

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**UTILIZAÇÃO SUBTERRÂNEA DOS MACIÇOS
ROCHOSOS: uma alternativa de preservação ambiental na
Ilha de Santa Catarina.**

Efigênia Soares Almeida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

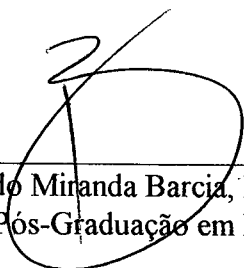
Florianópolis

2001

Efigênia Soares Almeida

UTILIZAÇÃO SUBTERRÂNEA DOS MACIÇOS ROCHOSOS: uma alternativa de preservação ambiental para a Ilha de Santa Catarina.

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia, especialidade em Engenharia de Produção, na Área de Gestão Ambiental** e, aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina/EPS/UFSC.

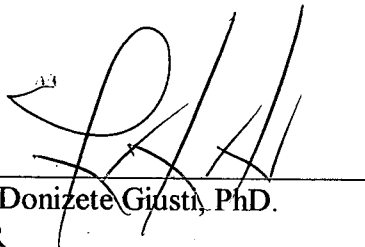


Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

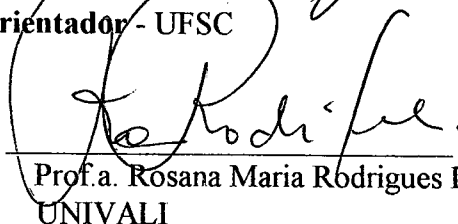
BANCA EXAMINADORA



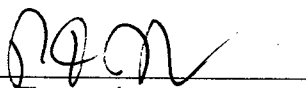
Prof. Nelson Infanti Junior, Dr.
Orientador - UFSC



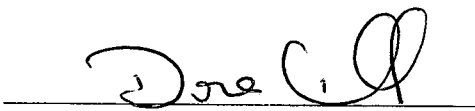
Prof. Donizete Giusti, PhD.
UFPR



Prof.a. Rosana Maria Rodrigues Dra.
UNIVALI



Prof. Paulo Fernando Lago, Dr.
UFSC



Prof.a. Dora Orth, Dra.
UFSC

Agradecimentos

À minha família, por ter suportado minhas constantes ausências e, muitas vezes, a minha impaciência.

Ao Professor Doutor Nelson Infanti Júnior, pela orientação, apoio e paciência.

À CAPES pela bolsa de estudos.

À UNIVALI, especialmente aos colegas do Laboratório de Sensoriamento Remoto do CTTMar, pelo apoio irrestrito.

Ao IPUF, em especial ao amigo Marcelo Vieira Nascimento pelo apoio no fornecimento de materiais indispensáveis ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Doutor Paulo Fernando Lago, pela atenção e importantes conselhos.

Ao Professor Doutor Luiz Fernando Scheibe, pelo apoio e contribuições ao longo do trabalho.

Ao Professor Leonardo Redaelli, pela atenção com que sempre me recebeu e pela inestimável contribuição ao desenvolvimento da pesquisa através do empréstimo de livros, artigos e revistas técnicas.

Ao Marcelo Moreira da ITIS, pelo apoio na elaboração de figuras.

Ao João Vicente Paes, pelo importante apoio na elaboração e confecção dos mapas e de toda parte gráfica.

E a todos os amigos que contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial a Professora Dra. Rosana Maria Rodrigues.

Sumário

Lista de Quadros	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Reduções	ix
Resumo	x
Abstract	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos da Pesquisa	2
1.2 Justificativa.....	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Geotectônica dos Maciços Rochosos	5
2.1.2 Classificação da Rocha Intacta.....	10
2.1.3 Estruturas dos Maciços Rochosos.....	12
2.1.4 Descrição/Caracterização/Classificação dos maciços Rochosos.....	14
2.1.5 Os Maciços e as Escavações Subterrâneas	19
2.2 Utilização de Maciços Rochosos.....	21
2.2.1 Importância da Rocha para Construção Civil.....	21
2.2.1.1 O Setor Mineral no Brasil	22
2.2.1.2 O Setor Mineral em Santa Catarina.....	24
2.2.2 Rochas Como Materiais de Construção.....	25
2.2.3 A Utilização do Espaço Subterrâneo	26
2.2.3.1 Túneis e Metrôs.....	27
2.2.3.2 Cavernas para Estocagem	29
2.3 Aspectos da Legislação Mineral, Ambiental e Municipal	34
3 A ÁREA DE ESTUDO – ILHA DE SANTA CATARINA.....	47
3.1 Aspectos Gerais	47
3.2 Geologia Geral e Local.....	49
3.3 A Ilha e Sua Expressão Geológica	53
4 EVOLUÇÃO URBANA, CARACTERÍSTICAS NATURAIS E PROTEÇÃO NA ILHA DE SANTA CATARINA.....	57
4.1 Evolução Urbana	57
4.2 Florianópolis, Hoje	62
4.3 Paisagens Naturais da Ilha de Santa Catarina	65
4.4 Preservação de Áreas Naturais na Ilha	66
4.5 Urbanização - Luta por Espaços	69
5 METODOLOGIA	71
5.1 Definição do Tema da Pesquisa.....	73
5.2 Materiais Bibliográficos e Cartográficos Disponíveis.....	74
5.3 Coleta de Dados Gráficos	82
5.4 Sensoriamento Remoto.....	82
5.5 Sistema de Informação Geográfica.....	85
5.6 Definição do Uso de Programas Computacionais	87
5.7 Elaboração de mapas Temáticos e Interpretação de Imagem. Satélite Landsat.....	88
5.8 Pesquisa de Campo e Interpretações	94
6 RESULTADOS E PROPOSTAS	96

6.1 Descrição, Setorização e Utilização dos Maciços Rochosos da Ilha de Santa Catarina	96
6.1.1 Estrutura dos Maciços Rochosos da Ilha.....	96
6.1.1.1 Ocorrência de Lineamentos e Diques na Ilha de Santa Catarina.....	97
6.1.1.2 Ocorrência de Lineamentos, Densidade de Lineamentos, Freqüência de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais e Zonas de Fragilidade para Obras Subterrâneas na Ilha	100
6.1.1.3 Diques na Ilha de Santa Catarina.....	102
6.1.2 Setorização dos Maciços da Ilha de Santa Catarina	116
6.1.2.1 Maciço Setor Sul.....	116
6.1.2.2 Maciço Setor Centro-Norte	120
6.1.3 A Utilização dos Maciços Rochosos da Ilha.....	125
6.1.3.1 A Mineração de Britas no Aglomerado Urbano de Florianópolis	125
6.1.3.2 Túneis da Via Expressa Sul.....	131
6.1.3.3 Propostas para Utilização Subterrânea dos Maciços Rochosos da Ilha.....	133
6.1.3.3.1 Pedreiras Subterrâneas.....	135
6.1.3.3.2 Estacionamentos Subterrâneos.....	136
6.1.3.3.3 Túneis.....	137
6.1.3.3.4 Estações para Tratamento de Água e Esgoto	143
6.1.3.4 Vantagens da Utilização Subterrânea de Maciços Rochosos e Custos.....	148
7. CONCLUSÕES	151
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
9 ANEXOS	161

Lista de Quadros

Quadro 1: Classificação do Material Rocha quanto a resistência segundo Deere & Miller, 1986	11
Quadro 2: Qualidade de maciços rochosos e suas notas segundo Bieniawski, 1973.....	18
Quadro 3: Utilização de Minerais pelo Homem	21
Quadro 4: Uso do espaço subterrâneo no Mundo	32
Quadro 5: Características Físicas da Ilha de Santa Catarina	124

Lista de Figuras

	Páginas
Figura 1: Tipos de esforços	6
Figura 2: Elipsóide triaxial de tensões.....	7
Figura 3: Esforços em corpos de prova, fraturas de cisalhamento	8
Figura 4: Gráfico distribuição do valor da produção mineral em SC.....	24
Figura 5: Área de estudo	48
Figura 6: Imagem satélite da Ilha -SC	56
Figura 7: Malha urbana centro de Florianópolis em 1938	58
Figura 8: Malha urbana centro Florianópolis em 1998	59
Figura 9: Gráfico representativo crescimento populacional no aglomerado urbano de Florianópolis.....	61
Figura 10: Detalhe contato diabásio/granito, maior fraturamento do diabásio.....	103
Figura 11: Afloramento do granito subida Morro da Cruz	104
Figura 12: Croqui dique de diabásio Morro da Cruz.....	105
Figura 13: Morro Queimada destacando depressão no topo.....	106
Figura 14: Dique diabásio Praia da Joaquina	112
Figura 15: Frente lavra da Pedreira PEDRITA.....	114
Figura 16: Detalhe fraturamento diabásio/granito/diabásio.....	114
Figura 17: Detalhe riolito encontrado no Ribeirão da Ilha.....	118
Figura 18: Maciço Morro da Costeira visto do continente	121
Figura 19: Gráfico da produção de britas no aglomerado urbano de Florianópolis.....	126
Figura 20: Bancada Pedreira PEDRITA, vista da estrada do RioTavares	129
Figura 21: Impacto ambiental em saibreira abandonada próximo Praia Mole.....	130
Figura 22: Túneis Via Expressa Sul - Emboque A – Prainha.....	132
Figura 23: Túneis Via Expressa Sul - Emboque B - Saco dos Limões	133
Figura 24: Estacionamento subterrâneo Hosp. Caridade	137
Figura 25: Localização possível túnel ligação Av.H.Luz/Trindade	138
Figura 26: Localização possível túnel duplicação acesso à Lagoa da Conceição.....	139
Figura 27: Localização possível túnel duplicação acesso Saco Limões/UFSC	140
Figura 28: Localização possível túnel acesso Ingleses/Praia Brava.....	141
Figura 29: Localização possível túnel ligação Praia Brava/Lagoinha	141
Figura 30: Localização possível túnel ligação Caieira/Pântano do Sul.....	142
Figura 31: Esquema de possível caverna armazenamento de água M. Campeche.....	144
Figura 32: Possível modelo de ETE no Morro Costeira.....	145
Figura 33: Caverna para armazenamento de água no M. Feiticeira.....	146
Figura 34: Caverna para ETE ou armazenamento de água M. da Lagoa.....	147
Figura 35: Caverna para armazenamento e distribuição de óleo M. Queimada.....	148
Figura 36: Variação do Custo de caverna de armazenagem em função das condições geológicas.....	150

Lista de Tabelas

	Páginas
Tabela 1: Crescimento relativo população no Aglomerado Urbano de Florianópolis	61
Tabela 2: Freqüência de direções de lineamentos na Ilha-SC	99
Tabela 3: Produção anual de britas - índice de consumo (m ³ /hab.)	127

Lista de Reduções

Siglas

IPUF	Instituto d Planejamento Urbano de Florianópolis
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
CPRM	Cia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil
MME	Ministério das Minas e Energia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
PDM	Plano Diretor de Mineração
RM	Região Metropolitana
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
SC	Santa Catarina
CIC	Centro Integrado de Cultura
ONG	Organização Não Governamental
MNT	Modelo Numérico de Terreno
SIG	Sistema de Informação Geográfica
APP	Área de Preservação Permanente
APA	Área de Preservação Ambiental

Reduções

Art.	Artigo
MDP	Mangues, Dunas e Parques
RQD	Rock Quality Designation
PEDRITA	PEDRITA Planejamento e Construção Ltda. (Pedreira)
SAIBRITA	SAIBRITA Mineração e Construção Ltda (Pedreira)
N	Norte
S	Sul
E	Leste
W	Oeste
NE	Nordeste
NW	Noroeste
km	Quilômetro
cm, cm ²	Centímetro, centímetro quadrado
mm	Milímetro
m, m ² , m ³	Metro, metro quadrado, metro cúbico
Kg.	Quilograma
Cap.	Capítulo
hab.	Habitante
n.º	Número

Resumo

A cidade de Florianópolis, situada na Ilha de Santa Catarina entre as latitudes 27° 22' S e 27° 50'S, possui incontestável vocação turística ligada às suas características físicas e naturais: morros recobertos pelo verde da exuberante Mata Atlântica que, ao se encontrar com o mar azul, forma costões rochosos entrecortados por belíssimas praias arenosas. O processo de urbanização pelo qual vem passando nas últimas décadas, tem gerado conflitos entre a preservação ambiental e a necessária expansão do espaço urbano. Esta pesquisa, estuda os maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina, procurando ressaltar seu potencial sob dois importantes aspectos: escavação subterrânea para estocagem e/ou construções de vias de transporte (túneis) e exploração mineral. Estas alternativas para utilização dos maciços rochosos da Ilha, procuram unir ao mesmo tempo a ampliação de espaços urbanizáveis e preservação ambiental. Foram utilizadas como ferramentas técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG que, associadas a dados de campo, resultaram em uma série de mapas temáticos relacionados ao meio físico da Ilha de Santa Catarina. A análise dos resultados obtidos nos mapeamentos permitiram chegar à propostas de utilização subterrânea dos maciços rochosos da Ilha.

Palavras chaves: maciços rochosos, escavação subterrânea, sensoriamento remoto, preservação ambiental.

Abstract.

Florianópolis, located on Santa Catarina Island, at $27^{\circ} 22' S$ e $27^{\circ} 50' S$, has a huge turistic vocation due to its physical and natural characteristics: green mountains covered with tropical rain forest that reaches the blue sea, forming rocky coasts interrupted by beautiful sandy beaches. The urbanization process it has been passing through in the last decades has generated conflicts between environmental preservation and the necessary increase of the urban space. The present research studies the rock mountains from Santa Catarina Island, trying to highlight its potential under two important aspects: underground excavation for storage and/or tunnels and mineral exploration. Those alternatives for the utilization of the island rock mountains try to join at the same time, the enlargement of new urban spaces and the environmental preservation. In this reaches they were used like technical tools of remote sensoriamento and SIG that, associated the field data, they resulted in a series of thematic maps related to the physical middle of the Island of Santa Catarina. The analysis of the results obtained in the maps they allowed to arrive the proposal of underground use of the rock mountains of the Island.

Key words: rock mountains, underground excavation, remote sensoriamento, environmental preservation.

1. INTRODUÇÃO

O aglomerado urbano de Florianópolis, que evoca o fato da conurbação de espaços urbanos dos municípios de Florianópolis, São José, Biguaçu e Palhoça, pressupõe por esta constatação, notória expansão que vem se acelerando nas últimas décadas.

A expansão acelerada de espaços urbanos tem sido bastante generalizada no Brasil, em relação, sobretudo, às cidades situadas nos níveis hierárquicos de metrópoles e cidades de porte médio, entre as quais se situa Florianópolis que apresenta fortes evidências de cidades submetidas a um processo de metropolização.

Entretanto, considerando-se principalmente os espaços da área insular do município de Florianópolis, observa-se a influência de fatores ou condições do meio físico territorial que dificultam a expansão do espaço urbano, pelo menos segundo os procedimentos tecnicamente utilizados para a diversidade de edificações e, mesmo em relação a obras de natureza infra-estrutural.

Estes fatores ou condições que representam obstáculos à urbanização, se referem principalmente às peculiaridades da superfície quanto ao relevo caracterizado por maciços rochosos integrantes das “serras litorâneas” e também às áreas de baixadas, mais planas, denominadas “planícies costeiras”, nem sempre adequadas a edificações por razões naturais ou pela legislação que os identifica como espaços *non aedificandi*. Estes maciços rochosos funcionam como verdadeiras barreiras que interrompem a continuidade das planícies.

Desta forma, a ocupação urbanizadora, com evidentes aspectos de uso do solo sem adequados requisitos urbanísticos, em encostas de maior grau de declividade e em áreas

de planícies, indica conflitos para assegurar áreas edificáveis revelando resultados de desequilíbrio ou degradação de unidades ambientais específicas, representadas por coberturas vegetais naturais como os mangues, as restingas e a Mata Atlântica.

A ocupação das encostas cobertas pela Mata Atlântica localizadas junto aos espaços urbanos centrais ou das baixadas, geralmente se manifesta sem adequado ordenamento, insuficiência que parece se agravar na medida do uso cada vez mais intenso.

Uma análise histórica do desenvolvimento de Florianópolis e municípios vizinhos que integram o “aglomerado urbano” (Biguaçu, Palhoça e São José) mostra conflitos relacionados à ocupação do solo, degradação ou supressão de ecossistemas e existência de áreas para a mineração.

A pressão sobre a escassez de espaços disponíveis para a expansão urbanizadora e seus reflexos sobre o meio ambiente, sugere a busca de alternativas além daquelas já observadas na Ilha, tais como: aterro de espaços marinhos, supressão de áreas de mangues ou uso de bordas lagunares, marinhas e de encostas protegidas pela legislação.

Uma alternativa além das referidas seria a utilização subterrânea de maciços rochosos, tanto para reservatórios (de água, óleo, garagens, etc.) como para mineração de pedras britadas/ornamentais e vias de ligação, a exemplo do túnel que vem sendo construído na Via Expressa Sul.

1.1 Objetivos da Pesquisa

O objetivo principal deste trabalho é levantar as características, o potencial e as possibilidades de utilização dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina através da

escavação subterrânea. Esta alternativa será analisada como meio de se criar novos “espaços” a serem utilizados para os mais diversos fins (estocagem de alimentos, óleo; estação de tratamento de água e esgoto; estacionamentos e vias de ligações rodoviárias - túneis) e, ao mesmo tempo, como alternativa para preservação do ambiente natural superficial.

Paralelamente, pretende-se ainda: analisar a evolução da urbanização no aglomerado urbano de Florianópolis, a mineração/demanda de minerais para uso direto na construção civil e a ocupação/degradação/proteção de ecossistemas naturais, relacionando-os com o uso dos maciços rochosos da Ilha.

Para isto, foram estudadas: a geologia e a geotectônica dos maciços rochosos, a ocorrência e distribuição destes maciços rochosos, os principais ecossistemas da Ilha e sua distribuição, a evolução populacional e da mancha urbana, a produção das indústrias extrativas de britas (pedreiras) localizadas em Florianópolis e municípios vizinhos, os projetos e obras de engenharia no aglomerado urbano de Florianópolis (construção de túneis, estação de esgoto, etc.) e o uso dos maciços rochosos para estocagem no Brasil e em outros países, com a finalidade de definir:

- Potencial dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina.
- Caracterização geotécnica dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina.
- Área ocupada pelos maciços rochosos na Ilha de Santa Catarina.
- Setorização dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina
- Propostas para utilização subterrânea dos Maciços Rochosos da Ilha de Santa Catarina.

1.2 Justificativa

Para que seja viabilizado o desenvolvimento de uma região, as limitações e vantagens do meio físico devem ser estudadas, analisadas e respeitadas.

No caso da Ilha de Santa Catarina a expressividade dos maciços rochosos nos chamou atenção. A observação desses maciços rochosos bem distribuídos por toda a Ilha nos impulsionaram ao seu estudo quantitativo e qualitativo, objetivando a sua futura utilização subterrânea.

Através da utilização de técnica de Sensoriamento Remoto as feições estruturais, diretamente relacionados com a litologia e formas de relevo da Ilha foram extraídas.

Os dados levantados e devidamente tratados por programas computacionais forneceram mapeamentos temáticos, base para sua caracterização geotécnica e setorização, culminando em propostas para utilização subterrânea dos mesmos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geotectônica de Maciços Rochosos

Segundo Ladeira & Loczy (1976 p.1), o termo geotectônica é composto por duas palavras de origem grega: Geo, “Terra” e tektonike, “formação”, “construção” e apresenta diversas divisões: Geotectônica Geral; Geotectônica Regional; Geologia Estrutural; Tectônica. Estuda a estrutura e deformação da crosta terrestre, ocupando-se dos movimentos e processos deformatórios originados no interior da Terra, buscando definir seu desenvolvimento e as leis que os regem.

Sempre que uma estrutura rochosa sofre uma deformação (mudança na forma, volume ou posição), ela é o resultado da movimentação das massas rochosas por meio de forças tectônicas que atuam na crosta. Diversas estruturas são desenvolvidas em massas rochosas da crosta terrestre como resultado de movimentos tectônicos. Há abundantes evidências de manifestações nos corpos rochosos, provando que no passado geológico e, mesmo atualmente, a crosta sofreu ou vem sofrendo deslocamentos, dobramentos, emergências ou subsidências.

Desde o fim do Pré-Cambriano (600 M.a) até nossos dias, podem ser reconhecidos nos continentes ou próximo a eles, duas regiões de significado tectônico e história geológica nitidamente contrastante: as faixas móveis, assim denominadas por sofrerem movimentos que produzem energéticos dobramentos e falhamentos de empurrão, originando cadeias de montanhas e os blocos resistentes ou crátons, regiões mais estáveis, que sofrem arqueamentos mais amplos e pequenos deslocamentos verticais Ladeira & Loczy (1976).

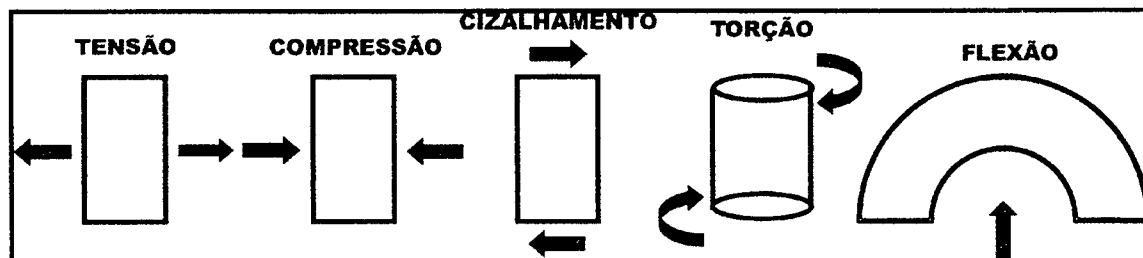
A observação da crosta da Terra nos revela que a distribuição dos materiais que a compõem (rochas) não é uniforme. As rochas variam em tipos e forma de ocorrência: em alguns casos, dispõem-se em camadas; em outros, constituem corpos maciços de formas diversas.

Ainda de acordo com Ladeira & Loczy (1976), para explicar a estrutura da crosta e os processos mecânicos responsáveis por ela, surgiu o campo de estudo denominado Geologia Estrutural, que corresponde à parte da Geologia que se dedica ao estudo da estrutura da crosta, ou seja, da forma e do modo de ocorrência das rochas. O termo “tectônica” é usado no geral para o estudo das feições morfológicas da Geotectônica e da distribuição espacial das estruturas.

As massas rochosas são submetidas a várias forças no interior da crosta. Devido a movimentos relacionados à própria dinâmica interna da Terra, rochas anteriormente soterradas a grandes profundidades, podem hoje ser encontradas na superfície formando serras e montanhas das mais variadas dimensões.

A ação conjunta das forças atuantes na crosta provoca o aparecimento de forças internas no maciço rochoso. Diz-se que o corpo rochoso está sob a ação de **esforço**. Distinguem-se, geralmente, cinco tipos principais de esforços: 1- tensão, 2- compressão, 3-cisalhamento, 4-torção e 5-flexão, conforme figura abaixo.

Figura 1 - Tipos de Esforços

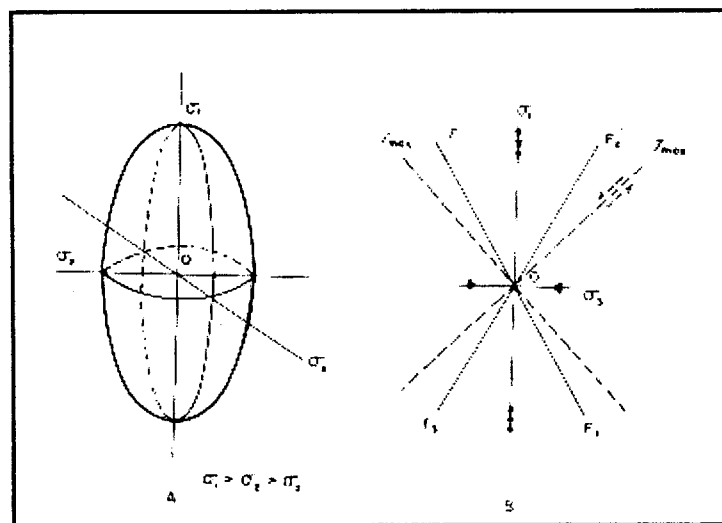


Fonte: Prof. Fernando L. Ladeira (1981).

Neste campo de estudos, para melhor compreensão, as forças atuantes em um corpo rochoso podem ser representadas por **vetores** orientados na direção e no sentido de aplicação das mesmas.

Estudos têm demonstrado que as forças agem tridimensionalmente sobre um corpo. Assim, qualquer campo de esforços pode ser resolvido em três sistemas, de tal maneira que a tensão máxima compressiva (σ_1), tensão compressiva média (σ_2) e tensão compressiva mínima (σ_3) estejam agindo perpendicularmente entre si: três forças atuando sobre três planos orientados perpendicularmente um ao outro, conforme figura a seguir. Em A, o Elipsóide triaxial de tensões com eixos de tensões principais máxima, intermediária e mínima. Em B, o plano definido por σ_1 e σ_3 indicam-se as tensões cisalhantes máximas.

Figura 2: Elipsóide Triaxial de Tensões

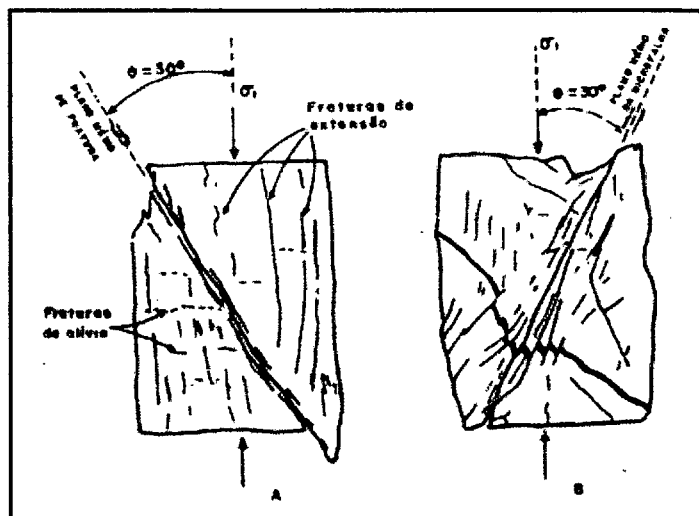


Fonte: Ladeira & Loczy (1976)

A **deformação** é a modificação causada na forma ou no volume de um corpo rochoso pela aplicação de um esforço, resultante da movimentação de massas rochosas

relacionada à tectônica da Terra. Testes de laboratórios servem para nos dar idéia do comportamento do corpo rochoso submetido a esforços, o que pode ser acompanhado na figura seguinte (A, Granodiorito e B, Granito).

Figura 3: Esforços em Corpos de Prova, Fraturas de Cisalhamento.



Fonte: Ladeira & Loczy (1976).

A ação de esforços causa nos corpos rochosos o aparecimento de estruturas tectônicas (diáclases, foliações, bandas e zonas de cisalhamento, falhas, estratificação, dobras, lineações). Na verdade, representam uma resposta do maciço rochoso ao esforço sofrido. Por isto, a análise da tectônica regional é de grande importância para entendimento do arranjo e da estruturação dos maciços rochosos. Definições destes termos são apresentados abaixo de acordo com Ladeira & Loczy (1976):

Diáclases ou **juntas**: são planos ou superfícies de fraturas que dividem as rochas e ao longo dos quais não ocorreu deslocamento das paredes rochosas paralelamente aos planos de fratura.

Cisalhamento: O cisalhamento puro constitui-se de uma distensão segundo uma direção e uma contração uniforme em uma direção ortogonal à primeira. A propagação

do processo de cisalhamento envolve a formação e ampliação de bandas de cisalhamento de diferentes orientações.

Falhas: são fraturas ou cisalhamentos das rochas, ao longo de cujos planos as paredes rochosas se deslocaram entre si. De um modo geral, o falhamento pode resultar de compressão, distensão ou torção. As falhas podem atingir dimensões diversas, indo de milimétricas (microfalhas) a quilométricas.

Estratificação: estrutura comum das rochas sedimentares devido a sua deposição em forma de estratos ou camadas.

Dobras: são ondulações ou convexidades e concavidades existentes em corpos rochosos originalmente planos. Exibem dimensões variadas, de milimétricas a quilométricas, sendo conhecidas muitas que atingem caráter continental.

Foliação: é o termo que se aplica a feições planares encontradas em rochas metamórficas e que corresponde a vários tipos de estruturas tais como xistosidade (arranjo paralelo dos constituintes minerais que podem mostrar nítido alinhamento), bandamento composicional (faixas paralelas de composição mineralógica ou textural) e foliação milonítica (feição planar resultante de fluxo plástico lamelar, imposto por cisalhamento).

Lineamento: é qualquer linha condicionada topograficamente e observável em mapas topográficos, no terreno ou em imagens (fotografias aéreas, imagens de satélite, etc.). Podem ser causados por falhas, juntas, fraturas, etc.

2.1.2 Classificação da Rocha Intacta

As rochas ocorrem na natureza formando elevações das mais variadas formas e tamanhos. Pelo fato de estarem expostas ao tempo são atacadas pelo intemperismo (conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que causam a alteração da rocha).

O efeito da alteração não fica limitado à superfície, mas se estende até à profundidade, fato relacionado a presença ou não de fraturas que permitem a infiltração da água.

As rochas apresentam propriedades básicas. A principal propriedade que distingue uma rocha de um solo é a **coesão interna** ou força que liga as partículas umas às outras.

Outra importante propriedade é a **permeabilidade**, facilidade da rocha em ser atravessada pela água. Esta depende da comunicabilidade dos poros da rocha e da existência de fraturas.

Sob o ponto de vista de engenharia, a alteração de uma rocha tem como resultado um decréscimo de sua resistência mecânica, aumento da porosidade e permeabilidade (infiltração de água). Por isto é importante determinar a profundidade da alteração antes de se iniciar uma obra. Sua determinação requer um estudo cuidadoso da história geológica da área (tipo de rocha, vegetação, clima, quantidade de precipitação, índices de infiltração, etc.) onde os trabalhos serão desenvolvidos.

O geólogo ou engenheiro de minas que trabalha com obras de engenharia em rocha, conta com diversas tabelas para classificação das rochas com relação a alteração, geralmente divididas em:

- **rocha sã** ou sem alterações: minerais sem vestígio de alterações.

- **rocha parcialmente alterada:** minerais descoloridos com alteração ligeira ou moderada.
- **rocha extremamente alterada:** neste caso, minerais completamente alterados, gradando para cores do solo.

A rocha intacta ou sã é tida como o material isento de descontinuidades à escala megascópica e regional. Assim, se for uma rocha ígnea, esta classificação indica que a rocha possuirá anisotropia pouco marcante.

Uma boa classificação de rochas deve aliar dados geológicos (litologia) aos dados geotécnicos (estruturais). A classificação geotécnica diz respeito à resistência à compressão simples (MPa) e dá uma idéia da possível resposta mecânica da rocha às solicitações impostas pela obra que se deseja desenvolver no maciço

Vários autores apresentaram classificações para rochas baseadas na resistência à compressão simples. Entre estes autores, pode-se destacar a classificação de Deere & Miller (1966), com boa aceitação no meio científico, conforme tabela seguinte:

Quadro 1: Classificação do Material Rocha Quanto à Resistência segundo Deere & Miller, 1966.

CLASSE	DESCRIÇÃO	Resist. Comp.Simples (MPa) (kg/cm ²)
A	Resistência muito elevada	> 200
B	Resistência elevada	100-200
C	Resistência média	50-100
D	Resistência Baixa	25-50
E	Resistência muito baixa	< 25

Fonte: Ladeira, F.L., 1981

De um modo geral um solo apresenta coesão interna nula ou quase nula. As argilas e outras rochas fracamente consolidadas apresentam valores de coesão interna entre 1,0 a 10,0 kg/cm².

Amostras são retiradas do maciço e levadas ao laboratório, onde se desenvolvem ensaios. Os resultados, principalmente os numéricos, em muito podem contribuir para o maior e melhor conhecimento do maciço como um todo.

Para seu uso, as principais qualidades exigidas das rochas são as seguintes:

Resistência: é a capacidade de suportar a ação das cargas aplicadas, sem entrar em colapso.

Durabilidade: é a capacidade de manter suas propriedades físicas e mecânicas com o decorrer do tempo e sob a ação de agentes agressivos, sejam eles físicos, químicos ou mecânicos. A durabilidade esta relacionada a propriedades físicas da rocha (dureza, porosidade, absorção, resistência, etc.).

2.1.3 Estrutura dos Maciços Rochosos

A crosta terrestre é composta por **rochas**, materiais sólidos ou agregados de minerais formados naturalmente e que se apresentam em grandes massas. Rocha é o material componente do maciço rochoso. As rochas ocorrem na natureza sob enorme variedade, cada uma possuindo uma faixa de composição mineralógica e texturas típicas, constituindo massas rochosas heterogêneas com estruturas próprias e espessuras variáveis.

Por isto, as rochas não são **isotrópicas**, isto é, suas propriedades não se mantêm uniformes em todas as direções, mas variam em função de heterogeneidades composicionais e/ou estruturais (fraturas, falhas, etc.), introduzindo-lhes uma **anisotropia**.

O maciço rochoso é então um meio descontínuo formado pelo material rocha e fraturas que o compartimentam e que, por isto, apresenta descontinuidades como falhas e fraturas na escala local (afloramento) e regional.

No campo, as descontinuidades apresentadas pelos maciços podem ser reconhecidos através de juntas ou diáclases, falhas, estratificação, dobras, lineamentos e zonas de cisalhamento que aparecem no maciço rochoso. Estas, em conjunto, são denominadas estruturas tectônicas.

Entende-se por **estruturas dos maciços rochosos** a disposição arquitetural ou arranjo espacial das rochas e suas relações mútuas. Segundo Ladeira & Loczy (1976), a estrutura é o modo como as partes compositivas de uma rocha ou uma determinada porção da crosta se nos apresentam, sendo assim uma das feições maiores de uma dada massa rochosa. Os estudos sobre a geologia, estruturas e descontinuidades dos maciços rochosos culminam na descrição de suas feições estruturais.

As estruturas ou feições tectônicas apresentadas pelo maciço estão relacionadas à tectônica global ou regional, geradas em estado de fluxo plástico ou em estado rígido, dependendo das condições da deformação.

Quando o estado é plástico (dúctil), as estruturas apresentadas são principalmente dobras, zonas de cisalhamento e foliações. É o caso de regiões movimentadas e metamorfasadas.

Quando o estado é rígido (rúptil), as estruturas são representadas por descontinuidades físicas como **fraturas e falhas**. É o caso de regiões graníticas, como a Ilha de Santa Catarina, onde ocorrem falhas e fraturas segundo orientações preferenciais, compondo famílias ou sistemas que muitas vezes se entrecruzam.

Assim, o estudo direto das rochas de uma área e das condições em que estas ocorrem, nos fornecem alguns esclarecimentos para entendimento das estruturas e da tectônica da mesma.

A natureza das características do maciço difere de local para local em função da história geológica da região.

A análise da estruturação ou a caracterização estrutural dos maciços rochosos é de grande importância em projetos de engenharia civil e mineira, uma vez que estes estudos auxiliam na determinação do comportamento mecânico do maciço rochoso.

2.1.4 Descrição/Caracterização/Classificação dos Maciços Rochosos

As estruturas que podem ser observadas na crosta da Terra representam ajustamentos dos corpos rochosos às contínuas mudanças físicas e químicas que estão se processando desde a sua consolidação. Estes ajustes são representados por deformações, rupturas, esmagamentos, encurvamentos, etc.

Na superfície, os tipos mais comuns de ajustamento são falhamentos e fraturamentos. Estes, assim como qualquer plano estrutural, podem apresentar atitudes horizontais, verticais ou inclinadas, com mergulhos diversos. Suas dimensões também são muito variáveis, podendo possuir desde alguns metros segundo determinada direção ou centenas de metros. Nunca ocorrem isolados, mas sempre em associações e os espaçamentos apresentados (centímetros, metros) também variam muito (Anexo 9.16).

As falhas podem atingir dimensões diversificadas e serem estudadas sob o ponto de vista geométrico e genético, ambos sendo úteis. Podem ser observadas diretamente em afloramentos naturais ou indiretamente através da utilização de métodos geofísicos e

interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite, recursos inestimáveis para a determinação de indícios de falhamento, fato comprovado nos estudos desenvolvidos para a Ilha.

Um maciço rochoso, do ponto de vista do seu aproveitamento em engenharia é um conjunto de blocos de rocha, justapostos e articulados. O material que forma os blocos constitui a matriz do maciço rochoso, também denominado rocha intacta (ou sã), e as superfícies que os limitam, as discontinuidades (Ojima & Serra Júnior, 1998).

A utilização do maciço rochoso está relacionada à constituição geológica da região. Para perfeito conhecimento do maciço torna-se então necessário conhecer a geotectônica e os tipos de rochas em escala regional e local, preocupando-se ainda em descrever e localizar as possíveis discontinuidades, representadas principalmente pelas juntas ou diáclases e as falhas. No maciço rochoso podemos ter:

a) Em escala megascópica:

- Estratificação (cm - m)
- Laminação (cm - m)
- Xistosidade (cm - m)
- Diáclases (cm - m)
- Falhas (cm - m)
- Dobras (cm - m)

b) Em escala regional:

- Diáclases (m)
- Falhas (m - Km)
- Dobras (m - Km)

A geologia e a tectônica são estudadas em trabalhos de campo regionais e locais. A caracterização e representação das descontinuidades em mapeamentos podem ser feitas através parâmetros descritivos das descontinuidades apresentadas pelo maciço rochoso, onde os mais importantes são os seguintes, de acordo com Ojima & Serra Júnior (1998):

Orientação – Atitude da descontinuidade no espaço. A posição da junta ou falha no maciço é definida através de duas medidas: a direção (em inglês, *strike*) e a inclinação ou mergulho (em inglês, *dip*). A *direção* é a orientação em relação ao norte de uma linha resultante da interseção da superfície ou plano da junta ou falha com um plano horizontal imaginário. O *mergulho* da junta ou falha é o ângulo diedro entre o plano da camada e um plano horizontal. Estas medidas são feitas com bússola geológica.

Espaçamento – É a distância perpendicular entre descontinuidades adjacentes; espaçamento médio de uma família de juntas. Procura exprimir a “abundância” relativa de descontinuidades.

Abertura - espaço (vazio ou preenchido) que separa as paredes da fratura ou falha.

Preenchimento – É o material que separa as paredes adjacentes de descontinuidade e que usualmente é mais fraco que a rocha que lhe deu origem.

Persistência - ou continuidade é a relação entre o comprimento da fratura observada e o seu comprimento total.

Percolação – Fluxo de água e umidade livre, visíveis em descontinuidades individuais ou no maciço rochoso como um todo.

Número de Famílias – É o número de famílias que compõem um sistema de juntas.

Tamanho de Blocos – São as dimensões dos blocos de rocha que resultam da orientação das famílias de juntas que se intersectam e do espaçamento das famílias individuais.

Rugosidade - irregularidades observadas nas superfícies das fraturas e falhas.

Ao se desenvolverem trabalhos geológicos/tectônicos em uma determinada área, deve-se procurar descrevê-las da maneira mais exata possível, com todos os detalhes e atributos que forem observados, inclusive a medida de atitudes. Estes conhecimentos tornam-se importantes por estarem relacionado às estruturas regionais.

Para desenvolvimento de projetos e obras de engenharia em maciços, torna-se necessário evidenciar os atributos do meio rochoso que, isolada ou conjuntamente, condicionam seu comportamento. Esse procedimento é denominado **caracterização do maciço rochoso**.

A caracterização estrutural dos maciços rochosos conduz, invariavelmente, a uma ampliação das investigações indiretas (imagens satélite, geofísica) e diretas (sondagens mecânicas, abertura de galerias, amostragens e análises em laboratórios). A caracterização direta é executada em mapeamentos mais detalhados.

Com o desenvolvimento dos estudos geológicos-geotectônicos da região e avaliação das características do maciço rochoso, torna-se possível a previsão do comportamento do maciço ante as solicitações a serem impostas pela obra que se deseja nele realizar.

Após o conhecimento das características do maciço rochoso, o passo seguinte é a sua classificação.

“O ato de hierarquizar aquelas características, organizá-las individualmente em grupos ou classes, às quais se possa associar comportamentos diferenciados do meio rochoso, para as condições de solicitação consideradas, denomina-se **classificação geomecânica** do maciço” (Ojima & Serra Junior, *in* Geologia de Engenharia, 1998; Cap. 13, p. 212.).

Existem vários sistemas de classificações geomecânicas de maciços desenvolvidas por diversos autores. De um modo geral todas elas definem diferentes classes, levando em consideração diversos parâmetros relacionados às características do maciço. Os parâmetros mais utilizados por diversos estudiosos são apresentados abaixo em grupos:

Regionais: estruturas externas de porte, água, tensões vírgens.

Rocha: velocidade de propagação, R.Q.D.(Rock Quality Designation - índice de designação da qualidade da rocha), resistência, minerais expansivos, alteração intempérica, estruturas internas, tipo litológico.

Descontinuidades: número de famílias de fraturas, preenchimento, abertura, alteração das paredes, superfície das paredes, espaçamento, orientação.

Através da análise destes parâmetros, chega-se a tabelas de qualidade do maciço, como o exemplo que apresentamos na tabela a seguir.

Quadro 2: Qualidade de Maciços Rochosos e Suas Notas Segundo Bieniawski, 1973.

CLASSE	QUALIDADE DE MACIÇOS ROCHSOS	NOTA
I	Muito Boa	90 - 100
II	Boa	70 - 90
III	Razoável	50 - 70
IV	Má	25 - 50
V	Muito Má	≤ 25

Fonte: Ladeira, F.L.(1981)

Mas esta última etapa (classificação) só é efetivamente realizada quando os trabalhos de uma obra são desenvolvidos. Em nosso estudo nos preocuparemos apenas com a descrição e caracterização geral dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina, base para utilização futura.

2.1.5 Os Maciços e as Escavações Subterrâneas

A construção de obras subterrâneas é uma atividade que tem alcançado notável expansão em diversos países nos últimos anos. Estas obras subterrâneas, quando referentes a vias de comunicação e adução de água são designadas de túneis; as referentes às centrais elétricas, armazenagem e urbanismo subterrâneo são designadas cavernas.

Para se trabalhar com os variados tipos de escavação subterrânea, como construção de cavernas para estocagem subterrânea, abertura de túneis ou galerias para mineração, **um dos principais pré-requisitos é a geologia da região**, uma vez que estes trabalhos são mais facilmente desenvolvido em litologias mais resistentes.

Para melhor conhecimento e entendimento da estrutura da área onde se pretende realizar escavações subterrâneas, o mapeamento geológico-estrutural de superfície torna-se essencial. Tal estudo que fornece os dados anteriormente relacionados, complementados pelo conhecimento da natureza da rocha e da geomorfologia da área de estudo.

No mapa geológico-estrutural, além das diferentes litologias da região (geologia) devem ser apresentadas as feições estruturais das rochas (falhas, dobras, fraturas, etc). Deve ser enfatizados ainda o papel do levantamento geológico detalhado, importante para o conhecimento da área, descrição e caracterização dos maciços, no caso de execução de obras subterrâneas.

Contudo, existem dificuldades que o geólogo encontra no estudo de campo: os afloramentos (rocha expostas sem ou com pouca cobertura vegetal) são raros; as

descontinuidades principais podem estar camufladas pela erosão ou vegetação; a continuidade das zonas afetadas tectonicamente não é certa entre pontos observados.

Quando o estudo de campo não é suficiente, pelas razões apontadas, deve ser complementado com utilização de outros métodos. Dentre eles, as fotografias aéreas e imagens de satélite têm sido de grande utilidade, possibilitando a identificação das estruturas geológicas da área estudada, além de fornecerem elementos sobre as redes de drenagem naturais.

Na escala de detalhe, podem e devem ser complementados por sondagens especiais, geofísica (sísmica de refração, eletrorresistividade, eletro-magnetismo, etc) e ainda poços e galerias para coleta de amostras *in situ*.

As descontinuidades principais devem ser sempre desenhadas sobre os mapas geológicos. Já existem símbolos convencionalmente utilizados, como por exemplo, linhas espessas e contínuas para descontinuidades principais persistentes que são visíveis e linhas espessas tracejadas para descontinuidades cuja persistência é indicada.

Para melhor compreensão da estrutura do maciço rochoso e dos dados diretos de campo, sempre que possível torna-se útil apresentar-se as medidas de orientação através de alguma técnica visual, com representatividade quantitativa tais como: diagramas de roseta (um método simples de se plotar e de apresentar um grande número de medidas de orientações); blocos diagramas em escala mais detalhada mostrando as famílias de juntas e suas respectivas orientações; fotografias do maciço onde são indicadas a direção das juntas principais, etc.

2.2 Utilização de Maciços Rochosos

2.2.1 Importância da Rocha para Construção Civil

Toda substância sólida de origem inorgânica, homogênea e encontrada naturalmente na natureza é denominada **mineral**. Um mineral normalmente ocorre associado a outros minerais, formando um agregado chamado rocha. Quando um mineral ou rocha passa a ter importância econômica, a porção utilizável é denominada **minério**. O minério pode ser aproveitado imediatamente (ex.: areia) ou passar por processos industriais de beneficiamento (ex.: britas), o que dará origem ao **bem mineral**.

Os materiais naturais (rochas) são os mais antigos materiais de construção utilizados pelo homem. Muitas civilizações empregaram a pedra nas suas mais diversas formas de construções. Ainda hoje, em decorrência da durabilidade, boa qualidade, baixo custo e disponibilidade, o uso da pedra ocupa importante lugar nas construções modernas, principalmente em fundações, pavimentação, alvenaria e como rochas ornamentais.

Com o passar do tempo e o uso de tecnologias cada vez mais avançadas, o Homem tornou-se totalmente dependente do setor mineral, conforme ilustra a tabela abaixo. Apenas como exemplo, na construção de uma residência são necessários cerca de vinte e dois minerais, dentre eles, os denominados agregados: **areia, brita e argila**.

Quadro 3: Utilização dos Minerais pelo Homem

PERÍODO	250.000 anos atrás	6.000 anos atrás	100 anos atrás	2001
N.º de minerais utilizados	1 (sílex)	+/- 25	+/- 120	> 350

2.2.1.1 O Setor Mineral no Brasil

No Brasil, um país reconhecidamente importante por suas riquezas naturais, a mineração é responsável por boa parcela da economia. O órgão responsável pelo setor mineral é o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, vinculado ao Ministério das Minas e Energia - MME. Sua finalidade é “promover o planejamento e o fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais, e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo território nacional, na forma do que dispõe o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e legislação que os complementa” (Pinto, 1998).

A quantificação dos recursos e reservas minerais de um país ou de uma região torna-se relevante para a formulação de uma política mineral nacional e mesmo para o desenvolvimento econômico da região.

Segundo Pinto (1998), os minerais estão sujeitos ao ciclo da descoberta-exaustão, que possui seis estágios: descoberta, desenvolvimento, expansão, produção madura, declínio e exaustão - experimentados por minas individuais e por distritos mineiros como um todo. A duração deste ciclo é extremamente variável. O declínio é uma preocupação fundamental, pelo simples fato de que os recursos minerais são exauríveis, isto é, não duram eternamente.

As atividades das empresas de mineração estão sujeitas à legislação minerária vigente no país, consubstanciada no Código de Mineração de 1967 e alterações subsequentes. Além do controle exercido pelo MME através do DNPM, as empresas de mineração devem obedecer a regulamentos e normas definidos por outros órgãos

federais e estaduais, principalmente no que diz respeito ao meio ambiente (Machado, 1989).

Com relação às estatísticas, é o Anuário Mineral Brasileiro que examina o desenvolvimento da indústria mineral brasileira, contendo dados sobre quantidade e valor de produção, reservas, comércio, mão de obra utilizada, investimentos, etc. Já o Sumário Mineral, baseado em pesquisa de mercado, oferece para cada substância mineral, dados sobre as principais estatísticas brasileiras como: produção, exportação, consumo, etc.

Contrastando com os demais setores da economia, a indústria extrativa mineral registrou um crescimento de 9.04% em 1998, segundo levantamento do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pelos dados preliminares do DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral, a produção mineral brasileira cresceu 10,73% em comparação aos resultados verificados em 1997 (Brasil Mineral, maio/1999).

O setor mineral cresce em resposta à demanda provocada pela expansão da indústria e das cidades. O Brasil produz larga variedade de substâncias minerais. Ao todo são 67 substâncias; 21 minerais metálicos, 42 não metálicos e 4 energéticas. (Anuário Mineral, 1998). No Brasil, os minerais metálicos sempre dominaram o mercado, mas na última década vem se verificando que o valor da produção de minerais industriais tende a crescer em relação ao valor da produção de minerais metálicos, à medida que um estado ou região produtora se desenvolve economicamente.

Merece destaque a importância do segmento de minerais industriais, em termos gerais, para a população e para o país. Este setor vem crescendo de maneira mais promissora que o segmento dos minerais metálicos. Assim, os minerais industriais antes relevados ao segundo plano, vêm crescendo em importância e uso.

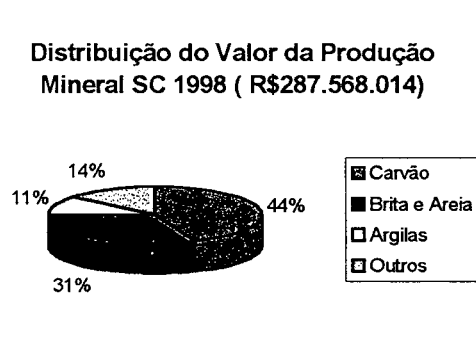
2.2.1.2 O Setor Mineral em Santa Catarina

Ocupando 96.000 km² (1,12% do território nacional), o Estado de Santa Catarina constitui-se num dos maiores produtores de matérias-primas de origem mineral do país, ocupando a 7^a posição em termos de valor da produção mineral nacional.

O estado caracteriza-se como “tradicionalmente mineiro” em virtude de possuir um contexto geológico favorável à ocorrência de depósitos minerais economicamente exploráveis.

Em Santa Catarina, o valor da produção mineral em 1998 foi de R\$ 287,6 milhões (em torno de 2,7% do Valor da Produção Mineral Brasileira, exceto petróleo e gás), para 21 bens minerais produzidos (segundo dados do DNPM). Dentre eles, são destaques: Carvão Mineral (44%), Areia e Brita (31%) e Argilas (11%), cabendo a todos os outros apenas 14%, conforme mostra o gráfico na figura abaixo.

Figura 4 Gráfico da Distribuição do Valor da Produção Mineral em Santa Catarina



Fonte: Revista Areia & Brita (1999)

Pode-se verificar a importância que os minerais industriais ou as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, assumem papel relevante na mineração e na Produção Mineral do Estado, perdendo somente para o carvão mineral.

2.2.2 Rochas Como Materiais para Construção

As rochas são conhecidas e bem utilizadas devido, principalmente, a sua resistência. Hoje, o maior volume de rochas utilizado na construção civil é constituído por fragmentos de rochas de diversos tamanho denominado britas. Com relação à exploração das rochas para utilização como pedra na construção civil, cabe definir os seguintes termos (Maciel Filho, 1997):

Afloramento: é a emergência de uma rocha à superfície da Terra

Ocorrência: é toda a presença de rocha suscetível de fornecer material para a finalidade visada.

Jazida: é toda ocorrência economicamente explorável.

Pedreira: é toda ocorrência de rocha em exploração industrial.

A brita é explorada em pedreiras e para sua extração é utilizada a **lavra A Céu Aberto**. Neste caso, a partir da delimitação da jazida, passa-se a estudar as diferentes concepções da cava, que envolvem bancadas ou paredões que podem atingir até 20 metros de altura. Para definição da geometria final da cava, são ponderados fatores econômicos: demanda, vida útil da mina, custos de implantação, etc. e fatores técnicos: características geológica-geotécnicas dos materiais a serem escavados, característica do equipamento, relação estéril/minério e outros.

O desmonte de rochas é feito por explosivos e é processado por dois agentes: vibrações e ação dos gases. As vibrações ou ondas de choque percorrem o maciço rochoso sob a forma de ondas de tração e compressão e de cisalhamento, o que provoca

tensões que vão decrescendo à medida que aumenta a distância da fonte. A consequência imediata é o desenvolvimento de fraturas na rocha, nas direções de menor resistência, ou abertura de fraturas já existentes.

Para serem utilizadas, as britas ou pedras britadas devem satisfazer às exigências de resistência mecânica e de durabilidade. Estas exigências são comprovadas através de vários testes de laboratório (absorção, porosidade, dureza, resistência à compressão, resistência à tração, resistência à abrasão, resistência a britabilidade, deformabilidade, etc.). Por isto, as rochas mais procuradas para esta finalidade são aquelas mais duras como os granitos, gnaises e basaltos.

Hoje, a brita é matéria fundamental para a construção civil, o que destaca seu papel estratégico, especialmente ao se verificar a ausência de um substituto imediato.

2.2.3 A Utilização do Espaço Subterrâneo

Se considerarmos o aparecimento e evolução da espécie humana, constataremos facilmente que o homem, desde épocas remotas, tem utilizado cavernas e grutas subterrâneas naturais para se proteger.

O Homem constrói e utiliza túneis desde a antiguidade. Em Roma já era comum o uso de aquedutos e túneis para captação de água e até mesmo para esgotos, sendo que alguns deles ainda se encontram em funcionamento hoje. Um **túnel** é uma galeria subterrânea construída para dar passagem a uma via de comunicação.

As escavações subterrâneas antigas eram realizadas com utilização única de ferramentas de mão. Também o fogo foi muito utilizado, servindo para aquecer a rocha que em seguida era resfriada rapidamente com água, causando seu trincamento e

facilitando seu desmonte. Este procedimento facilitou o avanço na rocha, difundindo o uso de túneis.

Com a Revolução Industrial e o uso de transporte ferroviário, muitas ferrovias cortaram montanhas e diversos túneis foram abertos em rochas. O avanço mais rápido dos túneis foi possibilitado pelo uso de explosivos.

Com o crescimento da população mundial, a urbanização atingiu diversas regiões no mundo e com o uso em massa de automóveis particulares, as grandes cidades passaram a enfrentar grandes congestionamentos superficiais, sendo por isto, forçadas a “descer”, ou seja, a utilizar o espaço subterrâneo não só para vias de passagem, mas também para construção de abrigos e para estocagens variadas.

Aliadas ao avanço da engenharia e de novas tecnologias, surgiram os túneis rodoviários e metrô. Este avanço tecnológico conta atualmente com a TBM (Tunnel Boring Machines), uma máquina perfuradora de túnel, conhecida por “Tatuzão”, capaz de avançar 76 metros por dia em rocha.

Hoje, existem em inúmeras cidades do mundo e do Brasil, túneis rodoviários de dimensões variadas, muitas vezes construídos logo abaixo de zonas intensamente habitadas sem causar qualquer problema às habitações ali existentes.

2.2.3.1 Túneis e Metrô

Hoje, devido aos problemas de tráfego em superfície nas grandes cidades, vem sendo cada vez mais utilizado o transporte por trens subterrâneos (metrô), que inclui além das linhas para tráfego dos trens, instalações de acesso e estações construídas a pequenas profundidades.

São muitas as cidades americanas e européias que possuem metrô, mas dentre elas Londres se destaca por possuir um vasto mundo subterrâneo, seguido por Budapeste e Paris. O metrô de Londres possui 272 estações e uma extensão de linhas de 408 km, sendo que destas, 167 km são subterrâneas.

No Brasil, uma obra subterrânea de grande importância foi a construção do Metrô de São Paulo, que inclui um total de 49,2 km de linhas subterrâneas com 46 estações. As outras cidades brasileiras onde o metrô já opera são: Rio de Janeiro com 34,9 km de linhas e 31 estações; Porto Alegre com 34 km de linhas e 17 estações; Belo Horizonte com 21,3 km de linhas e 15 estações (Negreiros, 2001).

Já com relação a túneis rodoviários, Nova York se destaca. O maior túnel rodoviário do mundo é o de São Gotardo na Suíça, que possui 16,3 km. Com relação a túneis ferroviários, o maior é encontrado no Japão (53,8 km). Mais recentemente, foi construído o maior túnel submarino sob o Canal da Mancha, entre França e Inglaterra.

O Rio de Janeiro possui uma grande quantidade de túneis rodoviários e ferroviários para transporte que se localizam em maciços rochosos. Minas Gerais, Paraná e São Paulo também possuem.

Entre Itapema e Balneário Camboriú-SC, foi concluído e inaugurado em 2000 o túnel do Morro do Boi, um dos mais modernos do país. O túnel possui 1007 m, com três pista de rolamento. A rocha escavada foi um migmatito que apresentou inúmeras e fortes descontinuidades e mereceu cuidados especiais durante a execução da obra.

A única obra envolvendo escavações subterrânea na Ilha de Santa Catarina vem sendo desenvolvida no bairro Saco dos Limões, Baía Sul, iniciando-se no local denominado Prainha, próximo ao Centro de Convenções. Esta obra rodoviária, denominada Via Expressa Sul, inclui dois túneis com uma extensão de 730 metros cada,

altura de 10 metros e largura em torno de 16 metros. Cada túnel contém três faixas de rolamento e passarelas de serviço.

No Brasil, este tipo de obra antes executadas por empresas e técnicos estrangeiros, hoje já são executadas por empresas e técnicos brasileiros, provando a evolução da geotecnia nacional e o avanço alcançado pela engenharia de túneis.

2.2.3.2 Cavernas para Estocagem

Escavações subterrâneas em maciços rochosos para estocagem de diversos tipos de produtos, principalmente de petróleo, tiveram início na década de quarenta, na Suécia, fato rapidamente seguido por outros países como Estados Unidos, Finlândia, Canadá, Japão, Noruega e França.

A geologia é pré-requisito importante para construção de cavernas no mundo. Hoje, cavernas para estocagem ou diversos usos podem ser facilmente construída em granitos, gnaisses, xisto, calcário e arenito. O custo dependerá da qualidade/resistência da rocha.

A Suécia se destaca na utilização de escavações subterrâneas para estocagem de produtos (óleo, água, combustíveis, estações de esgotos, etc.), seguida de perto pela Finlândia, Estados Unidos e Canadá. Os exemplos apresentados a seguir foram extraídos de Undergroud Construction - Sweden in Focus, encarte publicitário produzido por Rock Construction Commitee em 1996, baseada na contribuição de várias empresas (Waste Management Company SKB, Siab, Skanska, Nitro Consult, LKAB, NCC, Sydkraft Konsult e SveBefo), que apresentam obras já executadas.

- Exemplos da Suécia

- 1- Estocagem de óleo

Estocagem de óleo em cavernas subterrâneas na Suécia vem sendo utilizada há mais de 40 anos.

1965 - Construção da primeira caverna pela Shell - Refinaria Gothenberg

Capacidade: 180.000 m³

1969 - Ampliação da capacidade da Refinaria Gothenberg

Capacidade: mais 100.000 m³

1974- Ampliação capacidade da Refinaria Gothenberg

Capacidade: 800.000 m³

2- Estocagem de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

Grandemente utilizado na Suécia o espaço subterrâneo para estocagem de gás. Encontram-se distribuídas pelo país várias cavernas com capacidade que varia desde 20.000 m³ até 120.000 m³.

3- Túnel para Estocagem de Água

Cliente: Stockolm Vattem

Construtor: Siab AB

Consultor: Mineconsult

Período de Construção: 1990-1993.

Local: Estocolmo

- Construído em rocha (granito e gnaiss, possuindo veios de pegmatitos e diabásio em algumas áreas) com 3 km de extensão e 3,5 metros de diâmetro, sob a cidade de Estocolmo. Capacidade aproximada: 35.000 m³.

4- Expansão Subterrânea da Sweden's Royal Library

Cliente: National Property Board

Construtor: NCC Anlaggning

Consultor: Tyréns Construction

Período: 1992-1993.

Local: Estocolmo

- Trata-se de uma livraria antiga, construída em 1878 no centro de Estocolmo. Sem espaço para crescer, foi ampliada no subterrâneo, 15 metros abaixo do antigo prédio. Total escavado em volume: 110.000 m³ de rocha, revestida com estrutura de concreto. Foram escavados dois túneis paralelos (150 m de comprimento, 15 m de largura e 19 m de altura), ligados por um túnel menor. O acesso é feito por um poço vertical.

- Exemplos em Outros Países

Vem aumentando o uso de espaço subterrâneo no mundo, fato que pode ser observado na tabela apresentada a seguir. As finalidades são variadas e vêm crescendo devido a inúmeras vantagens oferecidas, como por exemplo, segurança contra incêndios. O maior uso atual é para estocagem de óleo, gás e alimentos, mas vem aumentando o uso para outras finalidades como lazer, estacionamentos e tratamento de esgoto, como os exemplos apresentados a seguir extraídos de encarte publicitário da empresa francesa SOLETACHE: Selection de References, 1993.

Quadro 4: Uso do Espaço Subterrâneo no Mundo.

FINALIDADE	SUÉCIA	NORUEGA	REINO UNIDO	ALEMANHA OC.	FRANÇA	FINLÂNDIA	HUNGRIA	LUXENBURGO	EU/ CANADÁ	JAPÃO	EGITO	TURQUIA	ISRAEL	PERU	BRASIL	ÁFRICA DO SUL	CORÉIA DO SUL	HOLANDA	ÍNDIA	IRAQUE
Petróleo/derivados	x	x	x	x	x	x			x	x			x				x			
Gás natural	x	x	x	x	x				x	x										
Água/ Tratam.	x	x																		
Água Potável	x	x				x			x						x					
Água/ Irrigação									x					x						
Alimentos	x	x				x	x		x	x	x	x								
Frigorificados	x	x				x			x	x										
Ar Comprimido		x		x		x		x	x	x						x				
Abrigos Diversos	x		x			x			x											x
Bases Militares	x		x			x			x											x
Abrigo Anti-Nuclear	x					x														x
Rejeitos Nucleares	x					x			x											
Rejeitos industriais				x					x											
Trat. Esgoto	x					x			x	x								x	x	
Trat. Lixo Urbano	x								x											
Trat. Lixo Atômico	x		x						x											
Arquivos, Museus	x					x			x											
Suprimentos	x		x			x									x					
Praça de Esportes	x					x														
Parque Industrial									x											
Cultivo Cogumelos							x		x											
Hipermercados											x									

Fonte: CARVALHO, N. S. – 7º CBGE, 1993.

1- Monaco Station D'epuration

A Estação de Tratamento de Esgoto de Mônaco foi construída no subsolo da região central, em rocha e com a profundidade de até 24 metros, entre 1987 e 1988.

2- Ville de Gagnes-Sur-Mer - França

A fim de resolver o difícil problema de estacionamento em área turística na cidade de Gagnes-Sur-Mer na França, foi decidida a construção de um inovador tipo estacionamento subterrâneo. Em forma de silo vertical, sem rampa de acesso, com diâmetro de 20 metros e profundidade de 32 metros, contendo 13 níveis de estacionamento e capacidade para 156 veículos. Uma plataforma central elevatória e automática se encarrega do acesso dos veículos. A obra foi executada entre 1987 e 1988.

0.345.003-1

3- Bordeaux - França

A modernização da Place des Grands Hommes, no centro da cidade de Bordeaux - França, foi realizada entre 1988 e 1989 para construção de um estacionamento e um centro comercial. A escavação circular com diâmetro de 57 metros foi executada em calcário e mármore e alcançou 30 metros de profundidade.

• Exemplos no Brasil

Quando analisamos a geologia do território brasileiro, constatamos que o Brasil, em sua grande maioria coberto por rochas pertencentes ao Embasamento Cristalino, apresenta por isto excelentes condições para desenvolvimento de Escavações Subterrâneas para uso diversos.

De um modo geral, o Brasil não costuma utilizar o espaço subterrâneo para estocagem e ainda resiste em lançar mão desta importante estratégia. Atualmente este se restringe ao aproveitamento hidroelétrico (túneis de desvio, de drenagem, de adução, cavernas para implantação de casas de força). É o caso da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso IV, que possui sua casa de força escavada em rocha. Talvez este fato esteja relacionado a vastidão de seu território.

Especificamente com relação a escavações subterrâneas para estocagem no Brasil, cabe destacar a construção de um reservatório subterrâneo para armazenamento de água potável construído na cidade de Santos-SP, concluído em novembro de 1981. A presença de rocha sã (granito/ganisse) de excelente qualidade permitiu que se optasse pela solução de reservatório de água em túnel, na Baixada Santista, com capacidade para armazenar 110.000 m³ de água/dia, no local denominado morro de Santa Terezinha.

Desenvolvida com sucesso, vale salientar a conclusão dos técnicos que participaram daquele trabalho pioneiro no Brasil: “Seja louvada a abertura mental e iniciativa da SABESP em aceitar a solução preconizada de utilização em nosso país do espaço subterrâneo para fins de reservação de água e o apoio de sua equipe técnica durante a implantação da mesma.” (Pereira, L. R. et all, in Anais do Simpósio sobre Escavações Subterrâneas, vol. I - ABGE, p. 686, 1982).

A obra envolveu:

- a) Construção de duas galerias de acesso em rocha, num total de 262 m de comprimento e uma seção média de 62 m².
- b) Ligação dos emboques com o reservatório, feito através de galerias.
- c) Perfuração de poço vertical em concreto armado, com diâmetro interno de 1,5m e 30 m de extensão.
- d) Construção do reservatório propriamente dito, com cerca de 800 metros de extensão, dividido em duas câmaras com seção de 177 m².

2.3 Aspectos da Legislação Mineral, Ambiental e Municipal.

Com relação ao meio ambiente, as primeiras medidas preservacionistas no Brasil nasceram da preocupação com as devastações florestais em todo país e suas conseqüências (erosão, seca de nascentes, etc.), tomadas no Código Florestal através da Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, que reconhece a importância e utilidade da vegetação e, estabelece normas para preservação. Assim, podemos verificar em seu texto, alguns dispositivos normativos, como:

“Art. 2º: Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água....
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) **no topo de morros, montes, montanhas e serras;**
- e) **nas encostas ou antes destas, com declividade superior a 45º equivalente a 100% na linha de maior declive;**
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas de tabuleiros ou chapadas...
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas em todo território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.” (Legislação do meio Ambiente, 1998, p. 565-566).

Em 1967, após estudos desenvolvidos pelo Ministério das Minas e Energia, através de um grupo de trabalho integrado por técnicos do DNPM assessorados por juristas, o antigo Código de Minas de 1934 foi revisado e adaptado às necessidades do desenvolvimento econômico do país. Assim, buscando o estabelecimento das diretrizes gerais de ação do governo no campo da mineração, nasceu o Código de Mineração

(Decreto-Lei n.º 227 de 28/02/67), vigente até hoje. Entre as principais regulamentações deste código (Código de Mineração e Legislação Correlativa, 1987), destacam-se as seguintes:

“Art. 3º Este Código regula: I- os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do país; II- o regime de seu aproveitamento; e, III- a fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

Art. 47 Ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais que constam deste Código, ainda, às seguintes, sob pena de sanções previstas no Capítulo V: XI- Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração.

Art. 85 A jazida é bem imóvel, distinto do solo onde se encontra, não abrangendo a propriedade deste o minério ou a substância mineral que a constitui.”

Apesar das obrigações legais exigidas pelo Código de Mineração no Brasil, nesta época, a Constituição vigente (Emenda Constitucional n.º 1 de 17/10/69), não fazia qualquer menção ao meio ambiente como um bem a ser gerenciado.

A real preocupação com o “meio ambiente” só passou a ter verdadeiro impulso após a Conferência de Estocolmo, encontro internacional entre diversos países realizada em 1972 na Suécia, para discutir e avaliar os problemas relacionados ao meio ambiente.

A partir da década de 80 surgiram no Brasil, leis federais e estaduais que disciplinaram a utilização dos recursos naturais, culminando na Lei Federal nº 6.938 de 31/08/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e

mecanismos de formulação e aplicação. Esta lei, é válida para qualquer atividade efetiva ou potencialmente poluidora.

Em 23/01/86 a Resolução CONAMA n.º 001, especifica em seu Art. 2º:

“Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental -RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente”.

A Resolução 001 CONAMA, por exigir o RIMA, dá um grande passo a favor do meio ambiente, estabelecendo as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

Os princípios fundamentais que regem o aproveitamento dos recursos minerais no Brasil estão definidos e consolidados na Constituição Federal, promulgada em 5 de outubro de 1988. O arcabouço constitucional da atividade mineral em território nacional está assim delineado:

- **os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União;**
- **as jazidas, minas e demais recursos minerais constituem propriedade distinta da propriedade do solo, para efeito de exploração e aproveitamento, sendo garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.**

A Constituição Federal de 1988, buscando exercer a competência de proteção, recuperação e incentivo à preservação do meio ambiente, reza em seu Capítulo VI - Art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem comum do

povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futura gerações.”

Assim, os princípios fundamentais que disciplinam a compatibilização da atividade de mineração com a proteção do meio ambiente estão delineados na Carta Magna de 1988, que define os instrumentos da Administração Pública para consecução deste objetivo e as obrigações daquele que efetua o aproveitamento mineral dos recursos minerais do país.

Este importante avanço contido na constituição, vem fortalecer os órgãos e a aplicação da legislação ambiental, deflagrando campanhas em defesa do meio ambiente.

Dentro deste panorama e com os crescentes problemas ambientais relacionados ao meio urbano/mineração/meio ambiente, foi elaborado o Plano Diretor para Mineração - PDM para a Região Metropolitana de São Paulo, o primeiro do Brasil, publicado em janeiro de 1980 e só mais tarde é seguido por Recife (1995) e Fortaleza (1998).

O Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de São Paulo - Diagnósticos e Diretrizes, foi elaborado para orientar as diretrizes de uso e ocupação do solo com a exploração mineral. Trata-se de um documento pioneiro cujo conteúdo básico é representado por: “um diagnóstico do setor minerário, analisado em conformação com as demais atividades sócio-econômicas da região; um elenco de diretrizes onde são estabelecidos os princípios básicos, as normas e as atividades a serem implementados pelas diversas entidades federais, estaduais, municipais e particulares envolvidas nos assuntos de mineração, uso do solo e controle da poluição da Região Metropolitana de São Paulo.” (PDM-RMSP, 1980)

O PDM de São Paulo foi elaborado após vários anos de estudos de diversos órgãos e organismos federais, estaduais e municipais, cujo resultado é apresentado em dois

volumes: volume I (textos) e volume II (mapas). Além do levantamento do setor mineral na região metropolitana, este trabalho traz importante capítulo intitulado “Integração da Mineração no Planejamento Metropolitano” que analisa a mineração em relação à proteção ecológica, acervo cultural, urbanização e produção rural e estabelece prioridades sobre as diretrizes de uso e ocupação do solo urbano e o cruzamento destas informações com a atividade mineral. Buscando medidas concretas para a solução de inúmeros problemas já existentes e com o objetivo de compatibilizar a atividade minerária com as diretrizes do planejamento metropolitano, ele mostra:

1. Um Quadro demonstrativo das interfaces entre a atividade de extração mineral e as diretrizes de uso do solo metropolitano na Grande São Paulo; e
2. Quadro-Resumo demonstrativo das medidas de aplicação imediata.

Além disto, chama a atenção para a conscientização da importância da Atividade Minerária junto aos municípios e para a importância da adoção do PDM como documento orientador da atividade mineral dentro dos limites municipais, através da expedição de licenças fundamentadas na legislação disciplinadora federal, estadual e municipal. Pode-se destacar também a identificação de áreas de grande concentração de atividades minerais, onde se verificou a existência de problemas legais e técnico-operacionais e a proposta de implantação de “Projetos de Ordenação de Núcleos Mineiros.”

Com a urbanização crescente, as regiões metropolitanas passaram a enfrentar diversos problemas relacionados ao meio ambiente, como lixo, poluição de rios, etc., e claro, conflitos entre as atividades de mineração e os outros tipos de uso e ocupação do

solo metropolitano, principalmente devido as alterações causadas ao meio ambiente e pela população que passa a ocupar espaços bem próximos às áreas de lavra.

Neste sentido, o IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração, vem prestando grandes contribuições através de realizações de seminários ligados à mineração, cabendo salientar importância de Congressos Brasileiros de Mineração. Em especial, o II Congresso Brasileiro de Mineração (3 a 6/ago/87, São Paulo), que contou além dos trabalhos e discussões, com a publicação de uma Coletânea de Trabalhos Técnicos de excelente qualidade, no qual destacamos em relação ao tema Meio Ambiente: “Estudos para Elaboração de Diretrizes para o Aperfeiçoamento e Reformulação da Legislação Ambiental em Relação à Mineração” (Herrmann, H. et al.) que faz uma avaliação do então atual quadro legal e propõe diretrizes para seu aperfeiçoamento e o “Uso e Ocupação de Solo no Entorno de Pedreiras” (Poletto, Cleide et al), que indica as medidas necessárias para minimizar os efeitos da mineração sobre os outros tipos do uso do solo metropolitano.

Mesmo com os crescentes debates e conflitos relacionados à mineração em área urbana, somente 15 anos depois da publicação do PDM de São Paulo, foi publicado o Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Recife , fato que aponta as dificuldades enfrentadas pelos estados para realizar este tipo de trabalho.

O PDM - RM Recife, foi elaborado a partir de ações conjuntas do Ministério de Minas e Energia, através do Departamento Nacional da Produção Mineral e da Delegacia do MME de Pernambuco, e o Governo do Estado de Pernambuco, representado pela Secretaria de Planejamento, Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, através da Fundação de desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, da Companhia Pernambucana

de Controle da Poluição e de Administração dos Recursos Hídricos e da Secretaria de Indústria , Comércio e Turismo, através da Agência de Desenvolvimento Econômico.

Este Plano contém um levantamento completo da Mineração na Região Metropolitana do Recife, contendo os seguintes capítulos: Perfil dos Insumos Minerais da região metropolitana com empresas produtoras, municípios produtores, produção e destino da produção; Planejamento na Mineração contendo as medidas a serem seguidas no caso de implantação de um empreendimento mineiro; Mineração e o Meio Ambiente contendo medidas preventivas e alternativas de controle ambiental; Aspectos Institucionais a serem levados em conta; as regras a serem seguidas em relação ao Uso do solo Metropolitano e a Mineração abrangendo o Zoneamento Mineral e, finalmente, as Diretrizes e Proposições do PDM para implementação futura. “Fundamentalmente, o objetivo precípua desse Plano é o de criar condições de orientar e disciplinar o desenvolvimento a atividade mineral integrada ao planejamento metropolitano, propiciando, ao mesmo tempo, o suprimento de matérias-primas minerais para o setor da construção civil” (PDM para a Região Metropolitana do Recife, 1995).

O Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza foi publicado em 1998 e realizado em conjunto por Ministério de Minas e Energia - MME; Secretaria de Minas e Energia e Metalurgia; Departamento Nacional da Produção Mineral e CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

“Basicamente, este Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza objetiva criar condições capazes de orientar e disciplinar o desenvolvimento da atividade mineral, integrada ao planejamento metropolitano, garantindo o abastecimento

das matérias-primas minerais dos diversos setores de consumo local” (PDM para Região Metropolitana de Fortaleza, 1998).

Este plano segue os mesmos tópicos do anterior, com os seguintes capítulos: Caracterização da Mineração na Região Metropolitana de Fortaleza; Perfil dos Insumos Minerais; Planejamento na Mineração; Aspectos Institucionais; Uso do Solo Metropolitano e a Mineração e Diretrizes e Proposições. De um modo geral apresenta-se mais detalhado e bem ilustrado através de gráficos e tabelas. Com relação ao planejamento na mineração, os métodos de lavra são bem especificados e ilustrados por fotografias e fluxogramas, o que facilita sua visualização. No que diz respeito à mineração e meio ambiente, traz um esboço de zoneamento ambiental na Região Metropolitana de Fortaleza, com as características de cada ambiente, além de apresentar os impactos ambientais e medidas de controle e reabilitação ambiental, indicadas por tipo de extração mineral.

Planos Diretores de Mineração para outras regiões estão em preparação e estudo pelo MME-DNPM: Curitiba, Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Belém, Goiânia, Salvador, Manaus, Porto Velho, Rio de Janeiro e Cuiabá. Tratam-se de importantes estudos, que após a realização, servirão de base para orientar a atuação governamental e municipal na execução de programas para a atividade mineral e ocupação de espaço, principalmente no que diz respeito a **mineração/expansão urbana/meio ambiente**.

Vale salientar que nenhum deles trata do uso do espaço subterrâneo, mas, analisando-se a legislação mineral verifica-se que comprovada a existência da jazida mineral, os maciços rochosos pertencem a União e sua utilização dependerá de autorização e/ou concessão de órgãos competentes (DNPM, FATMA).

O município de Florianópolis ainda não possui PDM, mas nota-se algum avanço na questão ambiental e preocupação com o ordenamento da ocupação dos espaços presentes no seu Plano Diretor.

O Plano Diretor Municipal de Florianópolis publicado em 1998 evidencia a tendência e a necessidade de se preservar os recursos e as paisagens naturais através de diretrizes, proposições e disposições.

Diretrizes

O Plano Diretor apresenta, em sua concepção, as seguintes diretrizes gerais:

- a) Impedir a ocupação urbana em áreas que, por sua paisagem, seus recursos naturais, pela salvaguarda do equilíbrio ecológico e por sua instabilidade ou insalubridade, foram considerados pela legislação Federal e Estadual como área de preservação....
- b) Garantir os espaços necessários para a implantação do sistema estrutural de vias de circulação urbana....
- c) Recuperar e ampliar os espaços exclusivos de circulação de pedestres.
- d) Assegurar melhores e maiores espaços destinados ao lazer e recreação.
- e) Garantir espaços para as atividades produtivas, com especial enfoque aos setores de comércio/serviços, administração pública, turismo e “alta tecnologia”.

Subseção III - Das áreas de Usos Não Urbanos

Art. 20 - As áreas de Usos Não Urbanos compreendem as seguintes áreas:

I- Áreas de preservação Permanente (APP)

II- Áreas de Preservação de uso Limitado (APL)

III- Áreas de Exploração Rural (AER)

IV- Áreas de Elementos Hídricos (AEH).”

Subseção IV - Das Áreas Especiais

Art. 25: As áreas Especiais compreendem as seguintes áreas:

I- Áreas de Preservação Cultural (APC)

II- Área de Preservação de mananciais (APM);

III- Áreas de marinha (AM);

IV- Áreas Inundáveis (AI);

V- Área dos Parques e Reservas Naturais (APR);

VI- Áreas de Proteção dos Parques e Reservas (APPR);

VII- Áreas de Alteração do Solo (AAS);

VIII- Áreas de Proteção dos Aeródromos (APA);

IX- Áreas de Urbanização Específica (AUE);

X- Áreas de Incentivo a Hotelaria (AIH)

XI- Áreas de Restrição Geotécnica (ARG).

Já as Áreas de Preservação Permanente (APP) são aquelas necessárias à preservação dos recursos naturais, à salvaguarda do equilíbrio ecológico, compreendendo:

I- topos de morro e encostas com declividade igual ou superior a 46,6% (quarenta e seis e seis décimos por cento) ou 25°;

II- mangues e suas áreas de estabilização;

III- dunas móveis, fixas e semi-fixas;

IV- mananciais, desde as nascentes até as áreas de captação d'água para abastecimento;

V- praias, costões, promontórios, tómbulos, restingas e ilhas;

VI- áreas dos parques florestais e das reservas biológicas.

Ainda no PDMF, constata-se que em Áreas de Alteração do Solo (AAS), sob regime de licença municipal será permitida a exploração de jazidas de substância minerais de emprego imediato na construção civil, desde que não causem danos ou riscos às propriedades vizinhas, nem mutilação da paisagem natural, desde que tenha autorização prévia dos órgãos competentes.

§ 1º As jazidas a que se refere este artigo compreendem pedreiras, barreiras e saibreiras.

§ 2º A continuidade da exploração de jazidas depende de renovação anual do alvará de licença, após análise prévia dos Órgãos Municipais de Planejamento e Proteção Ambiental.

Existem ainda ressalvas para ocupação das denominadas Áreas de Restrição Geotécnica (ARG), conforme artigo abaixo:

“Art.182 - A ocupação do solo nas diferentes zonas deverá obedecer também a restrições geotécnicas definidas pelo Órgão de Planejamento em estudos específicos.

§ 1º Toda área do Morro da Cruz fica considerada como área de restrição geotécnica, sendo que outras poderão ser criadas através de atos do Poder Executivo.

§ 2º Em áreas a serem urbanizadas poderá o Órgão Municipal de Planejamento exigir laudos geológicos.”

A proposta de utilização do interior dos maciços rochosos de Florianópolis pode vir a levantar as seguintes questões: a quem pertence o subsolo? E se é possível a ocupação deste espaço?

Neste aspecto tornam-se importantes os trabalhos desenvolvidos e publicados através do Simpósio Sobre Túneis Urbanos, promovidos pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, onde destacamos aquele intitulado Legislação Sobre Ocupação do Espaço Subterrâneo, Masi *et al* (1995).

Ainda neste contexto, tornam-se importantíssimos os estudos que vêm sendo desenvolvidos por Fernão Paes de Barros abordando os aspectos legais, práticos, uso e fruição do subsolo e as intervenções do Poder Público, principalmente aquela relativa a propriedade do subsolo. Entre seus diversos trabalhos, destacamos aquele intitulado “A quem Pertence o Subsolo? Aspectos disciplinadores de sua utilização”. Paes de Barros chama atenção para o Plano Diretor Municipal como instrumento básico de desenvolvimento e expansão urbana. Nele deve conter referências específicas e normas relativas ao uso do subsolo urbano.

3. A ÁREA DE ESTUDO – A ILHA DE SANTA CATARINA

3.1 Aspectos Gerais

A Ilha de Santa Catarina ou simplesmente Ilha, como passaremos a denominá-la, possui relações muito próximas com o continente, principalmente no que diz respeito aos aspectos físicos: geologia, topografia, hidrografia e vegetação. Situa-se entre as latitudes 27°22`S - 27°50`S e abriga Florianópolis, a capital do Estado.

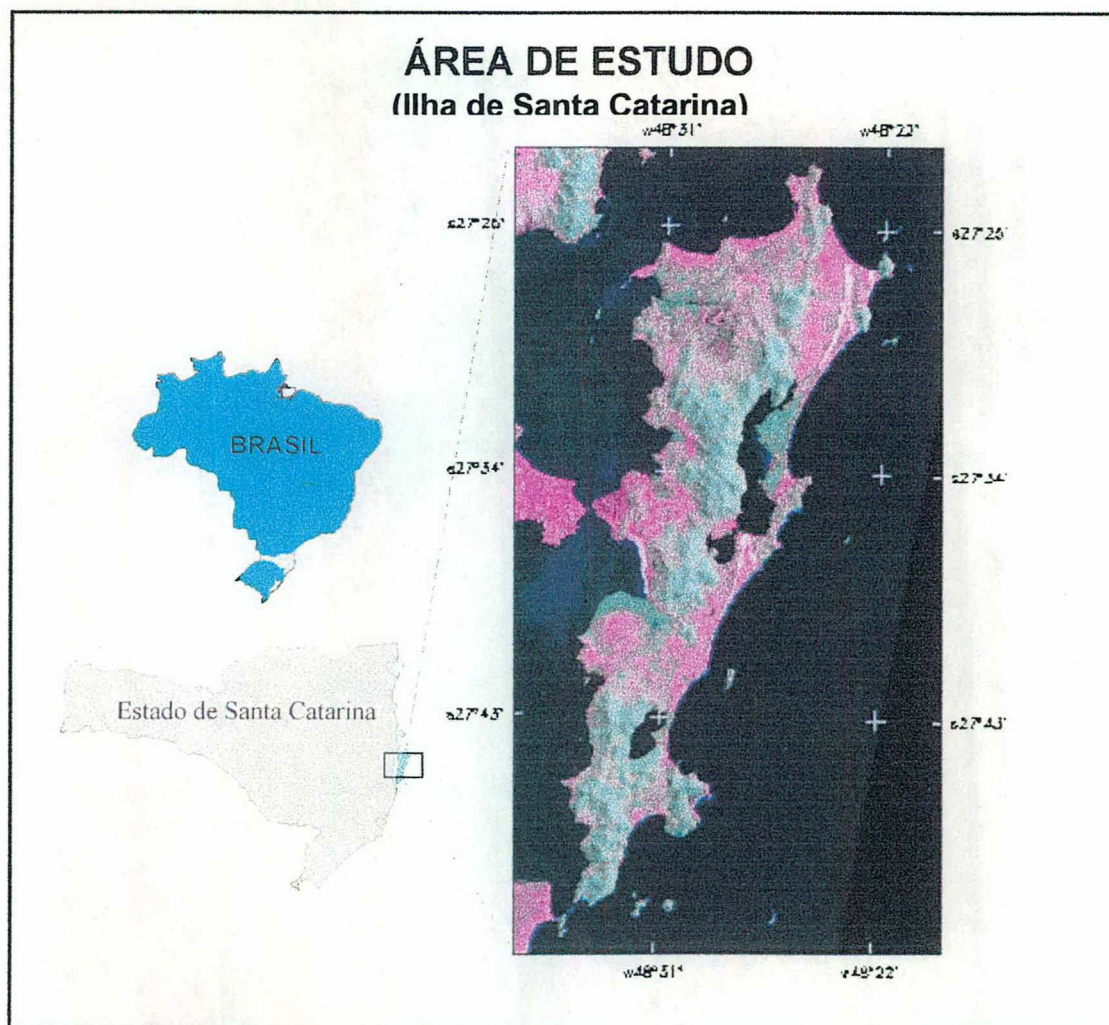
De um modo geral, a Ilha acompanha a costa continental desde a praia da Armação da Piedade, ao Norte, até a praia da Pinheira, ao Sul, com dimensões aproximadas de 54 km de comprimento por 18 km de largura. Sua área territorial abrange 424,40 km², dos quais aproximadamente 29 km² são de rios e lagoas.

A Ilha é separada do continente por um canal estreito em forma de duas grandes baías: a Baía Norte e a Baía Sul. A parte central que divide as duas baías é mais estreita, proeminente e muito próxima do continente, fato que facilitou a construção de pontes de ligação.

A face oeste, diretamente voltada para o continente, apresenta praias estreitas com águas tranquilas. A face leste, diretamente em contato com o mar aberto e exposta a ação das ondas, marés, correntes e ventos dominantes, apresenta planícies margeadas por extensas e belas praias, cordões arenosos, dunas e lagoas, entremeadas por elevações rochosas suaves e arredondadas, que em muitos pontos chegam até o mar formando costões rochosos.

As elevações possuem cotas variadas (100 e 300 metros), chegando a atingir 519 metros no Morro do Ribeirão, ao Sul da Ilha. A largura das planícies varia entre dezenas até centenas de metros e além de cordões arenosos, dunas e lagoas costeiras, também são ocupadas por manguezais. A área de estudo encontra-se destacada na figura seguinte.

Figura 5: Área de estudo – Imagem LANDSAT TM 5 WRS 220/79 - RGB 5,4,3.



3.2 Geologia Geral e Local.

As rochas de uma determinada área ou região podem ser representadas ou visualizadas através de mapas geológicos. Segundo o Dicionário Cartográfico (1983, p.400), o mapa geológico é definido como “um mapa essencial que representa, sob a forma de símbolos e cores qualitativas, os diferentes tipos de rochas e as idades dos terrenos”. O mapa geológico é sempre acompanhado por um relatório explicativo sobre a geologia da área considerada.

Existem diversos levantamentos geológicos no Estado de Santa Catarina em escalas variadas (de 1:500.000 até 1:50.000), desenvolvidos por instituições de pesquisa como IBGE, CPRM, DNPM.

De acordo com o Texto Explicativo e o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, Escala 1:500.000, publicados pelo DNPM-CRM em 1987, a geologia de Santa Catarina é assim apresentada:

- Pré-Cambriano/Eopaleozóico
- Bacia do Paraná
- Cobertura Sedimentar Quaternária.

O Pré-Cambriano/Eopaleozóico

Também denominado Escudo Catarinense, restrito a cerca de 20.000 km² de área exposta, ocorre em toda borda leste do estado, incluindo a Ilha de Santa Catarina e engloba as elevações dos maciços rochosos constituídos por rochas mais antigas, datadas desde o Arqueano (mais de 2,5 Ba. - Bilhões de anos) até o Eopaleozóico (280 Ma. - Milhões de anos).

Litológicamente é constituído por granulitos, granitos, gnaisses, migmatitos, xistos e também por rochas sedimentares com metamorfismo incipiente, pouco dobradas, representadas por arenitos, conglomerados, siltitos, ardósias e filitos, com freqüente associação com rochas vulcânicas extrusivas (riolitos, riodacitos, dacitos e rochas piroclásticas). Com relação às extrusivas, as ácidas são mais comuns e predominam nas regiões de Campo Alegre, Corupá, Cambirela e Iha de Santa Catarina.

A Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma grande estrutura geológica localizada no centro-leste da América do Sul que ocupa mais da metade do estado de Santa Catarina. Trata-se de uma grande bacia sedimentar composta por argilitos, diamictitos, ritmitos, arenitos, siltitos, folhelhos, níveis de calcário e camadas de carvão, referentes a um período geológico que varia de 270 a 120 milhões de anos atrás. As faixas de rochas sedimentares sucessivamente mais antiga, iniciam-se com os depósitos do Grupo Itararé e vão até os depósitos de arenitos Botucatu, recobertos por rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral.

A Cobertura Sedimentar Quaternária

A Cobertura Sedimentar Quaternária é constituída por depósitos inconsolidados ou fracamente consolidados de areias, siltes, argilas ou conglomerados, distribuídos ao longo da planície costeira, nos vales dos principais cursos d'água, ao longo de antigas lagunas ou nas proximidades das encostas. Devido a sua origem variada, são classificadas como: depósitos marinhos, aluvionares, lagunares, eólicos (dunas) e coluvionares.

Quanto a geologia da Ilha de Santa Catarina, esta já foi alvo de inúmeros levantamentos geológicos realizados por diversas instituições de pesquisa e apresentados

em escalas que variam de 1:500.000 até 1:50.000. Não é objetivo do presente trabalho a produção de uma nova carta geológica.

Dessa forma, descrição das unidades litoestratigráficas apresentadas a seguir e o Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina (Anexo 10.1), seguem definições apresentadas por Pires (2000) em sua dissertação de mestrado.

- Complexo Granito-Gnaissico (PSgn)

Compreende rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas polifásicas, envolvidas nos processos de deformação regional, relacionados ao cisalhamento dúctil e injeções de magmas graníticos. A composição é granítica, a coloração é acinzentada e a granulometria varia de fina a grosseira. Pode-se distinguir a olho nu o quartzo, o feldspato e a biotita. Apresentam estrutura maciça ou lineada, com variedades porfiroblásticas bastante comuns. Apresenta-se em pequenas manchas na Ponta das Aranhas e na Ponta dos Ingleses.

- Suíte Intrusiva Pedras Grandes (PS y pg)

Esta unidade é caracterizada por corpos graníticos homogêneos, não deformados, mas que apresentam variações texturais, de granulação e de coloração.

A maior parcela de rochas da Ilha de Santa Catarina é constituída por este tipo de granito, também denominado Granito Ilha por Caruso Jr. (1993).

Regionalmente, estão caracterizados por granitos e granodioritos de cores róseas a cinza claro, granulação bastante variável, desde fina até grosseira, textura equigranular a porfirítica, localmente com deformação cataclástica.

- Formação Cambirela (εca)

Esta denominação é utilizada para denominar rochas vulcânicas e subvulcânicas composição ácida que ocorrem na Ilha de Santa Catarina. Essas rochas vulcânicas e subvulcânicas ocorrem na forma de derrames ou diques de riolitos.

Na Ilha, os derrames ocorrem nas praias do Matadeiro, Armação e Pântano do Sul. Ocorrências menores sob a forma de diques ocorrem dispersos em diversos locais, como por exemplo, no Morro da Cruz e no Morro do Campeche.

Os riolitos extrusivos exibem cores escuras, caracterizadas por uma matriz vítrea englobando fenocristais de quartzo e feldspato potássico. Quando na forma de diques, apresentam cores avermelhadas e cremes. Os granitos subvulcânicos são pórfiros, geralmente avermelhados ou castanho-acinzentados, caracterizados por fenocristais de feldspato potássico e quartzo, imersos em matriz microcristalina.

- Formação Serra Geral (JKsg)

Na Ilha de Santa Catarina, a Formação Serra Geral encontra-se representada por diques de diabásio com espessuras que variam de centímetros a vários metros, freqüentemente intrusivos nas rochas graníticas, com direção preferencial NE.

Apresentam granulação geralmente fina e coloração cinza escuro a preta. Este evento subvulcânico se desenvolveu no intervalo de 119 a 147 M.a, intimamente relacionado com a deriva dos continentes, neste caso a separação da América do Sul e África.

- Depósitos Colúvio-alúvio-eluviais indiferenciados.

Formado por material fragmentário, subanguloso, mal classificado, com variações desde cascalhos até blocos com 2 a 3 metros, geralmente envolvidos em material alterado, argiloso a arenoso, com cores tendendo ao vermelho.

- Quaternário (Qa)

Sob esta denominação, somente neste trabalho, encontram-se reunidos os Depósitos de Origem Marinha e Eólicos Retrabalhados, Depósitos Colúvio-Aluvionares Pleistocênicos, Depósitos Colúvio-Aluvionares, Depósitos Síltico-Argilosos de Baías e Lagunas, Depósitos Arenosos de Origem Marinha, Depósitos Arenosos de Origem Eólica, Depósitos Aluvionares e Depósitos Argilo-Síltico-Arenoso.

3.3 A Ilha e Sua Expressão Geológica e Geomorfológica.

As formas de relevo da Ilha são contrastantes, caracterizado por maciços rochosos integrantes das “Serras Litorâneas” entremeados por áreas mais baixas, planas denominadas “Planícies Costeiras”. Dividida em dois setores, um ao Sul e outro Centro-Norte, a Ilha forma um grande maciço costeiro que se alonga numa dorsal central, acompanhando a costa continental.

De acordo com o IBGE (1997), o relevo da Ilha é classificado em dois domínios segundo seu grau de expressividade geomorfológica:

1. Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos, com a unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense.
2. Domínio Morfoestrutural das Acumulações Recentes, com unidades geomorfológicas Planícies Marinhas e Planícies Alúvio-Colúviais.

Segundo Cruz (1998), na Ilha, as chamadas Serras Litorâneas formam uma seqüência de elevações constituídas por rochas pertencentes ao Embasamento Cristalino que se ramificam lateralmente em esporões rebaixados e separam pequenas bacias fluviais. Os esporões continuam nos pequenos maciços e morros isolados ou podem continuar

submersos, emergindo em pequenas ilhas. Formam vertentes médias e altas, recobertos pela Mata Atlântica.

As Serras apresentam-se gradativamente mais baixas em direção a linha de costa, onde muitas vezes terminam em costões e pontais rochosos. Esses terminais rochosos têm servido de âncora à sedimentação que vêm se processando durante o período Quaternário, representando os terrenos mais recentes na escala geológica.

Na Ilha podem ser observados os grandes traços geológicos continentais, representados pela presença de uma gama de lineamentos estruturais, reflexo da acentuada tectônica rúptil que a afetou durante sua história geológica.

Por se tratar de terrenos pré-cambrianos, nas imagens de sensoriamento remoto, como por exemplo imagens de satélite, é possível determinar o “trend” estrutural da região evidenciado por grandes lineamentos, onde é possível distinguir dois sistemas principais de fraturamentos, um com direção NE e outro NW. Na impressão da imagem de satélite Landsat 5 da Ilha de Santa Catarina (bandas 4,5 e 7), apresentada a seguir na figura 6, este fato pode ser facilmente visualizado.

Observa-se uma estreita relação entre a geometria alongada dos maciços rochosos com os principais lineamentos, evidenciando o controle tectônico que condicionou a colocação destes corpos.

A parte montanhosa constituída por maciços rochosos, nas regiões de maiores altitudes, apresenta topos angulosos com encostas íngremes e atinge sua altitude máxima no denominado Morro do Ribeirão, ao sul da Ilha, com 519 metros. Ao norte, a altitude máxima é assinalada no Morro da Costa da Lagoa com 493 m. Em alguns pontos a rocha exposta pode ser observada, mas em geral estes maciços são recobertos pela

vegetação pertencente à Mata Atlântica. O Mapa Hipsométrico em anexo destaca em cor marrom as principais elevações encontrados na Ilha de Santa Catarina.

Com relação à drenagem, três bacias destacam-se na Ilha: A Bacia do Rio Ratonés (Norte), a Bacia do Tavares (Sul) e a Bacia do Rio Itacorubi (Centro-Norte). Possui ainda duas importantes lagoas: Lagoa do Peri ao Sul e Lagoa da Conceição situada no centro-norte.

Figura 6: Imagem de Satélite Landsat 5 (Bandas 4, 5 e 7), escala aproximada 1:225.000 da Ilha de Santa Catarina.

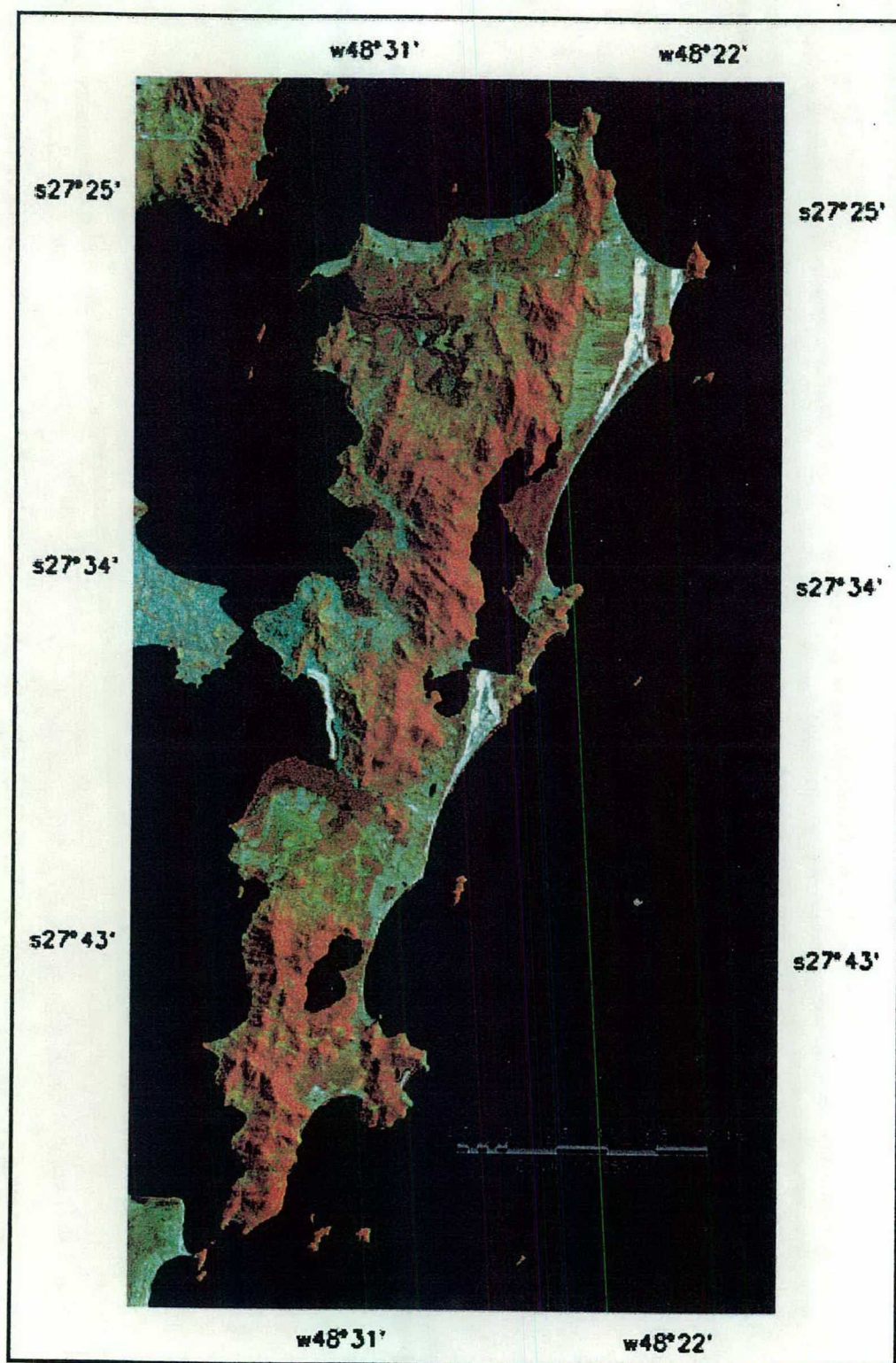


Figura da autora.

4 A EVOLUÇÃO URBANA, CARACTERÍSTICAS NATURAIS E PROTEÇÃO NA ILHA DE SANTA CATARINA

4.1 Evolução Urbana

De acordo com o Guia Digital de Florianópolis, IPUF (2001), a antiga Vila de Nossa Senhora do Desterro passou a ser chamada de Florianópolis a partir de 1894. De um modo geral, o desenvolvimento do núcleo urbano se deu baseado na condição administrativa e no comércio ligado ao porto, nas atividades de pesca e agricultura de subsistência.

Recenseamentos oficiais do IBGE fornecem os seguintes dados para o município de Florianópolis de acordo com LAGO (1996). 25.709 habitantes em 1872; 30.709 em 1890; 32.220 em 1900; 40.252 habitantes em 1920; 46.771 habitantes em 1940; 67.630 hab. em 1950; 97.827 hab. em 1960; 138.337 hab. em 1970; 187.871 hab. em 1980; 255.390 hab. em 1991; 271.281 hab. em 1996. Segundo dados preliminares do censo 2000, possui 321.778 habitantes.

Na Figura 7 apresentada a seguir, a fotografia aérea da região central de Florianópolis executada pela Marinha Americana em 1938, na escala aproximada 1:30.000, apresenta os traçados da malha urbana naquela época. A fotografia foi gentilmente cedida pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Integração do MERCOSUL.

Os dados sobre o crescimento populacional de Florianópolis, mostram uma certa lentidão até a metade do século XX. A ligação rodoviária com o continente, através da

construção da Ponte Hercílio Luz em 1926, foi importante fator na expansão da cidade. Provocou mudanças diretas no sistema viário do centro urbano, repercutiu nos núcleos do interior da Ilha e também nos continentais.

Figura 7: Foto Aérea da Área Central de Florianópolis (1938 – 1:30.000)



Nas últimas décadas, o desenvolvimento urbano acentuou-se, como mostra a Figura 8, uma tomada aérea da região central em 1998, na escala 1:8.000, gentilmente cedida

pelo IPUF. Na tentativa de ocupar partes centrais do município, sobretudo na parte que separa as Baías Norte e Sul, expandiu-se também em direção às encostas do Morro da Cruz e do Maciço da Costeira.

Figura 8: Foto Aérea Área Central Florianópolis – 1998, escala 1:15.000.



Em uma comparação entre as figuras 3 e 4, pode-se perceber o adensamento habitacional na mais recente, incluindo os aterros realizados na Baía Sul.

Inúmeros fatores contribuíram para um crescimento mais expressivo: implantação da Universidade Federal de Santa Catarina, construção da BR-101, construção da Ponte Colombo Sales e, principalmente, o incremento do turismo com a pavimentação de rodovias de acesso às praias (SC-401, SC 404 e SC-405). Todos estes fatos contribuíram para o crescimento e modernização do município de Florianópolis.

Na década de 70, a abertura da BR-101 que corta o litoral catarinense, promoveu o aumento populacional na região da grande Florianópolis, intensificando também o crescimento dos municípios vizinhos de São José, Biguaçu e Palhoça, que passaram a formar um contínuo, num processo denominado conurbação urbana. A partir daí, tornou-se expressiva a expansão da rede viária tanto na Ilha como no continente. Este fato, impulsionou e facilitou as inter-relações Ilha/continente e fortaleceu a ocupação e atividades turísticas, principalmente nas praias distantes do centro.

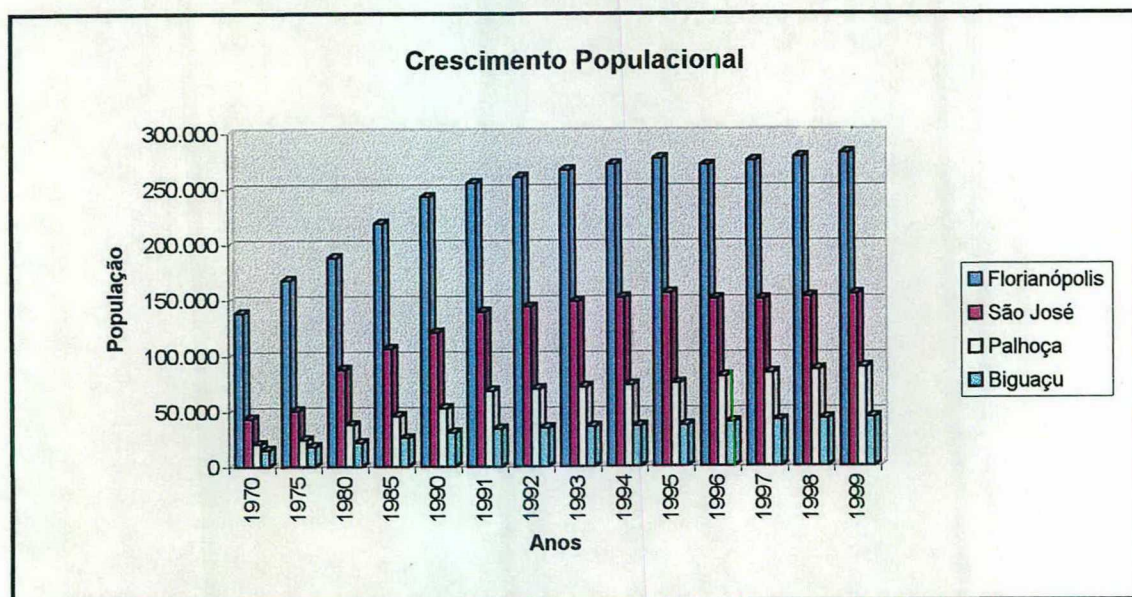
A tabela abaixo mostra o adensamento populacional baseado nas taxas de crescimento relativo para o município de Florianópolis e vizinhos mais próximos, a partir de 1970.

O gráfico seguinte, elaborado a partir dos dados da tabela, representa o crescimento destes quatro municípios, onde se destacam Florianópolis e São José. O custo dos imóveis na Ilha, seguido pela carência de novos espaços para construção nas áreas centrais, tem levado a população a residir nestes municípios próximos da capital.

Tabela 1: Crescimento Relativo da População do Aglomerado Urbano de Florianópolis

Ano	Florianópolis	São José	Palhoça	Biguaçu
1970	138.337	43.535	20.652	15.337
1975	167.538	50.634	24.234	18.015
1980	187.880	87.822	38.023	21.441
1985	218.853	106.124	45.946	25.909
1990	242.861	120.744	52.674	30.565
1991	255.390	139.493	68.430	34.063
1992	260.543	143.619	70.032	34.891
1993	266.858	148.272	71.966	35.823
1994	272.073	152.260	73.573	36.623
1995	277.156	156.150	75.139	37.403
1996	271.281	151.024	81.176	40.047
1997	275.239	150.368	84.262	41.569
1998	278.576	152.734	86.864	42.852
1999	281.928	155.105	89.465	44.136
2000	331.778	169.252	102.286	47.776

Fonte: Dados Censos IBGE

Figura 9: Gráfico Representativo do Crescimento Populacional no Aglomerado Urbano de Florianópolis

Segundo Lago (1996, p.54) “a urbanização de Florianópolis se processa em direção ao continente, em direção aos balneários, às bacias do Itacorobi, Ratonés e Tavares, subindo as encostas e, também, pela conquista de espaço marinho. Na baía sul foram

anexados 456,5 mil m² e já se inicia o aterro do Saco dos Limões, que atingirá 1,2 milhões de m². O Saco da Lama, em Coqueiros correspondeu a mais de 128 mil m².”

É por demais evidente que a ampliação e diversificação das funções da cidade impliquem em pressões sobre o uso do solo. Na imagem de satélite da Ilha apresentada anteriormente, as manchas urbanas se destacam em tons esverdeados.

4.2 Florianópolis, Hoje.

De acordo com o Guia Digital de Florianópolis – IPUF (2001), a capital do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, localiza-se na parte central do litoral catarinense, abrange toda a Ilha de Santa Catarina, ocupando uma área de 436,50 Km² (Ilha - 424,40 km² e parte continental - 12,10 km²). Devido a sua proximidade com o continente, sempre que se fizer necessário analisaremos também os municípios vizinhos: Biguaçu, São José e Palhoça.

As áreas dos municípios que formam este importante aglomerado urbano são apresentadas a seguir: Florianópolis (436,50 km²); Biguaçu (326 Km²); Palhoça (361 Km²) e São José (274 Km²).

Fazem parte do município de Florianópolis os seguintes Distritos Administrativos: Sede, Lagoa da Conceição, Pântano do Sul, Ratonés, Ribeirão da Ilha, Santo Antônio de Lisboa, São João do Rio Vermelho, Campeche e Barra da Lagoa, Canasvieiras, Ingleses do Rio Vermelho e Cachoeira do Bom Jesus. A área total do Distrito Sede é de 74,54 km², com uma parte insular de 62,44 km² e uma parte continental de 12,10 km².

As atividades administrativas concentram-se principalmente, no Distrito Sede que, inicialmente por este motivo, passou a receber transferências espontâneas de novos moradores vindos de outras cidades do próprio estado e de outras diversas regiões do país.

A região cresce em ritmo acelerado e grandes são as mudanças com fortes reflexos na paisagem da Ilha: adensamento da orla e do centro urbano, construção/duplicação de rodovias e supressão de ecossistemas. Novos prédios e diversos tipos de estabelecimentos são implantados rapidamente no centro e nos balneários. (Anexo 9.10). Florianópolis, em grande parte situada na Ilha de Santa Catarina, se reveste como eloqüente exemplo de cidade que vem buscando ampliação do espaço urbano.

A dinâmica de uma cidade em processo de urbanização é intensa. Florianópolis vem passando por uma série de mudanças na infra-estrutura urbana, onde podemos destacar a construção do Elevado do CIC - Centro Integrado de Cultura com influência direta na melhoria da conexão entre a Av. Beira Mar e as vias que se orientam para os balneários do Norte e da costa Leste da Ilha, duplicação da SC-401, construção de elevados na cabeceira da Ponte Pedro Ivo Campos, construção do novo Terminal Urbano e a construção da Via Expressa Sul (incluindo 1º túnel da Ilha). O objetivo é consolidar a malha viária de contorno, conectar os balneários do sul com os demais e com o centro urbano e facilitar o acesso ao Aeroporto Hercílio Luz.

É notável o forte adensamento urbano da região central em torno do Morro da Cruz, marcado pela verticalização de edificações, ocupação de encostas e aterros de consideráveis extensões marinhas, banhados e áreas de mangue.

A dispersão dos ambientes de balneabilidade contribui para a fragmentação do *continuum* espacial urbano (Lago, 1996). E a urbanização de Florianópolis, além dos espaços centrais, vem atingindo rapidamente outros pontos da Ilha como a Lagoa da Conceição, os balneários de Ingleses e Canasvieiras ao Norte da Ilha e a região do Campeche/aeroporto ao Sul. Este fato pode ser observado em mapas da urbanização do município de Florianópolis em duas épocas, 1995 e 2000 (Anexo 9.11).

A urbanização traz conseqüências e necessidades para o município: novas vias rodoviárias, locais para estacionamentos, luta por espaços urbanizáveis seja para moradias, comércio ou lazer, impactos ambientais relacionados à extração mineral, construção de reservatórios para tratamento de água e esgoto, construção de usinas para tratamento e reciclagem de lixo.

É devido a sua beleza exuberante e natural que o município de Florianópolis vem despertando atenções, atraindo novos moradores e grandes contingentes de turistas no verão. Neste particular, a Ilha apresenta-se como um espaço caracterizado por diversificadas paisagens naturais, onde se destacam extensas e belas praias marinhas distribuídas ao longo da linha de costa, cercadas por morros cobertos pelo verde da Mata Atlântica (Anexo 9.12 e 9.13).

A constatação deste fato faz aumentar a necessidade de se buscar alternativas capazes de contribuir para a preservação de seu meio ambiente, principalmente quando se percebe que a pressão em busca de novos espaços na Ilha implica também em agressões ambientais e a destruição de suas belas paisagens.

4.3 Paisagens Naturais da Ilha de Santa Catarina

A Ilha é um pequeno mundo com muitos ambientes. Diversos são os trabalhos técnicos desenvolvidos sobre os ecossistemas naturais da Ilha de Santa Catarina. Sua natureza insular aliada a vários outros fatores, confere-lhe características biogeográficas peculiares.

Em seguida serão abordados resumidamente os principais tipos de vegetação e outros ecossistemas relevantes encontradas na Ilha segundo Cruz (1998), iniciando-se com uma caracterização geral e chegando-se à sua distribuição.

- *Floresta Ombrólia Densa ou Mata Atlântica*: formação vegetal densa e de elevada pluviosidade que em diferentes estágios de regeneração ou primitiva, representa toda a vegetação dos morros da Ilha.
- *Restingas*: palavra de sentido duplo que tanto pode designar áreas de depósitos arenosos de origem marinha quanto um tipo de vegetação costeira e característica de solos arenosos. Geralmente mais planas, encontram-se distribuídas por toda Ilha, sendo as principais as do Campeche, Joaquina, Canasvieiras, Rio Tavares, Daniela, Santinho, Ingleses, Rio Vermelho, Pântano do Sul e Armação.

Manguezais: vegetação típica litorânea situada em partes planas, inundáveis na maré alta e emersas na maré baixa, geralmente acompanhando desembocaduras de rios ou as margens de baías calmas.

Na Ilha, na parte voltada para o continente existem quatro áreas de mangue: Ratonés (6,25 km²), Rio Tavares (8,22 km²), Itacorubi (1,5 km²), Saco Grande (0,93 km²), Tapera da Base Aérea e Tapera do Sul.

Apresentam também diversas pequenas lagoas como a da Ponta das Canas, Lagoinha Pequena do Campeche, Lagoinha do Leste e duas lagoas destacadas por suas dimensões: Lagoa da Conceição, com água salgada ou salobra, possui 19,71 Km² e profundidades máximas de 8,7 metros; e Lagoa do Peri, de água doce, área de 5,12 Km² e profundidades de até 11 metros.

As planícies apresentam vegetação rasteira a arbustiva, característica das restingas e em muitos pontos formações dunares como aquelas encontradas nas praias de Ingleses, Santinho, Joaquina, Campeche e ao longo da praia de Moçambique.

4.4 Preservação de Áreas Naturais na Ilha

A preservação de áreas naturais está relacionada com a criação de unidades de preservação. São consideradas Unidades de Conservação: Parques, Reservas Biológicas, Estações Ecológicas e Áreas de Preservação Permanente (APP). Nestas áreas procura-se combinar o disciplinamento do uso e ocupação do solo com a preservação dos recursos naturais. Diversas leis federais, estaduais e municipais dispõem sobre a preservação desta área.

A distinção entre elas se dá pela finalidade. Os Parques possuem importante valor cênico. As Reservas Biológicas são preservadas com a finalidade de pesquisas ambientais restritas àquelas áreas. As Estações Ecológicas também são utilizadas para fins de pesquisa, mas o campo de ação das mesmas se estende até as áreas circunvizinhas, para obtenção de dados comparativos.

Na área da Grande Florianópolis, que abrange diversos municípios vizinhos além daqueles que formam o denominado “aglomerado urbano”, segundo IPUF (1995), foi implantado o Parque da Serra do Tabuleiro, com área de 100.000 hectares (Decreto 2335/77 - APA lei nº 2193/85). Sua área abrange florestas naturais, dunas, restingas e inclui a ponta do extremo sul da Ilha de Santa Catarina.

No interior da Ilha, foi implantado desde 1963 o Parque Florestal do Rio Vermelho, com uma área de 1000 hectares (Decreto nº 2006/62). Lá foi introduzido um reflorestamento de pinus com a finalidade de proteger a região dos ventos vindos do mar, principalmente as dunas que ocorrem ao longo da praia de Moçambique. A espécie exótica se adaptou bem, mas tomou espaço da vegetação nativa.

O Parque Municipal da Lagoa do Peri (Decreto nº 1408/76), encontra-se inserido em um dos últimos remanescentes de Floresta Atlântica na região sudeste da Ilha. Possui cerca de 20 km² e abriga a maior lagoa de água doce da ilha, a Lagoa do Peri, que totaliza uma área de 5 km². Sua morfologia acidentada, onde se destacam o Morro do Saquinho e o Morro da Cachoeira Grande, certamente contribuiu para preservação de mais de 40% de vegetação representativa da mata Atlântica, constituindo-se em um dos seus aspectos de expressão ecológica e paisagística. Este parque, quanto a proposta de uso do solo, foi dividido em três áreas: 1- área de Reserva Biológica; 2- área de Paisagem Cultural; 3- área de Lazer.

A Estação Ecológica dos Carijós (Decreto nº 94 656/87) foi criada com o objetivo de proteger o Mangue do Rio Tavares e o mangue do Saco Grande.

Os bonitos campos de dunas que ocorrem na Ilha são protegidos pelo Decreto 112/85. A região da Lagoa da Conceição encontra-se protegida pelo Decreto nº 247/80.

Além destes, são preservados por APA - Área de Proteção Ambiental: os mangues do Itacorubi (Lei nº 4771/65, Lei nº 1851/82 e Res. Nº 04/85) e o Mangue da Tapera (Lei nº 4771/65; 2193/85 e Res. 04/85).

Mais recentemente foram criadas: Parque Estadual da Galheta (Lei nº 3455/90); Parque da Lagoinha do Leste (Lei nº 3701/92); Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (Decreto nº 535/92) que protege o manguezal na região do aeroporto; o Parque Municipal Maciço da Costeira (Lei nº 4605/95) e a Unidade de Conservação Desterro - UFSC em 1995.

APP - Áreas de Preservação Permanente são assim consideradas devido as suas características naturais de relevo, como por exemplo: topos de morros, vegetação natural, encostas com declividade superior a 25° ou paisagem de beleza excepcional. Por suas características o uso e ocupação é controlado ou proibido. Lei nº 4771/65 e Lei nº 2193/85.

Áreas legalmente preservadas na Ilha podem ser observadas no Mapa de Áreas de Preservação da Ilha-SC (Anexo 9.4), onde as áreas de preservação puderam ser calculadas. Nesta pesquisa, as áreas foram assim consideradas:

- APP - Área de Preservação Permanente - que somam 76,5 km² e
- PDM - Áreas de Parques/reservas, Dunas e Mangues - que somam 95,5 km²
- **TOTAL: APP + PDM - 172 km²**

O valor total encontrado foi de **172 km²**, representa 41,5% da área total da Ilha. Trata-se de valor relativamente elevado, justamente devido às características insulares da área, acrescido por atributos naturais.

4.5 Urbanização – Luta por Espaços na Ilha

A própria Ilha já é em si um limite para a ocupação, fato complementado por unidades diversificadas de proteção ambiental que a recobrem.

Anteriormente, inspirado na ideologia do preservacionismo baseado no turismo, o poder público conseguiu afastar as indústrias para as áreas continentais, em especial para São José, e a urbanização tendeu a se comprimir em espaços centrais, se valendo da condição de capital administrativa (Lago, 1996).

Com relação ao setor primário na Ilha, a pesca se destaca; já a agricultura e criação de gado possuem pequena expressão devido a baixa fertilidade de seus solos e a alta declividade. A mineração constitui importante atividade desenvolvida no Sul da Ilha, executada pela pedreira PEDRITA através da extração de pedras britadas. Cabe salientar que em diversos pontos da Ilha, pode-se perceber a extração manual clandestina de blocos de rocha (paralelepípedos) usados em muros e na construção civil.

Mais recentemente, a melhoria da malha viária, a especulação imobiliária e, especialmente o crescimento do turismo, contribuíram para a ocupação de novas áreas, orientando-se para os lugares potenciais de turismo, os balneários, passando a disputar espaços com as áreas protegidas, como manguezais, faixas de restingas, campos de dunas e encostas cobertas pela Mata Atlântica.

Observações diretas em campo nos mostram que na Ilha, a progressão da mancha urbana segue em direção às altas vertentes de morros e maciços costeiros, desrespeitando até mesmo as altas declividades. A extração de saibro, blocos de rocha e pedras britadas já apresentam sinais de comprometimento ambiental (Anexos 9.14, 9.15).

Com o avanço da urbanização e conseqüentes demandas de hoje, mesmo protegidas legalmente, as já referidas unidades de preservação apresentam nenhuma ou incipientes formas de manejo, isto é, monitoramento, pesquisas e ações voltadas para a manutenção de seus importantes atributos naturais e controle da ação antrópica.

A experiência tem nos mostrado que a simples existência da lei e a criação de unidades de preservação, não é o bastante na proteção ambiental de uma área. Juntamente com a lei, além da conscientização da comunidade e empresários, é necessário o apoio e a visão ambientalista do poder público voltada para o desenvolvimento sustentável, já que as grandes decisões relativas a execução de grandes obras partem dele.

Neste sentido, torna-se importante a atuação do Poder Público, ao qual cabe além de planejar o desenvolvimento e fixar os limites de utilização antrópica, criar formas eficientes de fiscalização.

5 METODOLOGIA

Para desenvolvimento do presente trabalho foram executadas as seguintes tarefas e utilizados os seguintes materiais:

1. Pesquisa bibliográfica em diversas áreas de conhecimento:

- Geologia
- Geologia de Engenharia
- Mineração
- Legislação Mineral e Ambiental
- Ecossistemas
- Sensoriamento Remoto
- SIG – Sistema de Informações Geográficas

2. Pesquisa de campo:

- Reconhecimento dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina.
- Visita às pedreiras (frente de lavra: p/ tomar atitudes locais de fraturas e falhas).
- Avaliação da ocupação das encostas de morros (tomada de fotografias).
- Visita a órgãos públicos para coleta de informações sobre crescimento urbano e produção mineral de Florianópolis e municípios vizinhos.
- Visita a obras de engenharia (túneis Via Expressa Sul, túnel Morro do Boi em Balneário Camboriu-SC), Estações de Tratamento de Esgoto e de armazenamento de água na Ilha de Santa Catarina.

3. Cartografia

- Carta Topográfica da Ilha de Santa Catarina, elaborada pelo IPUF, escala 1:50.000, ano 1981.
- Mapa Geológico da Área Conurbada de Florianópolis, elaborado por Joni Lima Pires (mestrado), escala 1:50.000, ano 2.000.
- Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina, elaborado por Francisco Caruso Junior, CECO-IG-UFRS, escala 1:100.000, ano 1993.
- Mapa das Unidades de Conservação da Ilha de Santa Catarina, elaborado pelo IBGE-IPUF, escala 1:25.000, ano 1995.
- Mapa Físico Político do Município de Florianópolis, elaborado pelo IPUF, escala 1:100.000, ano 2.000.
- Mapas Digitais para SIG da Ilha de Santa Catarina (drenagem), elaborados no LABCIG – Laboratório de Ciências Geodésicas, UFSC, 2000.

4. Sensoriamento Remoto

- Fotografias Aéreas da Ilha de Santa Catarina, executada pela ESTEIO S.A. em 1998, escala 1:15.000. Cedidas pelo IPUF. (Sub-orbital)
- Fotografias Aéreas da Ilha de Santa Catarina, executada pela Marinha Americana em 1938, escala aproximada 1:30.000. Cedidas pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Integração do MERCOSUL. (Sub-Orbital)
- Imagens de Satélite Landsat TM-5, órbita/ponto 220.79 de 05/04/97 Produto digital pré-processado e realçado para impressão como produto fotográfico na

escala 1:50.000. Ceadas pelo Laboratório de Geoprocessamento Sensoriamento Remoto CTTMar-UNIVALI. (Orbital)

- Imagem de Radar da Ilha de Santa Catarina, projeto RADAMBRAISL. Cedida pelo Laboratório de Cartografia da UNIVALI. (Orbital).

5. Hardware e Software

Todos os equipamentos relacionados a seguir e utilizados para desenvolvimento da pesquisa pertencem ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do CTTMar-UNIVALI:

- Pentium 200 Mhz, MMX, 32Mb de RAM, Kit multimídia.
- Scanner tipo mesa, A4, marca HP, modelo scanjet CII.
- Mesa Digitalizadora, Digicon, formato A1.
- Traçador Gráfico jato de tinta colorido, tamanho A0/A4.
- SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), v. 3.5.
- SURFER for Windows, versão 7.0, Golden Software, 1997.
- Corel Draw, versão 9.0, Corel Corporation, 1997.

As diversas etapas de obtenção de dados e análises desenvolvidas ao longo do trabalho encontram-se descritas a seguir.

5.1 Definição do Tema da Pesquisa

A presente pesquisa teve sua origem na observação direta dos maciços rochosos da

Ilha de Santa Catarina, ao se verificar sua expressiva ocorrência e relacioná-la a variadas possibilidades de utilização. Análises relacionadas a geologia, localização, cobertura vegetal e urbanização, nortearam a pesquisa na busca de alternativas que compatibilizassem preservação ambiental e utilização dos diversos maciços rochosos que compõem a Ilha de Santa Catarina.

5.2 Materiais Bibliográficos e Cartográficos Disponíveis

A utilização de maciços rochosos para estocagem não é comum no Brasil. Sendo assim, a bibliografia específica nacional sobre o tema é reduzida.

No entanto, por envolver escavação em rocha, o estudo da utilização de maciços rochosos tem como base a geologia, pré-requisito importante quando se pretende desenvolver construção de cavernas subterrâneas.

Esta breve revisão de literatura tem como objetivo indicar os trabalhos mais utilizados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, iniciando-se com os trabalhos geológicos/geomorfológicos relacionados aos aspectos físicos da Ilha de Santa Catarina, geotectônica geral, sensoriamento remoto, descrição/caracterização/classificação de maciços rochosos, atendo-se nos estudos ambientais legais (federais, estaduais e municipais), principalmente aqueles relacionados ao uso do solo e preservação ambiental.

A geologia do pré-Cambriano Catarinense, do qual faz parte a Ilha de Santa Catarina, vem sendo estudada ao longo dos anos por diversos autores, mas foi a partir da década de sessenta que os trabalhos de mapeamentos regionais, desenvolvidos sistematicamente pelo DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral e pelo convênio DNPM-

CPRM, passaram a fornecer elementos e dados mais importantes para a formação do atual quadro de conhecimentos geológicos e geotectônicos.

Dentre os trabalhos realizados pelo convênio DNPM-CPRM, merece destaque o Projeto Vidal Ramos - Biguaçu (1978), por apresentar uma geologia detalhada de partes do continente, incluindo análises petrográficas, contribuindo para um melhor conhecimento da geologia da região.

Outro importante trabalho intitulado Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina, publicado em 1987, evidencia o Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina na escala 1:500.000 acompanhado do texto explicativo e, ainda hoje, norteia os trabalhos geológicos desenvolvidos no estado.

No que diz respeito a estudos relacionados a mineração, foi realizado pelo DNPM o Projeto Balanço Mineral do Estado de Santa Catarina (1987). Este trabalho pioneiro traz informações sobre o setor mineral catarinense, destacando as principais substâncias minerais, a produção (1980 a 1985), município produtor e comercialização, mostra o estado ocupando o 7º lugar em termos de valor da produção nacional, respondendo por 4,1% do valor da produção mineral brasileira naquele ano. Entre as substâncias minerais mais produzidas aparecem o carvão, a fluorita, a argila e a brita.

Em 1986 o trabalho Carta Geotécnica das Encostas do Perímetro Urbano de Florianópolis - Morro da Cruz, desenvolvido por Cândido Bordeaux Rego Neto e Otacílio da Rosa Filho, técnicos do IPUF, destaca a importância da geologia em trabalhos de planejamento de ocupação do solo e de preservação do meio ambiente, demonstrando a preocupação da prefeitura municipal com esta importante questão. O

trabalho analisa as condições das encostas associada às condições da ocupação humana, apontando os possíveis riscos.

Em 1993 os geólogos Francisco Caruso Junior e João Awdziej publicam o trabalho intitulado Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina, composto pelo texto explicativo e mapa na escala 1:100.000, através do CECO - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, contendo importantes considerações sobre evolução geológica, tectônica regional e geologia da Ilha.

O Mapa Geológico da Ilha é extremamente útil para determinar o predomínio de uma litologia, a influência de estruturas como falhas, fraturas e ainda fornece considerações sobre a história geológica.

Em 1997 foi divulgado o trabalho Levantamentos Temáticos Preliminares da Grande Florianópolis, desenvolvido através do contrato celebrado entre a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - Divisão de Geociências do Sul (DIGEO/SUL) e o Instituto de Planejamento Urbano da Grande Florianópolis - IPUF, contendo dentre as várias sínteses temáticas, a carta temática de Geologia na escala 1:100.000 acompanhada do texto explicativo com informações referentes aos aspectos litológicos, estruturais, estratigráficos e de recursos minerais da Ilha e parte do continente.

Com relação a geotectônica, o livro Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica publicado em 1976 por Eduardo Antônio Ladeira e Louis de Loczy reúne os conceitos básicos de Geologia Estrutural. Nesta obra, os termos técnicos são traduzidos de várias línguas de acordo com o vocabulário usual na literatura geológica brasileira.

Mais recentemente o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, através da Diretoria de Geociências, publicou em 1998 o Manual Técnico de Geologia, contendo ampla lista de assuntos relacionados à conhecimentos geológicos, com ênfase especial no tocante aos indicadores geométricos-cinemáticos das feições estruturais, além de apresentar um capítulo dedicado à interpretação imageológica, cujos fundamentos revestem-se de grande importância nos trabalhos de geologia.

É de especial importância a expressividade e o poder de resolução de uma imagem de sensor remoto para a interpretação geológica. Neste campo de estudos, além da origem, evolução e principais conceitos encontrados no livro de Câmara et al (1996), torna-se relevante destacar a coletânea de trabalhos técnicos encontrados nos Anais de I Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (São José dos Campos – SP, 1978) e em todos que se seguiram, incluindo a última edição do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Foz do Iguaçu – PR, 2001), todos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Especificamente sobre caracterização, classificação de maciços rochosos e escavações subterrâneas, o apoio foi encontrado em publicações da ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Métodos para Descrição Quantitativa de Descontinuidades em Maciços Rochosos (Tradução nº 12 - 1983); Metodologia de Classificação de Maciços Rochosos Aplicável a Túneis (Síntese de Teses de Pós-Graduação - 1982), Anais de Simpósios sobre Escavações Subterrâneas e, principalmente, no livro Geologia de Engenharia, publicado pela ABGE em 1998, onde cada tema foi tratado por um especialista.

Os trabalhos da ABGE contam com a participação de especialistas em geologia de engenharia e visam contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia para elaboração de classificações de maciços rochosos aplicáveis a túneis, mas por tratarem profundamente do assunto, tornam-se valiosos nos estudos sobre a descrição e caracterização de maciços rochosos de um modo geral.

Sobre escavações subterrâneas para estocagem no Brasil, o artigo Considerações sobre o Projeto e Execução de um Reservatório Subterrâneo de Água Potável, publicado nos Anais do Simpósio sobre Escavações Subterrâneas (Vol.1, ABGE - 1982), traz importantes informações sobre o único reservatório de água potável construído em rocha no Brasil.

O artigo a Utilização do Espaço no Interior dos Maciços Rochosos do Município do Rio de Janeiro, publicado no 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia - ABGE, 1993, de autoria do geólogo Newton dos Santos Carvalho, oferece um interessante panorama sobre a utilização do espaço subterrâneo no Brasil e no Mundo.

Leitura dos manuais técnicos e publicitários da Svenska Vagaktiebolaget: Rock caverns for oil storage - SVENSKA VAG - International Division da Johnson Construction Company, 1976, forneceram informações valiosas sobre vantagens, operação e princípios básicos relacionados à escavação subterrânea.

Importantes informações puderam ser adquiridas em manuais ou trabalhos da empresa H -Hagconsult, dos quais destacamos: Geo-planning the Key to Successful Underground Construction, by S. Magnus Bergman - Publication nr 50, apresentado durante o Swedish Underground Construction Mission to the United States, october 4-

15, 1976. Este trabalho ressalta a importância da geologia de engenharia e do planejamento geológico no desenvolvimento de trabalhos para escavação subterrânea.

Também apresentado em um simpósio sobre estocagem em cavernas subterrâneas em rocha, o trabalho "Storage in Excavated Rock Caverns", Underground Construction - Sweden in Focus, Stockholm - Sweden , 1996 forneceram dados sobre obras para estocagem subterrânea na Suécia e Estados Unidos.

Além de leituras de artigos e manuais sobre estocagem em rocha no Brasil e no Mundo, valiosos foram os esclarecimentos, observações e contribuições obtidos em inúmeras conversas com o experiente construtor de túneis no Brasil, o engenheiro sueco *Lecnardo Lorenzo Redaelli*.

Com relação a cobertura vegetal da Ilha, destaca-se o trabalho intitulado "O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais", publicado em Florianópolis - SC, por Marileia Caruso (Ed. Da UFSC. 2ed., 1990). Nele a autora constatou que originalmente, a Ilha possuía 90% de sua área coberta pela vegetação, das quais 74% (313 km²) era Mata Atlântica; 9% (38,1 km²) de manguezais e 7% (29,6 km²) de vegetação de restinga e praia; 6% ocupados por lagoas e os restantes 4% não apresentavam vegetação. Constatou ainda, que na década de 80 o desmatamento da Ilha já atingia 87,8% das florestas originais, 26,1% dos manguezais e 22,4% das restingas.

Em 1990 foi criado em Florianópolis o CECCA - Centro de Estudos Cultura e Cidadania, uma ONG que tem como um de seus objetivos contribuir para a construção e divulgação do conhecimento crítico e propositivo para a melhoria da realidade social, ambiental e política da Ilha. Através da atuação desta entidade, nasce um importante projeto "Levantamento e Divulgação de Informações Sobre a Realidade Socio-

Ambiental da Ilha de Santa Catarina”, que recebeu o apoio do Fundo Nacional do Meio Ambiente. Através deste importante trabalho de pesquisa, várias atividades foram desenvolvidas: levantamento bibliográfico da literatura e documentação sobre a Ilha; criação e manutenção de uma base de dados; realização de pesquisa direta em sete comunidades para levantamento de dados; desenvolvimento de um projeto piloto de educação ambiental; produção de um Relatório Sócio-Ambiental; além da realização do seminário intitulado “*Uma Cidade numa Ilha*”, com grande participação popular e de órgãos públicos. Como resultado deste trabalho, foi publicado pelo CECCA em 1997 o livro “*Uma Cidade numa Ilha*”, que não pode deixar de ser citada como uma importante fonte de pesquisa e de subsídios para estudos sobre a Ilha, e que serve à comunidade, estudantes e órgãos públicos, devido ao seu excelente conteúdo.

Em 1996, o geógrafo Paulo Fernando Lago, publica o livro “*Florianópolis: A Polêmica Urbana*”, no qual, além de dados sobre as taxas de crescimento urbano de Florianópolis e municípios vizinhos, o autor faz interessante análise sobre a forma como se processa o crescimento de Florianópolis, como na transcrição abaixo (1996, p. 29):

“Florianópolis, procurando se concentrar junto ao porto, sobretudo na ilha, na parte que separa as baías Norte e Sul, e a franja marinha, expandiu-se, também, em direção aos “morros colinosos” e ao sopé da enérgica encosta. Posteriormente, rebelando-se contra a exigüidade do espaço terrestre adequado para a expansão, Florianópolis iniciou, na área do Manejo, a jornada de incorporação de áreas submersas, mediante onerosas obras de grandes aterros.”

Em 1998, Olga Cruz publica o livro *A Ilha de Santa Catarina e o Continente Próximo*, um completo e bem elaborado estudo de geomorfologia costeira, baseado em

diversos trabalhos realizados e na experiência vivida pela própria autora. Trata-se de uma importante análise morfológica e sua evolução espacial-temporal, dirigidas em função da presença do relevo nas paisagens encontradas.

Ainda em 1998, no 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica realizado em Florianópolis de 07 a 09 de outubro, com o objetivo de integrar informações pedológicas, geológicas e geotécnicas foi publicado o trabalho intitulado “Análise de Toposequências no Mapeamento Geotécnico de Florianópolis usando Pedologia” de Glaci Trevisan Santos; Regina Davison Dias e Jair Carlos Koppe. Este trabalho tece importantes considerações sobre os cuidados necessários para o uso e ocupação do solo de Florianópolis.

Em 2000, o geólogo Joni de Lima Pires em sua dissertação de mestrado “Uma Proposta para Plano Diretor de Mineração na Área Conurbada de Florianópolis”, faz completa análise sobre a situação da mineração, impactos ambientais e reabilitação ambiental nesta região, salientando a importância do planejamento na mineração.

Finalmente, sobre obras subterrâneas executadas na Ilha de Santa Catarina, importante foi a oportunidade de leitura do Relatório Geológico, desenvolvido pelo geólogo Victor Hugo Teixeira e do Relatório “As Built”, desenvolvido durante a obra da chamada Via Expressa Sul pelo geólogo Luiz Jorge Curi, onde puderam ser colhidas informações locais sobre os maciços rochosos do Morro da Cruz e do Morro da Queimada.

5.3 Coleta de Dados e Gráficos

Os dados referentes ao crescimento populacional do aglomerado urbano de Florianópolis foram levantados no IBGE, de acordo com censos realizados entre 1970 e 1999. Posteriormente, foram organizados em tabela no Excel, possibilitando a apresentação em gráficos.

Os dados referentes à produção de britas das três pedreiras situadas no aglomerado urbano de Florianópolis, foram levantados através do Relatório Anual de Lavra de 1985 a 1999, junto ao DNPM. Essas pedreiras são as responsáveis pelo abastecimento de britas do município de Florianópolis. Não foi autorizada a publicação individual de cada pedreira, por isto as produções foram somadas e apresentadas em um único gráfico.

5.4 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto envolve equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o meio ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (Novo, 1989).

Com relação a imagens de radar e de satélite, menção especial deve ser creditada aos trabalhos desenvolvidos pelo Projeto RADAMBRASIL em todo Território Nacional e por técnicos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, onde destacamos o de Paradella & Meneses (1978) intitulado Sensoriamento Remoto no Quadrilátero

Ferrífero: Uma Avaliação de Dados de Diferentes Tipos de Sensores, quando foram avaliadas as respostas dos diferentes tipos de sensores: imagens LANDSAT, Radar, fotografias coloridas infravermelho e ektachrome.

Barret & Cutis, 1992; Bahr & Vogtle, 1991; Dale & Mclaughlin, 1990; Loch, 1990; INPE, 1980, *apud* Rodrigues (2000), consideram sensoriamento remoto uma tecnologia poderosa, que tem se mostrado eficaz em estudos do meio físico, sendo por isto cada vez mais utilizada como instrumento no planejamento e análises físicas e ambientais. É considerada uma ferramenta para estruturação do banco de dados necessários ao processamento, análise e planejamento do uso do espaço físico territorial.

Imagens de radar e de satélite têm demonstrado eficiência na aquisição de informações geológicas, por possibilitarem o realce das feições estruturais e de relevo, facilitando a obtenção de dados. Além disto, oferecem uma visão panorâmica da área que se deseja estudar.

Diversos autores vêm chamando atenção para a importância das estruturas planares e lineares na interpretação radargeológica. De acordo com Paradella & Meneses (1978, p 494), “no nível de escala das imagens de Landsat e de radar, as únicas feições que se destacam de maneira exemplar é a tectônica cataclástica, onde imensas falhas e fraturas são caracterizadas pelos profundos entalhamentos que provocam na morfologia”.

A utilização de produtos de sensoriamento remoto tem se mostrado uma ferramenta importante nos estudos regionais e locais. Os trabalhos de interpretação geológica em imagens de radar e de satélite têm demonstrado que as formas de relevo, direta ou indiretamente, inter-relacionam-se com a litoestrutura geológica. É o que mostram os estudos desenvolvidos na Ilha de Santa Catarina, onde a predominância de dois

ambientes geológica condicionou as formas de relevo tornando possível a identificação de lineamentos tão importantes na caracterização dos maciços rochosos.

Foram utilizados nesta pesquisa produtos do satélite Landsat-5, órbita/ponto 220.79 de 05/04/97. As bandas 4,5 e 7 foram selecionadas em função de suas características espectrais e radiométricas. Estas bandas, por terem sido adquiridas no espectro do infravermelho, apresentam sensibilidade à morfologia do terreno, servindo para interpretar e analisar aspectos da morfologia, bem como feições geológicas e estruturais.

A extração de lineamentos estruturais de imagens de satélite tem sido usada por diversos autores que conferiram a sua viabilidade em estudos para fins variados tais como: Caracterização Fisiográfica e Morfoestrutural da Folha São José de Mipibu – RN, (Mattos *et al*, 1993); Avaliação de Dados de Sensoriamento Remoto no Levantamento Geológico da Região Compreendida entre São Bento do Sapucaí e Caraguatatuba, (Paradella *et al*, 1978).

As feições estruturais (lineamentos dominantes), diretamente relacionadas com a litologia e formas de relevo da Ilha de Santa Catarina, foram identificadas pela textura da imagem observada na composição colorida RGB (Red, Green, Blue), e processada no Spring. Posteriormente, através do pré-processamento, a imagem foi realçada por filtragens especiais e registrada na escala 1:50.000, gerando uma Banda Sintética. Esta imagem foi então plotada via Scarta (módulo do Spring), respeitando o padrão de escala.

O método de interpretação baseou-se na análise visual de imagens Landsat, escala 1:50.000 (produto fotográfico) e observação da imagem preto e branca (Radar), escala 1: 250.000 da Ilha, sendo utilizados os critérios convencionais, com base nas feições texturais, morfológicas e estruturais, observadas e interpretadas nas imagens.

Da imagem Landsat, foram extraídos os lineamentos estruturais da Ilha de Santa Catarina, identificadas na imagem como traços descontínuos. Na extração de dados estruturais foi utilizado o seguinte critério: **falhas e fraturas** – foram consideradas indistintamente como falhas e/ou fraturas, os lineamentos estruturais de extensão superiores a 0,50 cm.

As unidades fotointerpretadas foram correlacionadas às unidades litológicas com base na consulta bibliográfica já existente e observações de campo.

A partir de dados extraídos da imagem foram realizadas análises qualitativas e quantitativas baseadas na distribuição e densidade de lineamentos e interseções de lineamentos estruturais.

Os resultados alcançados, que serão discutidos posteriormente, reforçam potencialidade das imagens de Landsat no estudo das unidades geotectônicas e das inter-relações geológico-estruturais. Este estudo básico representado em mapas temáticos, norteou as propostas de utilização dos maciços rochosos presentes na Ilha de Santa Catarina.

5.5 Sistema de Informações Geográficas

Sistema de Informações Geográficas – SIG ou Geographic Information System – GIS são sistemas automatizados de informações que facilitam a integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final.

Segundo o Fator Gis (2001), SIG é um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que por meio de técnicas, integra dados,

pessoas (usuários) e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georeferenciados, de informações produzidas por meio das aplicações disponíveis, visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

Para Câmara *et al*, (1996), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais e Planejamento Urbano e Regional, através de ferramentas computacionais chamadas de SIG - Sistema de Informação Geográfica.

Estas ferramentas permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados. De forma abrangente, pode-se considerar que um SIG possui os seguintes componentes: interface com o usuário, entrada e integração dos dados, funções de processamento, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados organizados, sob a forma de um banco de dados geográficos.

As principais formas de entrada de dados em SIG são via digitalização em mesa, digitalização ótica e leitura de dados na forma digital, incluindo a importação de dados em outros formatos. Enfim, SIG é uma ferramenta de análise que oferece multiplicidade de usos e visões.

O Sistema de Informações Geográficas SPRING foi utilizado neste trabalho como ferramenta integradora no processo de associação, análise, manipulação e geração de dados do meio físico da Ilha de Santa Catarina, gerando documentos cartográficos.

5.6 Definição do Uso de Programas Computacionais

De acordo com o Fator Gis (2001), um software “é formado por um conjunto de programas (geridos por um determinado Sistema Operacional), cuja finalidade básica é coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos, tirando partido da maior velocidade, facilidade de uso e segurança no manuseio destas informações”.

O SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas é um software para processamento de imagens e geoprocessamento, desenvolvido pela equipe da Divisão de Processamento de Imagens (DPI)/INPE, vinculada à Coordenação Geral de observação da Terra (OBT).

O Spring é um SIG no estado-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta de bancos de dados espaciais. Entre suas principais funções destacam-se: ambiente unificado para diferentes tipos de dados geográficos e suas representações; menus sensíveis ao contexto; linguagem de Álgebra de Mapas Legal; geração de carta; importação e exportação de dados; gerenciamento de mapas (Câmara, 1996).

Segundo Rodrigues (2.000), o SPRING possui como características principais: operar com um banco de dados sem limitações de escala, projeção e fuso, mantendo a identidade dos dados geográficos. Além disto, administra tanto dados vetoriais como raster e pode utilizar a linguagem programável Legal, de fácil manipulação.

O Spring possui uma forma simples e amigável de comunicação com o usuário, recorrendo muito mais aos termos de uso corrente do que aos detalhes computacionais. Outra importante característica é a integração de dados de natureza diversa em um

mesmo ambiente, com operações tanto realizadas em Geoprocessamento e Processamento de Imagens Digitais.

Estes fatores foram decisivos na escolha deste software, que foi por isto utilizado nesta pesquisa.

5.7 Elaboração de Mapas Temáticos e Interpretação de Imagens de Satélite Landsat.

A interpretação objetivando a caracterização dos maciços rochosos da Ilha foi realizada com base nas análises de elementos texturais e estruturais identificados na imagem. Segundo Mattos *et al* (1993, p. 482), “o princípio da análise baseia-se na premissa de que muitas estruturas podem ser refletidas em superfície e que esse reflexo é passível de identificação com produtos de sensoriamento remoto”.

O método foi aplicado à área para indicar regiões de fragilidade estrutural dos maciços rochosos da Ilha e o resultado da análise é apresentado em mapas temáticos (isovalores: densidade e cruzamento de lineamentos estruturais; áreas de fragilidade estrutural). Além destes, foram elaborados o mapa das vias de transporte da Ilha e das áreas legalmente protegidas sobre os maciços rochosos, todos utilizados para ressaltar a importância da utilização do interior de maciços rochosos como alternativa para estocagem e vias de ligação rodoviária (túneis), contribuindo para a preservação do ambiente natural superficial da Ilha.

1- Mapas Geológicos

O Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina (Anexo 9.1), elaborado de acordo com

Pires (2.000) é apresentado com modificações. As informações contidas no mapa geológico foram transferidas para o meio digital. As modificações foram mínimas: nele as diversas unidades litoestratigráficas do Quaternário foram agrupadas em uma única classe; já aquelas representativas do Embasamento Cristalino continuam individualizadas.

Baseado neste mapa e com o objetivo de destacar as litologias constituintes dos maciços rochosos da Ilha, um novo mapa geológico sem divisões estratigráficas foi elaborado. Neste mapa as diversas unidades do Embasamento Cristalino foram reunidas em apenas uma classe denominada Pré-Cambriano e apresentada juntamente com outra classe que reúne as litologias pertencentes ao Quaternário (sedimentos recentes). No Mapa Geológico II (Anexo 9.2), como foi denominado, as áreas correspondentes a cada classe puderam ser calculadas.

2- Mapa Hipsométrico

Os dados de altimetria extraídos da carta topográfica da Ilha de Santa Catarina, do IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) escala 1:50.000, foram digitalizados em formato MNT (Modelo Numérico de Terreno) no SPRING. A partir das cotas altimétricas representadas por pontos cotados foram geradas as grades irregulares triangulares e em seguida, as imagens sintéticas. Estas imagens foram fatiadas em classes hipsométricas respectivamente; em cada fatia foi atribuída uma cor, procedimento que permitiu a elaboração do mapa.

Os dados de hipsometria foram agrupados em classes de 0 a 50m; 50 a 100m; 100 a 200m; 200 a 300m; 300 a 400m; 400 a 500m, representadas no Mapa Hipsométrico da Ilha (Anexo 9.3).

A análise deste mapa, juntamente com análise do Mapa Geológico e Mapa Físico Político de Florianópolis, forneceu importantes informações sobre a distribuição espacial dos maciços rochosos existentes na Ilha, sua continuidade e principais altitudes.

3- Mapa de Áreas de Preservação da Ilha.

O Mapa de Áreas de Preservação da Ilha de Santa Catarina (Anexo 9.4), foi elaborado tomando-se como base o Mapa de Áreas de Preservação do IPUF. Nele foram destacadas as Áreas de Preservação Permanente (APP) e juntas, em uma única classe, aparecem os mangues, dunas e parques (MDP).

O cruzamento das informações contidas neste mapa com Mapa Geológico forneceram as áreas legalmente protegidas sobre os maciços rochosos da Ilha, tornando possível a sua localização e quantificação.

Áreas de preservação somaram 126,0 km² sobre os maciços rochosos.

Embasamento Cristalino: somaram 192,5 km²

Áreas possíveis de serem ocupadas sobre os maciços rochosos: 66,5 km².

4- Lineamentos Estruturais da Ilha de Santa Catarina

De acordo com IBGE - Manual Técnico de Geologia (1998, p.125), “entende-se como estruturas lineares, ou simplesmente **lineações**, feições que se apresentam na superfície rochosa sob forma de linhas, as quais são penetrativas e mantêm uma orientação preferencial”.

A estrutura linear é conferida estatisticamente pelo paralelismo dos elementos planares ou lineares existentes em uma rocha.

Para Cloos (*apud* Ladeira & Loczy, 1945, 1946, p.196) a palavra **lineação** é um termo descritivo para designar qualquer tipo de estrutura linear no interior ou na superfície de uma rocha, divididas em duas grandes categorias: primárias (que se desenvolvem durante a formação da rocha) e secundárias (desenvolvidas na rocha após a sua formação). Para estes autores, tanto as estruturas planares (clivagem, xistosidade, foliação, etc.) quanto as estruturas lineares, fornecem importantes dados sobre a evolução tectônica de uma região. Além disto, tais estruturas mantêm-se, via de regra, com a mesma orientação (*trend*) por vastas áreas e relacionam-se ao campo de *stress* e ao panorama de movimento que reinou durante a evolução tectônica de uma região.

Nesta pesquisa, os lineamentos estruturais foram considerados estruturas penetrativas com deslocamento aparente ou não, os quais podem representar descontinuidades geológicas. São importantes por estarem relacionados à tectônica regional e local e fornecerem informações geotécnicas sobre o maciço rochoso.

Sobre a imagem Landsat sob a forma de produto fotográfico da Ilha (composição das três bandas 4,5 e 7), foi lançado um papel vegetal com o traçado de seu contorno na escala 1:50.000. Da imagem foram extraídos os lineamentos estruturais (fraturas ou falhas caracterizadas pelo entalhamento que provocaram nos maciços rochosos), identificados como traços descontínuos e traçados no papel vegetal. Deste procedimento foram levantados os lineamentos estruturais da Ilha de Santa Catarina.

No Mapa Geológico II, onde estão representadas apenas os dois ambientes geológicos predominantes na Ilha, foram lançados os lineamentos estruturais levantados.

5- Mapas de Ocorrência de Lineamentos, Frequência de Cruzamentos de Lineamentos, Densidade de Lineamentos Estruturais e de Fragilidade Estrutural.

O procedimento a seguir, executado de acordo com Rodrigues (2.000), foi adaptado para esta pesquisa. Um papel vegetal contendo o contorno da Ilha na escala 1:50.000 foi dividido em quadriculas, formando uma grade (XY) de 4 cm x 4 cm (centímetros). Nesta escala, cada quadricula corresponde a 2km x 2km (quilômetros) do terreno, sendo esta a unidade de área considerada. Dentro do contorno da Ilha, 87 quadriculas apresentaram lineamentos.

Com auxílio de um transferidor, as direções dos lineamentos e os ângulos formados por cruzamentos foram determinados. Além disto, os lineamentos e cruzamentos de lineamentos em cada quadricula foram contados.

A partir deste trabalho, foi gerada uma tabela contendo: número da quadricula, número de lineamentos encontrados dentro da quadricula, número de cruzamentos de lineamentos em cada quadricula e as direções de cada lineamento identificado e traçado em cada quadricula.

O número de lineamentos estruturais identificados em cada unidade de área, passou a ter um valor numérico, correspondente à cota Z. Nesta pesquisa, em cada quadricula, este valor variou entre zero (0) e dez (10).

Os valores de ocorrência de lineamentos estruturais foram tabelados no software Surfer, no formato MNT (Modelo Numérico de terreno). A partir destes valores foi criada uma grade retangular, permitindo estabelecer “intervalos de isovalores”. No caso da ocorrência de lineamentos foram dez intervalos. O Mapa de Ocorrência de

Lineamentos Estruturais (Anexo 9.5) nos aponta os maciços rochosos com maior probabilidade de apresentarem descontinuidades (falhas, fraturas, diques).

No caso dos cruzamentos de lineamentos estruturais, foram nove intervalos, agrupados em três classes:

- Baixa frequência de cruzamentos de lineamentos (isovalores: 0 - 3)
- Média frequência de cruzamentos de lineamentos (isovalores: 3 - 6)
- Densidade alta de cruzamentos de lineamentos (isovalores: 6 - 9)

Após a determinação dos valores, elaborou-se através do Surfer o Mapa de Frequência de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais da Ilha de Santa Catarina (Anexo 9.6)

Para elaboração do Mapa de Densidade de Lineamentos Estruturais (Anexo 9.7), em cada quadrícula o comprimento dos lineamentos foram medidos e somados. Através deste procedimento chegou-se a densidade de lineamentos pela área considerada ($2 \times 2 \text{ km}^2$), divididos nos seguintes intervalos:

- Baixa densidade: 1 a 3 km
- Média densidade: 3 a 6 km
- Alta densidade: 6 a 9 km

A superposição de áreas de ocorrência de lineamentos, frequência de cruzamentos de lineamentos e densidade de lineamentos estruturais forneceu o Mapa de Zonas de Fragilidade Estrutural (Anexo 9.8), cujos resultados serão discutidos posteriormente.

6- Mapa de Vias de Transporte

Para facilitar a visualização das vias de transportes existentes na Ilha e suas as interligações entre os maciços rochosos distribuídos no Maciço Setor Centro-Norte e Maciço Setor Sul, é apresentado o Mapa de Vias de Transporte da Ilha (Anexo 9.9). As principais são: SC-401, SC-402, SC-403, SC404, SC-405 e SC-406.

Neste mapa, encontram-se os traçados dos seis túneis de ligação propostos nesta pesquisa, destacados em tracejado negrito e laranja.

5.8 Pesquisa de Campo; Interpretações.

Para melhor conhecimento dos diversos maciços rochosos de que é composta, a Ilha de Santa Catarina foi percorrida de norte a sul, de carro ou a pé, por vias asfaltadas, estradas de terra, caminhos e trilhas. Através destes caminhamentos de campo, obteve-se melhor compreensão da distribuição espacial, localização e dimensão real das diversas elevações existentes na Ilha. Aproveitou-se ainda a oportunidade para tomada de fotografias.

Objetivando melhor conhecimento das pedreiras do aglomerado urbano de Florianópolis, foram efetuadas visitas às três pedreiras existente na região, com a finalidade de se buscar dados referentes a produção mensal/anual, mercado consumidor, localização da área de lavra (pedreira) e dados geotécnicos locais (direção e mergulho de fraturas, falhas, diques) dos maciços rochosos.

Foram ainda realizadas visitas técnicas às obras de construção de dois túneis: Via Expressa Sul, em Florianópolis e na BR-101, no local denominado Morro dos Bois

entre os municípios catarinenses de Balneário Camboriu e Itapema. Estas visitas, além da melhor visualização do projeto/execução da obra subterrânea, permitiram ainda a coleta de dados sobre a geologia local, geofísica, o volume de material gerado, problemas encontrados, tempo de execução e custos dos mesmos.

Com o desenvolvimento dos estudos relacionados aos diversos maciços rochosos existentes na Ilha de Santa Catarina, compilação de dados coletados, geração de mapas temáticos e tabelas, tornou-se possível avaliar: a área ocupada pelos maciços rochosos e sua distribuição, a caracterização geotécnica destes maciços rochosos, as áreas legalmente protegidas sobre os maciços rochosos da Ilha, as vias de transporte que fazem a interligação e as zonas de fragilidade estrutural sobre os maciços da Ilha.

Após análise do meio físico da Ilha e dos mapas elaborados, foi possível a setorização da mesma. A Ilha foi então dividida em dois setores, levando-se em conta a distribuição dos maciços, fragilidade estrutural e o meio ambiente superficial:

- Maciços do Setor Centro-Norte
- Maciços do Setor Sul

Através da análise e avaliação dos dados chegou-se finalmente a possíveis propostas para integração e utilização subterrânea dos maciços rochosos da Ilha de Santa Catarina.

6 RESULTADOS E PROPOSTAS

6.1 Descrição, Setorização e Utilização de Maciços Rochosos na Ilha de Santa Catarina.

6.1.1 Estrutura dos Maciços Rochosos da Ilha.

Segundo Magalhães & Cella (1998), a investigação estrutural pode ser conduzida por dois tipos de abordagens. A primeira focaliza a área dentro de um contexto regional, utilizando-se mapas, fotos aéreas, imagens de satélite, etc., procurando-se conhecer o geral para buscar o entendimento do detalhe. A segunda parte da caracterização pontual das estruturas, onde se analisa o detalhe procurando-se compreender o geral. Os dois tipos de abordagem são importantes e se complementam.

Nesta pesquisa, a abordagem utilizada foi a geral, complementada pela pontual somente em algumas regiões da Ilha.

A evolução dos conhecimentos geológicos e estruturais da Ilha de Santa Catarina vem sendo obtida através de mapeamentos básicos desenvolvidos por diversos autores em diversos projetos. Nestes trabalhos, verifica-se que os traços geológicos e estruturais da Ilha são uma extensão dos grandes traços geológicos continentais.

Bastos Neto *apud* Caruso Jr., (1993, p.17) considera que “as principais estruturas da região pertencem a três sistemas de lineamentos:

1- Lineamentos NW-SE: no quadrante NW existe lineamentos de direção N60°W e outros de direção N30°W. Os primeiros são mais importantes e tem comprimento de várias dezenas de quilômetros. Trata-se de faixas de larguras variáveis dentro das quais distribuem-se diques de rochas sub-vulcânicas ácidas, de quartzo e, sobretudo, de

diabásio. Os três tipos de diques estão dispostos paralelamente à direção N60°W. São estruturas pré-cambrianas que foram muitas vezes reativadas.

2- Lineamentos ENE-WSW: as estruturas mais importantes deste grupo têm comprimento decaquilométrico e larguras atingindo 200 m. Elas são compostas por intercalações de milonitos e blasto-milonitos com granitos pouco ou não deformados e diques de quartzo e calcedônia.

Segundo Ladeira & Loczy (1976), a estrutura linear é conferida estatisticamente pelo paralelismo dos elementos planares ou lineares existentes em uma rocha. Desta forma, a observação, interpretação e análise destas estruturas planares, fornecem importantes dados sobre a evolução tectônica da região estudada.

No caso da Ilha, tornam-se importantes principalmente quando se constata que estas se mantêm com a mesma orientação observada em todo Escudo Catarinense; os diversos autores estudiosos da região costumam relacioná-la ao campo do *stress* e ao panorama do movimento que reinou durante a evolução tectônica da região. Daí, a necessidade de identificar e apresentar em mapas geológicos os diversos lineamentos observados durante a interpretação de imagens de satélite.

6.1.1.1 Ocorrência de Lineamentos e Diques na Ilha de Santa Catarina

Dados geotectônicos da Ilha foram obtidos a partir de interpretação e análise das imagens de satélite e de fotografias aéreas. Esta forma de interpretação foi escolhida por constituir o mais importante instrumento para as investigações no campo das geociências, devido ao fato de serem fieis, isto é, retratarem o terreno estudado na sua feição própria.

Os maciços rochosos da Ilha encontram-se caracterizados pela presença de inúmeros lineamentos estruturais que, como visto acima, reflete a tectônica rúptil que afetou toda a região, representada pela ocorrência de diques, por falhas e fraturas nas rochas.

Estes lineamentos foram identificados nas imagens de sensoriamento remoto (radar, satélite, fotografias aéreas) onde foi possível distinguir dois sistemas de fraturamentos principais: um de direção NE e outro de direção NW.

Muitos destes falhamentos ou fraturamentos relacionadas à tectônica do estágio de rifteamento dos continentes sul-americano e africano encontram-se preenchidos por diques de diabásio. Estes podem ser observados em vários pontos da Ilha de Santa Catarina e mantêm, muitas vezes, as mesmas direções dos grandes lineamentos, mais freqüentes na direção NW.

Através da interpretação da imagem foram extraídos os lineamentos estruturais, identificados como traços descontínuos e traçados no papel vegetal, onde foram tomadas as medidas de direções destes lineamentos. Os dados referentes ao levantamento de lineamentos podem ser observados no Anexo 9.25.

Com o objetivo de se conhecer a freqüência das direções de lineamentos apresentados pelos maciços rochosos da Ilha, foi gerada a Tabela 2 contendo as direções de lineamentos em intervalos de 10° em 10° graus, o número de vezes que esta direção foi identificada e os valores percentuais correspondentes.

Tabela 2 – Frequência de Direções de Lineamentos

Direção (° grau)	Número de vezes	% (percentagem)
NS - N 10° E	32	8,86%
N 11° E - N 20° E	65	18%
N 21° E - N 30° E	43	11,91%
N 31° E - N 40° E	0	0,00%
N 41° E - N 50° E	2	0,55%
N 51° E - N 60° E	4	1,11%
N 61° E - N 70° E	0	0,00%
N 71° E - N 80° E	0	0,00%
N 81° E - N 90° E	0	0,00%
NS - N 10° W	11	3,05%
N 11° W - N 20° W	15	4,15%
N 21° W - N 30° W	17	4,71%
N 31° W - N 40° W	23	6,37%
N 41° W - N 50° W	44	12,20%
N 51° W - N 60° W	31	8,59%
N 61° W - N 70° W	11	3,05%
N 71° W - N 80° W	10	2,77%
N 81° W - N 90° W	0	0,00%
NS - VERTICAL	42	11,63%
EW - HORIZONTAL	11	3,05%
TOTAL	361	100,00%

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 2 verificam-se as direções mais frequentes, identificadas pelo elevado número de vezes que foram encontradas e pela percentagem correspondente.

As direções mais frequentes encontram-se nas faixas:

N 11° - 20° E; seguida pela faixa

N 41° - 50° W e

NS ou verticais.

No Mapa Geológico (Anexo 9.1), observa-se que a grande maioria dos maciços da Ilha é constituído pela denominada Suíte Intrusiva Pedras Grandes (PS y pg), caracterizada por corpos graníticos. Segundo Silva (1987, p.68), “sua composição é

caracterizada por corpos graníticos. Segundo Silva (1987, p.68), “sua composição é quase que exclusiva de granitos “stricto sensu”, exibindo pequena variação composicional.”

Em campo, em diversos locais onde a rocha aflora, verifica-se que esses granitos são homogêneos, **não deformados** e que apresentam variações texturais, de granulação e de coloração.

As propriedades das estruturas geológicas, tais como fraturas, falhas e ocorrência de diques, interpretadas nas imagens de satélite foram lançadas neste mapa. No tocante à grande gama de lineamentos observados nas imagens, procurou-se representar somente os de maior expressão, que indicassem as direções estruturais dominantes e aos quais se supõe por várias características identificadas nas imagens, serem falhamentos e fraturamentos.

6.1.1.2 Ocorrência de Lineamentos, Densidade de Lineamentos, Frequência de Cruzamentos de Lineamentos Estruturais e: Zonas de Fragilidade Estrutural para Obra Subterrânea na Ilha.

O cruzamento de dados dos Mapas de Ocorrência de Lineamentos (Anexo 9.5), Frequência de Cruzamentos (Anexo 9.6) e Densidade de Lineamentos Estruturais (Anexo 9.7) forneceu o Mapa de Zonas de Fragilidade Estrutural da Ilha de Santa Catarina (Anexo 9.8). Na análise deste último, verificam-se quatro zonas:

- **Zona com alta ocorrência, densidade e intersecção de lineamentos estruturais (ABC).**
- **Zona com alta ocorrência e densidade de lineamentos estruturais (AB).**

- **Zona de alta ocorrência de lineamentos estruturais (A).**
- **Zona de alta densidade de lineamentos estruturais (B).**

As zonas ABC e AB indicam regiões de alta concentração de elementos estruturais. As zonas A e B, indicam regiões de média concentração de elementos estruturais.

A mais alta concentração de elementos estruturais aparece no sul da Ilha, englobando maciços daquela área (em especial Morro do Ribeirão) e indicando uma zona de alta fragilidade estrutural (ABC e AB).

Concentrações médias (A), representadas por alta ocorrência de lineamentos estruturais aparecem ao sul do Morro do Ribeirão e continuam até o Morro do Córrego dos Naufragados e a oeste no Morro do Matadeiro.

Outra concentração média pode ser observada no centro-norte da Ilha, envolvendo os maciços do Morro da Costeira e do Morro da Represa, indicando uma zona de fragilidade estrutural (A).

Ao norte, uma zona de alta concentração aparece englobando os maciços da costa oeste da Lagoa da Conceição, indicando outra zona de alta fragilidade estrutural na Ilha (AB).

Estas zonas estruturalmente fragilizadas representam concentrações de ocorrência de lineamentos, densidade de lineamentos e, principalmente, de cruzamentos de lineamentos estruturais. Localmente podem representar falhamentos, diques e fraturamentos, indicando zonas de maior probabilidade de ocorrências de descontinuidades nos maciços rochosos, ou seja zonas de fraqueza mecânica e possíveis vias de percolação de água no interior das massas rochosas.

Estes dados são relevantes, uma vez que tanto o comportamento mecânico quanto a

“aparência” do maciço rochoso são controlados pelo número de famílias de descontinuidades que se interceptam. No caso de projeto de obra de escavação subterrânea, as investigações devem ser aperfeiçoadas e a geologia local deve ser estudada detalhadamente através da utilização de outros métodos, como geofísica e, principalmente, de um estudo hidrodinâmico.

6.1.1.3 Diques na Ilha de Santa Catarina

Diversos diques já foram mapeados na Ilha, como pode ser observado no Mapa Geológico (Anexo 10.1). De um modo geral, os diques encontrados na Ilha são da ordem de 20 a 50 metros de espessura. Devido a escala dos mapeamentos, diques de espessuras menores não se encontram representados. Em um mapeamento mais detalhado, é possível o mapeamento de diversos diques menores. Na realidade a Ilha carece deste tipo de mapeamento.

Os diques são vistos com mais facilidade nos costões rochosos da Ilha, onde a rocha encontra-se exposta. Os principais afloramentos encontrados são: Morro das Pedras na Praia da Armação, Costão da Praia da Joaquina, Ponta de Naufragados, Morro do Pântano do Sul, Ponta da Lagoinha, Ponta do Açúcar, Ilha do Campeche, Cachoeira do Canto da Lagoa, Ponta do Gravata, Ponta da Praia da Galheta, Morro do Pinheiro, Morro da Vargem Pequena, Morro do Muquem, Morro das Feiticeiras, Bancadas da pedreira PEDRITA e Morro da Cruz.

Estes diques, que podem ser constituídos por riolitos ou diabásio (mais comum), muitas vezes mostram-se mais fraturados que a rocha encaixante (granitos), fato que pode ser observado na Figura 10.

Figura 10: Detalhe do Fraturamento em Dique de Diabásio na Pedreira PEDRITA.

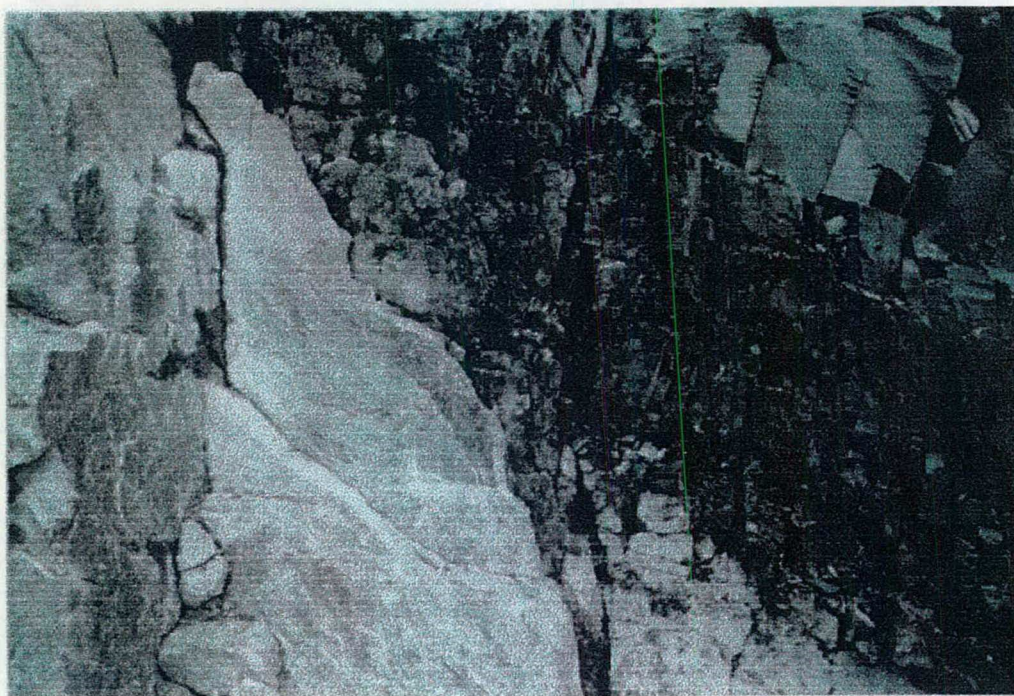


Foto da Autora.

As direções preferenciais da maioria dos diques são NE e NW, seguindo as direções de inúmeros lineamentos encontrados na Ilha. Alguns destes diques foram observados diretamente em campo, em seu local de ocorrência. Algumas observações são apresentadas a seguir.

1- Morro da Cruz

Trabalhos geológicos detalhados sobre o Morro da Cruz foram realizados pelo geólogo Vitor Hugo Teixeira e puderam ser acompanhados no mapa geológico do Morro da Cruz, realizado através do convênio UFSC- IPUF e através do relatório Estudo Geológico dos túneis - Via Expressa Sul-SCSUL - Florianópolis - 1996. Dados extraídos deste último trabalho, complementado por observações em campo são apresentados a seguir.

No Morro da Cruz a rocha predominante é o granito pertencente à Suíte Intrusiva

Pedras Grandes, localmente descrito como um monzogranito a biotita, de coloração cinza rosada e granulação média a grosseira.

Em observação direta do maciço em campo, nos pontos onde a rocha aparece exposta, como na estrada de acesso às torres de TV e no topo, podem ser observadas fraturas com espaçamentos de mais de 1,0 m., conforme Figura 11.

Figura 11: Afloramento de Granito na subida do Morro da Cruz,



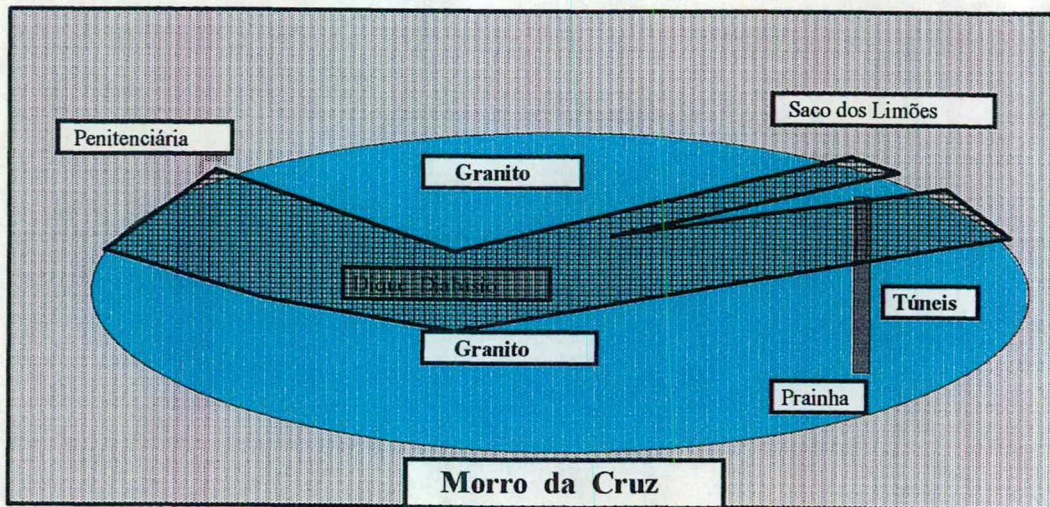
Foto da Autora.

Entre os vários diques encontrados no Morro da Cruz, um enorme dique de diabásio de direção preferencial $N10^{\circ} E; 65-70^{\circ} S$ se destaca pela espessura que se encontra entre 250-300 metros. A direção do dique, NE, coincide com uma das direções preferenciais encontrada no levantamento de lineamentos da Ilha.

Segundo Teixeira (1996), o dique de diabásio do Morro da Cruz inicia-se na Penitenciária como um único corpo, segue em direção do topo do Morro da Cruz, pela encosta voltada para a cidade. No topo do morro forma uma depressão, com forma de

cela, prossegue pela encosta da Caieira do Saco dos Limões, onde aflora. Na encosta voltada para o Saco dos Limões, o dique se separa em dois, com intercalação de granito, conforme figura a seguir.

Figura 12: Dique Morro da Cruz



Fonte: Teixeira (1996), Estudos Geológicos dos Túneis Via Expressa Sul

Teixeira (1996), em seu estudo local, constatou ainda que o maior fraturamento do dique de diabásio, favoreceu a esta rocha permeabilidade bastante superior a do granito. Esta permeabilidade diferencial faz com que a água fique armazenada no dique, criando aspectos peculiares, como o abastecimento de água de moradores do local através de poços escavados no diabásio.

2- Morro da Queimada, Túneis da Via Expressa Sul

Os túneis da Via Expressa Sul cortam uma ponta do Morro da Queimada, maciço composto por granito e recortado por diques de diabásio. Em uma observação mais demorada na topografia de algumas regiões da Ilha, pode-se detectar depressões que indicam a presença de diques, como por exemplo, no Morro da Queimada, que pode ser observado na figura seguinte.

Figura 13: Parte do Morro da Queimada destacando depressão no topo.



Foto da Autora.

Através de visitas à obra e da oportunidade de leitura de relatórios técnicos da mesma, foi possível levantar medidas de direções de descontinuidades locais, tomadas durante a execução da obra. Devido a sua importância, estas medidas serão apresentadas a seguir.

O Diabásio

Segundo Curi (2000, p.4), “as escavações em diabásio/rocha são ocorreram em maciços classe IV e classe III os quais apresentaram mais de quatro famílias de fraturas principais e fraturas esparsas (L_3), superfícies lisas com paredes são ou alteradas (S_3), água na condição de pingos, gotejamento e paredes úmidas, tendo espaçamentos entre fraturas variando de 0,10 m a 0,50 m ($F_{2/3}$) para classe IV e 0,50 m a 1,00 m (F_1) para classe III.”

Algumas medidas de atitudes tomadas em descontinuidades no diabásio, quando

cortado pelos túneis são:

- N40°W 40° NE
- N20°W 85° NE
- N30°W 70° NE
- N60°E 50° SE
- N20°E 85° SE
- N60°E 85° NW
- N50° E 55° SE
- N85°E 85° SE

Pode-se notar que as medidas de direções locais seguem o padrão traçado pelos grandes lineamentos regionais, preferenciais nas duas direções NE e NW.

O Granito

Durante a execução da obra, análises realizadas em amostras de rochas coletadas diretamente nos túneis descrevem o granito no Emboque B (Saco dos Limões) como cinza a róseo, equigranular grosseiro, constituído por feldspato alcalino, róseo, anfibólio preto, pouco quartzo e biotita.

Segundo Curi (2000), com o avanço da obra, passado o contato diabásio/granito, as escavações seguiram apresentando melhoras no maciço granítico: duas a três famílias de fraturas, espaçamentos maiores, umidade apenas nas paredes, e gotejamento apenas em fratura vertical com direção N30°E. Com predominância destas características, o maciço foi classificado como classe II (bom).

No túnel mais interno (o da direita no sentido Aeroporto/Centro), no granito foram encontradas somente uma a duas famílias de fraturas seladas por material rígido e paredes sãs, tendo sido por isto classificado como maciço classe I (muito bom).

Com relação a este relevante e importante fato constatado durante a execução da obra, pode-se afirmar que quanto mais profundo o maciço, mais intacta a rocha, ou seja, sem alterações e desprovida de estruturas.

Na parte mais central, foram mapeadas mudanças bruscas no maciço e surgiram quatro famílias de fraturas e zonas milonitizadas (alteração de rocha causada por esforços ligados a falhamentos), fraturas de até 1,0 metro preenchidas por material alterado (argiloso), alternadas por zonas de rocha sã. Estas condições ocorreram devido a presença de uma caixa de fraturamentos e determinaram, conseqüentemente, a classificação do maciço como classe IV (pobre). As medidas de atitudes tomadas no granito, no interior do túnel são:

- N10°E 80° SE
- N30°E 85° SE
- N30°W 85° SW
- N30°W 85° NE
- N80°E 80° SE

Diretamente nas descontinuidades:

- N50°E 75° SE
- N30°W 80° NE
- N40°W 85° SW
- N60°W 80° SW
- N30°W 80° NE
- N40°E 80° SE
- N50°W 80° SE
- N55°E 80° NW

- N70°E 85° NW
- N15°W 80° SW
- N60°E 80° NW
- N30° E 75° SW
- Horizontais (EW).

- Comportamento do Maciço do Morro da Queimada em Relação à Escavação

O maciço do Morro da Queimada apresentou condições peculiares devido à presença de diques e zonas fraturadas e milonitizadas, só estudadas detalhadamente durante a execução da obra. Durante as escavações foi constatada a ocorrência de milonitos, fratura e falhas, caixas de fraturamentos e mais quatro diques de diabásio além dos dois previstos em cada túnel.

Por isto, algumas providências técnicas não consideradas no projeto, tiveram de ser adotadas conforme consta no Relatório “As Built”, de acordo com Curi (2000, p.8 e 9 - inédito):

“Substituição do tratamento de proteção da abóbada com a utilização de enfilagens tubulares, por tratamento vertical realizado pela superfície, com uso de colunas de solo cimento “jet grouting”. Este sistema proporcionou a formação de um arco resistente no contorno das escavações, via pré-revestimento instalado e, através da formação de colinas esparsas (em malha), no interior da seção, proporcionou a estabilidade de frente, tanto nas escavações da meia seção, quanto ao rebaixo, núcleo e *inverts*, eliminando deslocamentos, rompimentos, etc.

Com o prosseguimento das escavações verificou-se que se tratava de uma região tectonicamente muito perturbada alcançando grande extensão do maciço, comprometendo a estabilidade da cavidade, com conseqüências que poderiam ser desastrosas aos colaboradores e equipamentos dentro do túnel.

Visando a segurança da obra em geral, para o prosseguimento das escavações a seção passou para o tipo “B” com tirantes resinados de 4,50 metros em leques sistemáticos de 9 e 10 unidades, alternados tipo “pé de galinha”, tirantes eventuais ou adicionados “costurando” fraturas, telas duplas e simples L-335 e L-396 com espessuras do concreto projetado entre 0,10 metros e 0,20 metros. Estas medidas adotadas contribuíram para estabilizar a cavidade, porém com clara perda da produtividade”

Em entrevistas com engenheiros responsáveis pela obra, pôde-se constatar a deficiência de investigações preliminares. No entanto, salientam que os métodos de investigação geológica de obras subterrâneas utilizados no Brasil vem apresentando melhorias, principalmente no que diz respeito ao maior uso de métodos geofísicos, mas muito ainda há que melhorar, principalmente com relação a quantidade de investigação.

Segundo Vaz (1999, p 100), “a correta identificação dos condicionantes geológicos e dos fatores que afetam seu comportamento, é o primeiro passo para a elaboração de um modelo geológico adequado”.

Pode-se então observar a importância do conhecimento prévio das condições geológicas da região, uma vez que a quantidade de investigações a ser desenvolvida em uma obra subterrânea depende da complexidade das condições geológicas locais (presença de falhas, ocorrência de diques, etc.)

Oliveira (*apud* Vaz, 1999, p.101) menciona que em relação à quantidade de investigações, “o comprimento das sondagens executadas deve ser aproximadamente igual ao comprimento do túnel (para túneis com menos de 5 km de extensão), diminuindo progressivamente até um limite inferior a 50% do comprimento do túnel para obras longas”.

Infelizmente a prática brasileira está muito abaixo deste padrão, de acordo com Infanti (1994) que ao levantar quatro casos brasileiros de obras subterrâneas, constatou que em três deles a metragem de sondagens variou de apenas 0,01 a 0,5 vezes o comprimento do túnel.

Foi o que se constatou na execução dos túneis da Via Expressa Sul na Ilha de Santa Catarina, quando a avaliação errônea do maciço não permitiu ao construtor precaver-se contra as condições geológicas adversas, encontrando diversas surpresas no desenvolvimento da obra.

Uma das conclusões do Relatório “As Buil”, através de Curi (2000, p.13) demonstra que:

“Devido ao baixíssimo investimento em investigações preliminares (projeto original), os dados geológicos - geotécnicos obtidos na época, contribuíram para uma avaliação “otimista” do maciço no que diz respeito ao seu comportamento geomecânico, tanto superficial como subterrâneo, apresentando dificuldades não previstas inicialmente para a fase de escavação e posteriormente nas regiões onde ocorreram caixas de fraturamentos.”

A obra merece destaque pela diversidade de seus elementos construtivos, tecnologia

aplicada e cuidados ambientais necessários. Apesar dos problemas enfrentados, foi perfeitamente possível a execução da mesma, logicamente a um custo mais elevado.

3 - Costão da Praia da Joaquina

Na Praia da Joaquina, no costão rochoso denominado Ponta do Retiro, aflora um granito de coloração rosada, de granulação média a grossa, muito comum na Ilha, pertencente a Suíte Intrusiva Pedras Grandes. Neste local, o granito encontra-se recortado por diques de diabásio de coloração escura e granulometria muito fina.

Estes diques de diabásio apresentam fraturamentos mais acentuados que o granito encaixante. Não apenas a quantidade de fraturas é mais elevada como também o espaçamento entre elas é bem menor que aquelas apresentadas pelo granito. Este fato pode ser observado a seguir.

Figura 14: Dique de diabásio na Praia da Joaquina.

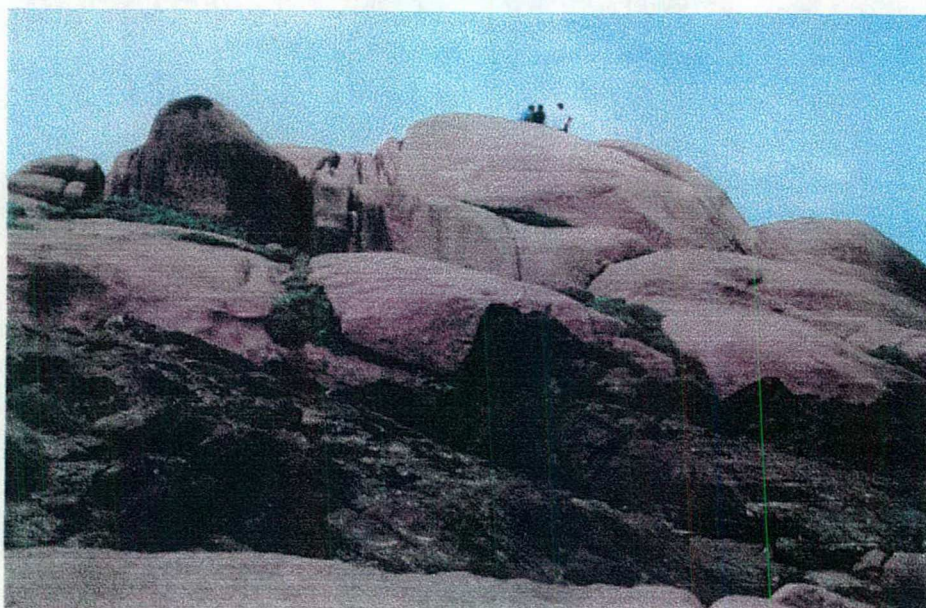


Foto da Autora.

Medidas tomadas no local, no granito e no dique apresentaram as direções:

No Granito:

-N25°E/ Vertical;

-N30°E/ Vertical;

-N50°E/70°SW.

No diabásio:

- Direção do Dique: N20°E:

- N80°W 80°NE;

- N85°W/ 55° SW.

Nota-se que a direção do dique segue a direção dos grandes lineamentos, se comportando dentro dos padrões da tectônica regional verificada nas imagens de satélite.

4- Bancadas da Pedreira PEDRITA.

As bancadas da pedreira da PEDRITA - Planejamento e Construção Ltda, situada no Rio Tavares, no maciço rochoso denominado Morro da Represa, oferecem excelentes condições para visualização da ocorrência de dique em corpo granítico.

O maciço rochoso apresenta um grande corte vertical, dividido em bancadas de aproximadamente 20 metros cada uma. Pode-se observar um grande dique de diabásio de aproximadamente 60 metros que corta o granito, além de vários outros de dimensões menores. A Figura 15, mostra a frente de lavra da pedreira, onde se pode observar o dique de diabásio e o granito.

Figura 15: Frente de Lavra da Pedreira PEDRITA – Rio Tavares



Foto da Autora.

Observa-se que a frente de lavra da pedreira, apresenta-se intensamente fraturada devido as freqüentes detonações (Figura 16). Mas, pôde-se perceber através das medidas de direções tomadas diretamente nas bancadas, que estas seguem o padrão tectônico regional.

Figura 16: Detalhe do fraturamento diabásio/granito/diabásio.

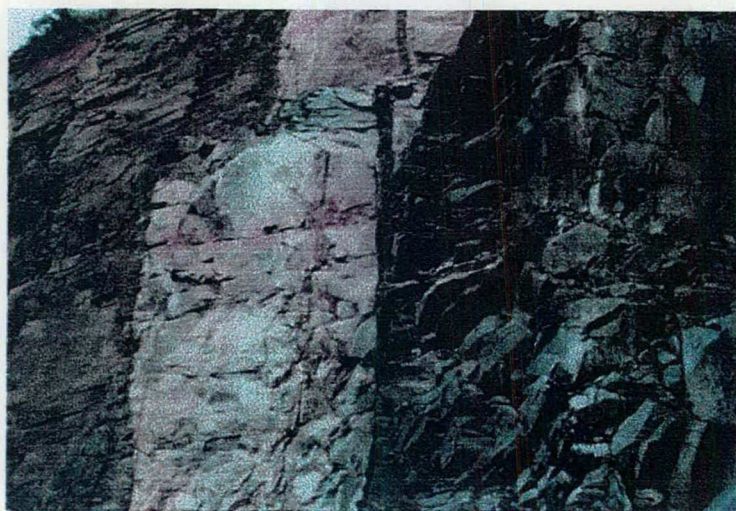


Foto da Autora.

As medidas de direções de fraturas obtidas foram:

No granito: N30° E / 60° SE;

N60°W / 30° NE;

N70°W / 60° NE;

N70°W / 70° NE.

No diabásio: N80°W / 70°SW;

N80°W / 80 NE;

N60° W / Vertical;

N60° W / 70° NE;

N60°W / 65° SW;

N30° E / 60° NW;

Analisando-se os mapas geológicos, as tabelas com medidas de direções de lineamentos estruturais e direções tomadas diretamente nos afloramentos em campo, constata-se que as direções dos lineamentos estruturais preferenciais na Ilha mostram relativa concordância com as direções preferenciais de fraturamentos em escala de afloramentos e dos diques mapeados.

Este fato pode vir a contribuir para o aperfeiçoamento das investigações preliminares nos maciços rochosos da Ilha. Uma vez identificadas ou indicadas no maciço, as estruturas de grande porte, tais como falhas e ocorrência de diques devem ser consideradas isoladamente, devido a sua importância para o sucesso da possível obra subterrânea que se deseja realizar.

Estudiosos e especialistas em geologia de engenharia concordam que quanto maior conhecimento geológico e identificação de trechos com condições geológicas adversas,

menores os custos e as surpresas durante a execução da obra.

6.1.2 Setorização dos Maciços na Ilha de Santa Catarina

Através da observação da ocorrência natural dos maciços distribuídos pela Ilha, análise dos mapas elaborados no decorrer dos trabalhos de pesquisa, análise dos dados estruturais dos maciços rochosos e caminhamentos pela Ilha, verificou-se que a mesma encontra-se dividida em dois grandes blocos ou maciços rochosos: 1- Maciço Setor Sul e 2- Maciço Setor Centro-Norte

6.1.2.1 Maciço Setor Sul

Da cabeceira da Ponte Pedro Ivo Campos, lado continental, através de uma visão privilegiada, observa-se uma elevação formada por um grande corpo rochoso que se alonga em direção ao sul da Ilha.

O Maciço do Setor Sul, como passará a ser denominado neste trabalho, quando observado no Mapa Geológico e no Mapa Hipsométrico, tem sua continuidade na direção norte interrompida por uma extensa planície que, de norte para sul, inicia-se no trevo do Rio Tavares, se alarga para leste e oeste até encontrar o mar e cresce em direção ao sul, passa por grandes elevações, às bordas da SC-405 e termina às bordas do mar na Ponta de Naufragados.

Este maciço forma um grande bloco rochoso com 15 km de comprimento. Com relação a largura, inicia-se com 5 km, se alarga na parte central e termina com apenas

1,5 km no extremo sul da Ilha.

Nesta porção sul da Ilha, encontra-se uma depressão representada pela Lagoa do Peri, cercada ao norte, sul e oeste por diversos maciços rochosos de altitudes variadas, onde se destacam: o Morro do Ribeirão, o ponto mais alto da Ilha, com 532 metros (Anexo 9.17), o Morro da Chapada com 420 metros, Morro da Cachoeira Grande com 409 metros, Morro do Saquinho com 330 metros, Morro do Peri de Cima com 337 metros e Morro das Pedras com 174 metros.

Mais ao sul destacam-se: Morro da Tapera com 381 metros, Morro do Trombudo com 389 metros, Morro do Córrego dos Naufragados com 329 metros (Foto – Anexo 9.18) e mais a leste o Morro do Pântano com 330 metros e o Morro do Matadeiro com 289 metros.

No extremo sul da Ilha, o Morro do Córrego dos Naufragados entra em contato direto com o mar, formando costões rochosos (Anexo 9.19), terminando em duas pontas que protegem a bonita praia de Naufragados. Estas duas pontas recebem a denominação de Ponta dos Naufragados e Ponta do Frade.

Logo à frente da praia da Caieira, nas proximidades da trilha que dá acesso à Praia de Naufragados, foram encontrados diques de diabásio preenchendo fraturas e falhas identificadas através de zonas milonitizadas nas direções N60°W e N30°E.

Observando o mapa geológico da Ilha, percebe-se que em sua maioria, os maciços que compõem o Setor Sul são constituídos por rochas graníticas pertencentes à Suíte Intrusiva Pedras Grandes, muito comum em toda Ilha. Em Ribeirão da Ilha, próximo à Igreja, destaca-se uma pequena ocorrência de rocha vulcânica (riolito) pertencente à Formação Cambirela, que ali se apresenta como uma massa acinzentada maciça, de tonalidade rosada e com destacados cristais de feldspato, como pode ser observado no

detalhe da Figura 17.

Figura 17: Detalhe de riolito encontrado no Ribeirão da Ilha.

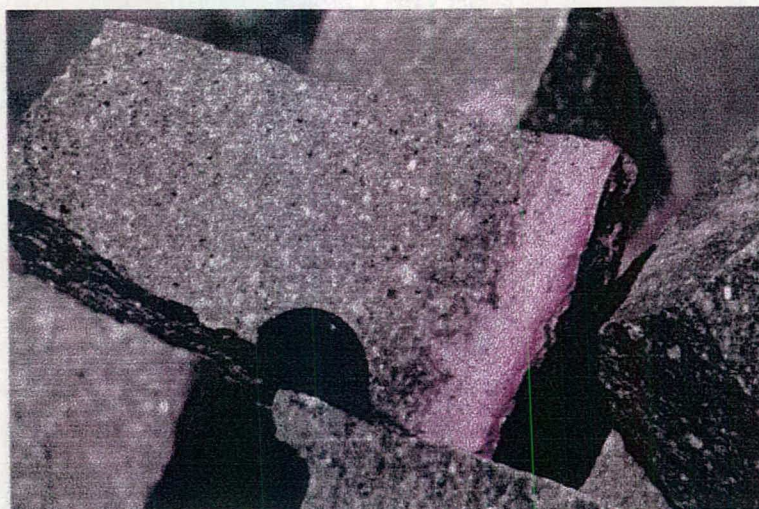


Foto da autora

A Praia do Pântano do Sul encontra-se em uma pequena enseada protegida das ondas que vem do mar aberto por um maciço rochoso formado pelo Morro do Pântano (330 m.) e Morro do Morro do Matadeiro (289 m.); esta região situada a leste do Maciço Setor Sul, está separada do bloco maior por uma pequena planície arenosa que continua até a borda leste da Lagoa do Peri. Os dois maciços rochosos constituídos por riolitos (a maior ocorrência da Ilha) é cortado por diques de diabásio de tamanho e espessuras variadas e direção preferencial NE.

Na observação dos mapas hipsométrico, geológico e isovalores, aliada a observação de campo, constata-se que os maciços deste setor formam uma seqüência de elevações paralelas ao continente, na realidade divididas em dois blocos: um maior a oeste (Suíte Intrusiva Pedras Grandes) e outro menor a leste (Fm. Cambirela). Em ambos o controle tectônico é evidenciado pela alta densidade de lineamentos e de freqüência de interseção de lineamentos estruturais.

O bloco situado a oeste maior e contínuo, apresentou uma zona de alta fragilidade estrutural. Já o bloco situado a leste apresentou alta ocorrência de lineamentos, mas não apresentou concentração de interseções de lineamentos e nem densidade de lineamentos estruturais, indicando por isto, zona de média fragilidade estrutural. Este fato pode ser mais facilmente observado no Mapa de Zonas de Fragilidade Estrutural (Anexo 9.8).

Ao observar-se o Mapa de Vias de Transportes da Ilha de Santa Catarina (Anexo 9.9), percebemos neste Setor de Maciço Sul a carência de ligações rodoviárias entre as comunidades de Ribeirão da Ilha, Tapera e Caieira da Barra do Sul situadas do lado oeste e as comunidades de Armação e Pântano do Sul situadas do lado leste da ponta sul da Ilha.

Pode-se ainda notar a proximidade da ponta sul da Ilha, com o Continente. Seria interessante neste ponto, uma ligação direta Continente-Ilha através de uma ponte, que devido a proximidade não passaria de 1,0 km.

Neste lado sul da Ilha, as comunidades são pequenas e tranquilas (Pântano do Sul, Ribeirão da Ilha, Tapera, Caieira da Barra do Sul e Armação). Distantes do centro urbano, o verde encontra-se mais presente e preservado, e os morros recobertos pela Mata Atlântica (Anexo 9.20).

Áreas legalmente preservadas recobrem a grande maioria dos maciços do Setor Sul, fato que pode ser observado no Mapa de Áreas de Preservação da Ilha. Esta constatação exigirá maiores cuidados ambientais na forma de utilização dos maciços rochosos, que devera ser compatível com a legislação ambiental.

6.1.2.2 Maciço Setor Centro-Norte

No sentido norte, após a planície arenosa, inicia-se outro bloco rochoso composto por elevações de cotas variadas, mais extenso (cerca de 31 km) e que passaremos a denominar Maciço do Setor Centro-Norte. De sul para norte, este setor inicia-se com o Morro do Campeche (200 m), uma pequena ilha rochosa constituída por granitos da Suite Intrusiva Pedras (Anexo 9.21 e 11.22) recortado por diques de diabásio. e continua constituído pelo Morro da Represa (300 m.) onde se encontra localizada a única pedreira da Ilha, a PEDRITA, e segue pelo lado oeste com o Morro do Badejo (309 m.) em direção a parte sul da Lagoa da Conceição.

Pelo lado oeste, segue com o maciço rochoso denominado Morro da Costeira (436 m.) até o Saco dos Limões. Mais próximo ao centro urbano esta parte do maciço encontra-se desmatada e, por vezes, recoberta por vegetação rasteira e rala. Parte das encostas deste maciço voltadas para a Baía Sul da Ilha encontram-se densamente habitada.

Mais recentemente (1995) foi criado o Parque Municipal do Maciço da Costeira, justamente objetivando sua preservação ambiental.

Com relação ao adensamento de lineamentos, esta parte do Setor Centro-Norte formado pelo Morro da Costeira encontra-se destacado por alta densidade de lineamentos estruturais, mas apresenta baixa frequência de intersecção de lineamentos e, principalmente, não apresenta ocorrência de diques. Estas condições contribuíram para ocorrência de uma zona de média fragilidade estrutural, indicando o bom potencial para utilização subterrânea da área.

Figura 18: Maciço Morro da Costeira visto do Continente

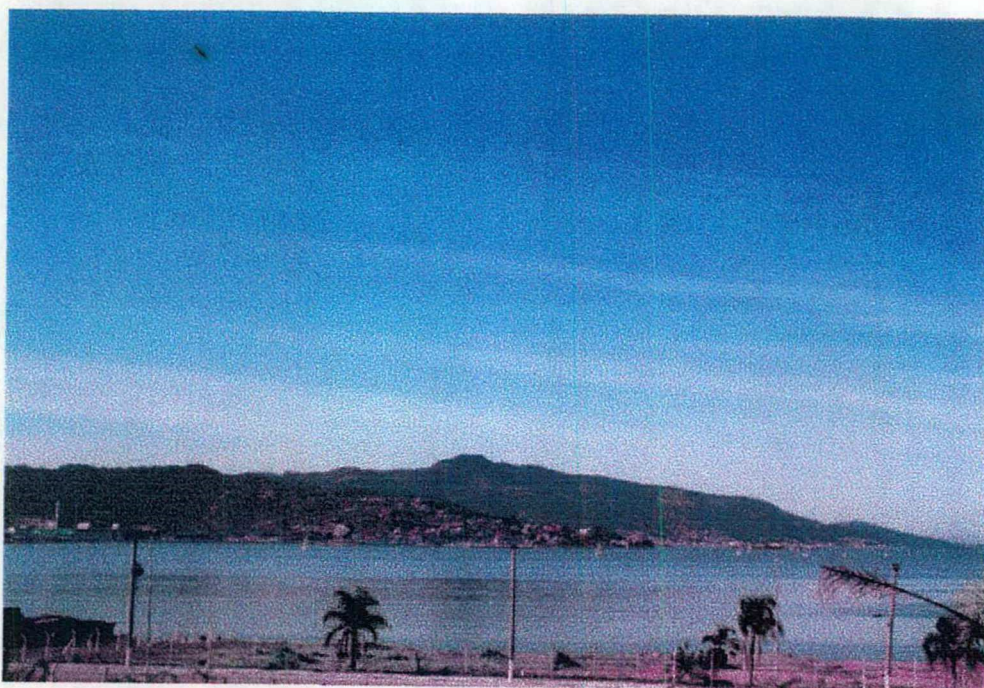


Foto da Autora.

Na região central do município de Florianópolis, como parte do Maciço Setor Centro-Norte, o Morro da Cruz (285 metros), o Morro da Queimada (171 m.) e Morro do Saco dos Limões (188 m.) formam um maciço individualizado. Neste, além da presença de falhamentos caracterizados por zonas milonitizadas, foram mapeados vários diques de diabásio e também de riolito.

Nesta região, a média ocorrência de lineamentos, a baixa frequência de cruzamentos de lineamentos e a média densidade de lineamentos, contribuíram para a classificação de uma zona de média fragilidade estrutural.

Cabe salientar, que em muitos pontos onde aflora, a rocha granítica que constitui este pequeno maciço central de Florianópolis se apresenta compacta e com fraturas bem espaçadas.

No centro da Ilha, três pontes fazem a ligação Ilha/continente e abriga o distrito sede,

fato que muito contribui para que esta região apresente forte concentração populacional. As encostas do Morro da Cruz encontram-se densamente ocupadas, em alguns pontos ultrapassando o limite máximo de declividade permitido (igual ou superior a 46,6% ou 25°), restando pequena ocorrência de rochas e pouco verde no topo.

Pelo lado leste, segue pelo Morro do Assopra nas margens da Lagoa da Conceição (costa oeste), passando para o Morro da Costa da Lagoa (492 m), Morro da Lagoa (493 m), Morro das Canelas (445 m.) e seguindo para o norte da Ilha pelo Morro do Saquinho (279 m.) e o Morro do Tijuco (309 m.). O verde vivo da mata que os recobrem formam bonito contraste com as águas azuis da lagoa, onde em pontos variados afloram em belíssimos costões rochosos. (Anexo 9.23)

Mais a oeste, com encostas voltadas para a Baía Norte, o maciço se alonga, constituído por uma seqüência de elevações: Morro da Fortaleza (317 m.), Morro do Cantagalo (126 m.), Morro Manuel Lacerda (400 m.), Morro do Milhas (415 m.), Morro Pedra de Listra (493 m.), Morro da Virgínia (300 m.), Morro do Cacupé (173 m.), Morro da Praia Comprida (352 m.), Morro Ribeirão das Pedras (352 m) Morro da Barra do Sambaqui (183 m.), formando diversas pontas caprichosamente desenhadas na Baía Norte, tais como a Ponta do Cacupé, Ponta do Forte, Ponta do Sambaqui e Ponta da Luz.

Nesta região do Maciço do Setor Cento-Norte voltado para a Baía Norte, além de apresentar as maiores altitudes do norte da Ilha, possui continuidade, fato que pode ser observado no Mapa Hipsométrico.

Os lineamentos mais freqüentes na direção NE, embora mais espaçados entre si, apresentam um adensamento destacável nesta região. O Mapa de Zonas de Fragilidade Estrutural da Ilha de Santa Catarina destaca uma mancha de alta fragilidade estrutural

nesta região, fato relacionado a sua expressiva continuidade e altitudes que apresenta. Esta constatação aponta para a necessidade de estudos estruturais mais detalhados no caso de sua utilização subterrânea.

Distante do mar e cercado por planícies, ao norte da lagoa da Conceição, este maciço rochoso segue formado pelo Morro do Ratonés (465 m.), Morro do Sertão (299 m.), Morro do Rio Vermelho (174 m.), Morro dos Vitorinos (190 m.), Morro do Pinheiro (204 m.), Morro dos Marques 9335 m.), Morro das Capivaras (395 m.), Morro da Sinaleira 9148 m.), Morro do Caçador (285 m.), Morro do Muquém (300 m.), Morro da Cachoeira (249 m.), Morro das Feiticeiras (206 m.), terminando no extremo norte da Ilha com o Morro das Canas (75 m.) e o Morro do Rapa (184 m.).

Mais ao norte, a ocorrência de lineamentos é média, a frequência de intersecção de lineamentos é baixa. Entretanto, a presença de vários diques já mapeados nesta área, principalmente no Morro dos Vitorinos, Morro do Pinheiro, Morro da Cachoeira e Morro das Feiticeiras, contribuiu para a indicação de uma zona de média fragilidade estrutural nesta região.

A leste, ilhados pela planície e em contato com o mar, o Morro da galheta (193 m), o Morro das Aranhas (255 m.) e o Morro dos Ingleses (195 m), formam bonitas pontas constituídas por costões rochosos. O mesmo ocorrendo a noroeste, com o Morro do Jurerê (139 m.) e o Morro do Forte (117 m).

Mais uma vez, na observação do Mapa Geológico nota-se que os maciços do Morro das Aranhas e do Morro dos Ingleses são constituídos por rochas do Complexo Granítico-Gnaissico, única associação de rochas graníticas, gnáissicas e migmatíticas da Ilha.

Por se apresentarem como maciços individuais e de dimensões reduzidas, a

ocorrência de lineamentos é menos visível nestes pontos. Em menor quantidade e mais espaçados não chegam a apresentar adensamento considerável. Mesmo nestas ocorrências rochosas mais “isoladas” podem ser encontrados alguns diques de diabásio, como é o caso de diques mapeados no Morro do Jurerê e do Morro das Aranhas, ambos no sentido NE, comprovando a semelhança com a tectônica geral da Ilha.

O Quadro I destaca algumas características políticas e físicas da Ilha. Os comentários procuram complementá-lo.

Quadro 5 - Características Físicas da Ilha de Santa Catarina

Área total da ilha	424,40 km ²
População (senso 2000)	321.778 habitantes
Lagoas e Rios	29,40 km ²
Áreas Legalmente Preservadas	176 km ²
Área Montanhosa (maciços rochosos)	192,5 km ²
Área de Planícies (Sedimentos recentes)	202,5 km ²
Litologia predominante (Pré-Cambriano)	Granito
Altitudes Máximas	532 m (Morro do Ribeirão - Sul ilha) 493 m (Morro da Lagoa - norte ilha) 492 m (Morro da Costa da Lagoa norte ilha)
Mineração (Britas)	Pedreira PEDRITA - Rio Tavares

Comentários:

As áreas montanhosas da Ilha são constituídas por rochas resistentes, em sua maioria granitos e compõem os **maciços rochosos**, ocupando aproximadamente a metade (50%) da área da Ilha. Destacam-se ainda pelas altitudes apresentadas, grande parte entre 200 e 400 metros. Quantificadas, as áreas ocupadas por maciços rochosos somaram 192,5 km².

O Maciço Setor Sul, forma um bloco mais homogêneo e contínuo.

Com relação aos lineamentos, eles se encontram distribuídos por todos os maciços rochosos da Ilha, concentrando-se nas regiões de maiores altitudes como a costa oeste da Lagoa da Conceição e Morro do Ribeirão da Ilha, e em áreas com presença de dique.

No Maciço do Setor Sul que encontramos a maior ocorrência de riolitos (Morro do

Pântano e Morro do Matadeiro). Cabe salientar a necessidade de mapeamento geológico de detalhe da Ilha, onde muito ainda há para ser estudado, detalhado e descoberto.

Os ecossistemas da Ilha encontram-se legalmente preservados, incluindo o topo dos maciços rochosos recobertos pela Mata Atlântica. Como historicamente as leis ambientais ainda costumam ser ignoradas, a real preservação depende da consciência ambiental da população, dos empresários e da fiscalização dos órgãos ambientais.

6.1.3 A Utilização de Maciços Rochosos na Ilha

6.1.3.1 A Mineração de Britas no Aglomerado Urbano de Florianópolis.

Devido a predominância de maciços rochosos constituídos por granitos, Florianópolis, Biguaçu e Palhoça destacam-se na produção de pedras britadas. Além de britas, Biguaçu e Palhoça produzem areia; Florianópolis, Palhoça e São José produzem saibro para aterro e argila para indústria cerâmica. Existe ainda a produção clandestina de paralelepípedos ou blocos de rochas cortados manualmente.

Para suprir a necessidade ou demanda do aglomerado urbano de Florianópolis, a exploração de britas é realizada por três empresas:

- 1- PEDRITA - Planejamento e construção Ltda. (Florianópolis)
- 2- SAIBRITA - Mineração e Construção Ltda. (Palhoça)
- 3- SULCATARINENSE - Mineração, artefatos de Cimento, Britagem e Construção Ltda. (Biguaçu).

A produção comercial destas empresas datam do início da década de 80, período também relacionado ao aumento populacional, expansão urbana e do desenvolvimento sócio-econômico da região.

- Produção de Britas no Aglomerado Urbano de Florianópolis

O gráfico apresentado na figura abaixo apresenta a produção conjunta das três grandes pedreiras do aglomerado urbano de Florianópolis. Os dados foram levantados a partir do Relatório Anual de Lavra - RAL, junto ao DNPM - Florianópolis-SC.

Figura 19 - Gráfico da Produção de Britas no Aglomerado Urbano de Florianópolis



A Tabela 3 destaca o consumo de britas (em m³) por habitante nos municípios considerados ano a ano. A coluna **Produção Anual (m³)**, demonstra o somatório da produção das pedreiras naquele ano considerado. A coluna **hab. (S.J+F+B+P)**, traz a soma dos habitantes nestes quatro municípios considerados: São José, Florianópolis, Biguaçu e Palhoça.

A última coluna (**índice: m³/hab**), apresenta valor encontrado ao se dividir a produção daquele ano pelo número de habitantes.

Tabela 3 - Produção Anual de Britas e Índice de Consumo ($m^3/hab.$)

ANO	PROD. ANUAL (m^3)	hab. (S.+F+B+P)	índice: m^3/hab
1985	220.271	396.832	0.55
1990	473.864	446.844	1.06
1991	434.378	497.376	0.87
1992	386.431	509.085	0.76
1993	450.733	522.919	0.86
1994	376.482	534.529	0.70
1995	617.411	545.848	1.13
1996	500.351	543.528	0.92
1997	545.059	551.438	0.99
1998	618.765	561.026	1.10
1999	539.769	570.634	0.95

A análise da Tabela 3 evidencia um salto na produção em 1990, uma queda nos cinco anos subsequentes e a retomada do crescimento da produção de pedras britadas a partir de 1995, quando o índice fica muito próximo ou mesmo acima de 1,0. São dados **oficiais** e, por isto, acredita-se que estejam abaixo da realidade. Há ainda que se considerar a produção clandestina.

O crescimento urbano de Florianópolis tem se refletido na expansão de construções civis tais como habitações, rodovias, viadutos, pontes, etc. O maior consumo deveria refletir diretamente no aumento da produção de britas. Com produção de 540.000 m^3 /ano para três pedreiras de porte médio abastecerem quatro municípios em forte processo de urbanização, pode-se afirmar: é muito pouco.

• Impactos Ambientais Relacionados com a mineração

O baixo valor e considerável “abundância” de minerais de uso direto na construção civil, restringem as fontes produtoras às proximidades dos locais de utilização, já que o transporte encareceria o seu custo. Assim, a localização da mineração de uso imediato na construção civil (brita, areia e argila), encontra-se em sua grande maioria, dentro de regiões urbanas. Esta proximidade aos centros consumidores torna-se uma

obrigatoriedade, caso contrário, o preço do frete poderia aumentar sobremaneira o custo final do produto, tornando-o inviável.

Com a expansão dos municípios, um fato importante pode ser constatado no aglomerado urbano de Florianópolis; as pedreiras antes distantes dos centros urbanos, encontram-se hoje dentro de porções urbanas (PEDRITA - Rio Tavares – Ilha; SAIBRITA - Palhoça e SULCATARINENSE - Biguaçu).

Implantadas junto à malha urbana, pedreiras e saibreiras geram também aspectos considerados prejudiciais aos moradores da circunvizinhança e ao meio ambiente. Com o aumento da produção, crescem a quantidade movimentada de minério, de rejeito e os conflitos entre a atividade de mineração e a preservação do meio ambiente.

São vários os impactos ambientais e seus efeitos. No caso específico do aglomerado urbano de Florianópolis, em relação às pedreiras pode-se citar:

Vibrações - possíveis danos a estruturas civis e incômodo à população que mora no entorno das pedreiras.

Ruído - incômodo ambiental

Desmatamentos - impacto visual e impacto sobre a fauna, flora e drenagens.

Poeira - incômodo ambiental à população, à fauna e flora.

Cava - corte em bancadas causa impacto visual.

Bota Fora - o capeamento sem valor comercial é acumulado em grandes áreas próximas.

A SAIBRITA - Mineração e Construção Ltda, tem parte de sua pedreira ou frente de lavra localizada dentro do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro em Palhoça. A extração ao longo de vários anos, gerou uma grande cava na encosta do Morro do Cambirela, voltado para a Ilha de Santa Catarina. É possível identificar a pedreira ao se

olhar da Ilha para o continente na direção do Morro do Cambirela, que por ser o mais alto é facilmente identificado.

Este impacto visual, alvo de denúncias e reclamações por parte da comunidade, teve, em consequência disto, a implantação de um plano de recuperação ambiental. Este plano incluiu aterro das bancadas com terra vegetal e plantação de eucaliptos que ao crescer esta formando uma cortina verde, minimizando o impacto visual.

Com relação à PEDRITA, localizada no distrito de Rio Tavares na Ilha de Santa Catarina, o corte provocado pela grande frente de lavra em forma de bancadas já pode ser facilmente identificado na paisagem, principalmente quando observado de frente, da Praia da Joaquina ou da estrada do Rio Tavares (Figura 20).

Figura 20: Bancada da Pedreira PEDRITA - Vista da Estrada do Rio Tavares.

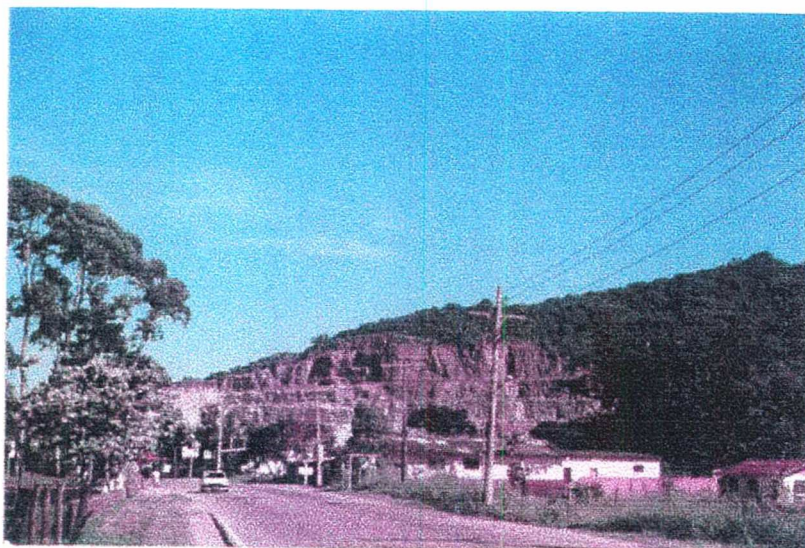


Foto da Autora.

O impacto visual associado aos demais incômodos já descritos, em futuro próximo poderá acarretar a paralisação desta atividade. Entretanto, devido a necessidade crescente deste bem mineral, alternativas devem ser encontradas para dar continuidade à produção. Uma delas poderá ser a lavra subterrânea que será discutida posteriormente.

No caso da exploração de saibro e terra para aterro, o material de empréstimo é tirado nas elevações que são praticamente destruídas até o nível em que a rocha se encontra alterada e depois são abandonadas. Na condição de clandestinos, sem fiscalização e planejamento adequado os taludes são deixados sem nenhuma proteção, os cortes são mal feitos e os materiais disponíveis tendem a provocar o assoreamento de vias ou rios, causando entupimentos, escorregamento de material, como é o caso da antiga saibreira localizada na SC-401 próximo a entrada para Calcupé, e outra ocorrência hoje abandonada nas proximidades da Praia Mole (Figura 21). As conseqüências são muitas: destruição de ecossistemas, desmatamentos, poluição, entulhamento de drenagens, escorregamentos de terra.

Figura 21: Impacto ambiental em saibreira abandonada próximo a Praia Mole.



Foto da Autora.

6.1.3.2 Túneis da Via Expressa Sul

Na Ilha, ao longo do tempo a utilização dos maciços rochosos vem se restringindo a extração de pedras britadas para construção civil. A primeira obra envolvendo construção de túnel em rocha na Ilha de Santa Catarina foi iniciada em 1995 e concluída em 2000.

A obra foi idealizada há mais de 20 anos com o objetivo de permitir o desenvolvimento do Sul da Ilha e dar acesso rápido ao Aeroporto Hercílio Luz. Envolve viadutos, aterro hidráulico e escavação de dois túneis em rocha, detalhados a seguir.

O trabalho de acompanhamento geomecânico da obra foi realizado por Luiz Jorge Curi, geólogo das Obras de Túneis Iguatemi Consultoria e Serviços de Engenharia Ltda., com o objetivo de definir as diferentes classes de maciço, com a finalidade de subsidiar decisões de engenharia. As informações que se seguem foram obtidas em relatórios técnicos da obra e/ou em conversas com engenheiros responsáveis pela obra.

Local: Morro da Queimada - Bairro Prainha - Florianópolis. Externamente o morro é densamente habitado.

Geologia: Trata-se de uma área bastante heterogênea, constituída por matacões, colúvio, solo, rocha alterada e rocha sã (granito e diabásio). As escavações iniciaram-se em solos coluvionares, seguiram em rocha alterada e alcançaram a rocha sã: granito cinza ou róseo, equigranular, apresentando fraturas e milonitização ocasionada por esforços tectônicos e ocorrência de diques de diabásio com espessuras variando de centímetros a dezenas de metros.

Túneis: Foram construídos dois túneis com extensão total de 1.450 metros; cada túnel foi escavado com altura de 10 metros e largura de 17 metros, perfazendo uma

seção de 170 m², 725 metros de extensão. As Figuras 22 e 23 apresentadas a seguir destacam os emboques dos túneis. Na execução da obra foi utilizado equipamento moderno - um Jumbo - com capacidade de perfuração de até 10 cm de diâmetro, onde é colocado o material explosivo para detonação da rocha. Este equipamento permitiu o avanço de 6 metros por dia.

Custos: Segunda a construtora, o Consórcio CBPO-CNO, o custo da construção dos dois túneis foi estimado em aproximadamente R\$ 28.000.000.

Durante os trabalhos, por se tratar de uma área densamente habitada, o controle da sísmica foi apurado, de forma a não ultrapassar 15 mm/s, controlando-se o avanço de cada detonação (que não ultrapassou 4,0 m), utilizando-se para isto menor quantidade de explosivos.

Figura 22 - Túneis Via Expressa Sul - Emboque A – Prainha

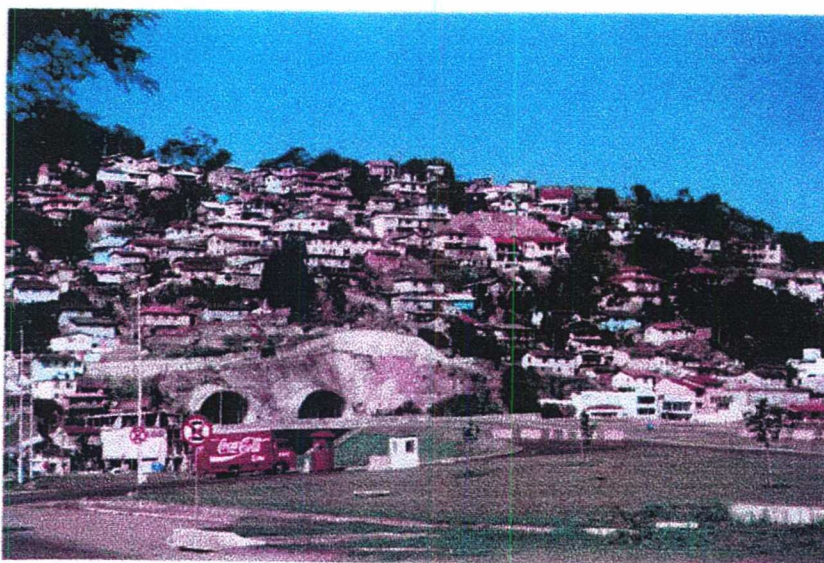


Foto da Autora.

Figura 23 - Túneis Via Expressa Sul - Emboque B - Saco dos Limões

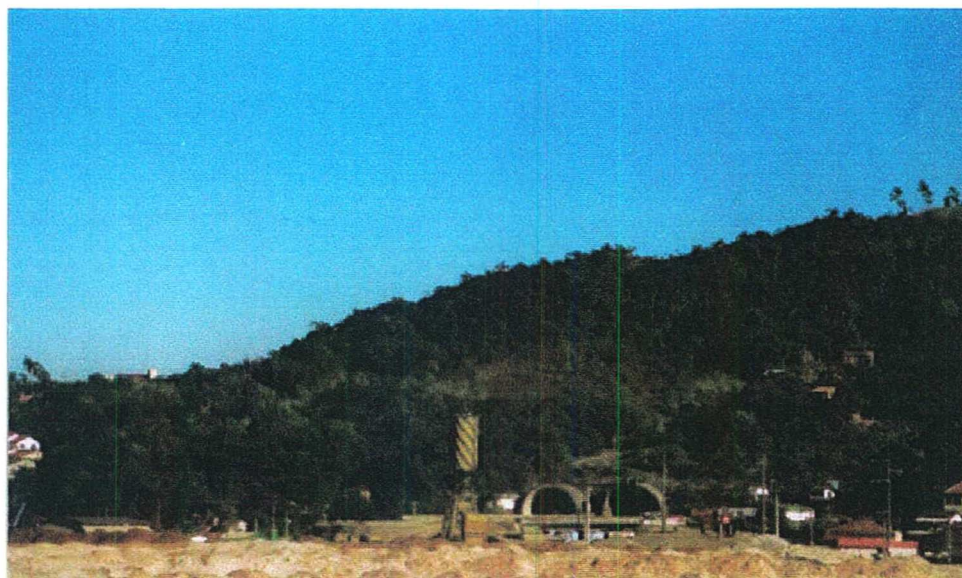


Foto da Autora.

6.1.3.3 Proposta para Utilização Subterrânea dos Maciços Rochosos da Ilha

A construção de cavernas em rocha para os mais diversos fins em uma determinada área está diretamente relacionada ao tipo de rocha ali existente e à sua estrutura geológica.

Na “Era Ambiental” em que vivemos existe uma busca constante de melhor qualidade de vida aliada à minimização do impacto ambiental. Uma importante alternativa objetivando a criação de novos espaços e a preservação ambiental na Ilha pode ser a utilização subterrânea dos diversos maciços rochosos que ela possui.

A feliz ocorrência do binômio natureza/tranqüilidade tem atraído grandes contingentes de novos habitantes. Com a urbanização acentuada, o verde das encostas vem cedendo lugar às habitações, construção de estradas para interligação, obras de infra-estrutura, provocando verdadeira luta por espaços passíveis de serem ocupados.

Aliado ao crescimento populacional, aparecem inúmeras necessidades e deficiências

tais como: expansão da construção civil, grandes obras de infra-estrutura, crescimento da extração mineral, necessidade de construção de vias rápidas, estações para tratamento de lixo, tratamento de esgoto, armazenamento de água potável, estacionamentos, espaço nobre para o comércio e o grande desafio: compatibilizar a preservação do meio ambiente com a ocupação e uso do solo.

Os estudos desenvolvidos na Ilha demonstram a ocorrência expressiva de elevações litologicamente constituído por granitos (aproximadamente 50% da área da Ilha). O desenvolvimento de escavações neste tipo de rocha tem demonstrando que, quando são e pouco fraturadas possuem alta resistência, facilitando as escavações.

Como a execução de obras subterrâneas é completamente dependentes dos maciços geológicos nos quais serão construídas, a constatação da ocorrência de granitos nos diversos maciços rochosos que compõem a Ilha, indica que os mesmos podem e devem ser utilizados como espaços subterrâneos alternativos, possíveis de serem utilizados para fins variados: túneis, estacionamentos, armazenamentos e até mesmo como futuras áreas de comércio e lazer.

Entre os pontos favoráveis para que a construção de cavernas em rocha seja considerada um investimento a longo prazo na Ilha, destacam-se:

- Ocorrência de rocha granítica em aproximadamente 50% de sua área
- Preservação do ambiente natural superficial
- Disponibilidade de espaço para necessárias obras de infra-estrutura
- Segurança
- Baixa manutenção (pouco afetados pelo tempo)
- Domínio de tecnologia nacional (profissionais de geotecnia especializados no Brasil).

6.1.3.3.1 Pedreiras Subterrâneas

Alternativa futura para produção de pedras britadas na Ilha, a lavra subterrânea de granitos para britagem, forneceria materiais para construção civil local, evitaria transporte de municípios vizinhos, ao mesmo tempo em que aparece como alternativa para preservação de áreas externas das encostas, principalmente vegetação e drenagens.

As lavras subterrâneas antecederiam as futuras obras projetadas em rocha. Estudos detalhados indicariam o local mais adequado, dimensionariam a obra a ser realizada e o volume de rocha a ser extraída com a abertura de galerias ou cavernas nos maciços rochosos. Empresas mineradoras negociariam e se encarregariam da extração, transporte, beneficiamento e comercialização, possivelmente com as pedreiras já existentes e possuidoras de estrutura já montada. O lucro com a venda do produto contribuiria para minimizar o custo da obra.

Desta forma, a alternativa encontrada para expansão e utilização de espaços na Ilha, abriria também possibilidades de novas frentes para extração de minerais de uso imediato na construção civil, hoje restrito ao Sul da Ilha.

Legalmente, a extração e comercialização de bens minerais exigirá requerimento junto ao DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), Licença ou Alvará da Prefeitura municipal e Licença Ambiental de Operação da FATMA (Fundação do Meio Ambiente - SC). Além disso, deve ser conduzido de forma a respeitar as zonas de proteção ambiental existentes de acordo com o Plano Diretor Municipal.

6.1.3.3.2 Estacionamentos Subterrâneos.

Com a urbanização e o conseqüente aumento de veículos circulantes, cresce a luta por vagas em estacionamentos no centro de Florianópolis. A solução usual de permitir o estacionamento ao longo do meio-fio com rotatividade forçada pelo sistema de ‘zonas azuis’ já vem se mostrando insuficiente. A solução pode ser a construção de garagens subterrâneas, com o aproveitamento da topografia acentuada e ocorrência de rocha. Condições geomecânicas positivas do maciço podem contribuir para viabilizar a empreendimentos deste tipo.

A implantação de garagens subterrâneas já é prática comum nos EUA e em diversos países europeus, principalmente na cidade de Paris, na França. Cresce também em São Paulo.

Estacionamentos subterrâneos em rocha poderão ser construídos em pontos estratégicos em Florianópolis, como forma de suprir a carência de vagas na porção central e até mesmo nos balneários mais movimentados. Segue indicação de possíveis locais.

1- Hospital da Caridade

Localizado em pequena elevação constituída por granito na porção central do município de Florianópolis, escavações subterrâneas poderiam disponibilizar área para estacionamento, tornando livres espaços superficiais hoje utilizados para este fim. A Figura 24 apresenta um modelo de possível estacionamento.

2- Morro do Parque da Luz

Área nobre e central localizada em excelente elevação, constituída por granito pouco fraturado e de aspecto maciço. O desnível entre Av. Beira Mar e cabeceira da Ponte

Hercílio Luz poderia ser aproveitado, favorecendo a construção de dois acessos ao futuro estacionamento ou garagem. Como parte integrante do futuro parque a ser construído, o primeiro andar do estacionamento na cabeceira da ponte poderia ser utilizado para comércio e lazer.

3- Morro das Feiticeiras (Praia Brava)

A região da praia Brava vem passando por um forte adensamento habitacional. Cercada por maciços rochosos de boas dimensões, bem localizados, que no futuro poderão fornecer espaços para diversos usos, desde estacionamento até comércio e lazer.

Figura 24: Estacionamento subterrâneo Hospital Caridade

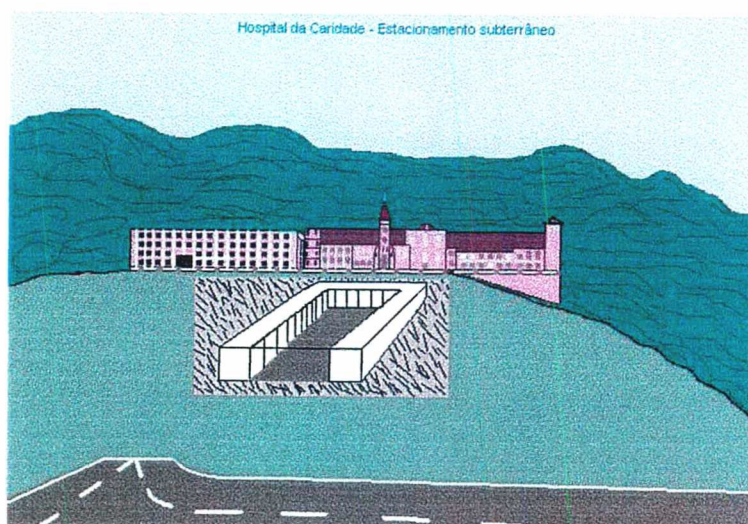


Figura da Autora.

6.1.3.3.3 Túneis

O contraste entre áreas baixas e elevações constituídas por maciços rochosos é responsável pelas peculiaridades da Ilha de Santa Catarina. Muitas vezes, os maciços rochosos formam barreiras entre os balneários do leste e do oeste. Observando-se a topografia e as vias de transporte já existentes, nota-se que várias estradas poderiam ser

interligadas ou duplicadas através de túneis, como os propostos a seguir: 1- Fim da Av. Hercílio Luz até a Trindade/UFSC. (1,3 km); 2- Duplicação do acesso à Lagoa da Conceição (1,4 km); 3- Saco dos Limões até a UFSC (600 m); 4- Ingleses / Praia Brava (600 m); 5- Praia Brava até Ponta das Canas; 6- Caieira até Pântano do Sul (700 m).

1. Túnel Av. Hercílio luz/Trindade

Hoje o acesso à Trindade e UFSC só pode ser feito contornando o Morro da Cruz, seja pela Baia Norte ou pela Baia Sul. Além das universidades (UFSC e UDESC), os vários órgãos ou empresas situados nesta região (CELESC, ELETROSUL, EPAGRI, CREA, Hospital Universitário, etc.), fazem com que grande número de veículos se desloquem para lá diariamente, causando engarrafamentos no trânsito.

O túnel ligando Av. Hercílio Luz à UFSC, como continuação da Av. Hercílio luz passaria sob o Morro da Cruz numa extensão de apenas 1km, proporcionando mais uma alternativa de acesso à Trindade e contribuindo para melhor escoamento dos veículos. Seu trajeto e possível ponto de emboque pode ser observado na Figura 25.

Figura 25: Localização possível túnel de ligação Av. Hercílio Luz - Trindade



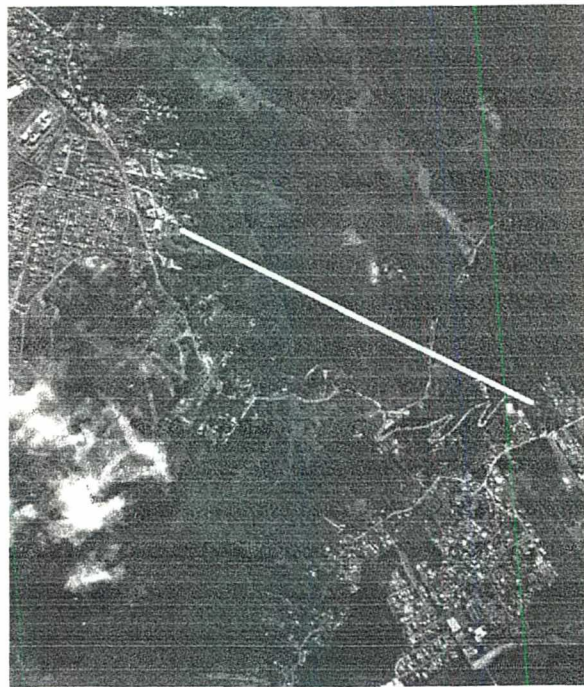
A indicação de uma zona de média fragilidade estrutural e a presença de diques nesta

região aponta para necessidade de investigações detalhadas no projeto de obra subterrânea.

2- Túnel do Morro da Lagoa da Conceição

O túnel de acesso à Lagoa da Conceição (1,4 km), seria alternativa para duplicação da via de acesso até a região de lazer mais conhecida, movimentada e freqüentada por turistas da Ilha. Por se tratar de região onde se encontram diversificados pontos de lazer como praias, shopping, bares e restaurantes, enfrenta sérios congestionamentos de trânsito durante o verão e nos finais de semana. A construção do túnel facilitaria o acesso e evitaria os engarrafamentos constantes. A Figura 26 mostra o trajeto do túnel e os possíveis pontos de emboque do mesmo.

Figura 26: Localização possível túnel de duplicação acesso à Lagoa da Conceição



O Mapa de Zonas de Fragilidade Estruturais indica para esta região uma zona de alta fragilidade estrutural. Como no caso anterior, esta constatação aponta para

necessidade de investigações detalhadas no projeto de obra subterrânea, mas não a inviabiliza.

3- Saco dos Limões/UFSC

A construção deste túnel fecharia o anel de malha duplicada em torno do Morro da Cruz, isto é, do centro urbano de Florianópolis. Além disto, facilitaria o acesso à universidade e levaria o turista do sul mais rapidamente ao acesso às praias do norte da Ilha, conforme observado na Figura 27.

Figura 27: Localização possível túnel duplicação acesso Saco dos Limões-UFSC

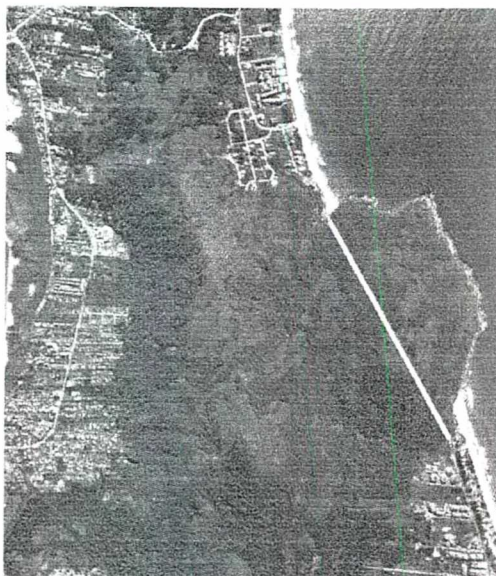


4- Túnel Ingleses / Praia Brava

A construção deste túnel fecharia o contorno da borda leste com o norte da Ilha e ligaria diretamente dois importantes e procurados balneários (Ingleses/Praia Brava). Além disto, ainda no interior do maciço rochoso, poderia ser construído um

estacionamento para apoio ao polo de desenvolvimento turístico da região (Figura 28).

Figura 28: Localização possível túnel acesso Ingleses/Praia Brava



5- Túnel Praia Brava / Praia da Lagoinha

Um túnel ligando Praia Brava à Praia da Lagoinha, não teria mais que 500 metros de comprimento. Como já existe uma estrada, esta obra seria um projeto de luxo.

Figura 29: Localização possível túnel ligação Praia Brava/Lagoinha



Por se localizarem em zonas de baixa fragilidade estrutural, a construção destes dois túneis poderiam ter seus custos reduzidos pela simples constatação de condições

geológicas favoráveis, fato que contribuiria para a viabilidade econômica da obra.

6- Túnel Caieira / Pântano do Sul

O túnel ligando a comunidade da Caieira da Barra do Sul ao Pântano do Sul transporia a última barreira entre leste/oeste da Ilha. Fecharia um grande anel de malha viária asfaltada em torno de toda Ilha de Santa Catarina, hoje inexistente. Seria construído com o objetivo de estruturar e melhorar a malha viária da Ilha, tornando-a mais ágil e capaz de atender à demanda dos usuários, principalmente durante o verão, facilitando a interligação e acesso aos pontos do sul da Ilha.

Figura 30: Localização possível túnel ligação Caieira/Pântano do Sul



Além disto, acesso subterrâneo contribuiria para preservação da cobertura vegetal da região e para seu maior desenvolvimento da área, uma vez que além de passagem para veículos poderia servir também de passagem para tubulações conduzindo energia elétrica, fibras óticas, água, etc.

6.1.3.3.4 Estações para Tratamento de Água e Esgoto

Alguns maciços situados nas proximidades do centro urbano ou em balneários densamente urbanizados, poderiam ser utilizados para construção de estações de tratamento de esgoto, armazenamento e distribuição de água e instalações de equipamentos de infra-estrutura.

Comunidades balneárias poderiam ter o problema do esgoto resolvido através da construção de pequenas estações de tratamento construída em rocha, no interior de maciços, já que hoje é lançado no mar causando poluição de suas praias.

Obras em rocha substituiriam grandes caixas de água de concreto, muitas vezes construídas nas partes altas de encostas, como é o caso da caixa d'água da subida da Barra da Lagoa, ou obras como a Estação de Tratamento de Esgoto construída em área nobre, como aquela de frente para o mar na Praia Brava (Anexo 9.24).

A utilização do espaço subterrâneo para este tipo de obra contribuiria para preservação do ambiente externo, evitaria emanação de odores desagradáveis e, no caso da água, possibilitaria maior volume de armazenagem evitando a falta de água no verão.

Os maciços potencialmente utilizáveis são:

- Morro do Campeche
- Morro do Ribeirão e Morro da Chapada
- Morro da Costeira
- Morro do Jurerê (Canasvieiras)
- Morro da Lagoa (Lagoa da Conceição)

O **Morro do Campeche** localiza-se em posição ideal para servir à comunidade da região, que se encontra em franco crescimento. Alcançando a cota de 210 metros e com

aproximadamente 1,5 km de comprimento, nele poderia ser construída estação de armazenamento de água ou a estação de tratamento de esgoto para a região, evitando-se a contaminação do lençol freático por fossas sépticas, muito comum nesta região.

O maciço apresenta boas condições estruturais, com baixa ocorrência de lineamentos, mas a presença de diques deve merecer atenção na determinação de procedimentos de investigação na fase de projeto. Na construção do acesso ao interior do maciço rochoso, cuidados ambientais necessários contribuirão para minimização de impactos, preservando o verde que o recobre (Figura 31).

Figura 31: Esquema de possível caverna para armazenamento de água Morro do Campeche.

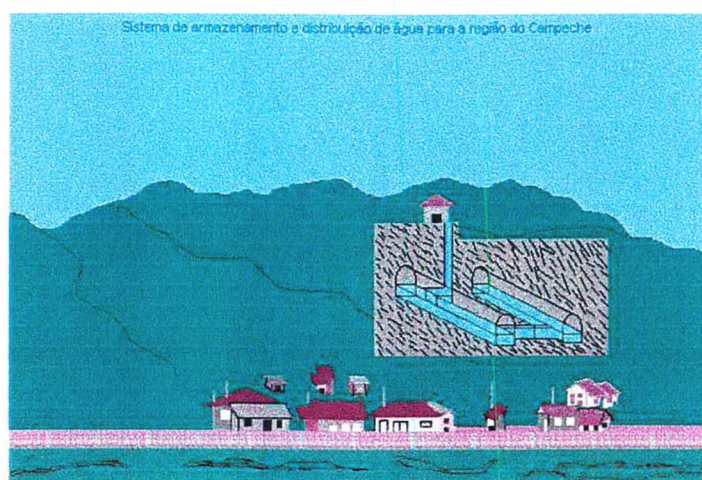


Figura da Autora.

O **Morro do Ribeirão** e o **Morro da Chapada**, situados no Maciço Setor Sul, devido às dimensões e altitude que apresentam, poderão abrigar futuras obras de infraestrutura da região, tais como estação de armazenamento e tratamento de água e tratamento de esgoto.

Nestes maciços rochosos ainda não foi verificada a ocorrência de diques, mas a região apresentou forte concentração de lineamentos estruturais, tendo sido por isto apontada como zona de alta fragilidade estrutural.

Estudos detalhados, incluindo utilização de métodos de investigação sofisticados como a geofísica, poderão indicar áreas com condições geológicas mais favoráveis para escavação, tornando a obra economicamente viável. O sucesso e o custo da obra subterrânea dependem diretamente de condições geológicas favoráveis.

O **Morro da Costeira**, pelas dimensões que possui apresenta boas condições para abrigar em seu interior futuras obras de infra-estrutura. No entanto, no que diz respeito a estrutura geológica, a região apresenta densidade média de lineamentos estruturais.

Estruturalmente, não apresenta ocorrência de diques, mas devido a concentração de lineamentos estruturais, é apontada como zona de média fragilidade estrutural. Somente a investigação geológica detalhada poderá indicar os locais com condições favoráveis para construção de cavernas, como aquela proposta na Figura 34.

Este fato é relevante, uma vez que a região é apontada no Plano Diretor Municipal como área de expansão urbana. A expressividade e bom potencial estrutural do maciço rochoso podem contribuir para transformá-lo em espaço alternativo para desenvolvimento de obras de infra-estrutura.

Figura 32: Possível modelo de ETE no Morro da Costeira



Figura da Autora.

O **Morro do Jurerê** e outras elevações situadas ao norte da Ilha, como o **Morro da Cachoeira** e **Morro da Feiticeira**, pela proximidade de região densamente habitada, poderiam oferecer seus interiores para abertura de cavernas que se destinariam aos mais variados fins, entre os quais o de armazenamento de água como forma de resolver a deficiência durante o verão, quando os famosos balneários como Jurerê e Canasvieiras apresentam forte concentração de turistas.

O Morro do Jurerê encontra-se em região de baixa concentração de lineamentos estruturais (zona de baixa fragilidade estrutural), fato que indica boa condição para construção de cavernas.

Os Morro da Cachoeira e da Feiticeira encontram-se em região de média concentração de lineamentos estruturais, mas com ocorrência de diques. A fragilidade estrutural da região exigirá investigações mais detalhadas no caso de desenvolvimento de futura obra subterrânea, como a proposta para este caso.

Figura 33: Caverna para armazenamento de água no Morro da Feiticeira

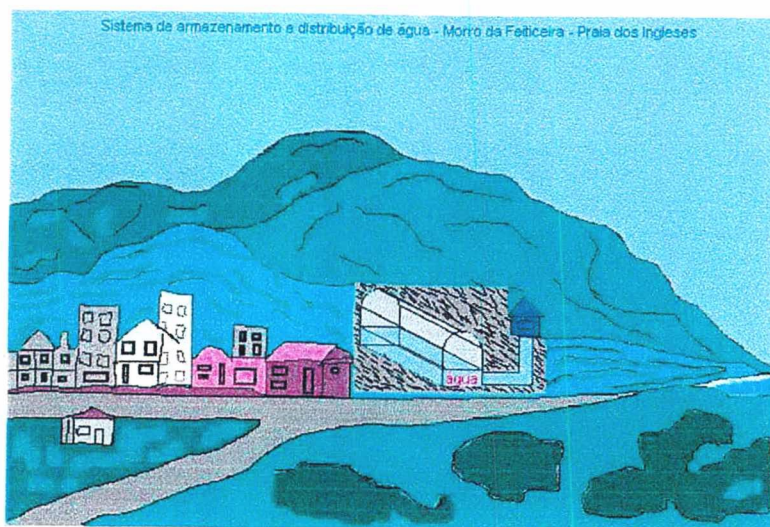


Figura da Autora.

O **Morro da Lagoa**, o Morro do Assopra e o pequeno maciço que abriga a Ponta do

Gravata (Joaquina), pela posição que ocupam nas proximidades desta região densamente habitada e muito procurada por turistas, apresentam condições para abrigar em seus interiores importantes obras de infra-estrutura, como por exemplo a necessidade de uma estação de tratamento de esgoto, conforme modelo esquematizado na Figura 34. Construída em rocha, esta obra evitaria emanção de odores desagradáveis e a contaminação do lençol de água subterrâneo, fato já detectado no local por especialistas da área.

Os morros situados na costa leste da Lagoa da Conceição encontram-se em região de alta densidade de lineamentos estruturais, apontada como área de fragilidade estrutural. Mas, devido as suas dimensões, estudos geológicos locais poderão indicar áreas mais propícias para construção de cavernas.

Figura 34: Caverna para ETE ou armazenamento de água no M. Lagoa

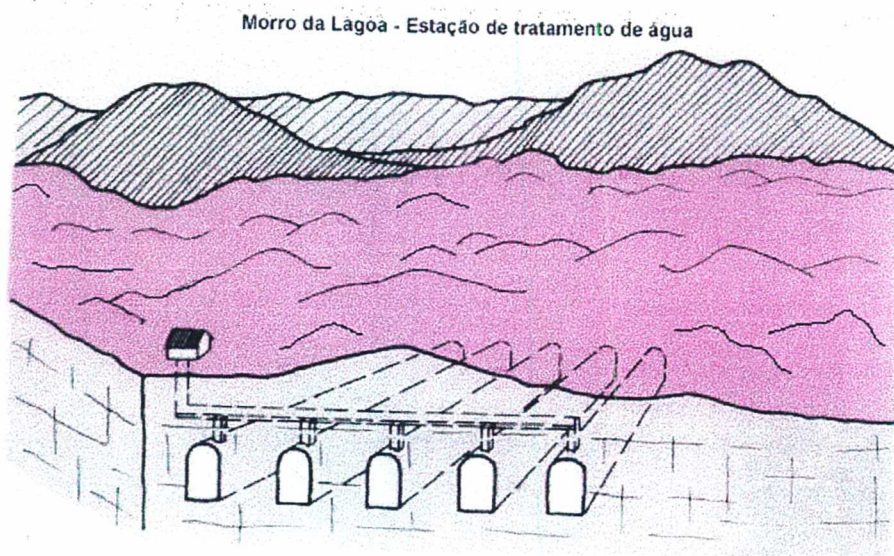


Figura da Autora.

Em todos os casos, na área de emboque ou acesso ao interior do maciço, deve ser desenvolvido um projeto de paisagismo que recomponha a vegetação local após a obra.

Muitos outros maciços da Ilha, devido às dimensões que apresentam e,

principalmente pela localização, podem oferecer seu espaço interior para construção de cavernas, não somente para obras de infra-estrutura, mas também para lazer e comércio.

É o caso do exemplo a seguir, onde o maciço do Morro da Queimada poderia vir a abrigar em seu interior, uma caverna para armazenamento e distribuição de óleo, inexistente na Ilha (Figura 35).

A presença de rocha granítica de boa qualidade aliado ao correto estudo de investigação geológica de cada maciço, certamente poderá contribuir para o sucesso de uma obra subterrânea (incluindo custos e segurança).

Figura 35: Caverna para armazenamento e distribuição de óleo – M. Queimada.

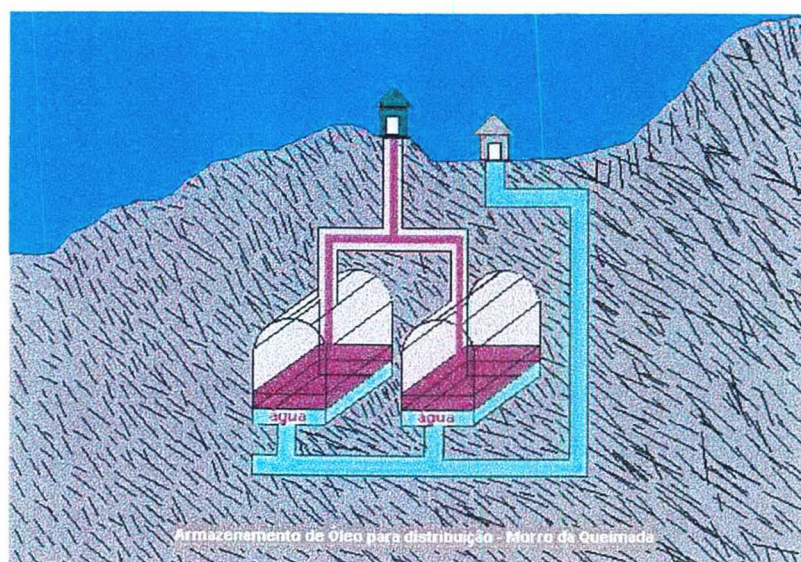


Figura da Autora.

6.1.3.4 Vantagens da Utilização Subterrânea de Maciços Rochosos e Custos

As formas de utilização do interior de maciços rochosos são muitas e variadas e mesmo com os custos deste tipo de obra ainda elevados, sua utilização pode se tornar necessária, quando a questão é a ampliação de espaços e a preservação ambiental. No

caso de Florianópolis, algumas vantagens podem ser apontadas com relação a custos.

Em primeiro lugar, sendo o subsolo propriedade da União, a ocupação do espaço subterrâneo evitaria desapropriações e especulação imobiliária.

Outro importante fator econômico está relacionado com a comercialização do material escavado e a possibilidade de lucro. Apenas como exemplo, segue cálculo do volume de rocha extraída da obra de construção dos túneis da Via Expressa Sul:

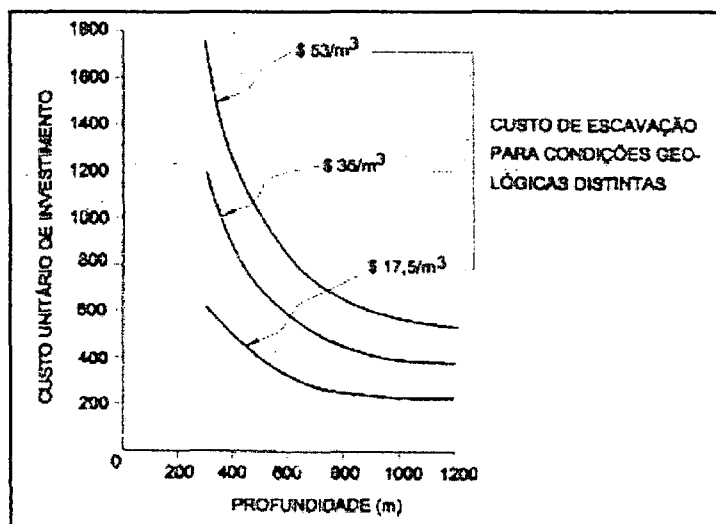
Seção do túnel: 117 m²; comprimento dois túneis: 1.450 metros e volume rocha extraída: 169.650 m³ (sem considerar o empolamento).

O volume de rocha movimentado durante a execução da obra atingiu valor muito próximo de 170.000 m³. A produção anual das três grandes pedreiras situadas no aglomerado urbano em 1999 foi de apenas 539.769 m². O desenvolvimento de escavação subterrânea na Ilha, além de disponibilizar espaço para ocupação no interior de maciços, poderá vir a suprir a demanda do mercado de construção civil, gerando lucro.

Um terceiro fator pode ser apontado de acordo com a experiência de empresas especializadas em obras subterrâneas na Suécia. A execução dessas obras tem demonstrado que os custos de escavação diminuem com o aumento da seção escavada.

Outra vantagem que pode ser atingida na execução de obras subterrâneas diz respeito a profundidade, quando as condições geológicas da rocha podem apresentar melhoras. Estudos desenvolvidos por Moavenzadeh et al, 1977 (apud Vaz, 1999), avaliaram os custos de escavações subterrâneas para três situações de condições geológicas: favorável, intermediária e desfavorável, como pode ser observado no gráfico Figura 36.

Figura 36: Variação do custo de caverna de armazenagem em função das condições geológicas



Fonte: Moavenzadeh, et al apud Vaz, 1999.

Finalmente, a ocorrência de rocha granítica pode ser considerada **condição geológica favorável** ou ponto importante para que as obras sejam bem sucedidas no caso da Ilha de Santa Catarina. Quanto mais resistente for o maciço, mais segura, mais rápida e barata poderá ser a escavação.

Assim, a presença de lineamentos estruturais, por indicarem zonas de fragilidade (falhamentos, fraturamentos) e, principalmente, as ocorrências de diques, por indicarem contatos entre diferentes tipos de rochas, merecem estudos detalhados no caso de execução da obra e, sempre que possível, estes locais devem ser evitados.

7 CONCLUSÕES

Florianópolis se distingue de outras cidades brasileiras por vários motivos: característica insular, relevo acidentado e grandes áreas de preservação entremeadas a diversos ecossistemas.

O aprofundamento de conhecimentos sobre o meio físico (geologia, geomorfologia, solos, ecossistemas), torna-se então necessário para o planejamento de uma ocupação inteligente do espaço geográfico. Somente através destes conhecimentos básicos é que se pode direcionar acertadamente o crescimento de uma cidade, integrando-a ao meio ambiente que a cerca, tirando proveito dos atributos naturais existentes e contribuindo para sua preservação.

A utilização do maciço rochoso está relacionada com a constituição geológica da região. Neste trabalho constatou-se que a Ilha de Santa Catarina possui relevo privilegiado onde se destacam grandes maciços rochosos constituídos por rochas resistentes, em sua maioria por granitos, que ocupam **192,5 km²** de sua área total (424,40 km²). A urbanização acelerada, a vocação turística crescente e a necessidade de melhorias na infra-estrutura urbana levarão o poder público, no futuro próximo, a lançar mão deste importante recurso que são seus maciços rochosos, utilizando-os e integrando-os aos demais setores da Ilha.

Nesta pesquisa, a utilização subterrânea dos maciços rochosos é apontada como alternativa possível para criação de novos espaços para o desenvolvimento de obras de infra-estrutura e comerciais, ao mesmo tempo que objetiva contribuir para a preservação do meio ambiente sussuperficial ao evitar: novos aterros de porções marinhas;

desmatamentos para construção de estradas; desmatamentos e escavações superficiais para construção de obras de infra-estrutura.

Cabe ressaltar que no planejamento de escavações subterrâneas para utilização dos maciços rochosos da Ilha, uma vez constatados, os fraturamentos, falhamentos e ocorrências de diques nos maciços devem merecer atenção especial. Quando possível, deve-se evitar áreas de ocorrência de diques, devido a sua relação com fraturamentos mais intensos que ocorrem localmente nas proximidades do contato entre as duas litologias. Não inviabilizam a obra, mas tornam seus custos mais elevados.

Outro importante ponto constatado durante o estudo, o uso crescente de minerais de uso direto na construção civil apontam para a necessidade de um planejamento para a mineração a médio e longo prazo. No futuro próximo, a lavra subterrânea deve ser analisada como alternativa viável, capaz de compatibilizar mineração e preservação ambiental na Ilha de Santa Catarina.

A possibilidade de lavra subterrânea na Ilha, a existência de extrações minerais clandestinas e a inexistência de legislação específica sobre o uso do subsolo apontam para a necessidade de discussões entre os órgãos competentes (dentre eles o MME - DNPM e Governo Estadual) e a comunidade, que culminem na implantação do Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Florianópolis.

Cresce no Brasil o interesse de empresas estrangeiras no setor de turismo /mineração. A possibilidade de entrada de capital estrangeiro nestes setores, certamente facilitará a execução de grandes obras de engenharia em Florianópolis. A participação do setor privado no desenvolvimento de projetos infra-estruturais já é uma realidade no Brasil.

Para se evitar problemas futuros na execução de uma obra subterrânea, estudos geológicos e geotécnicos dos maciços devem ser localmente detalhados. No mapa, além

das litologias devem ser mapeadas as feições estruturais da rocha como fraturas, as falhas e também as drenagens, acompanhadas por perfis interpretativos. Somente o aprofundamento das investigações preliminares pode vir a contribuir para o menor custo e sucesso da obra.

Em relação as tecnologia utilizadas, é evidenciada nesta pesquisa a eficiência da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto orbital na interpretação de estruturas lineares. Devido a clareza de tais estruturas nas imagens de satélite Landsat da Ilha de Santa Catarina, tornou-se possível levantar uma gama de importantes informações, propiciando a formação de um banco de dados, base para caracterização e indicação de zonas de fragilidade estrutural dos maciços rochosos da Ilha. O uso do Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), complementou a pesquisa, facilitando o armazenamento e cruzamento de dados, análise e elaboração dos diversos mapas apresentados.

Os mapas de ocorrência de lineamentos estruturais, frequência de intersecções estruturais, densidade de lineamentos estruturais e o mapa síntese ou de zonas de fragilidade estruturais na Ilha obtidos através de técnicas de Sensoriamento Remoto, contém informações importantes sobre a geologia estrutural da Ilha, dados básicos para o planejamento e projeto de obras subterrâneas. A apresentação em meio digital facilitara aos planejadores e técnicos a manipulação e utilização dos dados em futuros projetos.

Com o uso de novas tecnologias e planejamento, torna-se possível viabilizar a utilização subterrânea dos maciços rochoso na Ilha de Santa Catarina, dentro de procedimentos considerados ambientalmente corretos, objetivando ao mesmo tempo a criação de novos espaços urbanizáveis e a preservação de seus belos ecossistemas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKESSON B.A ; Hok J. H. **Rock Cavern with Clay Barrier for Disposal of Nuclear Waster**. Symposium osn "STORAGE IN EXCAVATED ROCK CAVERNS". Stockholm - Sweden. 1977.

ALMEIDA, F.F.M. **Diferenciação tectônica da plataforma brasileira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, 1969, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1969.

ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO. Brasília: MME -DNPM. 1980 - 1999.

ATLAS Escolar de Santa Catarina. Florianópolis: SEPLAN/SC, 1991.

BRASIL. **Código de Mineração e Legislação Correlativa**. Brasília: MME – DNPM, 1987.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A; MEDEIROS, C.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996.

CAMARA, G.; SOUZA, RCM.; UM, Freitas.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CARDOSO DE LIMA, M.I. A Importância das Estruturas Lineares e Planares na Interpretação Radargeológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 1., 1978. São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE/CNPq, 1978. v.2., p.500-509.

CARL-OLOF Morfedt. **Storage of oil and Gas in Unlined Caverns**. Reprint from yhe European Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME. Amsterdam, the Netherlands. 1974.

CARUSO JR, F. **Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina. Texto Explicativo e Mapa.** Porto Alegre. In: Notas Técnicas n. 6. CECO - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. UFRS. 1993.

CARUSO, M. M.L. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais.** 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1990.

CARVALHO, N.S. **A Utilização do Espaço Interior dos Maciços Rochosos do Município do Rio de Janeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1993. p.197-210

CENTRO DE ESTUDOS CULTURA E CIDADANIA - CECCA. **Uma Cidade Numa Ilha:** relatório sobre os problemas socio-ambientais da Ilha de Santa Catarina. Florianópolis: Insular, 1996.

CRUZ, Olga. **A Ilha de Santa Catarina e o Continente Próximo.** Florianópolis: UFSC. 1998.

CURI, J.L. **Relatório As Built: Túneis Via Expressa Sul.** Florianópolis: IGUATEMI, 2000. 18 p. Relatório Técnico. (Inédito).

DEERE, D.U. & MILLER, R.P. **Engineering classification and index properties for intact rock.** Tech. Rept. No. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air Force Base. New México, 1966.

EQUIPE TÉCNICA do 11º Distrito do DNPM/SC. O Setor de agregados na economia catarinense. **AREIA&BRITA**, São Paulo, n.8, p.6-12. Jul./ago./set. 1999.

FATOR GIS. **Geoprocessamento.** Disponível em:
<http://www.fatorgis.com.br/geoproc/define_tecn.shtml> Acesso em 10 set. 2001.

FORTALEZA **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza.** 1998. MME/DNPM. Brasília.

GOLSER, J. **Retificações às Opiniões do Prof. Kovári sobre o Novo Método Austríaco de Túneis**. Tradução: João Duarte Guimarães Neto. 14. São Paulo: ABGE, 1996.

GUIA DE FLORIANÓPOLIS: compact disc. IPUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 2001.

GUIMARÃES, Sílvia. L. G. **Exploração de Pedreiras para Produção de Britas na Região da Grande Florianópolis: Aspectos Sócio-Econômicos e Ambientais**. Florianópolis, 1996. 97 f. Monografia (graduação em Economia) - Departamento de Ciências Econômicas - UFSC.

IBGE – IPUF. **Estudos Ambientais da Grande Florianópolis: Síntese Temática de Geologia, geomorfologia, solos e aptidão agrícola**. Florianópolis, 1997.

IBGE - MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Manual Técnico de Geologia**. Manuais Técnicos em Geociências. n. 6. Rio de Janeiro, 1998.

INFANTI, N. **Previsão da qualidade geomecânica dos maciços rochosos em obras subterrâneas**. In: SIMPÓSIO ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 3., 1994, Brasília. **Anais...** Brasília: ABGE/ABMS/CBT/CNPq/ UnB, 1994. 1 v., p.97-108.

ISRM – International Society For Rock Mechanics. **Métodos para Descrição Quantitativa de Descontinuidades em Maciços Rochosos**. Tradução: MARCHI, A.J. et al. 12. São Paulo: ABGE, 1983.

JOHANSON, S. & LAHTINEN, R. **Storage in rock caverns in Finland**. In: TUNNELLING' 76, 1976, London. **Anais...** London: Inst. Min. Metalurgy, 1976. p. 41-58.

KOPEZINSKI, I. **Mineração X Meio Ambiente. Considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores**. Porto Alegre: Universidade, 2000.

- KOPING Jon. **Underground Construction - Sweden in Focus**. Swedish Rock Engineering Research. Printed by Tabergs Tryckerier AB. 1996.
- KOPING J. , **Underground Construction - Sweden in Focus**. Stockholm. 1996. BK Swedish Rock Construction Committee Printed by Tabergs Truckerier AB.
- LADEIRA, E, A.; LOCZY, L. **Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.
- LADEIRA, F.L. **Curso de Mecânica das Rochas**. Ouro Preto: UFOP, 1981.
- LAGO, P.F. **Florianópolis: A Polêmica Urbana**. Florianópolis: Palavra Comunicação, 1996.
- MACHADO, I. F. **Recursos Minerais, Política e Sociedade**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.
- MACIEL FILHO, C.L. **Introdução à Geologia de Engenharia**. Santa Maria: UFSM, 1997.
- MASI, A; BRASIL, T.O; ALMEIDA, I.S.; ZANATTA, G.; MEDINA, M. **Legislação sobre Ocupação do Espaço Subterrâneo**. In: SIMPÓSIO SOBRE TÚNEIS URBANOS, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE/CTB, 1996. p.3-9.
- MATTOS, J. T., FIORI, P.A., SOARES, P.C. **A Lógica de Interpretação de Fotografias Aéreas Convencionais Aplicada a Imagens de Satélite**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE/CNPq, 1978. p.616-617. 2 v.
- NEGREIROS, A. Trem contra o Caos: cidades descobrem que o metrô deve ser feito antes que os congestionamentos virem rotina. **VEJA**, São Paulo, p. 67. Julho (17), 2001.
- OFICINA DE DESENHO URBANO DE FLORIANÓPOLIS, 1., 1996. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: IPUF/PMF ARQ/UFSC, 1996.

OJIMA, Luiz. M.; SERRA, Edgard. S. **Caracterização e Classificação de Maciços Rochosos - Cap. 13.** In **Geologia de Engenharia.** ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo. 1998.

OJIMA, Luiz. M.; **Metodologia de Classificação de Maciços Rochosos Aplicável a Túneis.** São Paulo: ABGE, Síntese de Teses n.1, 1982. 100 p.

PAES DE BARROS, F. **A Quem Pertence o Sub Solo? – Aspectos Disciplinares de sua Utilização.** In: SIMPÓSIO SOBRE TÚNEIS URBANOS, 2., 1997. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE/CTB, 1997. p.3-11.

PAMPLONA, M. **Mapeamento da Ocupação do Solo como Base para o Estudo do Clima Local Gerado pelo Espaço Urbanizado da Cidade de Florianópolis na Ilha de Santa Catarina/SC.** Florianópolis, 1999. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - CFCH/UFSC.

PARADELLA, W.R., MENESES, P.R.. **Síntese Geológica Preliminar da Parte Sul do Estado do Espírito Santo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE/CNPq, 1978. 2 v. p.479-499.

PARADELLA, W.R.; MENESES, P.R.; OHARA T.; GUERRA, S.M.; VENEZIANI, P.; MARTINI, P.R.; BALIERO, M.G.; BARBOSA, M.P.; RODRIGUES, J.E.; CREPANI, E.; DOS ANJOS, C.E.; LIU, C.C.; DOS ANJOS, A.R.. **Avaliação de Dados de Sensoriamento Remoto no Levantamento Geológico da Região Compreendida entre São Bento do Sapucaí e Caraguatatuba.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 1978, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE/CNPq, 1978. 2 v. p.549-566.

PELOGGIA, Alex. **O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo.** São Paulo: Xamã, 1998.

PEREIRA L.R.; DIAZ JR. H.L.; CAFÉ S.R.L.; PESCE C.A. **Considerações sobre o Projeto e Execução de um Reservatório Subterrâneo de Água Potável.** In: ANAIS DO

SIMPÓSIO SOBRE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS, 1982, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 1982. 1 v. p. 677 – 694.

PERNAMBUCO. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife.** 1995. MME/GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Recife. MOFELDT, Carl-Olof. **Storage of Oil and Gas in unlined Caverns.** Amsterdam. 1974. Publication 39 - Hagconsult. Reprint from The European Meeting of the Society of Petroleum Engineers of AIME.

PINTO, U. R. **Consolidação da Legislação Mineral e Ambiental.** Brasília: Copyright. 1998.

PIRES, J.L. **O Planejamento das Atividades de Mineração para a Área Conurbada de Florianópolis.** Florianópolis, 2000. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

PIRES, J. de L.; COITINHO L. B. L.; FREIRE F. de A ; FERNANDES E. **Estudos Ambientais da Grande Florianópolis - Geologia.** Florianópolis: IBGE, PMF/ IPUF. 1997. 27 p.

REDAELLI, L. Um túnel Escavado na Rocha, a Solução de Santos para Armazenar a Água. **Projetos e Obras,** São Paulo, p. 20-24, set. 1980.

REGO NETO, C.B.; ROSA FILHO O. **Carta Geotécnica das Encostas do Perímetro Urbano de Florianópolis.** Florianópolis: IPUF – COPLAM, 1986. 125 p. Relatório Técnico.

RODRIGUES, R.M. **Estudo e Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio Camboriú/SC, Visando Zoneamento Geoambiental.** Rio Claro, 2000. 100 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista.

SANTOS OLIVEIRA, A M.; ALVES DE BRITO, S.N. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 3 ed. São Paulo: Hucitec, 1996.

SÃO PAULO. **Plano Diretor de Mineração para a Região metropolitana de São Paulo**. 1980. MME/DNPM/GOVERNO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo.

SENADO FEDERAL. **Legislação do Meio Ambiente: atos internacionais e normas federais**. 1998. Secretaria Especial de Editoração e Publicações. Brasília.

SILVA, L.C. **Geologia do Pré-Cambriano/Eopaleozóico de Santa Catarina**. In: Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina. In: Silva, L. C. & Bortoluzzi, C. A. Texto explicativo para o mapa geológico de Santa Catarina, Escala 1:500.000. Florianópolis, DNPM/SECTEME, Florianópolis - SC. 1987.

SOLETANCHE - Interprise. Selection de References. B.P. 511 92005 Nanterre. France. Arpege Conseil - 1º trimestre 1993. (Telecopie: 33 (1) 47 75 99 10). Publicidade.

SUMÁRIO MINERAL. Brasília: MME – DNPM, 1980 - 1998.

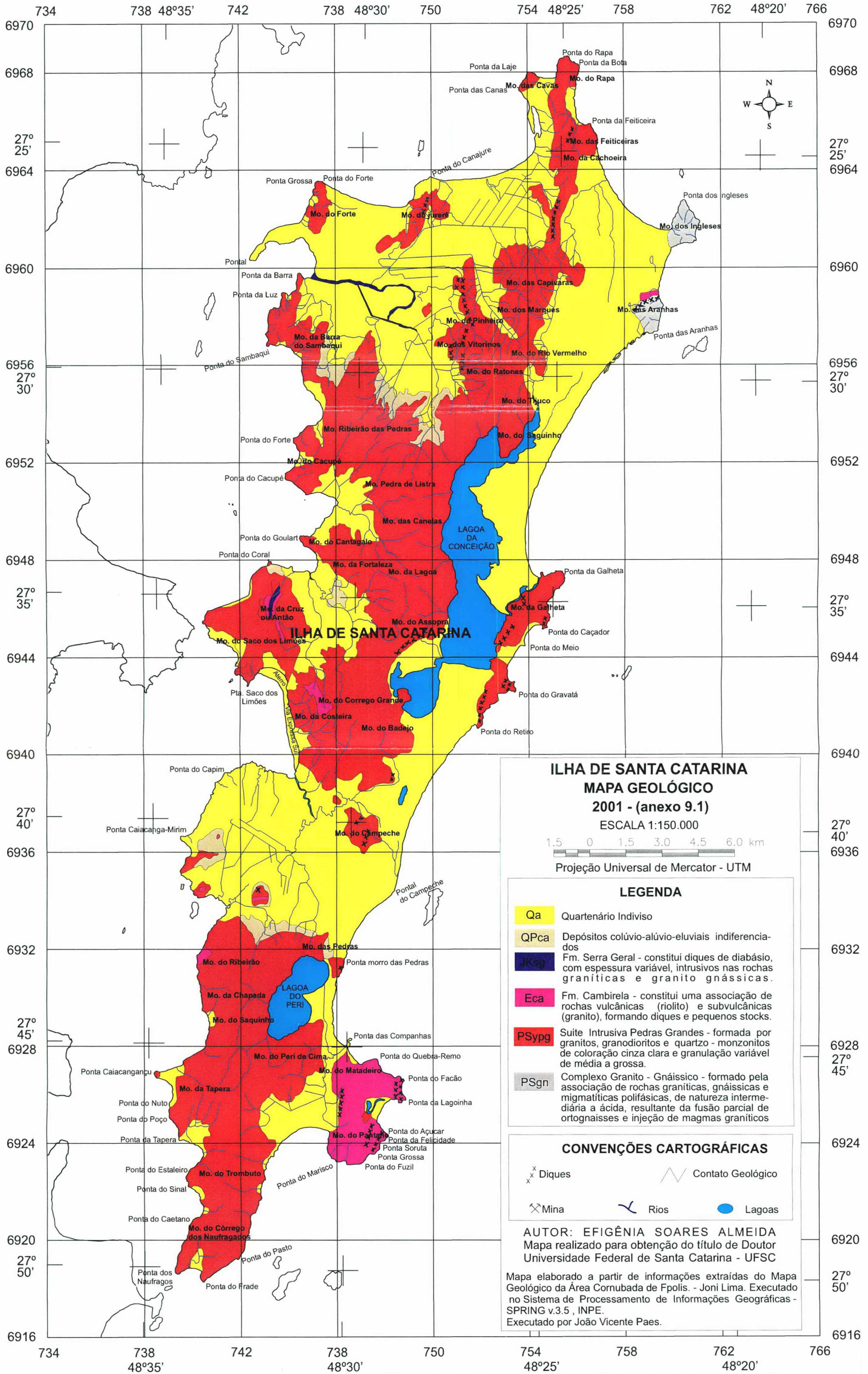
SVEMAR Christer. **Underground Storage of Petroleum Products with Special Regard to Capital and Operating Costs**. Boliden WP-Contech AB. Stockholm, Sweden. 1985.

VAZ, L.F. **O Efeito das Condições Geológicas na Economia das Obras Subterrâneas**. In: SIMPÓSIO SOBRE TÚNEIS URBANOS, 3., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE/CTB, 1999. p. 89-110.

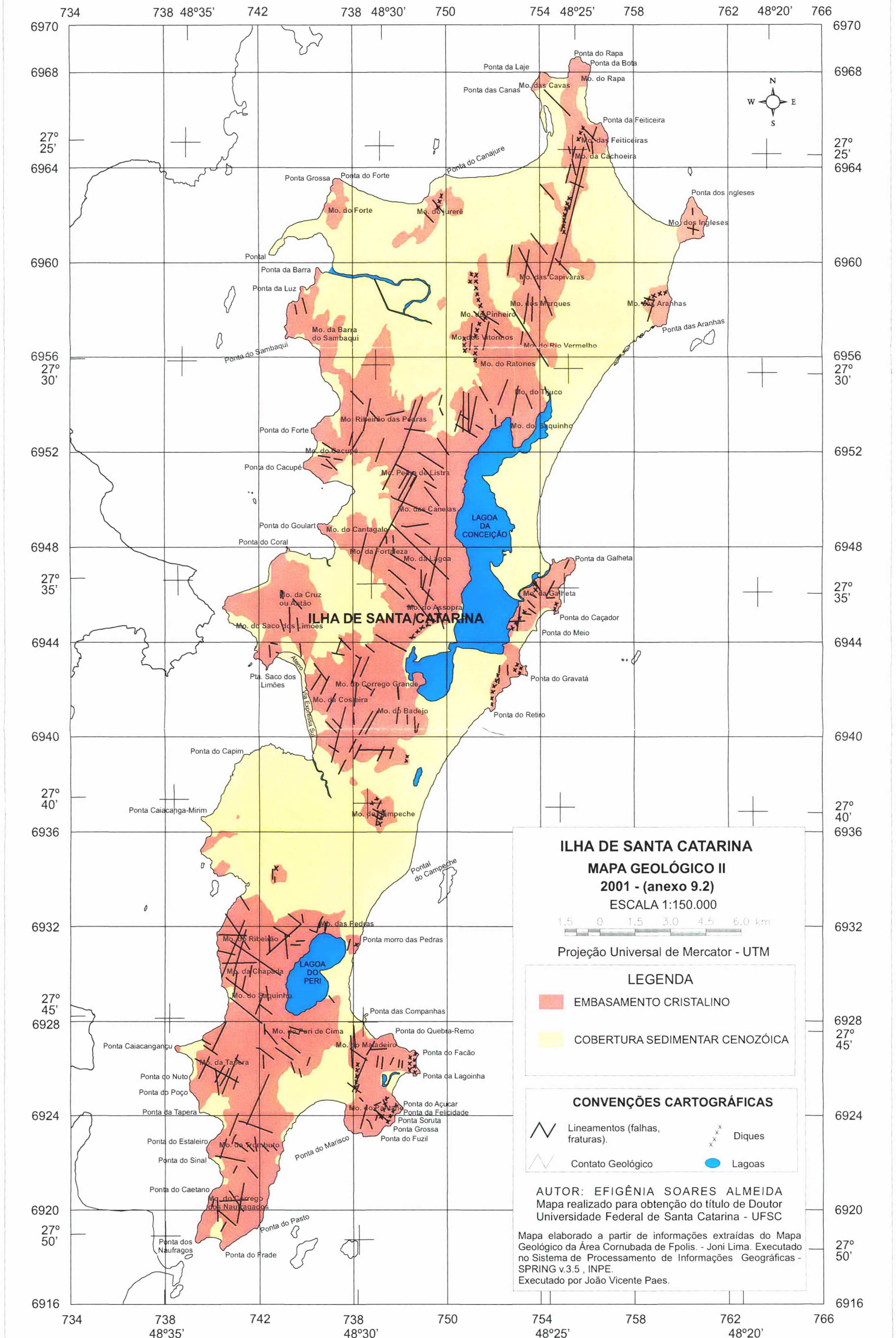
9 ANEXOS

Anexo 9.1: Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina	162
Anexo 9.2: Mapa Geológico II da Ilha de Santa Catarina.....	163
Anexo 9.3: Mapa Hipsométrico da Ilha de Santa Catarina.....	164
Anexo 9.4: Mapa de Áreas de Preservação da Ilha de Santa Catarina.....	165
Anexo 9.5: Mapa de Ocorrência de Lineamentos Estruturais da Ilha de Santa Catarina	166
Anexo 9.6: Mapa de Frequência de Intersecção de Lineamentos Estruturais da Ilha de Santa Catarina.....	167
Anexo 9.7: Mapa de Densidade de Lineamentos Estruturais da Ilha de Santa Catarina.....	168
Anexo 9.8: Mapa de Fragilidade Estrutural para Obras Subterrâneas da Ilha de Santa Catarina.....	169
Anexo 9.9: Mapa Vias de Transporte Ilha-SC.....	170
Anexo 9.10: Foto infra-estrutura área central de Florianópolis	171
Anexo 9.11: Foto de Mapas Políticos do município de Florianópolis destacando Urbanização em dois tempos 1995 e 2000	171
Anexo 9.12: Foto costão rochoso Praia da Caieira - Sul da Ilha	172
Anexo 9.13: Costão rochoso Ponta do Gravatá - Praia Mole	172
Anexo 9.14: Ocupação encostas Morro da Cruz - Área central.....	173
Anexo 9.15: Extração de Saibro na encosta morro na Praia Brava	173
Anexo 9.16: Detalhe do fraturamento em granito - Bancada Pedreira PEDRITA	174
Anexo 9.17: Detalhe do Morro do Ribeirão visto do continente.....	174
Anexo 9.18: Detalhe do Morro da Tapera, Morro do Trombudo e Morro do Córrego do Naufragado - Extremo Sul do Ilha	175
Anexo 9.19: Costão Rochoso próximo a Ponta dos Naufragados.....	175
Anexo 9.20: Destaque M. Do Córrego de naufragados; nota-se domínio do verde	176
Anexo 9.21: Vista aérea do Morro do Campeche, detalhe área plana dens. Habitada..	176
Anexo 9.22: Detalhe do Morro do Campeche visto da planície próxima.....	177
Anexo 9.23: Contornos Morro da Costa da Lagoa da Conceição	177
Anexo 9.24: Estação de Tratamento de Esgoto Praia Brava ocupando área nobre de frente para o mar	178
Anexo 9.25: Levantamento de lineamentos – interpretação de imagem de satélite	179

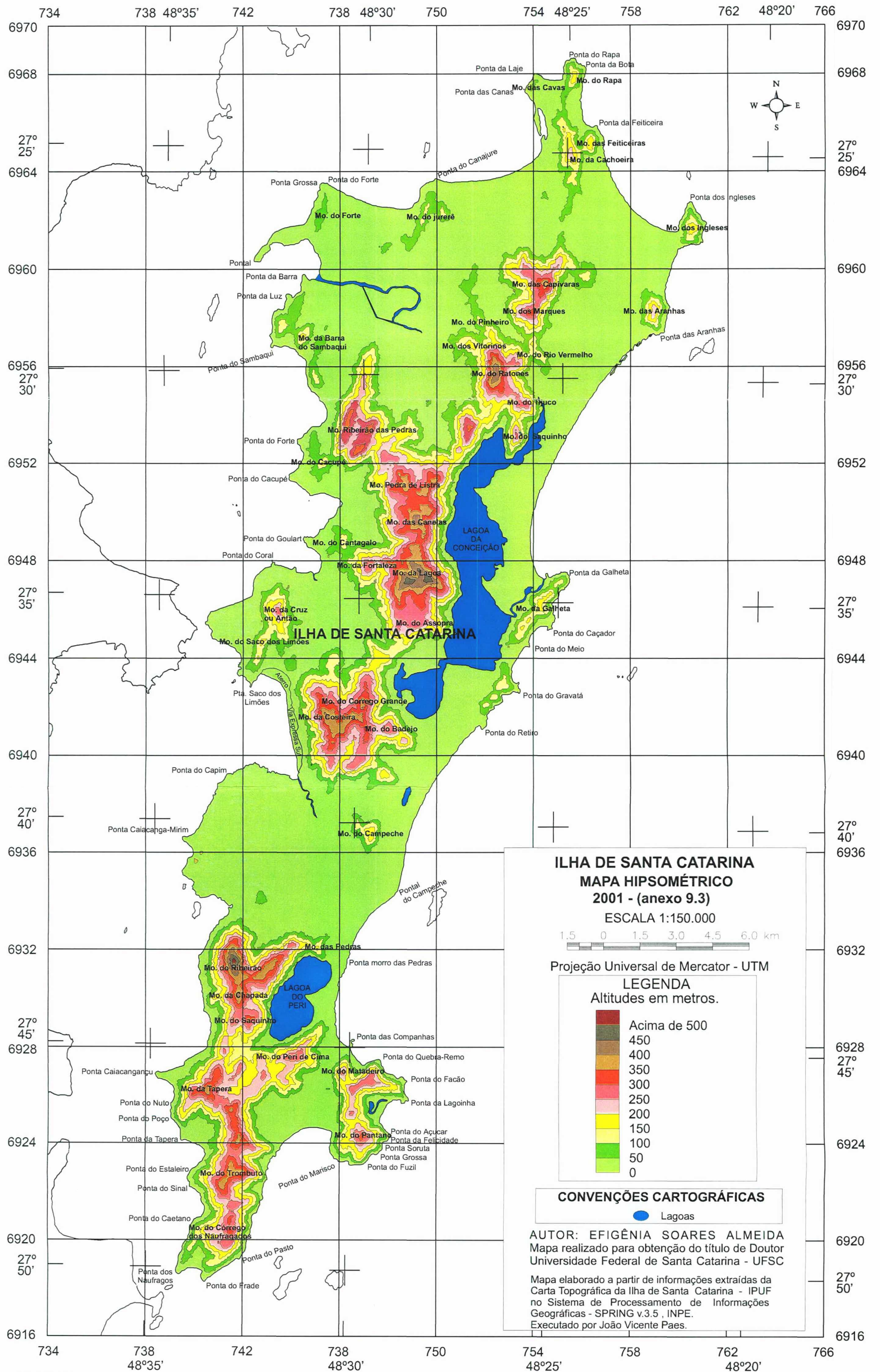
MAPA GEOLÓGICO DA ILHA DE SANTA CATARINA



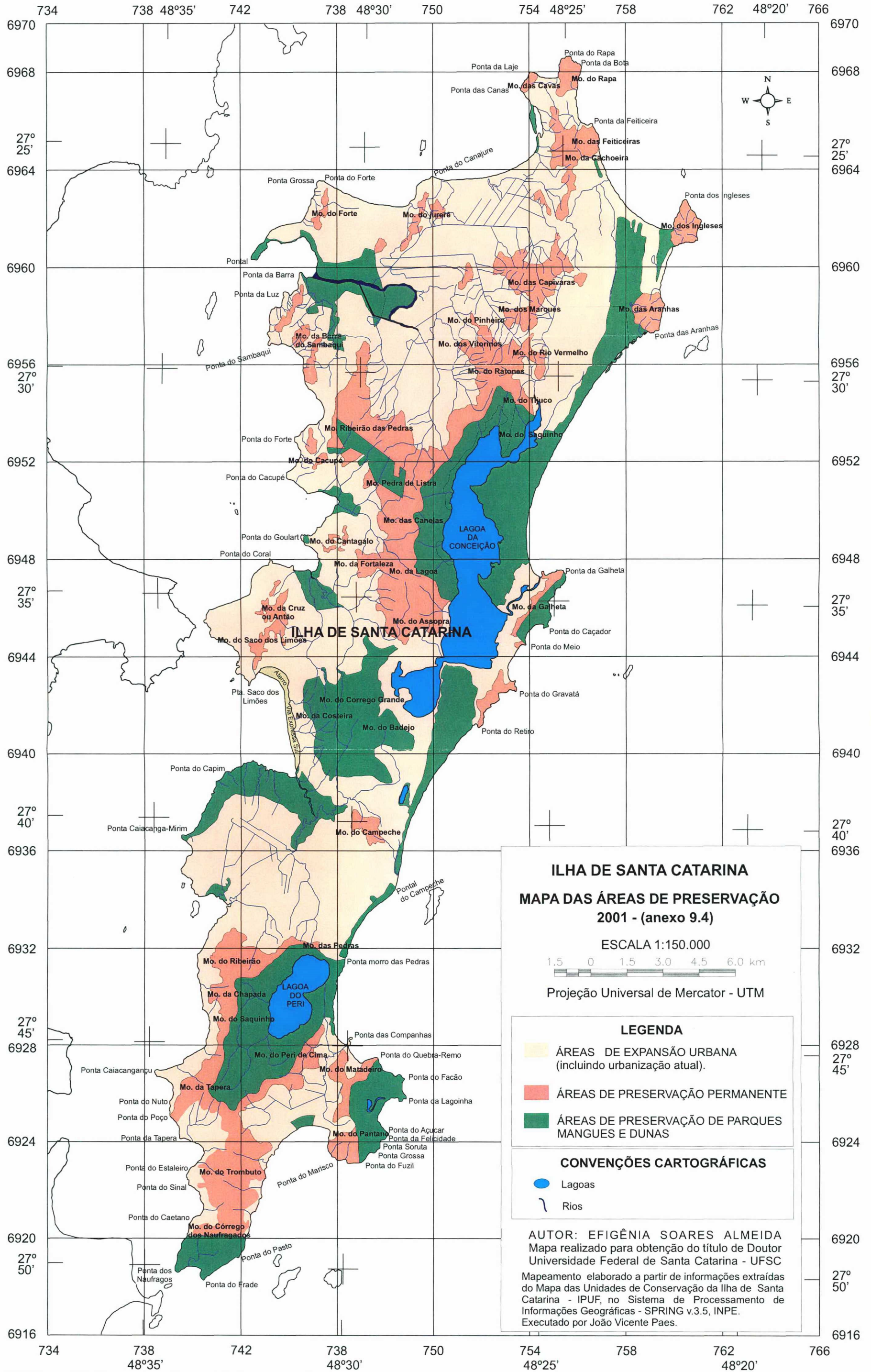
MAPA GEOLÓGICO II DA ILHA DE SANTA CATARINA



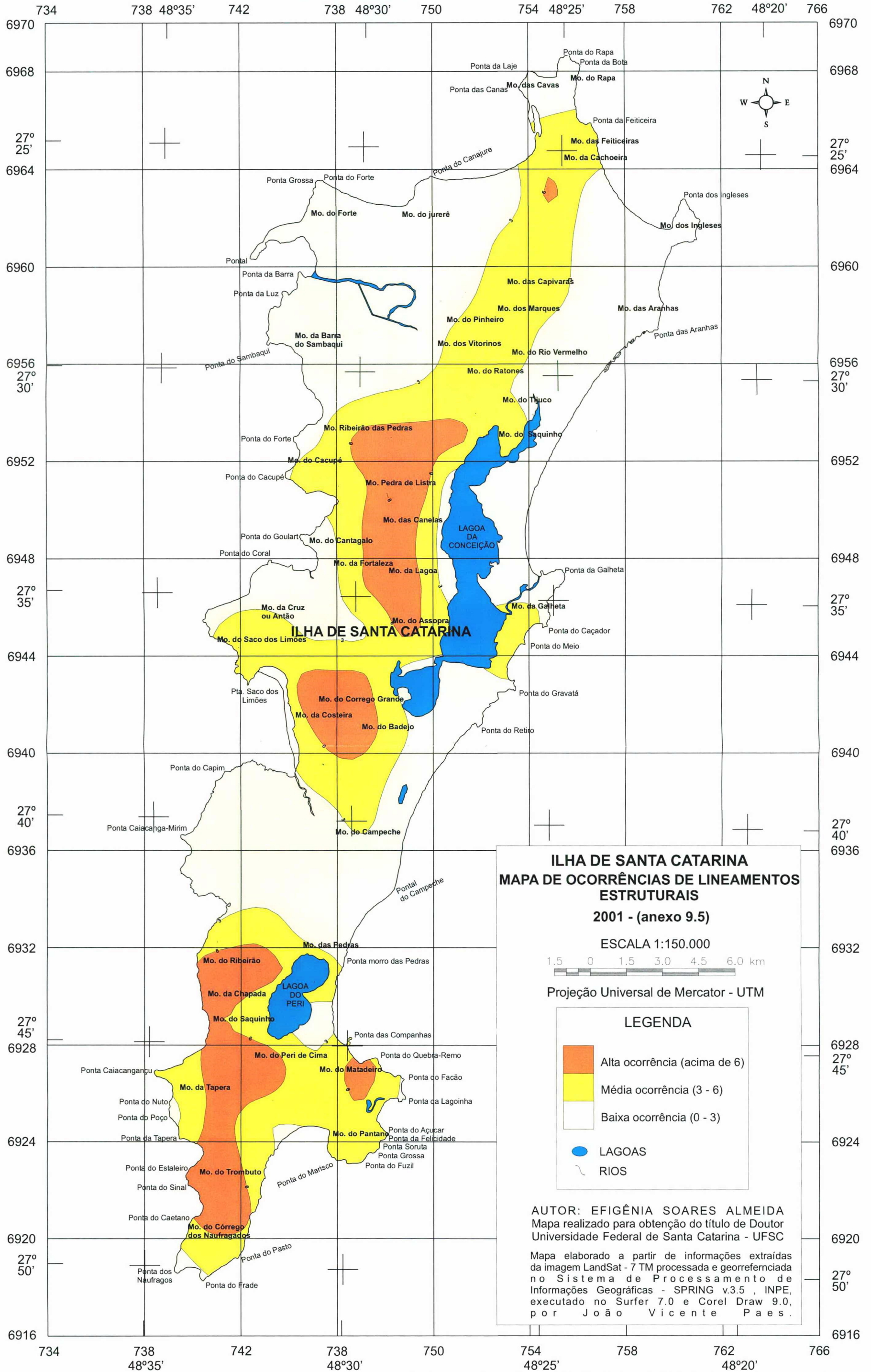
MAPA HIPSOMÉTRICO DA ILHA DE SANTA CATARINA



MAPA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO DA ILHA DE SANTA CATARINA



MAPA OCORRÊNCIAS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA ILHA DE SANTA CATARINA



ILHA DE SANTA CATARINA
MAPA DE OCORRÊNCIAS DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS
2001 - (anexo 9.5)

ESCALA 1:150.000

1.5 0 1.5 3.0 4.5 6.0 km

Projeção Universal de Mercator - UTM

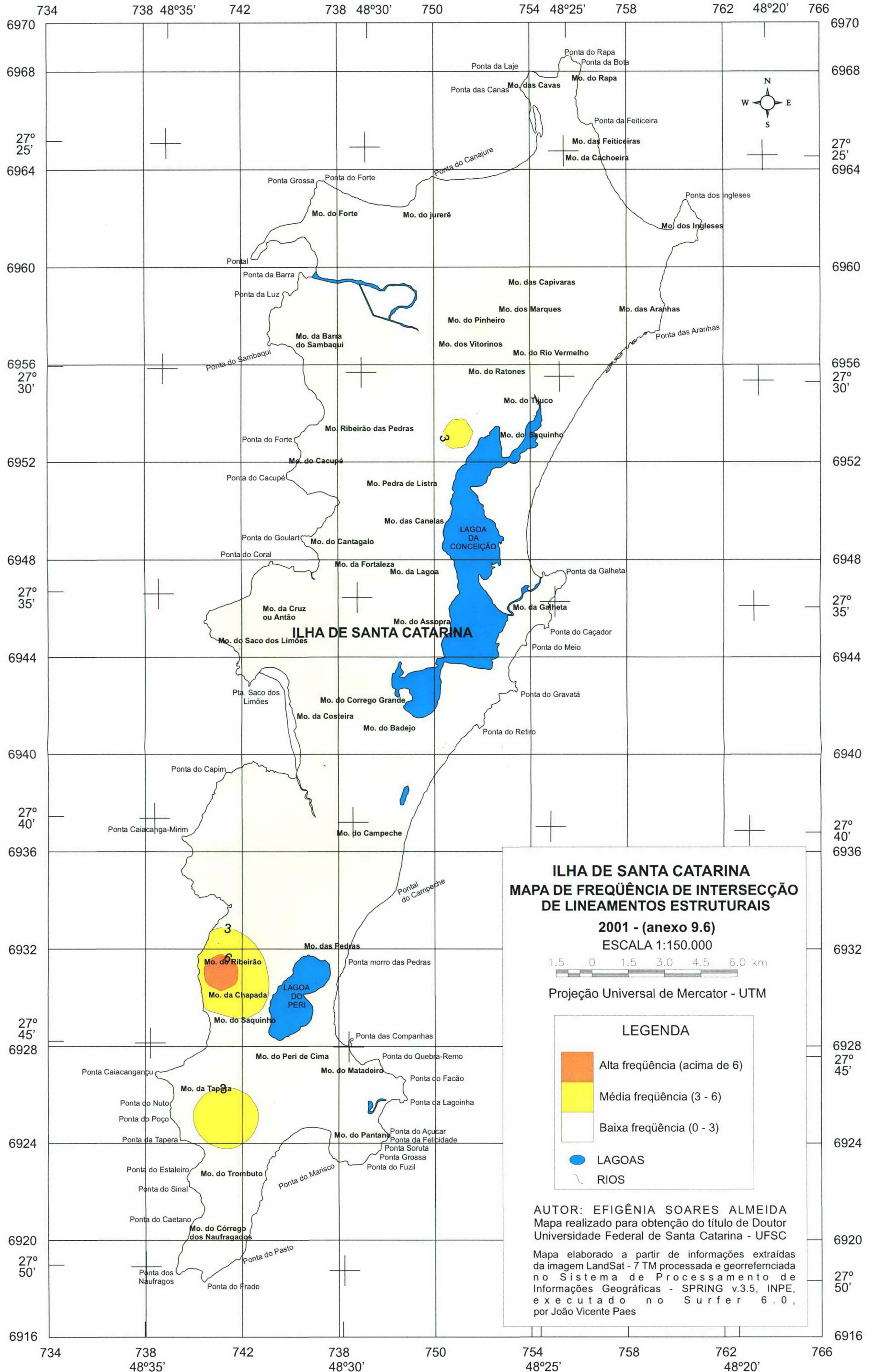
LEGENDA

- Alta ocorrência (acima de 6)
- Média ocorrência (3 - 6)
- Baixa ocorrência (0 - 3)
- LAGOAS
- RIOS

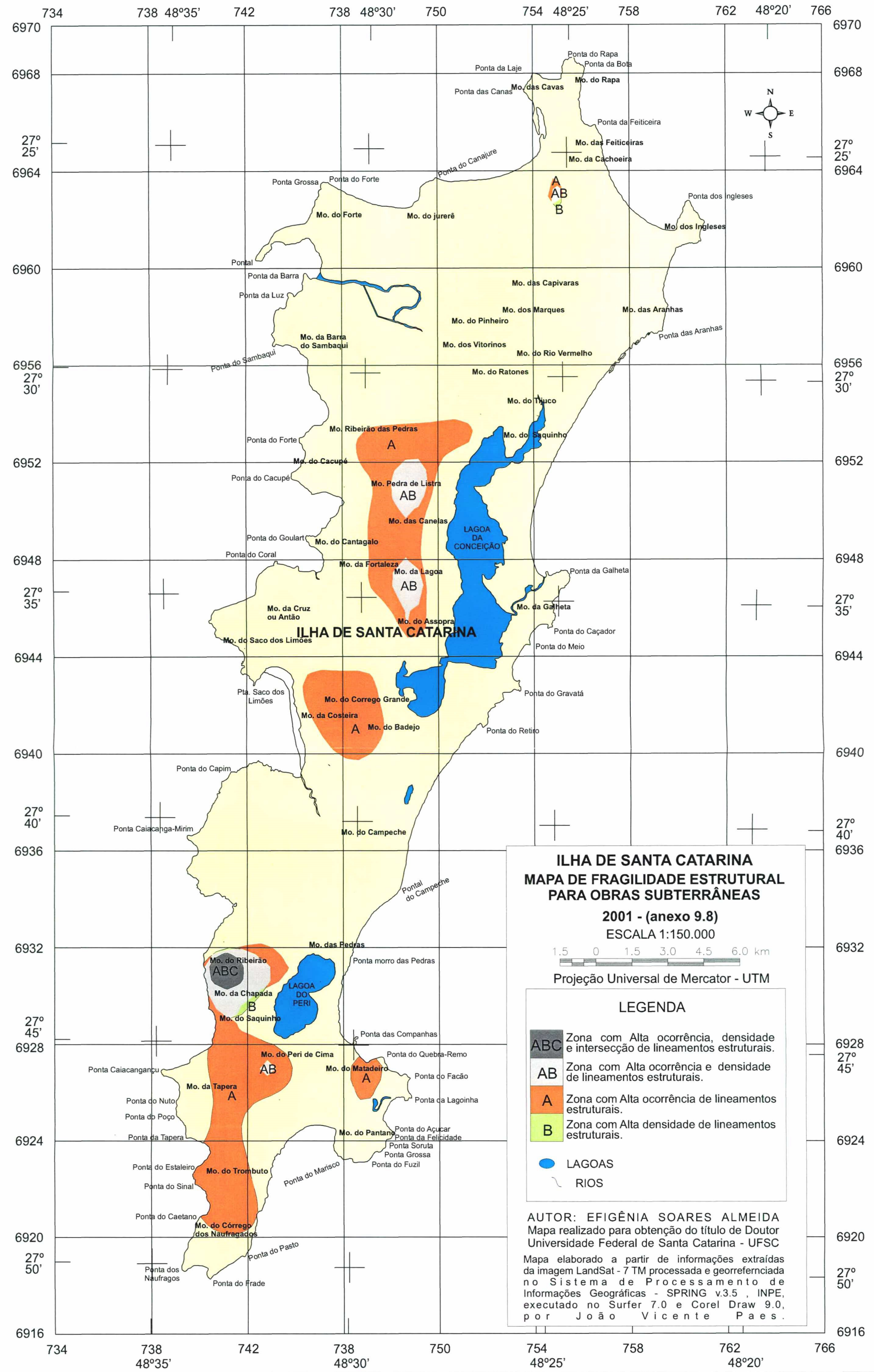
AUTOR: EFIGÊNIA SOARES ALMEIDA
 Mapa realizado para obtenção do título de Doutor
 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Mapa elaborado a partir de informações extraídas da imagem LandSat - 7 TM processada e georreferenciada no Sistema de Processamento de Informações Geográficas - SPRING v3.5, INPE, executado no Surfer 7.0 e Corel Draw 9.0, por João Vicente Paes.

MAPA DE FREQUÊNCIA DE INTERSECÇÃO DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA ILHA DE SANTA CATARINA



MAPA DE FRAGILIDADE ESTRUTURAL PARA OBRAS SUBTERRÂNEAS DA ILHA DE SANTA CATARINA



ILHA DE SANTA CATARINA MAPA DE FRAGILIDADE ESTRUTURAL PARA OBRAS SUBTERRÂNEAS

2001 - (anexo 9.8)
ESCALA 1:150.000



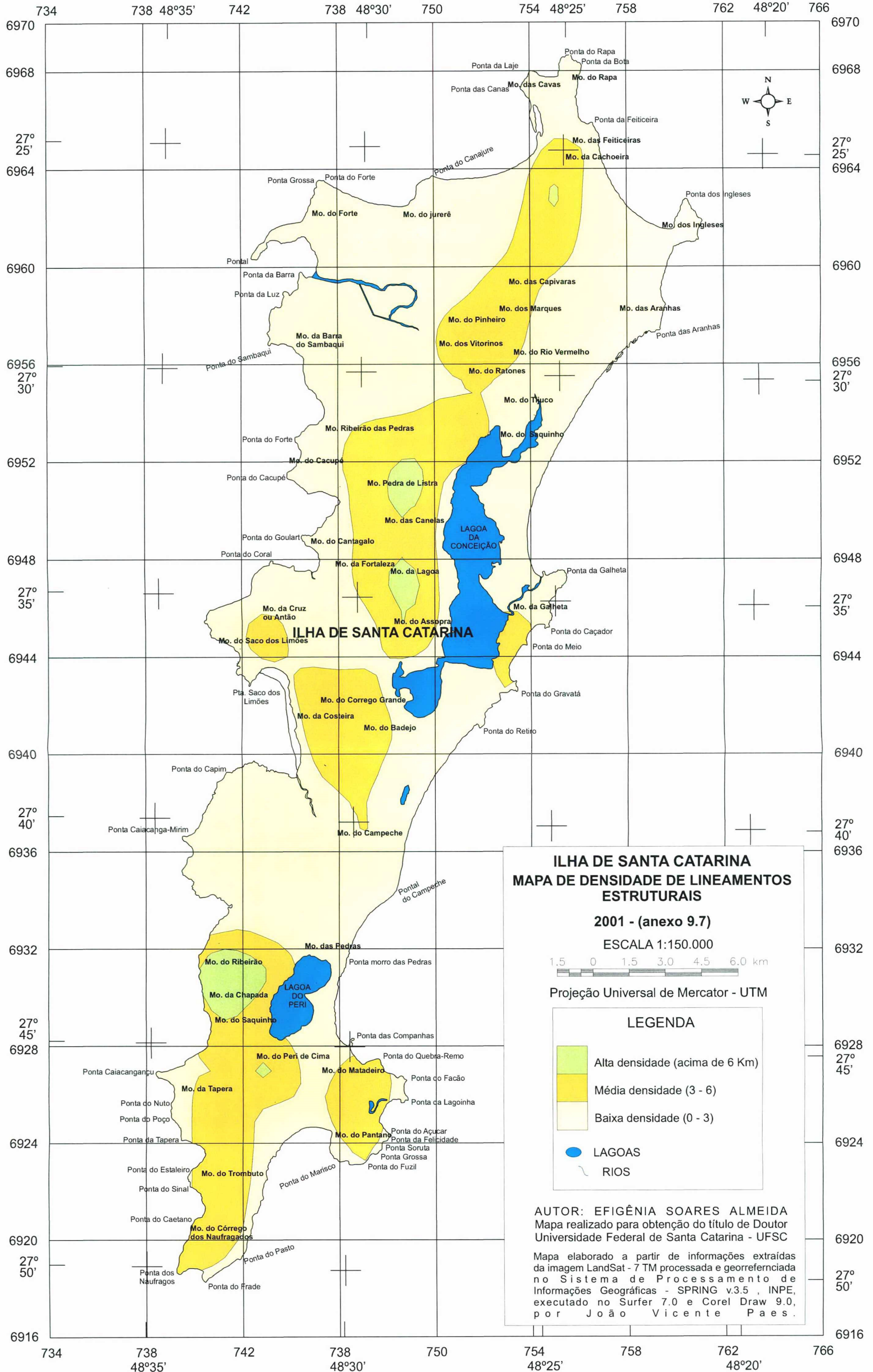
Projeção Universal de Mercator - UTM

LEGENDA

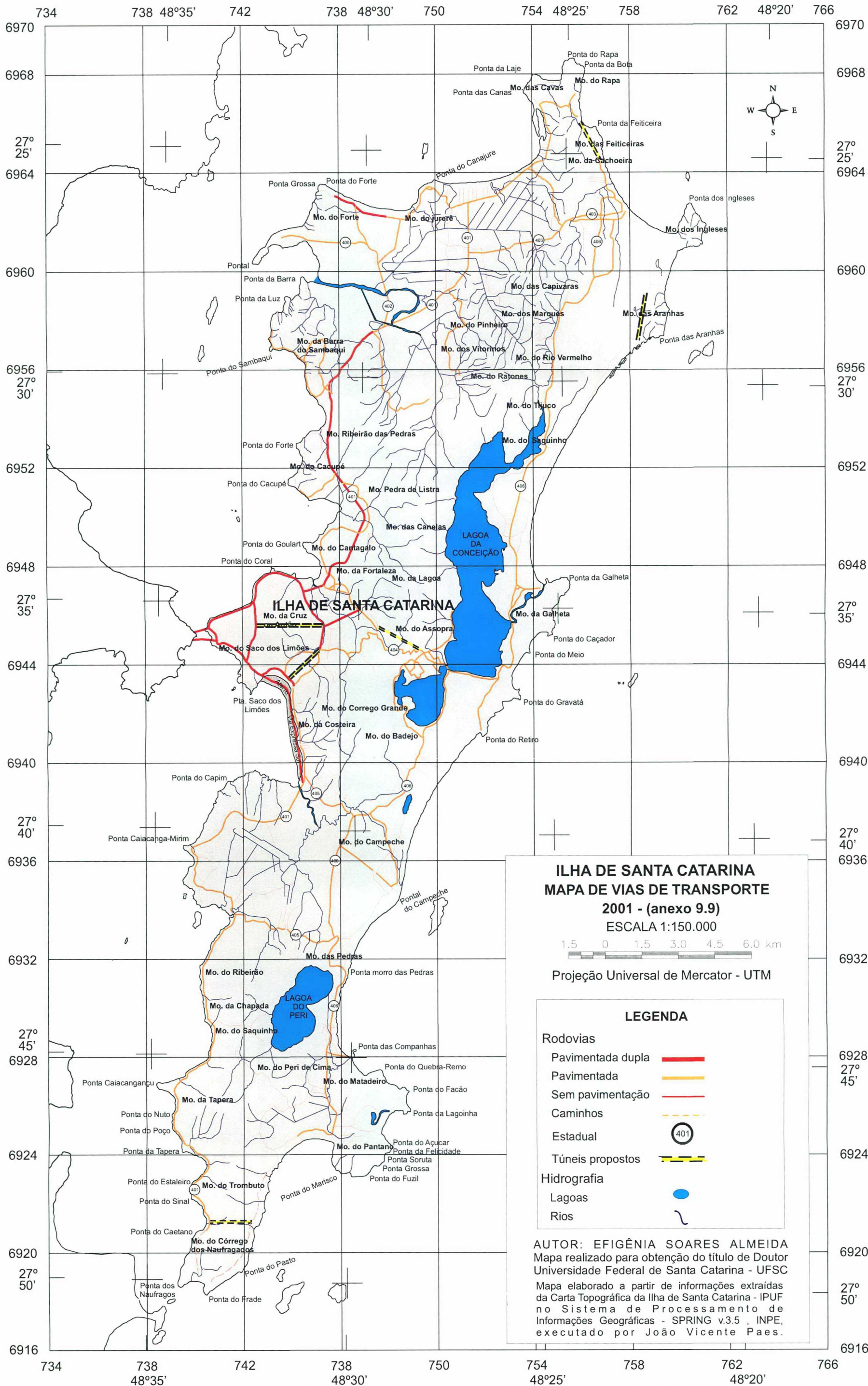
- ABC Zona com Alta ocorrência, densidade e intersecção de lineamentos estruturais.
- AB Zona com Alta ocorrência e densidade de lineamentos estruturais.
- A Zona com Alta ocorrência de lineamentos estruturais.
- B Zona com Alta densidade de lineamentos estruturais.
- LAGOAS
- RIOS

AUTOR: EFIGÊNIA SOARES ALMEIDA
 Mapa realizado para obtenção do título de Doutor
 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
 Mapa elaborado a partir de informações extraídas
 da imagem LandSat - 7 TM processada e georreferenciada
 no Sistema de Processamento de
 Informações Geográficas - SPRING v.3.5, INPE,
 executado no Surfer 7.0 e Corel Draw 9.0,
 por João Vicente Paes.

MAPA DE DENSIDADE DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA ILHA DE SANTA CATARINA



MAPA DE VIAS DE TRANSPORTE DA ILHA DE SANTA CATARINA



ILHA DE SANTA CATARINA
MAPA DE VIAS DE TRANSPORTE
 2001 - (anexo 9.9)
 ESCALA 1:150.000

1.5 0 1.5 3.0 4.5 6.0 km

Projeção Universal de Mercator - UTM

LEGENDA

Rodovias

Pavimentada dupla

Pavimentada

Sem pavimentação

Caminhos

Estadual

Túneis propostos

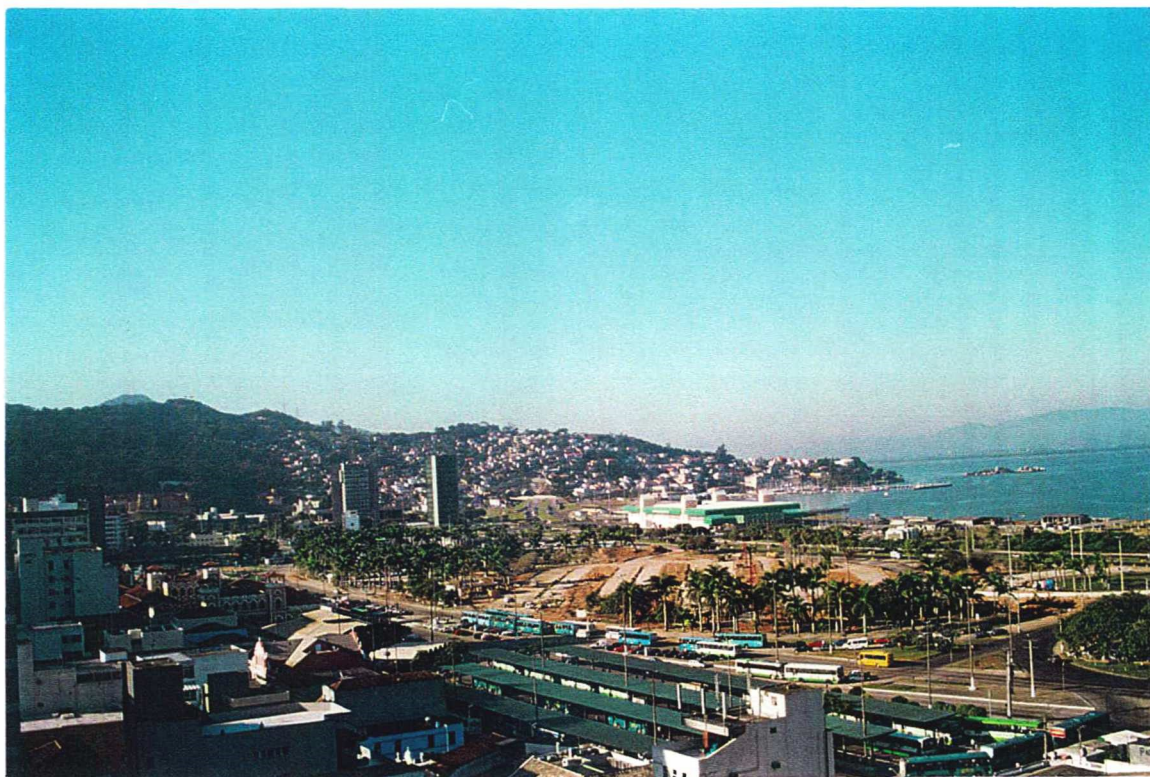
Hidrografia

Lagoas

Rios

AUTOR: EFIGÊNIA SOARES ALMEIDA
 Mapa realizado para obtenção do título de Doutor
 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
 Mapa elaborado a partir de informações extraídas
 da Carta Topográfica da Ilha de Santa Catarina - IPUF
 no Sistema de Processamento de
 Informações Geográficas - SPRING v.3.5, INPE,
 executado por João Vicente Paes.

Anexo 9.10: Foto infra-estrutura área central Florianópolis.



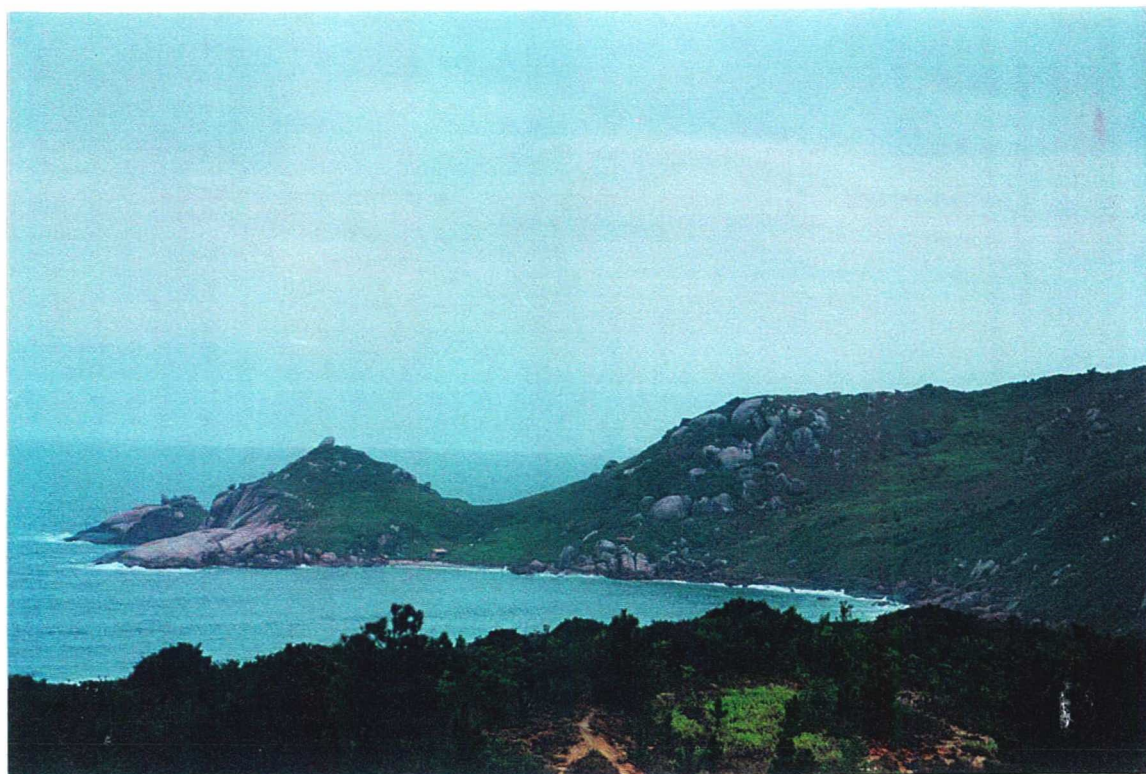
Anexo 9.11: Foto de Mapas Políticos do município de Florianópolis destacando a urbanização em dois tempos 1995 e 2000.



Anexo 9.12: Foto costão rochoso Praia da Caieira – Sul da Ilha.



Anexo 9.13: Costão rochoso Ponta do Gravatá – Praia Mole.



Anexo 9.14: Ocupação encostas Morro da Cruz – Área central.



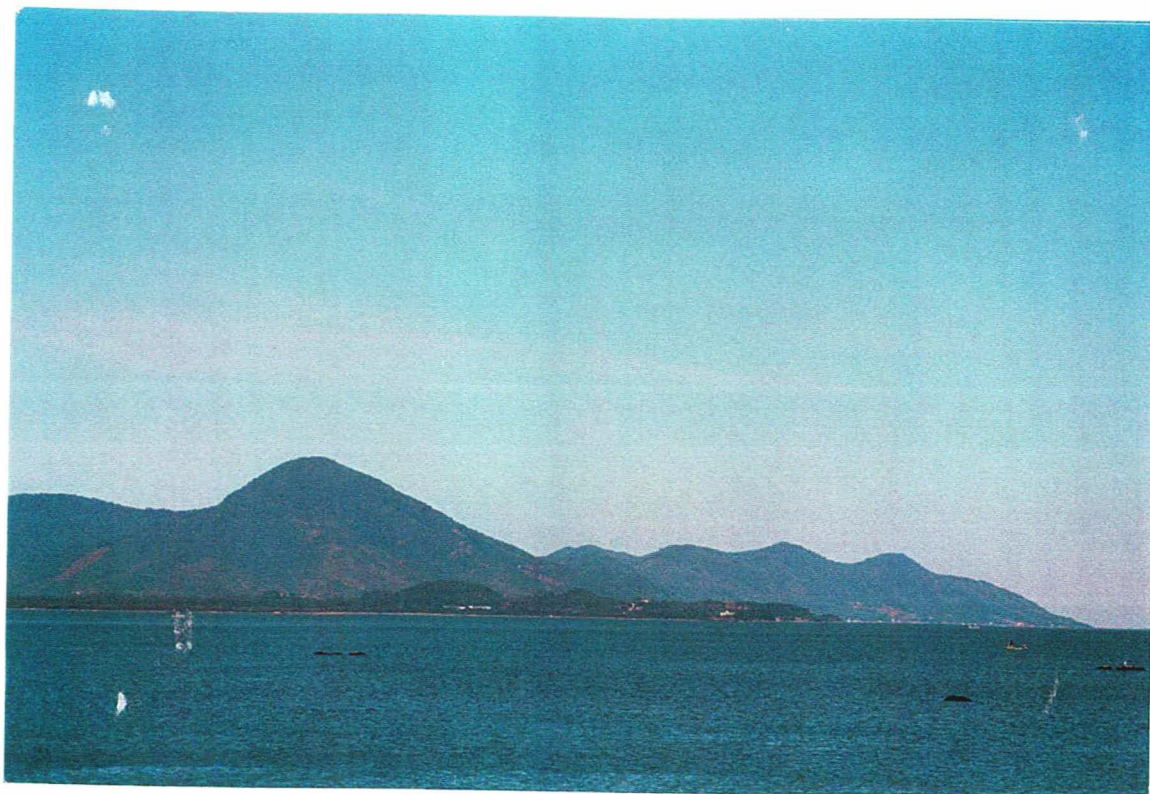
Anexo 9.15: Extração de saibro na encosta do morro na Praia Brava.



Anexo 9.16: Detalhe do fraturamento em granito – bancada Pedreira PEDRITA.



Anexo 9.17: Detalhe do Morro do Ribeirão visto do continente.



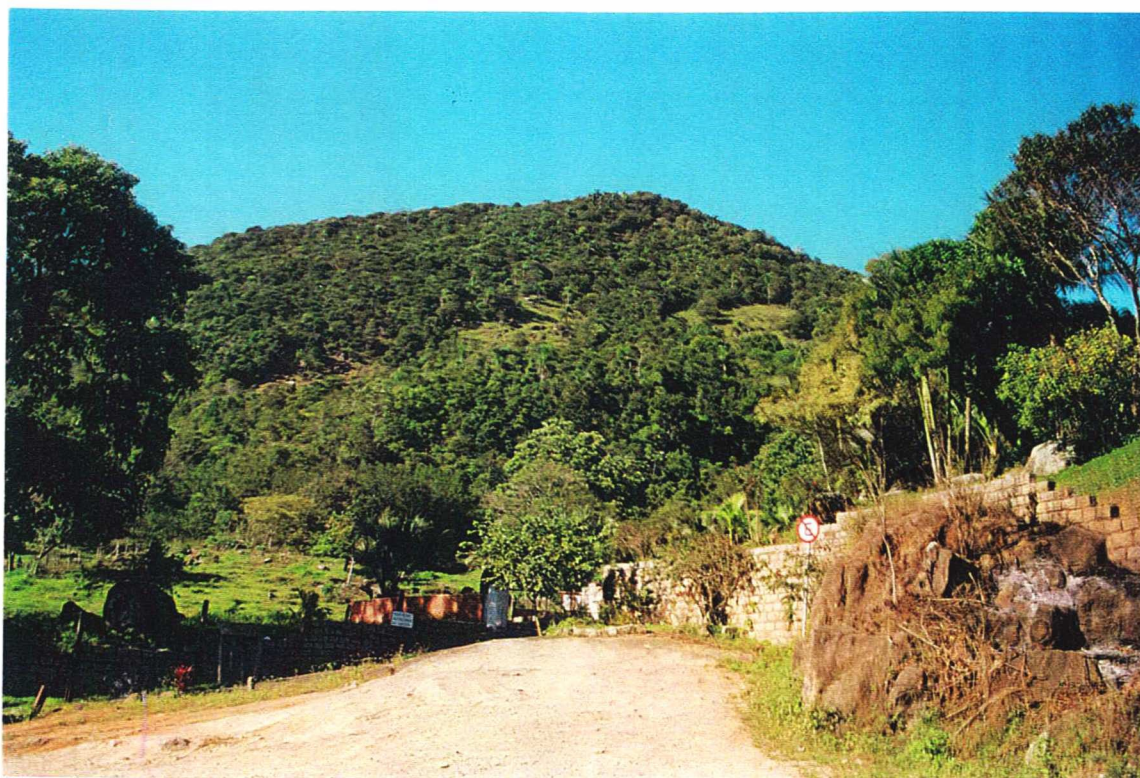
Anexo 9.18: Detalhe do Morro Tapera, Morro Trombudo, Morro Córrego Naufragado – Extremo Sul da Ilha.



Anexo 9.19: Costão rochoso próximo a Ponta dos Naufragados.



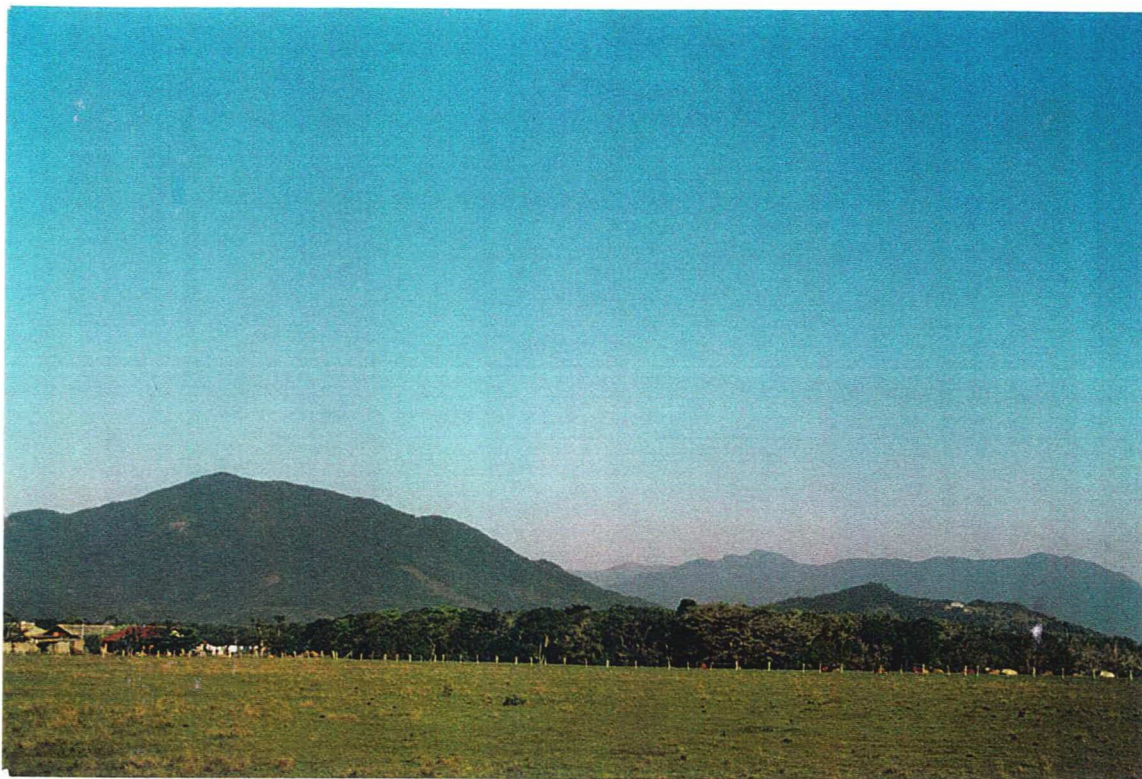
Anexo 9.20: Destaque do Morro Córrego de Naufragados; nota-se domínio do verde.



Anexo 9.21: Vista aérea do Morro Campeche – Detalhe área em processo de ocupação.



Anexo 9.22: Detalhe do Morro Campeche visto da planície próxima.



Anexo 9.23: Contornos Morro da Costa da Lagoa da Conceição.



Anexo 9.24: Estação de Tratamento de Esgoto Praia Brava.



Anexo 9.25 : Levantamento de lineamentos – interpretação de imagem de satélite.

Quadrícula	Nº Lineamentos	Nº Cruzamentos/ângulo	Direções
1	1	-	N25°E
2	4	1 (50°)	N30°E; Vertical.; N50°W; N10° E
3	8	3(45°, 50°, 90°)	N10°E, Vert., N10°E, N35°W, Hor., N30°E, N40°W, N80°W,
4	9	2 (85°, 85°)	N20°E, N80°W, N55°W, N55°W, N10°E, N20°E, N20°E, N70°W, N25°E
5	3	-	N45°W, N45°W, N70°W
6	5	-	N20°E, N20°W, N20°E, N35°W, N50°W
7	1	-	N25°E
8	7	5 (60°, 70°, 70°, 90°, 90°)	N10°W, N60°W, N20°E, N30°E, N30°E, N20°E, N20°E
9	3	-	N20°E, N25°W, N20°W
10	3	2 (70°, 70°)	N20°E, N20°E, N60°W
11	6	1 (30°)	N20°E, N50°W, N60°E, N30°W, N50°W, N35°W
12	1	-	Vertical (vert.)
13	4	1 (90°)	N25°E, N60°W, N50°W, N60°W
14	7	2 (80°, 80°)	N50°W, N25°E, N30°E, N20°E, N20°E, N50°W, Horizontal (hor.).
15	10	2 (40°, 70°)	Vert., vert., N55°W, N40°W, N55°W, N50°W, vert., N70°W, N70°W, N20°W
16	3	1 (45°)	N20°E, vert., N50°W
17	8	2 (80°, 55°)	Vert, hor., N55°W, N20°E, N30°E, N10°E, N10°E., N30°E
18	2	-	Vertical, vertical
19	6	2 (65°, 65°)	N50°W, N20°E, N10°E, N15°E, N10°E, N40°W
20	3	-	N20°E, N50°W, N10°W
21	1	-	N40°W
22	8	9(60°, 60°, 70°, 70°, 70°, 60°, 70°, 80°, 50°)	N20°E, N15°E, N10°E, hor., N75°W, N55°W, N30°W, hor.
23	7	3(50°, 50°, 80°)	N50°W, vert., N50°E, N10°W, hor., hor., N60°W
24	6	1 (45°)	N70°W, N15°E, vert., N10°E, N15°E, N15°E
25	3	-	N30°W, N25°E, N30°W
26	5	1 (80°)	Vert., Vert., N50°E, N50°W, N10°W
27	4	2 (60°, 70°)	N10°E, N30°E, N60°W, N65°W.
28	4	1 (70°)	N15°E, N30°E, N30°E, N60°W
29	5	3 (70°, 70°, 70°)	N30°E, N30°E, N30°E, N20°E, hor.
30	1	-	N30°E
31	6	1 (60°)	N15°E, N45°W, N45°W, N30°E, N30°E, N35°E
32	8	1 (80°)	Vert., Vert., N30°E, N30°E, N10°E, N10°W, N30°E, N50°W
33	3	-	Vert., Vert., N20°E,
34	1	-	N10°E
35	4	-	Vert., Vert., N80°W, N80°W
36	7	3 (75°, 60°, 70°)	N30°E, N30°E, N20°E, N40°W, N80°W,

79	1	-	N45°W
80	4	-	N10°E, N10°E, N30°W, N40°W
81	5	-	N40°W, N15°E, N40°W, N20°E, N15°E
82	3	1 (80°)	Vert., vert., N70°W
83	2	-	N45°W, N40°W
84	7	2 (80°, 80°)	N30°W, N20°E, N15°E, N15°E, N20°E, N10°W, N70°W
85	6	1 (30°)	N15°E, N15°E, N15°W, N15°W, N20°W, N45°W
86	5	1 (70°)	N20°W, N10°W, N45°W, N20°E
87	1	-	N45°W
TOTAL	361		