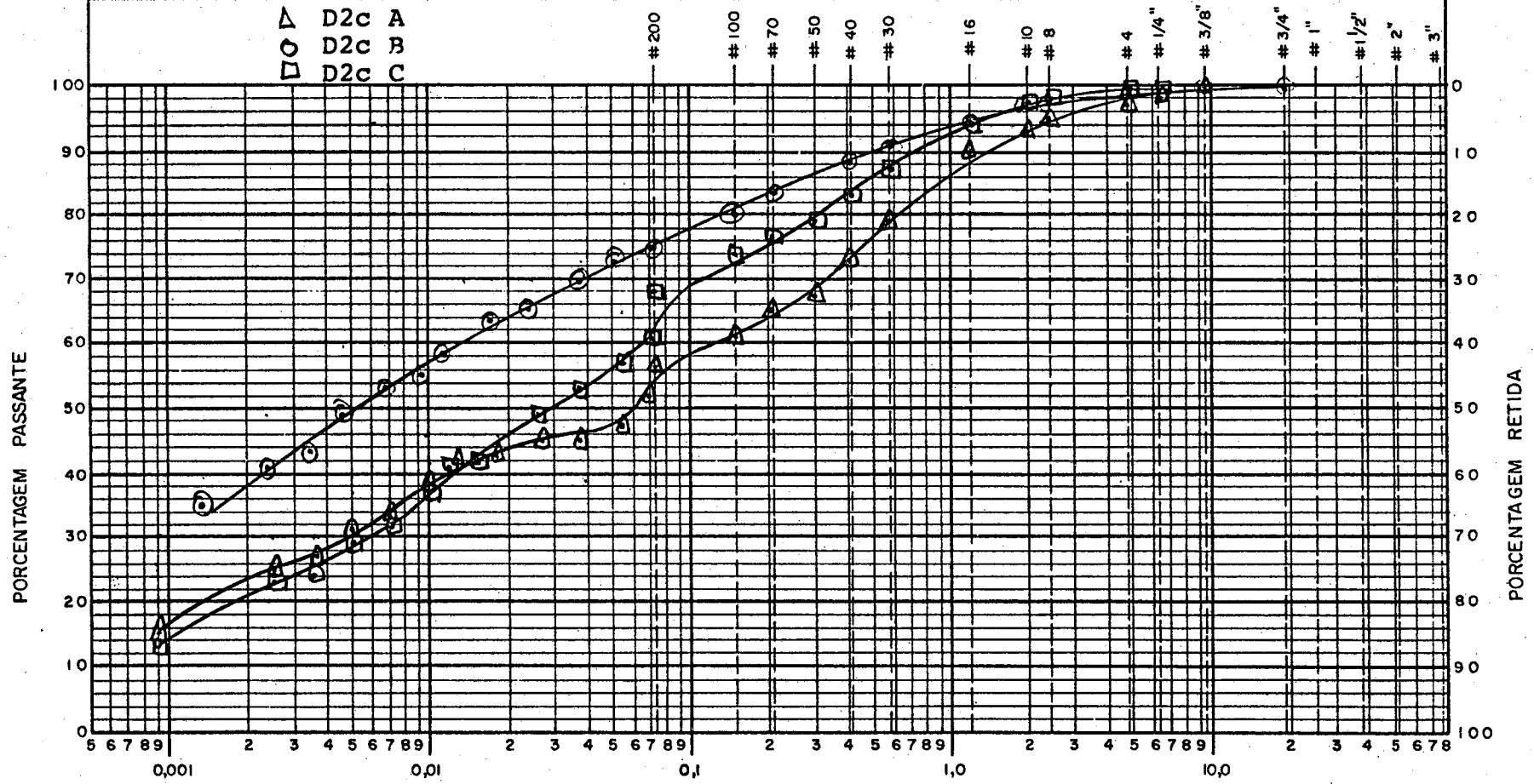
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 25 / 02 / 92

AMOSTRA Nº Jo D2c ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



UFSC

ECV

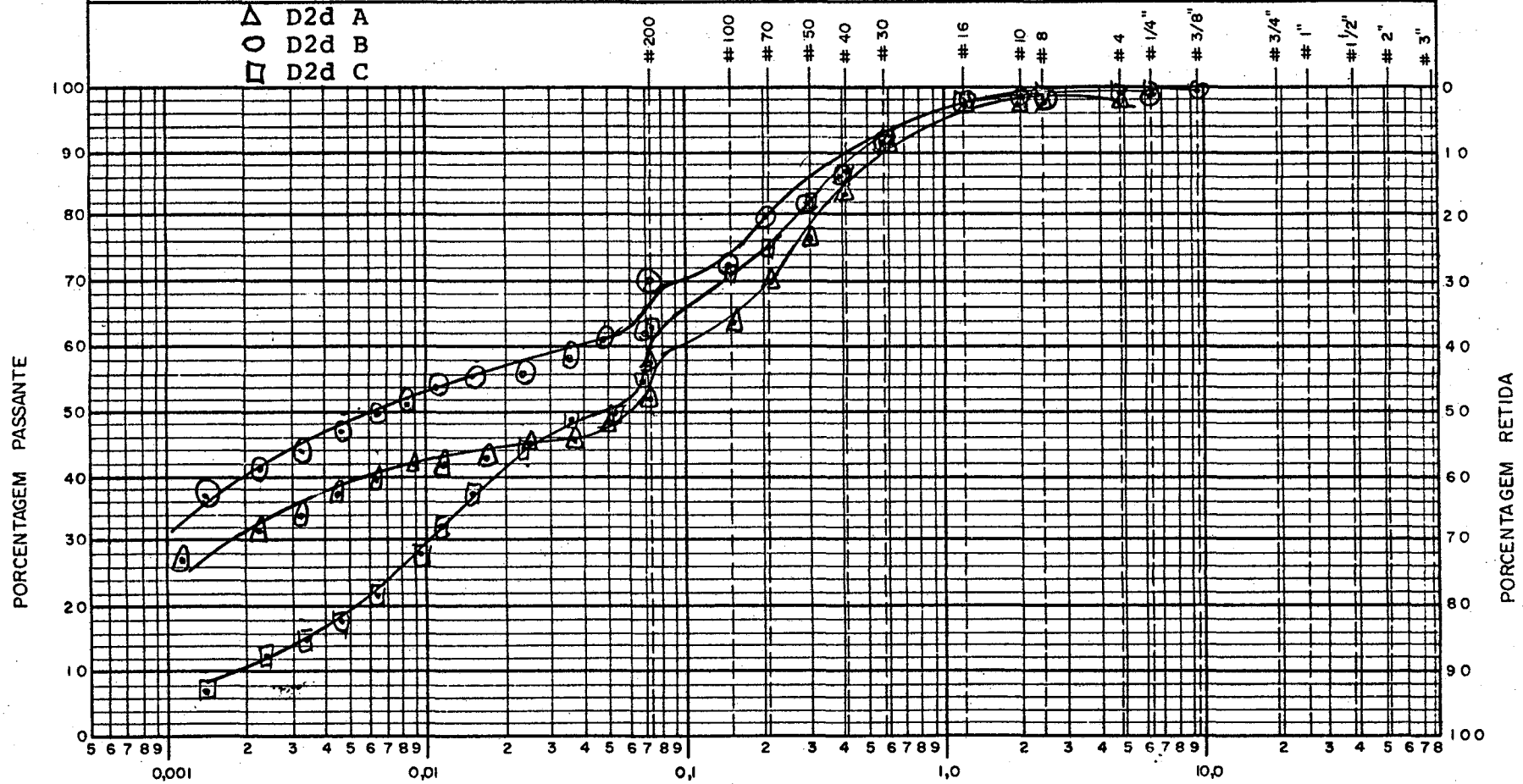
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 05 / 02 / 93 .....

AMOSTRA Nº Jo D2d ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO .....

△ D2d A  
○ D2d B  
□ D2d C



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT





UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA .....

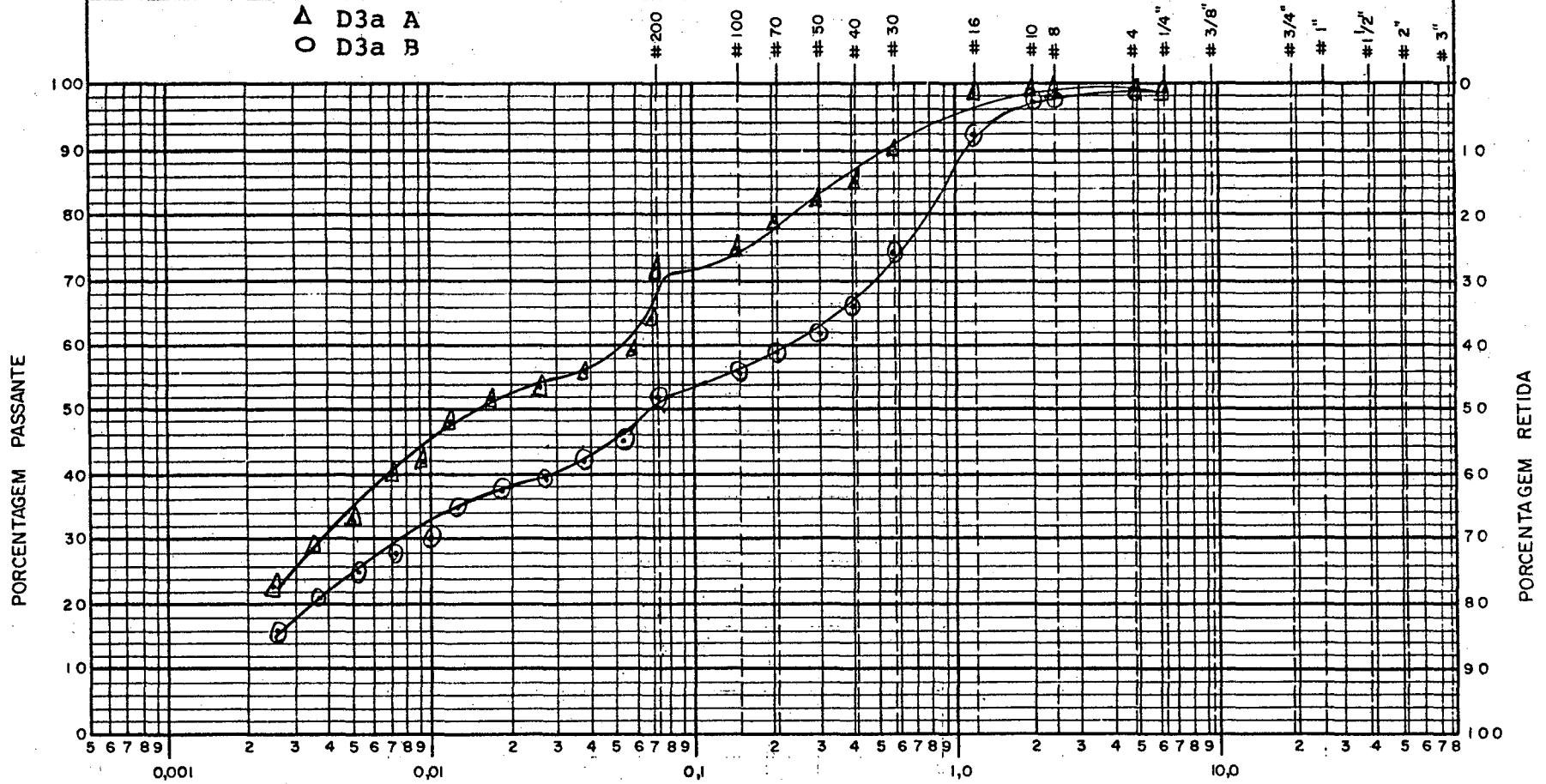
ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

DATA 10 / 03 / 93

AMOSTRA Nº Jo D3a

LABORATORISTA Leandro

CHEFE LABORATÓRIO



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

ABNT

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

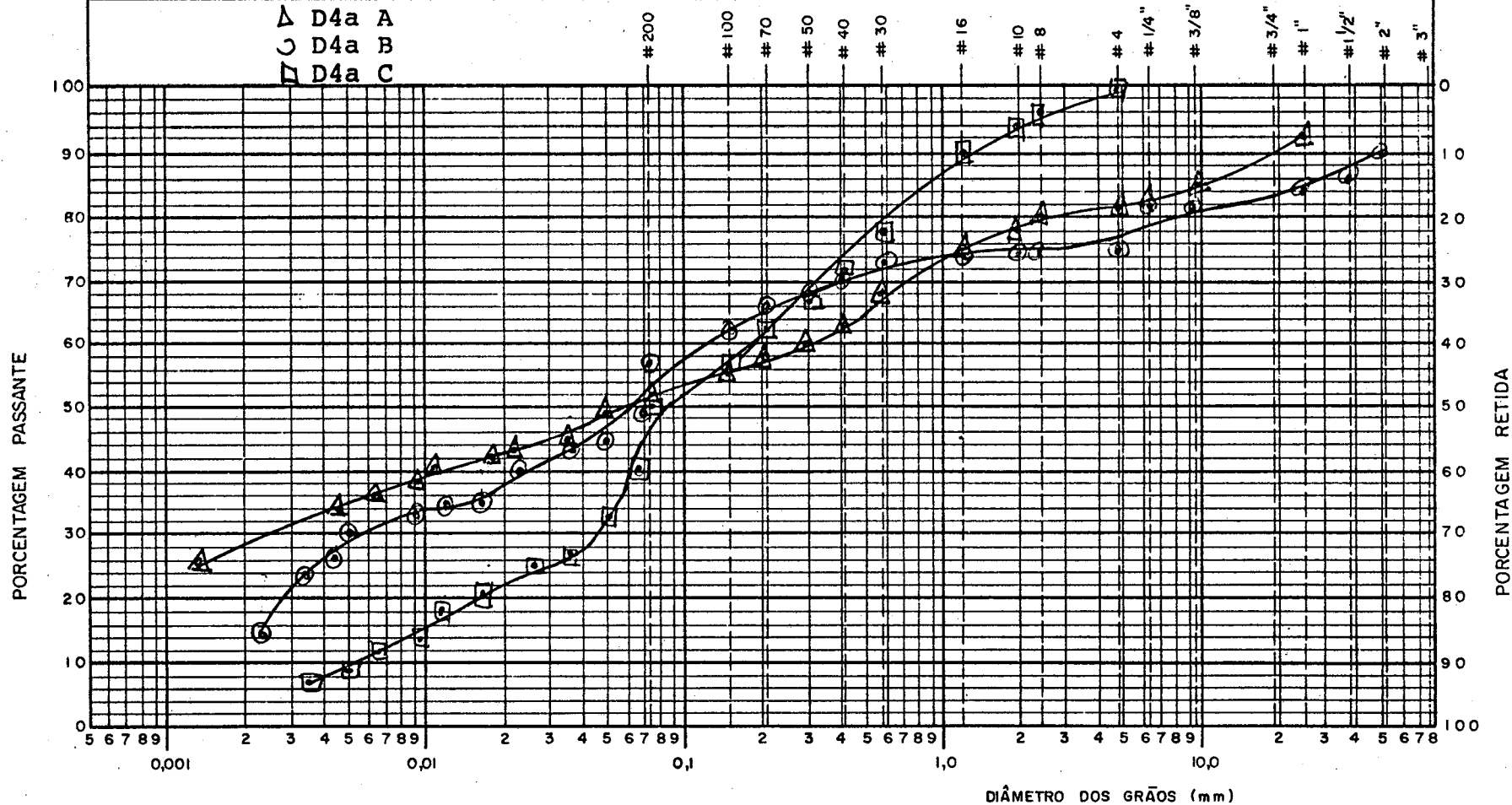
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 10 / 02 / 93 .....

AMOSTRA Nº Jo D4a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO .....

- △ D4a A
- D4a B
- D4a C



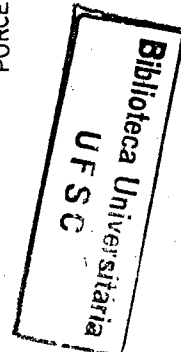
PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT





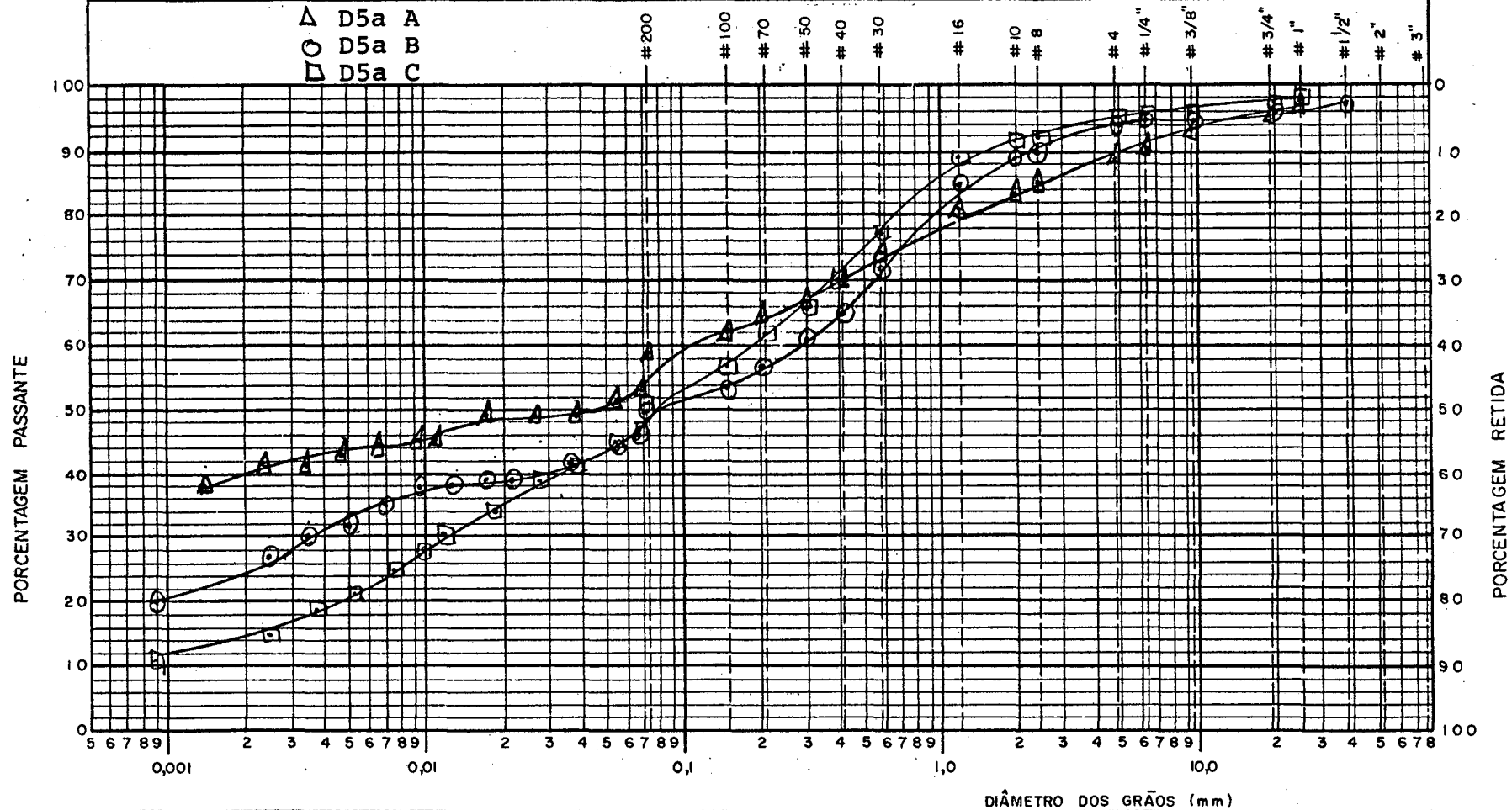
UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 25/02/93

AMOSTRA Nº Jo D5a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC  
ECV

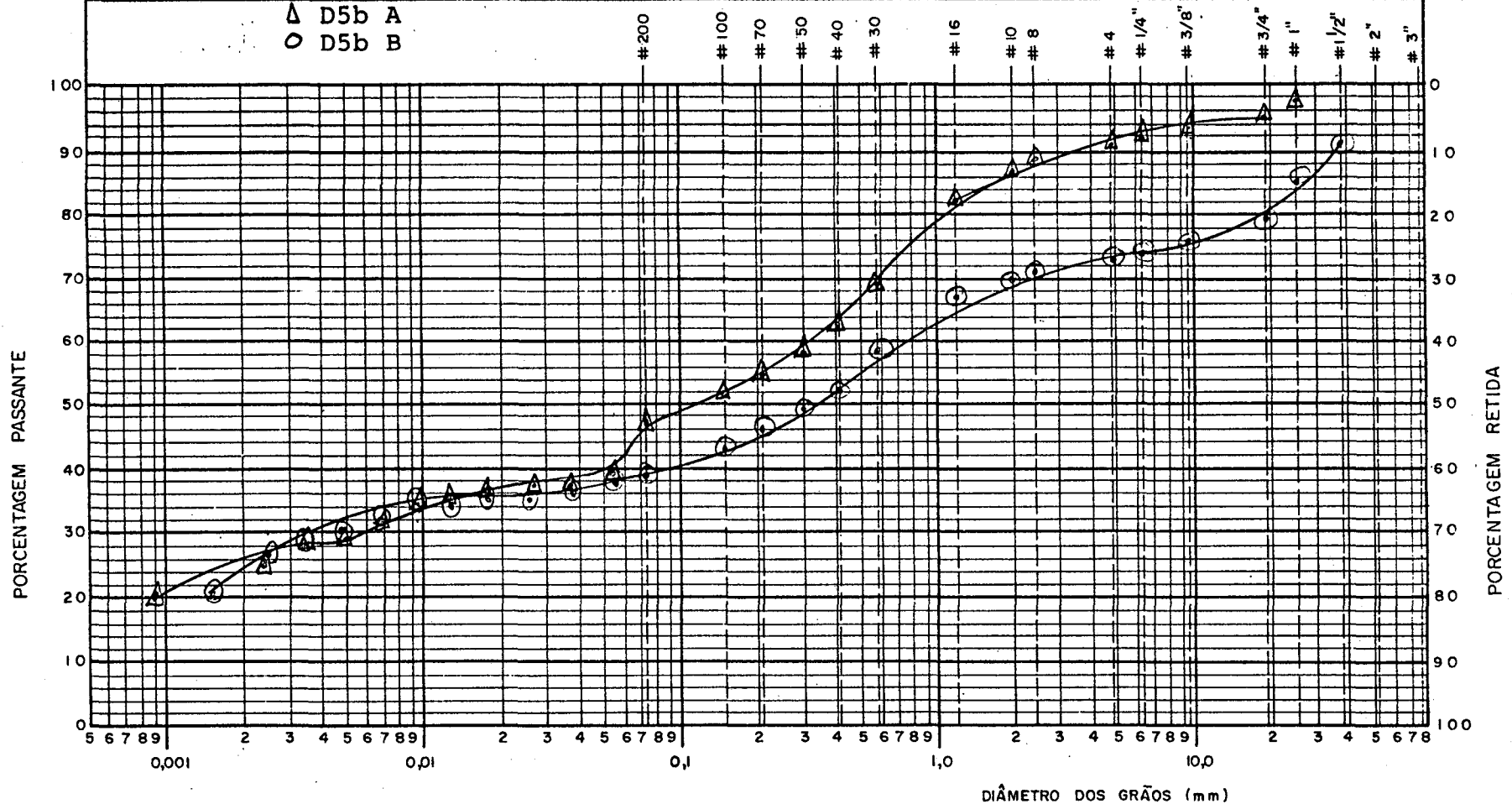
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 26 / 02 / 93

AMOSTRA Nº Jo D5b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO

Δ D5b A  
○ D5b B



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

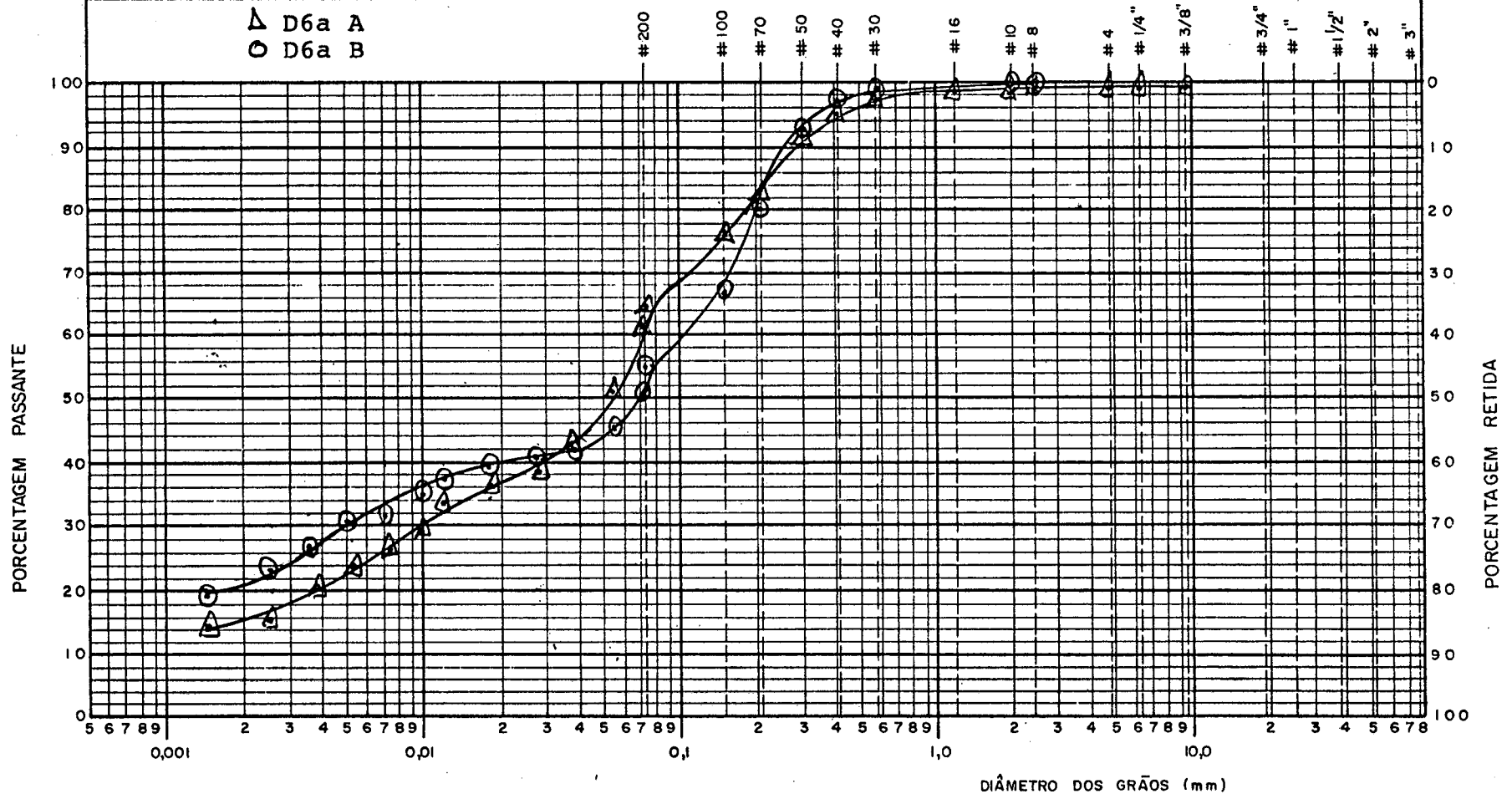
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 22.02/93

AMOSTRA Nº Jo. D6a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

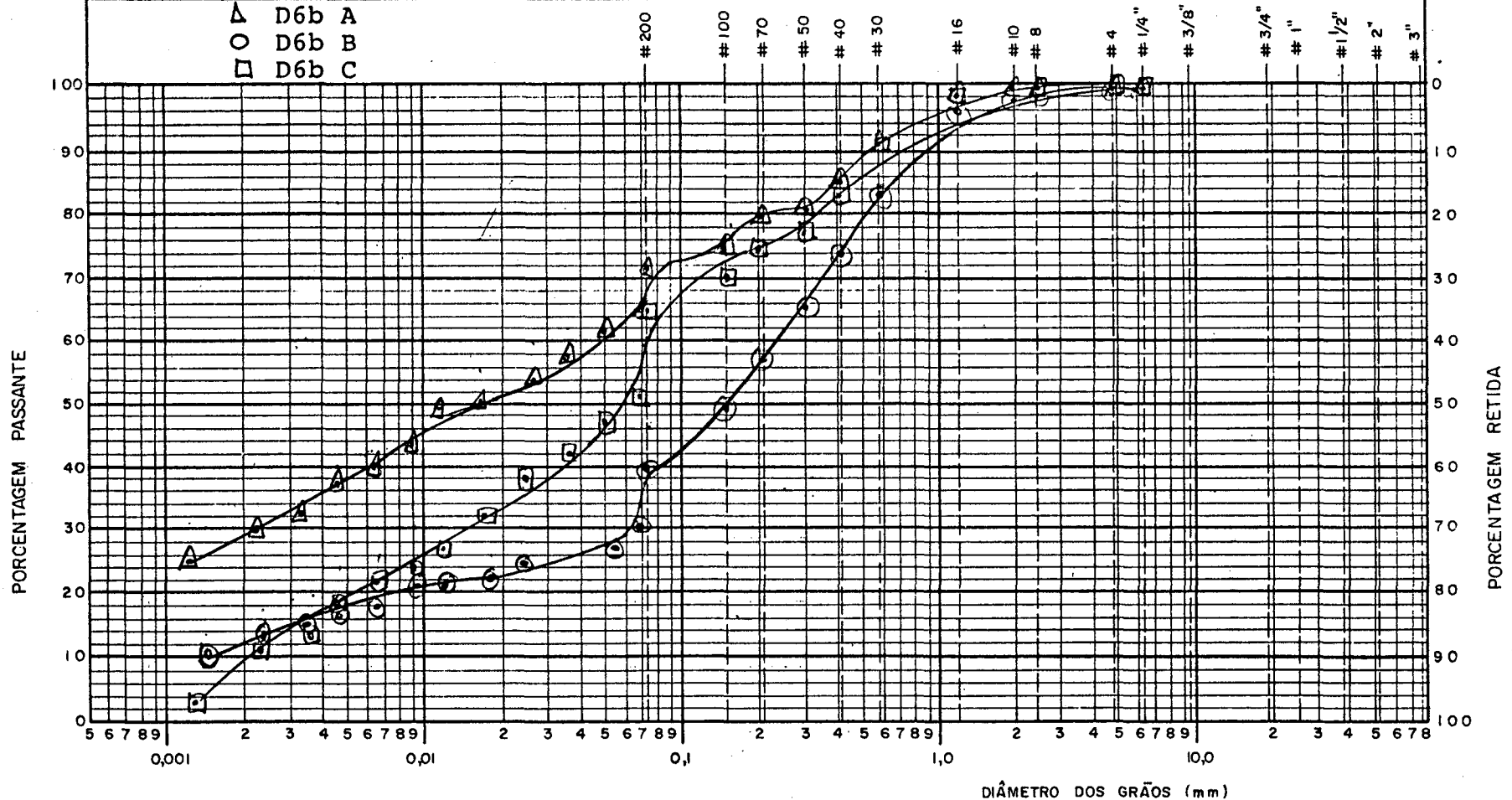
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 25 / 02 / 92

AMOSTRA Nº Jo D6b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO

- △ D6b A
- D6b B
- D6b C



ABNT

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

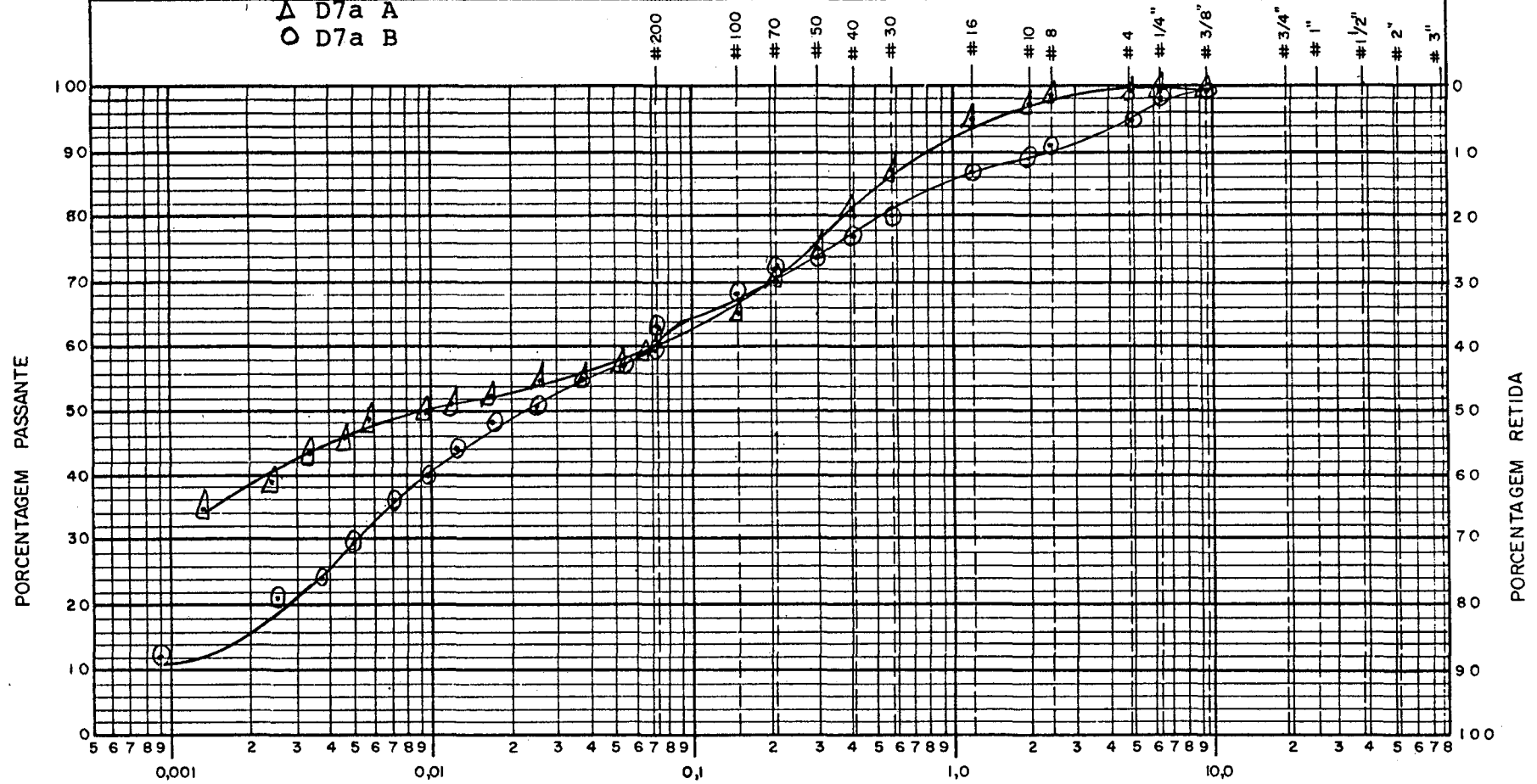
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 1 / 03 / 93

AMOSTRA Nº To D7a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO

Δ D7a A  
○ D7a B



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

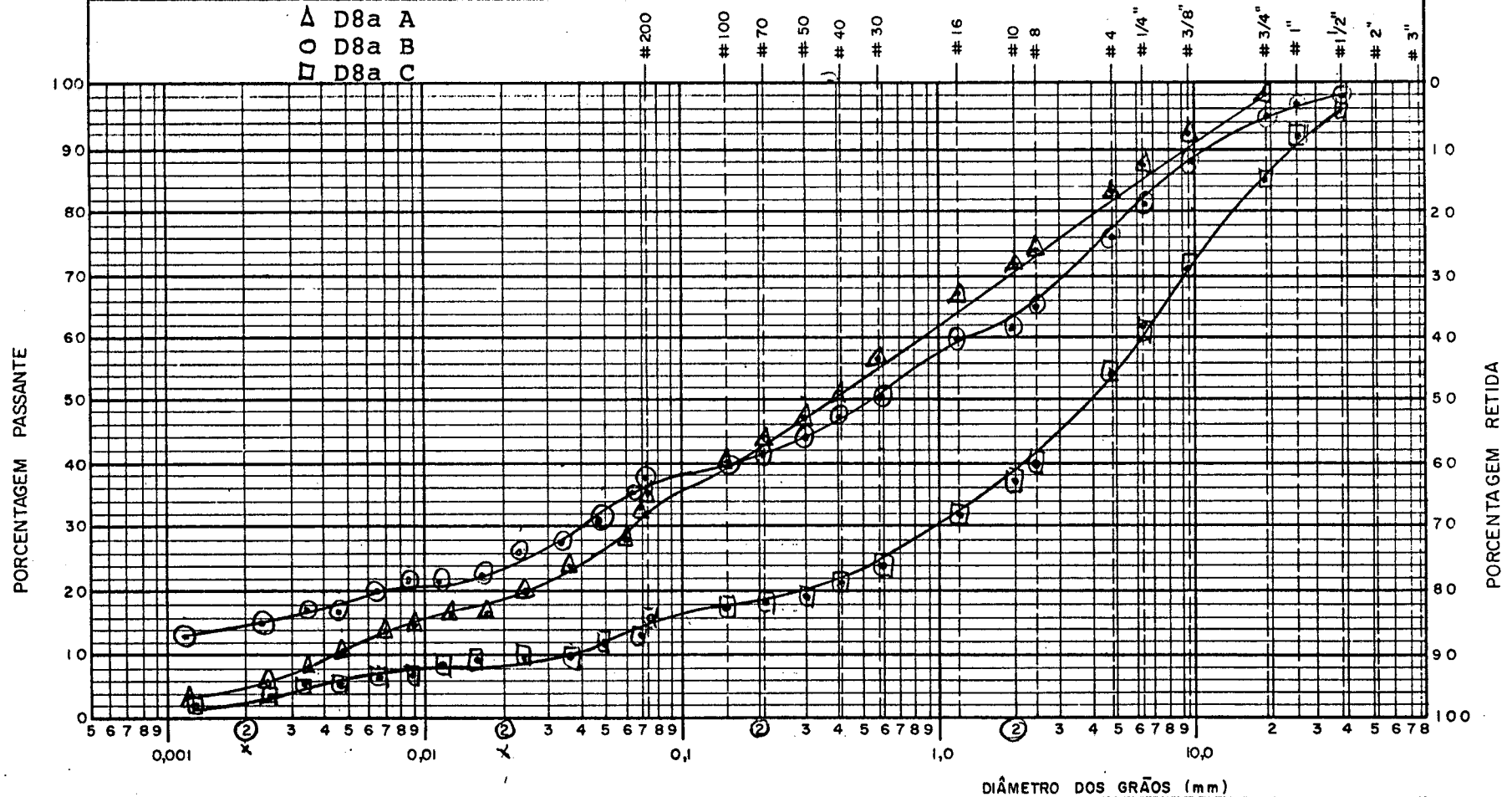
DATA 15 /02 /93

AMOSTRA Nº Jo D8a

LABORATORISTA Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

▲ D8a A  
 ○ D8a B  
 □ D8a C



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO





UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA .....

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

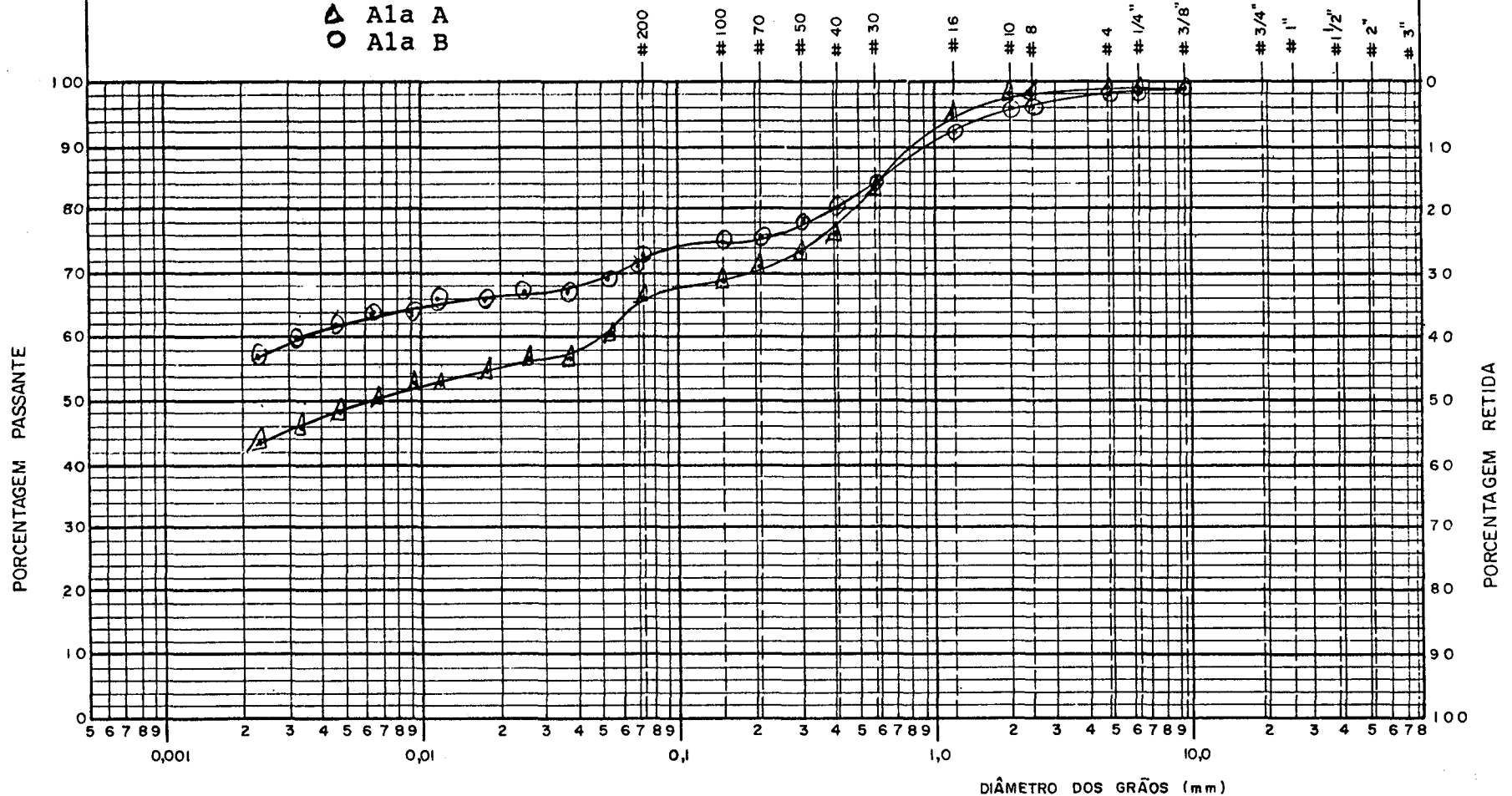
DATA 10 / 03 / 93

AMOSTRA Nº Jo Ala

LABORATORISTA Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

△ Ala A  
○ Ala B



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

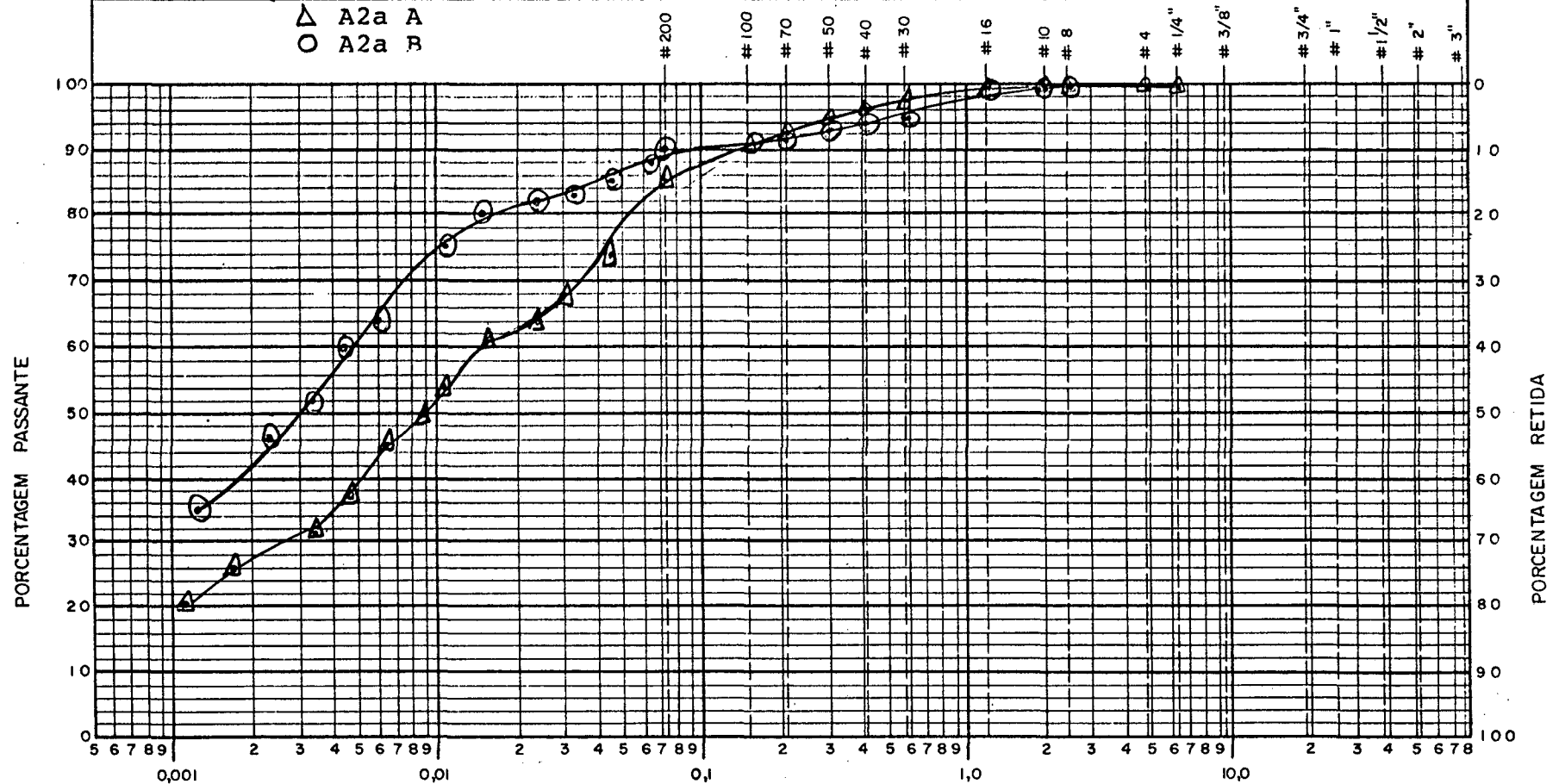
DATA 5 /02 /92

AMOSTRA Nº Jo. A2a

LABORATORISTA Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

△ A2a A  
○ A2a B



ABNT

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

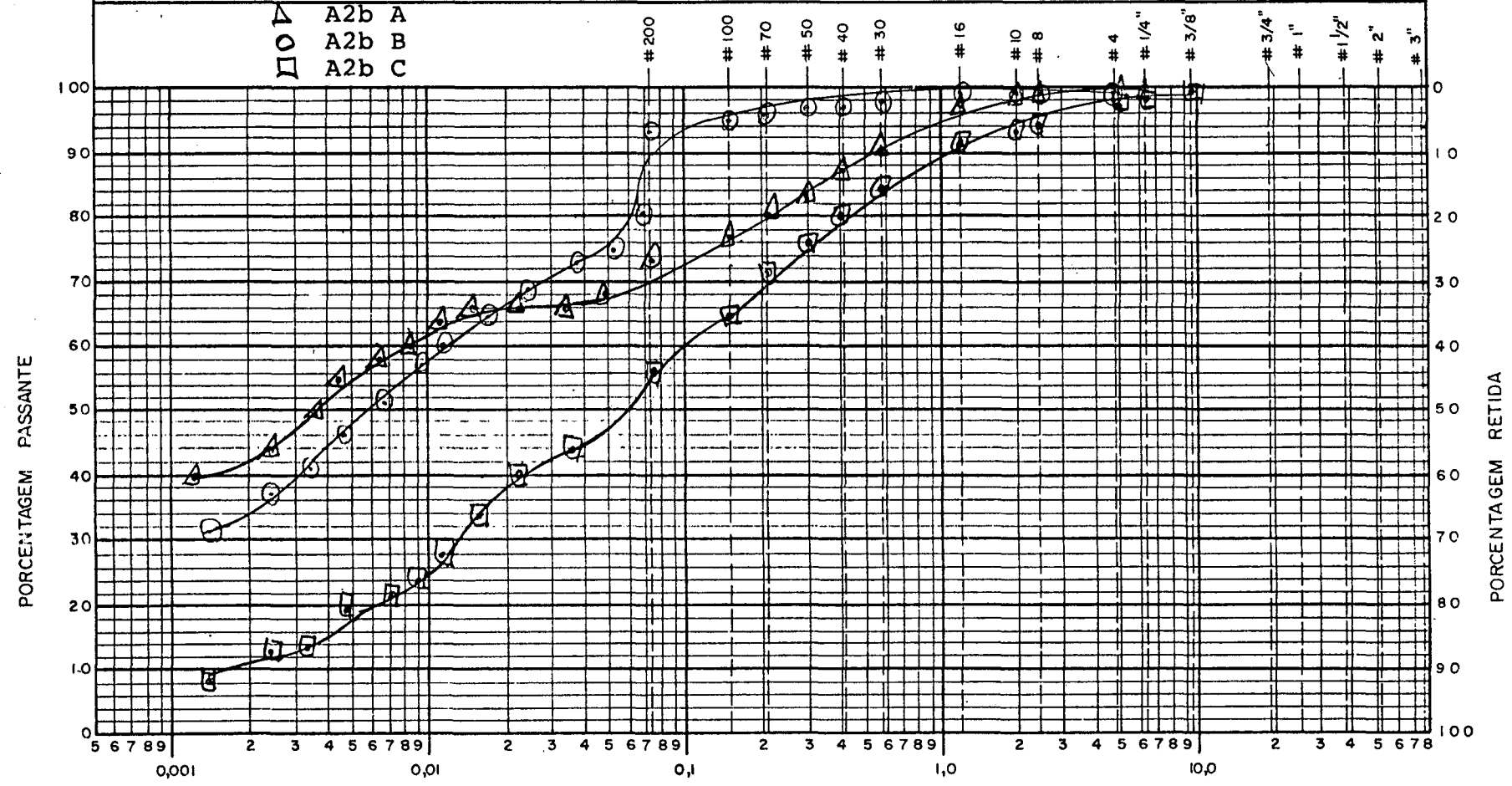
LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 03 / 03 / 93

AMOSTRA Nº Jo A2b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO

Δ A2b A  
 ○ A2b B  
 □ A2b C



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



UFSC

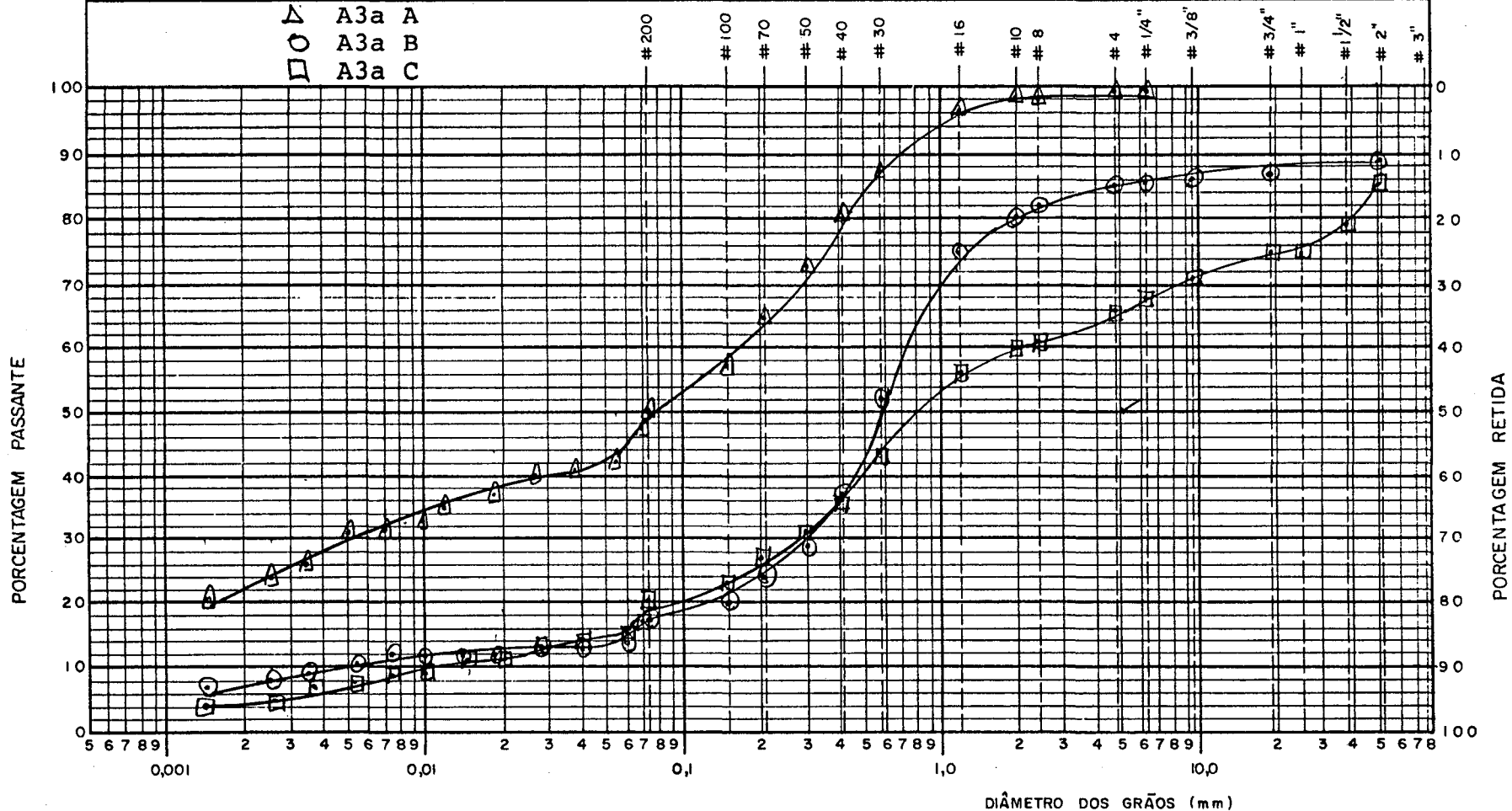
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

### CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 9 /03 /93 .....

AMOSTRA Nº Jo A3a ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO .....



PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO

ABNT



UFSC

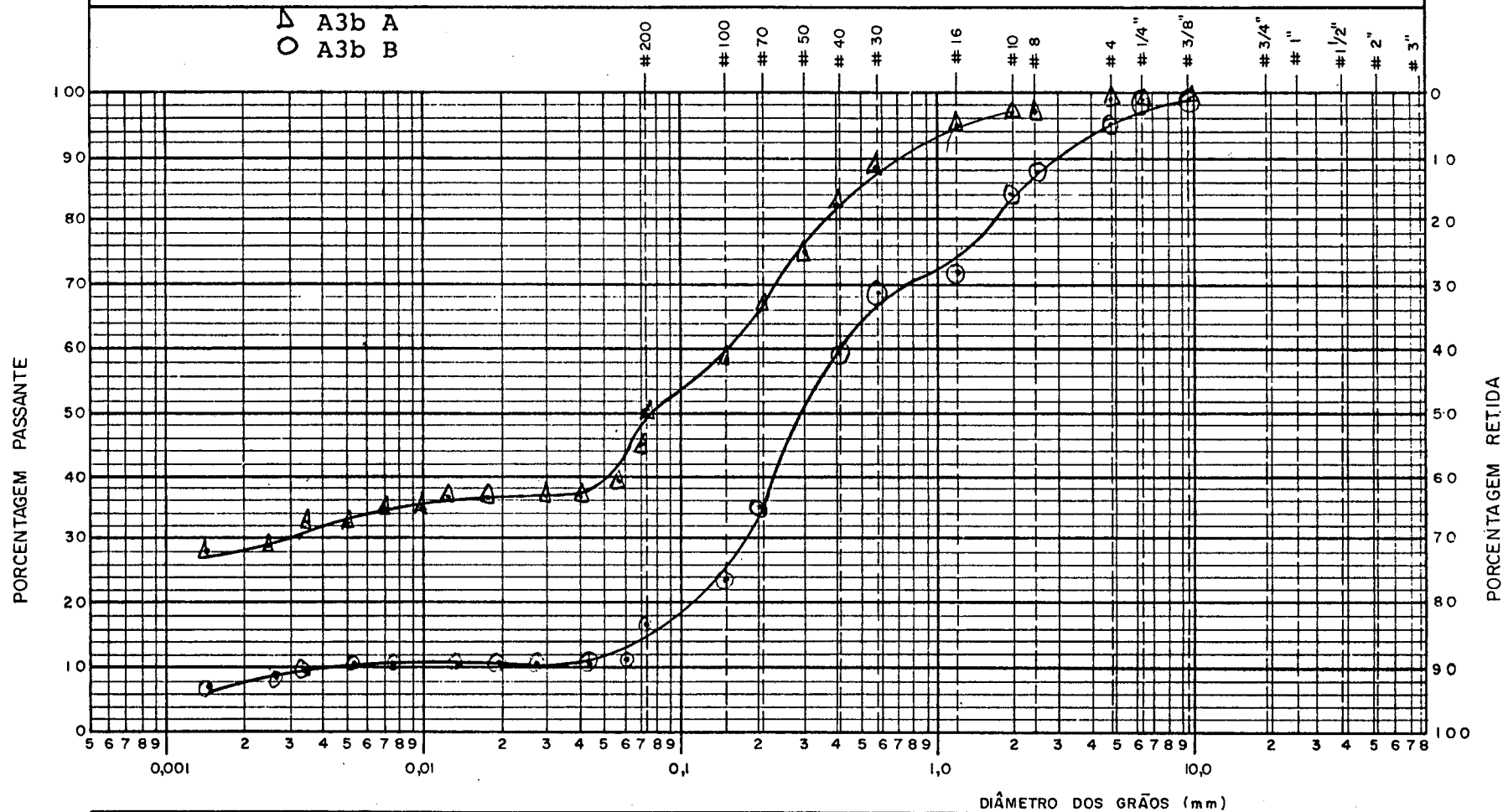
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 25/02/92

AMOSTRA Nº Jo A3b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO .....



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

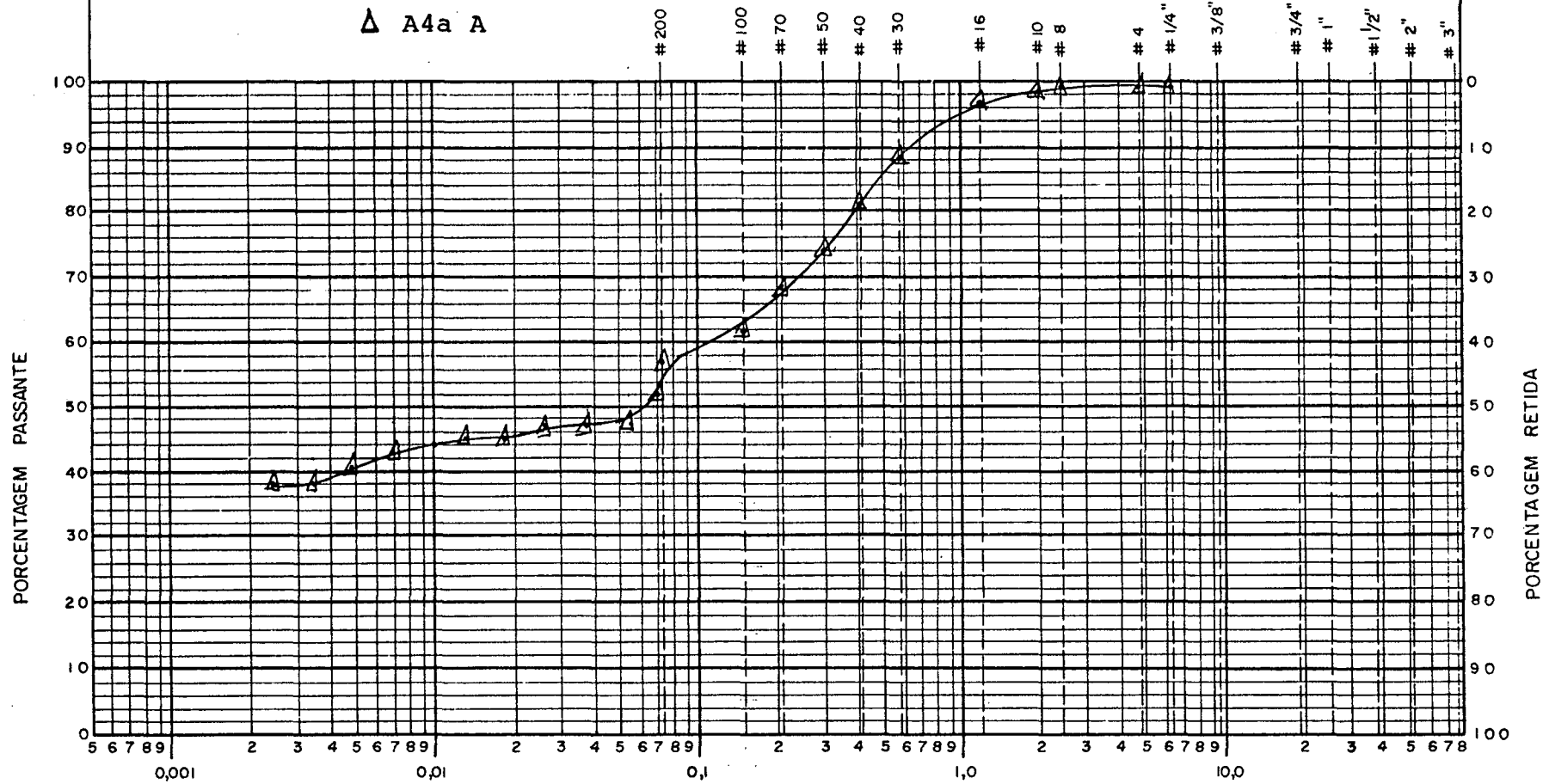
DATA 10 /03 /93

AMOSTRA Nº Jo A4a

LABORATORISTA

Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

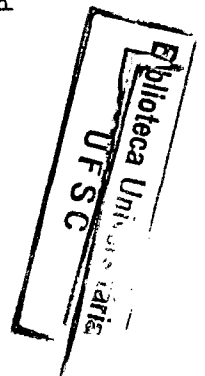


PORCENTAGEM PASSANTE

PORCENTAGEM RETIDA

ABNT

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO





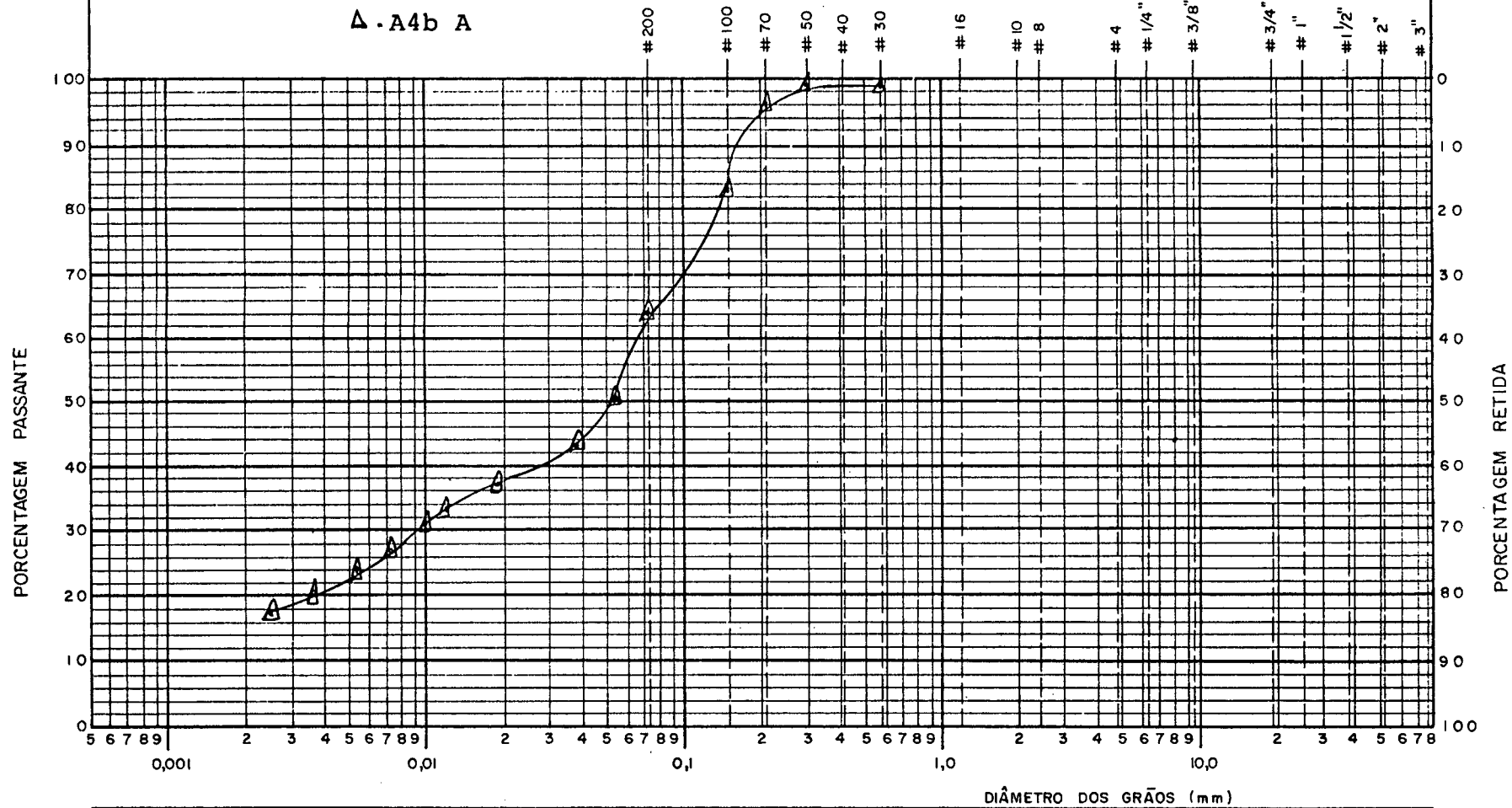
UFSC  
ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

BRA ..... ORIGEM DA AMOSTRA Joinville ..... DATA 10 / 03 / 93 .....

AMOSTRA Nº Jo A4b ..... LABORATORISTA Leandro ..... CHEFE LABORATÓRIO .....



ABNT

ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



UFSC

ECV

LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - LMS

# CURVA GRANULOMÉTRICA

BRA .....

ORIGEM DA AMOSTRA Joinville

DATA 01 / 03 / 93

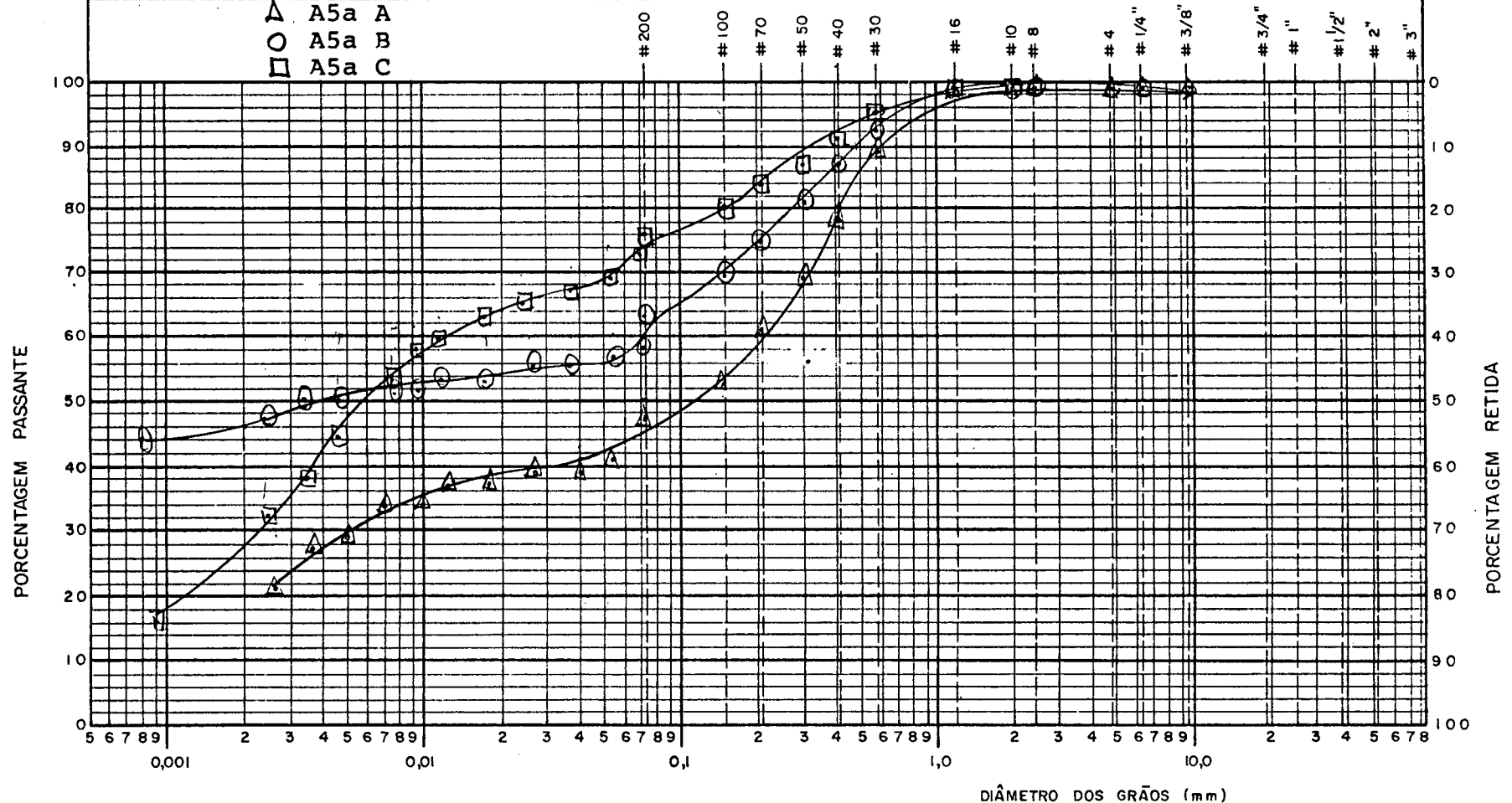
AMOSTRA Nº Jo A5a

LABORATORISTA

Leandro

CHEFE LABORATÓRIO

- △ A5a A
- A5a B
- A5a C



ABNT

DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)					
ARGILA	SILTE	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	PEDREGULHO



**APÊNDICE 2**

UNIDADE	AMOSTRA	PROFUNDIDADE (m)	GRANULOMETRIA						LIMITE DE CONSISTENCIA			%AREIA %ARGILA	ATIV. COLOIDAL
			pedregulho > 4.8 (mm)	areia grossa 4.8-0.84 (mm)	areia média 0.84-0.25 (mm)	areia fina 0.25-0.05 (mm)	silte 0.05-0.005 (mm)	argila <0.005 (mm)	LL%	LP%	IP%		
D8a	1.A	0.00 - 0.28	18	22	15	19	16	10	40.80	30.78	10.02	5.60	1.02
	1.B	0.28 - 0.83	22	22	14	10	14	18	50.50	26.47	24.03	2.55	0.75
	1.C	0.83 - 1.12	46	26	9	8	5	6	28.90	22.30	6.60	7.16	1.40
D1a	1.A	0.00 - 0.30	--	4	15	22	15	44	69.80	47.19	22.61	0.93	0.61
	1.B	0.30 - 2.40	0.5	2.5	13	19	21	44	56.30	41.13	15.17	0.78	0.46
	1.C	2.40 - 3.00	--	0.5	10.5	30	37	22	46.00	NP	NP	1.86	--
D1b	2.A	0.00 - 3.80	1	2	9	19	8	61	64.80	44.65	20.15	0.49	0.32
	2.B	3.80 - 4.80	22	5	12	14	11	36	58.60	43.61	14.99	0.86	0.24
	2.C	4.60 - 5.60	1	4	13	22	6	54	59.10	40.23	18.87	0.72	0.33
D1c	3.A	0.00 - 0.50	1	5	12	18	12	52	67.00	46.76	20.27	0.67	0.40
	3.B	0.50 - 1.70	1	5	12	18	20	44	61.20	47.17	14.03	0.79	0.31
	3.C	1.70 - 3.00	10	10	12	16	24	28	NP	NP	NP	1.35	--
D5b	2.A	0.00 - 0.18	8	16	19	17	11	29	NP	NP	NP	1.79	--
	2.B	0.18 - 0.54	27	12	13	10	8	30	NP	NP	NP	1.16	--
D2a	1.A	0.00 - 0.07	--	8	14	22	17	39	58.70	41.43	17.27	1.12	0.49
	1.B	0.07 - 0.70	--	6	10	11	7	66	85.90	45.15	40.75	0.40	0.61
D2b	2.A	0.00 - 0.14	2	6	13	20	23	36	63.00	46.61	16.39	1.08	0.55
	2.B	0.14 - 1.60	0.5	6.5	15	14	16	48	59.60	38.68	20.92	0.73	0.47
	2.C	1.60 - 3.00	1	13	20	26	24	16	36.20	NP	NP	3.68	--
D2c	3.A	0.00 - 0.25	2	14	16	20	18	30	56.30	37.92	18.38	1.66	0.55
	3.B	0.25 - 2.10	2	5	8	13	22	50	74.40	58.32	16.08	0.52	0.37
	3.C	2.10 - 3.00	0.5	8.5	14	21	28	28	73.00	NP	NP	1.55	--
D2d	4.A	0.00 - 0.25	2	4	22	26	10	36	55.40	NP	NP	1.44	--
	4.B	0.25 - 1.75	0.5	4.5	13	22	12	48	57.00	41.81	15.19	0.82	0.33
	4.C	1.75 - 3.75	1	3	17	29	30	20	NP	NP	NP	2.45	--
D3a	1.A	0.00 - 1.50	0.5	5.5	14	22	25	33	48.00	42.42	5.58	1.25	--
	1.B	1.50 - 2.50	0.5	19.5	20	15	20	25	44.60	35.87	8.73	2.18	--
D4a	1.A	0.00 - 0.30	2	13	27	25	14	19	54.30	41.33	12.87	3.42	0.68
	1.B	0.30 - 2.90	4	10	20	20	14	32	49.40	34.79	14.61	1.56	--
	1.C	2.90 - 3.50	0.5	7.5	11	20	29	32	52.30	40.97	11.33	1.20	0.53
D5a	1.A	0.00 - 0.50	10	14	11	15	7	43	54.40	38.70	15.70	0.93	0.27
	1.B	0.50 - 1.10	5	16	20	16	11	32	50.00	40.69	9.31	1.62	0.24
	1.C	1.10 - 1.70	5	10	21	20	23	21	44.90	35.44	9.46	2.42	0.44
D6a	1.A	0.00 - 0.15	1	9	18	12	12	48	56.20	44.42	11.78	0.81	--
	1.B	0.15 - 1.15	2	8	14	7	7	62	NP	NP	NP	0.46	--
D6b	2.A	0.00 - 0.12	18	10	14	10	13	35	NP	NP	NP	0.97	--
	2.B	0.12 - 1.15	22	4	6	22	18	28	53.60	43.61	17.89	1.14	--
	2.C	1.15 - 1.70	--	16	19	34	23	8	NP	NP	NP	8.62	--
D7a	1.A	0.00 - 1.20	0.5	8.5	17	18	10	46	65.90	39.47	26.43	0.94	0.56
	1.B	1.20 - 1.70	5	11	13	15	26	30	58.00	37.04	20.96	1.30	1.01

Resultados dos Ensaio

UNIDADE	AMOSTRA	PROFUNDIDADE (m)	GRANULOMETRIA						LIMITE DE CONSISTÊNCIA			%AREIA %ARGILA	ATIV. COLOIDAL
			pedregulho > 4.8 (mm)	areia grossa 4.8-0.84 (mm)	areia média 0.84-0.25 (mm)	areia fina 0.25- 0.05 (mm)	silte 0.05- 0.005 (mm)	argila <0.005 (mm)	LL%	LP%	IP%		
A1a	1.A	0.00 - 0.37	0.5	1.5	11	40	24	23	45.20	32.87	12.33	2.28	0.72
	1.B	0.37 - 0.77	--	1	8	47	14	30	44.60	32.42	12.18	1.86	0.56
A2a	1.A	0.00 - 0.40	0.5	0.5	5	17	39	38	63.20	51.50	11.70	0.59	0.40
	1.B	0.40 - 0.80	--	3	5	4	28	60	80.00	52.50	27.50	0.20	0.61
A2b	2.A	0.00 - 0.20	0.5	5.5	12	15	13	54	65.50	46.61	18.89	0.60	0.38
	2.B	0.20 - 1.80	1	1	2	21	27	48	71.80	NP	NP	0.50	--
	2.C	1.80 - 3.20	3	9	16	25	29	18	60.80	50.71	10.09	2.77	0.73
A3a	1.A	0.00 - 0.25	0.5	6.5	25	25	13	30	34.40	23.64	10.76	1.88	0.39
	1.B	0.25 - 0.50	15	18	39	15	3	10	NP	NP	NP	7.20	--
	1.C	0.50 - 0.87	35	12	21	14	9	6	NP	NP	NP	8.33	--
A3b	2.A	0.80 - 1.50	1	8	21	38	8	24	42.50	23.87	18.63	2.79	0.54
	2.B	1.50 - 2.20	5	24	29	30	2	10	NP	NP	NP	8.30	--
A4a	1.A	0.00 - 1.50	0.5	6.5	25	20	8	40	48.50	34.57	13.93	1.28	--
A4b	1.A	0.00 - 1.00	--	--	0.5	45.5	32	22	41.60	NP	NP	2.09	--
A5a	1.A	0.00 - 0.20	0.5	5.5	31	22	11	30	46.20	33.97	12.23	1.95	--
	1.B	0.20 - 1.50	0.5	2.5	19	22	5	51	79.60	42.57	37.03	0.85	0.70
	1.C	1.50 - 2.50	--	2	10	20	21	47	58.70	44.75	13.95	0.65	0.40

### Resultados dos Ensaio