

Marinês da Silva

**GÊNESE E EVOLUÇÃO DAS CAVERNAS MARINHAS DO
MACIÇO COSTEIRO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA
CATARINA (SC)**

Tese submetida ao Programa de Pós-
graduação em Geografia da Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção
do Grau de Doutora em Geografia
Orientadora: Profa. Rosemy da Silva
Nascimento, Dra.
Coorientador: Prof. William Sallun Filho,
Dr.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pela autora
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

SILVA, MARINÊS

GÊNESE E EVOLUÇÃO DAS CAVERNAS MARINHAS DO
MACIÇO COSTEIRO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA
CATARINA (SC) / MARINÊS SILVA ; orientadora, ROSEMY
DA SILVA NASCIMENTO, coorientador, WILLIAM SALLUN
FILHO, 2018.

238 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, , Programa de Pós-Graduação em ,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. . 2. cavernas marinhas. 3. Ilha de Santa
Catarina. 4. espeleotemas de calcita. 5. coquina.
I. DA SILVA NASCIMENTO, ROSEMY. II. SALLUN FILHO,
WILLIAM. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em . IV. Título.

Marinês da Silva

**Gênese e evolução das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do
Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina (SC)**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutora em Geografia” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Geografia.

Florianópolis, 16 de maio de 2018.

Prof. Elson Manoel Pereira, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Geografia

Profa. Rosemy da Silva Nascimento, Dra.

Departamento de Geociências/UFSC (Orientadora)

Prof. William Sallun Filho, Dr.

Centro de Geologia e Meio Ambiente/IG/SP (Coorientador)

Banca examinadora:

Prof. Edison Ramos Tomazzoli, Dr.

Departamento de Geociências/UFSC

Prof. João Carlos Rocha Gré, Dr.

Departamento de Geociências/UFSC

Prof. Augusto Sarreiro Auler, Pós-Dr.

Departamento de Geologia/UFMG

Dedico este trabalho ao meu
irmãozinho do coração Polo (*in
memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a saúde e a energia que me permitiram conduzir este trabalho;

Aos meus pais pela eterna dedicação e amparo em momentos difíceis;

Ao Gui Ferreira por me incentivar a concluir este trabalho e por permitir que eu reencontrasse meu equilíbrio;

À minha orientadora Profa. Rosemy Nascimento por me acolher e aceitar meu convite;

Ao meu coorientador Prof. William Sallun pelas preciosas contribuições e por estar sempre disponível para me atender;

À Sec. do PPGG Helena Valverde sempre atenciosa e amiga;

Ao Coord. do PPGG Prof. Elson Pereira, verdadeiro exemplo de ética e profissionalismo;

Ao Rodrigo Dalmolin, espeleólogo pioneiro de Florianópolis, este trabalho não teria sido possível sem ele;

Ao Alex Ballester Morales e Bruno Perdigão pelo batismo de rapel e parceria nos trabalhos de campo;

Ao Fox (Tiago Bastos) por me ensinar a verdadeira essência da espeleologia e por fazer cavernas inacessíveis se tornarem fáceis;

Ao Ian Dutra por compor a expedição da Toca da Baleia;

Ao Prof. Edson Ramos Tomazzoli e à colega espeleóloga Nair Fernanda Mochiutti, pesquisadores que impulsionaram os estudos científicos sobre as cavernas da ilha;

Ao Prof. Luiz Antônio Paulino pelos ensinamentos de topografia;

Ao Leonardo Leal pelas discussões geográficas e ao Cid Neto pelas orientações ambientais;

À família Teju Jagua por propiciar minha inserção na espeleologia;

Às pessoas que compuseram, em algum momento, a equipe de campo: meu pai Ivan, Anderson Porto, Bernardo Silva, Caetano, Camilo Teixeira, Cláudio Almeida, Eduardo Leandro, Gabriel Bueno, Gi Pereira, Lucas Bampi, Lucas Mafra, Raphael Ozório, Sebastian Bisbal, Osni Barbi;

À Profa. Kita Macário pela valiosa experiência no LAC da UFF de Niterói;

Ao Sérgio Paiva laboratorista do LABLAM da UFSC;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Uma tese em espeleologia tem...

Meu primeiro rapel em caverna, 25 de fevereiro de 2015, Furna da Pedra Preta, acompanhada pelo Fox. Após uma trilha de 1 hora com cada um de nós carregando 8 quilos nas costas, Fox montou a via sozinho por mais 2 horas utilizando apenas *nuts* no ignimbrito. Feito o rapel de 25 metros, ao chegar na entrada da caverna eu disse: - Fox, vamos entrar. E ele disse: - Entra você primeiro, a caverna é sua!

A concretização dessa tese requereu superar a fobia de altura e aprender técnicas verticais; realizar inúmeros trabalhos de campo que, ao todo, contaram com a ajuda mais de vinte pessoas; participar ativamente de eventos de espeleologia para criar uma metodologia adaptada à realidade da ilha e que contemplasse os objetivos da tese.

Grandiosa Toca da Baleia, 9 de março de 2017, trilha de 3 horas com mochila pesando 13 quilos. Após 3 horas incluindo a montagem da via e um rapel de 30 metros com vários fracionamentos, o trabalho de topografia estendeu-se das 16 horas até as 23 horas. Eu começava a ter alucinações de tanto cansaço e foi consenso dormir na caverna para retornar no dia seguinte. Dormimos sobre nossas mochilas de lona.

Inusitada situação em 13 de setembro de 2017, percorrendo a área de estudo em embarcação, no costão havia uma rocha negra, brilhante, parecendo um cachorro de perfil com o focinho apontado para o alto. Mais próximo, contatamos que se tratavam de 6 lobos marinhos.

As experiências enriquecedoras aconteciam em conversas informais: responder dúvidas primárias contribuía para o desenvolvimento de hipóteses e as minhas explicações sanavam mais as minhas próprias dúvidas do que as de quem me perguntava.

"As cavernas hoje são a única área de exploração do mundo em que ainda temos a sensação do desconhecido. O prazer de não saber o que se vai encontrar pela frente é o que mais nos atrai."
(Augusto Auler)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo explicar a gênese e a evolução de cavernas marinhas localizadas no Maciço Costeiro do Pântano do Sul, no Sudeste da Ilha de Santa Catarina. Inicialmente, esta pesquisa pretendia topografar 25 cavernas presentes no maciço, todas formadas em rocha ígnea e situadas na costa. Priorizou-se o estudo detalhado das cavernas que continham coquina ou espeleotemas compostos de calcita, e por isso consideradas mais relevantes. Assim, nove cavernas foram topografadas, 10 tiveram as medidas básicas extraídas, duas foram apenas visitadas e fotografadas e quatro não foram acessadas. Como procedimentos metodológicos utilizaram-se trabalhos de campo para obtenção de dados, análises laboratoriais como geoquímica da rocha encaixante e datação por radiocarbono de conchas da coquina, geração de mapas topográficos e interpretação dos dados para redação da tese. Os resultados mostraram quatro gêneses distintas: (1) cavernas formadas pela erosão marinha desenvolvendo fendas verticais profundas, algumas associadas com intrusões de diabásio; (2) cavernas formadas pela interação do mar com depósito coluvionar; (3) cavernas desenvolvidas por fraturamento do acamamento sub-horizontal no ignimbrito; (4) caverna formada pela erosão fluvial e marinha nas diáclases do diabásio. As coquinas provavelmente se formaram a partir do lançamento de conchas para o interior das cavernas durante eventos transgressivos marinhos. Um desses afloramentos teve as conchas datadas por radiocarbono resultando em 2055 ± 25 anos AP. Com relação aos espeleotemas sugere-se que a calcita tenha surgido por influxo hidrotermal que consiste na infiltração de solução de carbonato de cálcio na zona vadosa do embasamento durante a formação de intrusões. A principal recomendação é a elaboração de um plano de manejo das cavernas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul como forma de proteção de parte do patrimônio espeleológico da Ilha de Santa Catarina, bem como promover a visitação responsável desses locais.

Palavras-chave: cavernas marinhas; Ilha de Santa Catarina; espeleotemas de calcita; coquina; Espeleologia.

ABSTRACT

This final paper has the objective to explain the genesis and evolution of sea caves located in the Coastal Massif of the South Swamp, in the Southeast of the Santa Catarina Island. First, this research had the purpose to topograph 25 caves present in the massif, all of them formed in igneous rock and located on the coast. The priority was the detailed study of the caves that contained coquina or speleothems composed of calcite, and because of that considered more relevant. In this way, nine caves were topographies, ten had the basic measurements taken, two were just visited and photographed and four were not studied. As methodological procedure was used fieldwork to obtain data, laboratory analyzes such as geochemistry of embedding rock and radiocarbon dating of coquina shells, generation of topographic maps and interpretation of the data for the thesis development. The results showed four different genesis: (1) caves built by marine erosion developing deep vertical cracks, some associated with diabase intrusions; (2) caves formed by the interaction of the sea with colluvial deposits; (3) caves by fracture of sub-horizontal bedding in the ignimbrite; (4) cavern formed by river and marine erosion in deacons of diabase. The coquinas were probably formatted by the shells releasement for the inside of the caves during sea transgression events. One of this outcrops had the shells dated by radiocarbon resulting in 2055±25 years BP. Regarding the speleothems it is suggested that the calcite arose by hydrothermal upwelling consisting of the infiltration of calcium carbonate solution in the vadose zone of the basement during the formation of intrusions. The main recommendation is the development of a plan for the cave's management of the Coastal Massif of the South Swamp as a way to protect a part of the speleological patrimony of the Santa Catarina Island, as well as the promotion and responsible tourism in these locals.

Key-words: *sea caves; Santa Catarina Island; carbonated speleothems; coquina; Speleology.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de localização geográfica do Maciço Costeiro do Pântano do Sul no Sudeste da Ilha de Santa Catarina.	42
FIGURA 2 - Mapa com o perímetro do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.	43
FIGURA 3 – Mapa de localização geográfica das cavernas costeiras na área de estudo.	44
FIGURA 4 - Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina com ênfase ao embasamento cristalino.	46
FIGURA 5 - Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina com ênfase para os depósitos costeiros.	49
FIGURA 6 - Modelo Digital de Elevação no qual é possível distinguir os dois domínios geomorfológicos da Ilha de Santa Catarina: Embasamento em Estilos Complexos e Acumulações Recentes.	51
FIGURA 7 - Mapa de distribuição das cavernas na Ilha de Santa Catarina.	56
FIGURA 8 – Classificação das cavernas com base nos processos geradores.	64
FIGURA 9 – Caverna de <i>Fingal</i> , Ilhas Hébridas, Escócia.	65
FIGURA 10 – Mapa contendo alguns exemplos de cavernas marinhas no Brasil.	66
FIGURA 11 - Esquema ilustrando a formação de espeleotemas.	70
FIGURA 12 – Espeleotema do tipo “bolo de noiva”, na Gruta dos Brejões, Morro do Chapéu, BA.	71
FIGURA 13 - Coraloides de caverna de itabirito, em Congonhas, MG.	71
FIGURA 14 – Exploração de depósito de coquina, às margens de <i>Shark bay</i> , Austrália.	73
FIGURA 15 – Amostra de coquina do Morro do Chaves, Alagoas, com destaque para sua alta porosidade.	73
FIGURA 16 – Organograma apresentando os procedimentos metodológicos.	77
FIGURA 17 - Mapa geológico do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.	88
FIGURA 18 - Mapa geológico do Maciço Costeiro do Pântano do Sul contendo a localização das cavernas marinhas estudadas destacando-se o seu desenvolvimento em intrusões básicas.	91
FIGURA 19 - Vista para sudoeste da Gruta do Matadeiro observando-se intrusão de diabásio inclinada formando o teto da caverna.	95

FIGURA 20 - Vista para o exterior da Gruta do Matadeiro observando-se laterais formadas por ignimbrito e teto formado pela intrusão de diabásio; o piso possui blocos abatidos de ambas as litologias além de sedimentos finos.....	96
FIGURA 21 - Mapa topográfico da Gruta do Matadeiro.....	97
FIGURA 22 - Vista para sudoeste da Furna do Lui observando-se a morfologia estreita (fenda) no ignimbrito e piso contendo matacões abatidos da mesma litologia.....	99
FIGURA 23 – Vista para sudoeste da Furna Preta.....	101
Figura 24 - (A) Vista do salão de entrada da Furna Preta observando-se o piso formado de blocos e matacões rolados; (B) Vista para o exterior da Furna Preta.	102
FIGURA 25 - Mapa topográfico da Furna Preta.....	103
FIGURA 26 – Vista para sul da Furna do Gravatá.	105
FIGURA 27 – Vista para o interior (A) e exterior (B) da Furna do Gravatá observando-se o piso cascalhoso com bom grau de arredondamento.....	106
FIGURA 28 - Vista da lateral direita da Furna do Gravatá, observando-se o contato litológico da rocha encaixante ignimbrito com a intrusão diabásio que fora quase totalmente removida pela erosão costeira dando origem à caverna.	106
FIGURA 29 - Vista para sul da Furna da Água Escorrida com seta indicando a entrada da caverna desenvolvida em intrusão de diabásio.	107
FIGURA 30 - Vista para o exterior da Furna da Água Escorrida.	108
FIGURA 31 - Vista para sul da Furna da Água Escorrida observando-se o piso, teto e parede direita constituídos por diabásio e a parede esquerda de ignimbrito; destaque para o espeleotema do tipo coraloide/escorrimento no teto e para a presença de água escorrida na parede direita, fato que deu nome à caverna.	108
FIGURA 32 - Vista para sul da Toca da Baleia observando-se a Furna da Água Escorrida com orientação semelhante, desenvolvida numa intrusão de diabásio.....	109
FIGURA 33 - Vista para sul da entrada da Toca da Baleia, tendo o pórtico uma altura aproximada a 20m.....	110
FIGURA 34 – (A) Vista do interior da Toca da Baleia observando-se o piso cascalhoso constituído por grãos angulosos; (B) Bloco apresentando alto grau de arredondamento localizado no setor terminal da caverna.	110
FIGURA 35 - Mapa topográfico da Toca da Baleia.	111

FIGURA 36 - Rocha residual em frente à Toca da Baleia que avistada do mar assemelha-se ao dorso de uma baleia e que pode ter dado nome à caverna.	113
FIGURA 37 – (A) Vista para sudoeste da Furna da Lagoinha do Leste; (B) Vista para o exterior da Furna da Lagoinha do Leste, observando-se que a morfologia da caverna coincide com a diáclase do embasamento.	114
FIGURA 38 – Mapa topográfico da Furna da Lagoinha do Leste.	115
FIGURA 39 - Vista para norte da Furna da Felicidade, observando-se uma intrusão de diabásio com orientação semelhante a da caverna.	117
FIGURA 40 - Vista para sul do alto da boca da Furna da Felicidade, observando-se o contato do ignimbrito com a intrusão de diabásio.	118
FIGURA 41 - Vista para nordeste da Furna da Fenda.	119
FIGURA 42 - Vista para norte da Furna da Ponta do Fuzil e Furna da Fenda.	120
FIGURA 43 - Vista para o exterior da Furna da Ponta do Fuzil.	121
FIGURA 44 - Vista para nordeste da Furna do Poço.	122
FIGURA 45 - Vista para norte da Furna do Poço, observando-se o rebaixamento da altura de teto entre o setor medial e terminal da caverna.	122
FIGURA 46 – Vista para a entrada da Furna do Poço, observando-se feição erosiva em forma de “poço” que deu nome à caverna.	123
FIGURA 47 - Vista para norte das Tocas Gêmeas, sendo identificadas como “Gêmea 1” a caverna mais ao norte e “Gêmea 2” a caverna mais ao sul.	124
FIGURA 48 - Vista para norte da Gêmea 1 observando-se o limitado desenvolvimento linear, sugerindo uma formação recente.	124
FIGURA 49 - Vista para nordeste das Tocas Gêmeas, observando-se Gêmea 2.	125
FIGURA 50 – (A) Vista para nordeste da Furna da Pedra Preta, observando-se a obstrução da entrada com blocos abatidos; (B) Vista da entrada da Furna da Pedra Preta destacando-se a grande dimensão do pórtico.	126
FIGURA 51 - Mapa topográfico da Furna da Pedra Preta.	127
FIGURA 52 - Vista para o exterior da Furna da Pedra Preta observando-se a rampa formada a partir do abatimento de blocos e matações do teto da caverna, fragmentos angulosos sem indicação de retrabalhamento marinho.	129
FIGURA 53 – Vista para o interior da Furna da Pedra Preta observando-se a declividade produzida pelo cone de dejeção; ao fundo, destaca-se a deposição de blocos abatidos e de guano.	129

FIGURA 54 - Vista para norte da Furna das Andorinhas.....	130
FIGURA 55 - Mapa topográfico da Furna das Andorinhas.....	131
FIGURA 56 – (A) Vista para sudoeste da Furna das Andorinhas, observando-se matacões rolados na entrada da caverna; (B) Vista do interior da Furna das Andorinhas observando-se o piso cascalhoso e um bloco encaixado nas laterais.....	133
FIGURA 57 – Veio de quartzo no ignimbrito na Furna das Andorinhas, observando-se a presença de cristais bem desenvolvidos.....	133
FIGURA 58 – Microtravertinos na Furna das Andorinhas.....	134
FIGURA 59 – Vista para nordeste da Furna do Medo.....	135
FIGURA 60 – (A) Vista da parte superior externa da Furna do Medo: a linha tracejada amarela indica o entulhamento da fenda com colúvio; (B) O círculo amarelo destaca os blocos provenientes do material coluvial; (C) A seta amarela aponta para a abertura no teto da caverna, semelhante a uma claraboia.....	136
FIGURA 61 - Coraloides milimétricos na Furna do Medo.....	136
FIGURA 62 - Vista da porção medial da Furna do Medo observando-se a estreita morfologia e o piso cascalhoso.....	137
FIGURA 63 – (A) Vista para norte da Furna do Urubu; (B) Vista para o exterior da Furna do Urubu, observando-se o formato estreito e o piso cascalhoso.....	138
FIGURA 64 – Estalactites de dimensão milimétrica na Furna do Urubu.....	139
FIGURA 65 – (A) Vista para nordeste da Furna do Pântano do Sul; (B) Vista da Furna do Pântano do Sul, observando-se o piso com matacões rolados em meio a blocos e seixos com baixo grau de arredondamento, indicando terem sido abatidos do teto ou das laterais em tempo mais recente.....	140
FIGURA 66 - Mapa topográfico da Furna do Pântano do Sul.....	141
FIGURA 67 – Vista para nordeste da Toca do Pântano do Sul, observando-se a cavidade formada após o entulhamento de uma fenda por material coluvial, além do piso cascalhoso.....	143
FIGURA 68 - Vista para nordeste da Toca do Pântano do Sul (a esquerda) e Furna do Pântano do Sul (a direita).	144
FIGURA 69 - Vista da Toca do Pântano do Sul observando-se a lateral direita formada de ignimbrito e a transição para o teto formado de material coluvionar.....	144
FIGURA 70 – Vista para nordeste da Furna da Ponta do Marisco.	145
FIGURA 71 - Vista para nordeste do costão do Pântano do Sul, observando-se a Furna da Ponta do Marisco, Furna das Flores, Furna do Arco e Toca da Ponta do Marisco.....	146

FIGURA 72 - Espeleotemas da Furna da Ponta do Marisco: (A) Coraloides; (B) Estalactite.	147
FIGURA 73 - Vista para nordeste da Furna das Flores observando-se o teto coluvionar e o piso cascalhoso.	148
FIGURA 74 - Piso cascalhoso no setor terminal da Furna das Flores, composto de seixos e blocos com alto grau de arredondamento e polimento.....	149
FIGURA 75 – Vista para nordeste da Furna do Arco, observando-se a abertura no fundo da caverna caracterizando um arco.	150
FIGURA 76 – Vista para nordeste da Furna do Arco onde o desenvolvimento linear culmina em fundo aberto, caracterizando um arco; observa também o piso cascalhoso constituído de seixos e blocos com alto grau de arredondamento e polimento decorrente de erosão costeira agindo no momento presente.	151
FIGURA 77 - Vista para nordeste observando-se a Toca da Ponta do Marisco e cavernas adjacentes.	152
FIGURA 78 - Vista para sudoeste da entrada da Toca da Ponta do Marisco observando-se a atuação das ondas em evento de ressaca, o mar cobre o depósito de cascalho presente na boca, depósito este visível na Fig. 81.	152
FIGURA 79 – (A) Vista para o interior da Toca da Ponta do Marisco observando-se o teto rochoso e blocos abatidos com baixo grau de arredondamento, e ao fundo à direita, dois matacões abatidos apresentando formato tabular sugerindo deslocamento recente do teto da caverna; (B) Estalagmite milimétrica não-carbonática na Toca da Ponta do Marisco.....	153
FIGURA 80 – Vista para nordeste da Toca da Nega.	154
FIGURA 81 – Vista para o exterior da Toca da Nega observando-se as laterais de ignimbrito, o piso cascalhoso com matacões de grande dimensão e o teto coluvionar.....	155
FIGURA 82 – Micro-coraloides na Toca da Nega.....	155
Figura 83 – Croqui da Toca da Nega (planta baixa: Lucas Bampi, março 2017).	156
Figura 84 – Croqui da Toca da Nega (cortes transversais: Cláudio Almeida Fiuza, março 2017).	157
Figura 85 – Croqui da Toca da Nega (perfil longitudinal: Gabriel Bueno, março 2017).	158
FIGURA 86 – Vista para nordeste da Furna dos Morcegos observando-se o teto coluvionar.	159

FIGURA 87 – Vista da entrada da Furna dos Morcegos observando-se o piso composto de matacões e seixos: detalhe para seixos redondos e polidos.....	160
Figura 88 – Croqui da Toca da Furna dos Morcegos (planta baixa: Lucas Bampi, março 2017).....	161
Figura 89 – Croqui da Furna dos Morcegos (cortes transversais: Cláudio Almeida Fiuza, março 2017).....	162
Figura 90 – Croqui da Toca da Furna dos Morcegos (perfil longitudinal: Marinês da Silva, março 2017).	163
FIGURA 91 – Microestalactites na Furna dos Morcegos.	164
FIGURA 92 – Microtravertinos na Furna dos Morcegos.	164
FIGURA 93 - Vista para o interior da Gruta do Matadeiro indicado por círculos os locais de deposição de coquina.	165
FIGURA 94 - Perfil da gruta e da Praia do Matadeiro, observando-se a altitude da coquina e sua distância do mar atual.	166
FIGURA 95 – (A) Depósito de coquina na lateral esquerda da Gruta do Matadeiro; (B) Detalhe da coquina da Gruta do Matadeiro com conchas bem preservadas.	167
FIGURA 96 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Gruta do Matadeiro, observando-se um seixo de diabásio e biodetritos em matriz de cimento carbonático.	168
FIGURA 97 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Gruta do Matadeiro, tendo sido identificado um fóssil, possivelmente de briozoário.	168
FIGURA 98 - Vista para o interior da Furna da Lagoinha do Leste observando-se a deposição de coquina no fundo da caverna indicado por uma seta.	169
FIGURA 99 – Coquina da Furna da Lagoinha do Leste em meio aos blocos do piso da caverna.	170
FIGURA 100 – Conchas extraídas da coquina da Furna da Lagoinha do Leste.	170
FIGURA 101 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Furna da Lagoinha do Leste, observando-se clastos de rocha e biodetritos.	171
FIGURA 102 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Furna da Lagoinha do Leste observando-se um seixo e muitos grãos de quartzo.....	171
FIGURA 103 - Vista para o exterior da Furna das Andorinhas observando-se a deposição de coquina na porção medial da caverna, junto ao teto.....	172

FIGURA 104 – Coquina da Furna das Andorinhas apresentando conchas intactas.....	173
FIGURA 105 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Furna das Andorinhas, observando-se clastos de rocha e biodetritos.	173
FIGURA 106 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Furna das Andorinhas, tendo sido identificada uma concha de bivalve.....	174
FIGURA 107 – Vista para o setor terminal da Furna Preta observando-se a variedade de espeleotemas de calcita: (A) Estalactites e coraloides; (B) Helictites e escorrimentos.	175
FIGURA 108 – (A) Maior estalactite encontrada na Ilha de Santa Catarina e ignimbrito coberto por escorrimentos na Furna Preta; (B) Amostra de espeleotema da Furna Preta com textura cristalina e a estrutura radial.....	176
FIGURA 109 – Fotografia microscópica de lâmina delgada de espeleotema da Furna Preta em corte transversal: (A) Laminação concêntrica no corte, com feixes de calcita radial; (B) Presença de cristal com textura desconhecida.	177
FIGURA 110 – Vista do setor medial da Furna do Gravatá, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral esquerda da caverna.	178
FIGURA 111 – Espeleotemas da Furna do Gravatá: (A) Coraloides; (B) Microtravertinos.....	179
FIGURA 112 – Espeleotemas da Furna do Gravatá: (A) Estalactite associada a escorrimento; (B) Detalhe de estalactite associada a canudo.	180
FIGURA 113 – Vista do setor medial da Toca da Baleia, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral esquerda da caverna.	181
FIGURA 114 – Vista do setor medial da Toca da Baleia, observando-se uma estalagmite em formação apelidada pela equipe de "bonsai".....	182
FIGURA 115 – Estalactite da Toca da Baleia apresentando estrutura concêntrica.	182
FIGURA 116 – Vista para o setor terminal da Furna da Pedra Preta, observando-se a lateral esquerda da caverna coberta por espeleotemas.	183
FIGURA 117 – Espeleotemas da Furna da Pedra Preta: (A) Coraloides; (B) Microtravertinos.....	184
FIGURA 118 – Cristais de aragonita na Furna da Pedra Preta: (A) Cristais situados nas diáclases do ignimbrito; (B) Cristais em detalhe.	185

FIGURA 119 – (A) Vista do setor terminal da Furna do Pântano do Sul, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral direita da caverna; (B) Coraloides, microestalactites e cortina na lateral esquerda, setor terminal.	186
FIGURA 120 – (A) Escorrimento partindo de diáclase do ignimbrito da Furna do Pântano do Sul; (B) Amostra de cortina da Furna do Pântano do Sul.	187
FIGURA 121 - Vista para nordeste da Toca da Nega onde as fraturas verticais do embasamento podem ter condicionado a formação de cavernas lineares.	189
FIGURA 122 - Vista para a Fenda de Nossa Senhora localizada na Ilha de Cabo Frio, Rio de Janeiro, observando-se a remoção completa de uma intrusão de diabásio pela erosão costeira.	190
FIGURA 123 - Vista para sul da Toca da Baleia observando-se intrusões de diabásio com orientação semelhante ao desenvolvimento da caverna.	190
FIGURA 124 - Vista da Furna do Pântano do Sul observando-se o contato entre a rocha encaixante (ignimbrito) e a intrusão (diabásio), sugerindo a formação da caverna pela erosão da intrusão.	191
FIGURA 125 – Diagrama de rosetas contendo medidas de azimute da entrada de 20 cavernas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.....	192
Figura 126 - Mapa do Maciço Costeiro do Pântano do Sul contendo a distribuição das cavernas estudadas bem como a representação dos azimutes.	193
FIGURA 127 - Vista para norte da Furna da Pedra Preta, onde há deposição de grande volume de matacões e blocos abatidos na entrada da caverna.	194
Figura 128 - Vista da Furna do Arco onde o piso cascalhoso ainda recebe abrasão marinha, com blocos que apresentam bom grau de arredondamento.....	195
FIGURA 129 – Vista do setor terminal da Furna Preta situado a cerca de 14m de altitude, em área seca no fundo da caverna, observando-se espeleotemas encobertos por cascalho com alto grau de arredondamento: (A) Espeleotema encoberto por blocos rolados; (B) Estalactite parcialmente descoberta observando-se redução no tamanho dos grãos com o aumento da profundidade.....	196
Figura 130 - Vista para nordeste observando-se diáclase com orientação semelhante à da Toca da Baleia sugerindo estágio evolutivo final das cavernas marinhas, na qual a caverna entra em colapso e o teto rochoso é abatido.....	197

Figura 131 - Vista para sudoeste observando-se a diáclase no embasamento formando uma fenda colmatada com matacões e blocos.	197
FIGURA 132 - Vista para leste da Toca da Nega: presença de colúvio na fenda.	198
FIGURA 133 – Vista do setor medial da Toca da Nega: (A) Marcas de queda de blocos do teto coluvionar; (B) Transição entre o teto coluvionar e a parede de ignimbrito.	199
FIGURA 134 - Imagens comparativas de um depósito do tipo sambaqui com aparência acamadada (A) e um depósito de coquina da Gruta do Matadeiro com aspecto bastante heterogêneo e deposição desordenada (B).	202
FIGURA 135 – (a) Espeleotema ao longo das juntas; (b) Detalhes macroscópicos do espeleotema composto de agregados microcristalinos acinzentados claro, de aspecto leitoso e superfície mamilar.	206
FIGURA 136 - Mapa de localização das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul no Parque Municipal da Lagoinha do Leste.	211

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Cavernas cadastradas e conhecidas na Ilha de Santa Catarina.	53
QUADRO 2 - Exemplos de cavernas marinhas no litoral brasileiro.....	67
QUADRO 3 - Dados das transgressões ocorridas no Brasil durante o período Quaternário.....	75
QUADRO 4 - Cavernas costeiras da área estudada, forma de acesso e atividade realizada.....	89
QUADRO 5 – Comparação de informações básicas das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.....	92
QUADRO 6 – Síntese dos elementos presentes nas cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.	188
QUADRO 7 – Compilação das oscilações do nível relativo do mar (NRM) ocorridas no Quaternário com base em diversos autores.....	201
QUADRO 8 – Altitude, distância da linha de costa e idade dos depósitos de coquina.	203
QUADRO 9 – Curvas de oscilação do nível relativo do mar para o sul do Brasil.	204
QUADRO 10 - Cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul associadas a intrusões de diabásio e que contêm espeleotemas de calcita.	207

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Cavernas turísticas em unidades de conservação brasileiras.	63
TABELA 2 - Graus BCRA de precisão para registro de detalhes de conduto.....	82
TABELA 3 - Graus BCRA de precisão para a linha de trena.	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	35
1.1 SOBRE A AUTORA E A ESCOLHA DO TEMA	35
1.2 APRESENTAÇÃO DO TEMA	37
1.3 JUSTIFICATIVA	37
1.4 OBJETIVOS	38
1.4.1 Objetivo geral	38
1.4.2 Objetivos específicos	39
2 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA DA ÁREA DE ESTUDO	41
2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	41
2.2 CLIMA REGIONAL	45
2.3 GEOLOGIA	45
2.3.1 Suíte Pedras Grandes	47
2.3.1.1 Granito Ilha (524±68Ma AP)	47
2.3.2 Suíte Plutono-vulcânica Cambirela	47
2.3.2.1 Rochas piroclásticas (524±68Ma AP)	47
2.3.3 Enxame de Diques Florianópolis	48
2.3.3.1 Intrusões de diabásio (123-121Ma AP)	48
2.3.4. Depósitos costeiros quaternários	48
2.4 GEOMORFOLOGIA	50
2.5 OCEANOGRAFIA GEOLÓGICA COSTEIRA	52
2.6 ESPELEOLOGIA REGIONAL	52
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	59
3.1 PETROLOGIA ÍGNEA	59
3.1.1 Riolito	59
3.1.2 Ignimbrito	59
3.1.3 Diabásio	59
3.1.4 Diaclasamento	60
3.2 CAVERNAS	60
3.2.1 Generalidades	60
3.2.2 Classificação	63
3.2.3 Cavernas marinhas (<i>sea caves</i>)	64
3.2.4 Espeleotemas	70
3.2.5 Coquinas	72
3.3 OSCILAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR	73
4 METODOLOGIA	77
4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CARTOGRÁFICA	78
4.2 ANÁLISE DE IMAGENS AÉREAS	78

4.3 SOLICITAÇÃO DE PESQUISA JUNTO AO SISBIO E FLORAM	79
4.4 TRABALHO DE CAMPO	79
4.4.1 Planejamento	80
4.4.2 Reconhecimento preliminar das cavernas marinhas	80
4.4.3 Acesso por técnicas verticais	81
4.4.4 Espeleotopografia.....	81
4.4.5 Caracterização geológica das cavidades.....	83
4.4.6 Amostragem de rochas encaixantes.....	83
4.4.7 Testes químicos com os espeleotemas	83
4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS	84
4.5.1 Petrografia	84
4.5.2 Geoquímica	84
4.5.3 Datação radiométrica	85
4.6 ATIVIDADES DE GABINETE	85
4.6.1 Elaboração de produtos gráficos	85
4.6.2 Compilação dos dados e geração de resultados	86
5 RESULTADOS	87
5.1 GEOLOGIA DO MACIÇO COSTEIRO DO PÂNTANO DO SUL	87
5.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E TOPOGRÁFICA DAS CAVERNAS MARINHAS.....	89
5.2.1 Setor 1	95
5.2.1.1 Gruta do Matadeiro (caverna 1/25, SC-63).....	95
5.2.1.2 Furna do Lui (caverna 2/25, SC-22)	99
5.2.1.3 Furna da Ponta do Quebra Remo (caverna 3/25, SC-49).....	100
5.2.1.4 Furna Preta (caverna 4/25, SC-64).....	100
5.2.1.5 Furna do Gravatá (caverna 5/25, SC-75)	102
5.2.1.6 Furna da Água Escorrida (caverna 6/25, SC-82)	107
5.2.1.7 Toca da Baleia (caverna 7/25, SC-31)	109
5.2.1.8 Furna da Lagoinha do Leste (caverna 8/25, SC-50).....	114
5.2.2 Setor 2	117
5.2.2.1 Furna da Felicidade (caverna 9/25, SC-59).....	117
5.2.2.2 Furna da Fenda (caverna 10/25, SC-37)	119
5.2.2.3 Furna da Ponta do Fuzil (caverna 11/25, SC-40)	120
5.2.2.4 Furna do Poço (caverna 12/25, SC-39).....	121
5.2.2.5 Tocas Gêmeas (caverna 13/25, sem cadastro)	123
5.2.2.6 Furna da Pedra Preta (caverna 14/25, SC-42).....	125
5.2.2.7 Furna das Andorinhas (caverna 15/25, SC-33)	130
5.2.2.8 Furna do Medo (caverna 16/25, SC-53).....	134
5.2.2.9 Furna do Urubu (caverna 17/25, SC-34).....	137

5.2.2.10 Furna do Pântano do Sul (caverna 18/25, SC-30)	139
5.2.2.11 Toca do Pântano do Sul (caverna 19/25, SC-32).....	140
5.2.2.12 Furna da Ponta do Marisco (caverna 20/25, SC-36)	145
5.2.2.13 Furna das Flores (caverna 21/25, SC-38)	147
5.2.2.14 Furna do Arco (caverna 22/25, SC-35)	149
5.2.2.15 Toca da Ponta do Marisco (caverna 23/25, sem cadastro)	151
5.2.2.16 Toca da Nega (caverna 24/25, SC-44)	154
5.2.2.17 Furna dos Morcegos (caverna 25/25, SC-43).....	159
5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS COQUINAS	165
5.3.1 Cozinha da Gruta do Matadeiro	165
5.3.2 Cozinha da Furna da Lagoinha do Leste.....	169
5.3.3 Cozinha da Furna das Andorinhas	172
5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS ESPELEOTEMAS DE CALCITA .	174
5.4.1 Espeleotemas da Furna Preta.....	174
5.4.2 Espeleotemas da Furna do Gravatá.....	178
5.4.3 Espeleotemas da Toca da Baleia	181
5.4.4 Espeleotema da Furna da Pedra Preta.....	183
5.4.5 Espeleotema da Furna do Pântano do Sul	186
5.5 EVOLUÇÃO DE CAVERNAS MARINHAS EM ROCHA ÍGNEA	188
5.6 EVOLUÇÃO DE CAVERNAS MARINHO-COLUVIONARES	198
5.7 EVOLUÇÃO DAS COQUINAS	200
5.8 EVOLUÇÃO DOS ESPELEOTEMAS DE CALCITA	205
6 CONCLUSÕES	209
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213
APÊNDICE 1 - CHECK LIST DE EQUIPAMENTOS DE CAMPO	221
APÊNDICE 2 - PROTOCOLO DE SEGURANÇA PARA TRABALHOS DE CAMPO	222
ANEXO 1 – AUTORIZAÇÃO SISBIO 50043-1.....	223
ANEXO 2 – AUTORIZAÇÃO SISBIO 58735-1.....	226
ANEXO 3 – AUTORIZAÇÃO FLORAM	230
ANEXO 4 – TERMO DE CIÊNCIA DE RISCOS	233
ANEXO 5 – FICHA DE CAMPO - TOPOGRAFIA.....	234
ANEXO 6 - ANÁLISE QUÍMICA IGNUMBRITO	235
ANEXO 7 – LAUDO ANÁLISE CARBONO 14.....	237

1 INTRODUÇÃO

Cavernas marinhas são formadas por erosão provocada pelas ondas e são abundantes em áreas costeiras em todo o mundo (BUNNEL, 1983; MYLROIE & MYLROIE, 2009; SALLSTEDT *et al.*, 2014). No Maciço Costeiro do Pântano do Sul, na Ilha de Santa Catarina, ocorrem diversas cavernas marinhas, desenvolvidas em rochas ígneas cuja origem e evolução nunca havia sido abordada.

Este capítulo introdutório permite compreender o surgimento desta pesquisa, abordando os interesses da autora e o porquê da escolha do tema, a justificativa e a hipótese desta pesquisa, bem como os pilares centrais desta tese (cientificidade, ineditismo e relevância) e seus objetivos.

1.1 SOBRE A AUTORA E A ESCOLHA DO TEMA

A autora deste trabalho é graduada em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina, onde também obteve o título de mestra em Geografia. Interessou-se pelos temas relacionados à Geografia Física, mais precisamente à Geologia Costeira do local onde nasceu e viveu: a Ilha de Santa Catarina, parte insular do Município de Florianópolis.

Em sua monografia, trabalhou com as interferências antrópicas na Geologia Costeira da Ilha de Santa Catarina, e em sua dissertação, explorou os depósitos tecnogênicos, também na ilha.

Durante uma disciplina do curso de mestrado, em 2011, soube da existência de cavernas na Ilha de Santa Catarina através do Prof. Edson Ramos Tomazzoli. Uma colega mestranda que também cursava a disciplina, Nair Fernanda Mochiutti, era integrante do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), do Paraná, e já possuía experiência na área da Espeleologia.

Com a coordenação do Prof. Tomazzoli, mestrandos interessados na Espeleologia realizaram alguns trabalhos de campo que originaram as primeiras publicações científicas sobre o tema: Tomazzoli *et al.* (2011) e (2012), ambas tratando de estudos preliminares das cavernas da Ilha de Santa Catarina.

Após essas publicações, os autores foram contatados pelo espeleólogo Rodrigo Dalmolin, quem foi responsável pela descoberta e cadastro de grande parte das cavernas conhecidas na ilha.

Ainda no ano de 2011, por iniciativa de Fernanda Mochiutti, foi criado o primeiro espeleo grupo de Santa Catarina, o Espeleo Grupo Teju Jagua – EGTJ (SBE G125), ao qual juntou-se Rodrigo Dalmolin e outros espeleólogos. Teju Jagua é o guardião das cavernas em Tupi Guarani, um lagarto com cabeça de cachorro.

Com a formação do EGTJ, as cavernas passaram a receber também espeleólogos que adotam o lema da espeleologia: “Em uma caverna nada se tira a não ser fotografias, nada se deixa a não ser pegadas e nada se mata a não ser o tempo”. Atualmente, o EGTJ possui oito membros ativos e tem realizado trabalhos de prospecção, topografia e cadastro de cavernas por todo o Estado de Santa Catarina, além de ministrar cursos de capacitação e atividades de extensão como minicursos e palestras, tudo de forma voluntária.

Em 2012, com a abertura de um edital para projetos de pesquisa, a autora deste trabalho, juntamente com o Prof. Norberto Olmiro Horn Filho, convidou o EGTJ para uma parceria. Por conta do interesse da autora pela Geologia Costeira da Ilha de Santa Catarina, foi proposto submeter um projeto visando o estudo das cavernas marinhas da ilha. A parceria foi firmada, mas o projeto não foi aprovado, sendo aproveitado pela autora como projeto de doutorado no ano seguinte, em 2013.

Com o ingresso no curso de doutorado em 2014, a autora tornou-se membro do EGTJ e prosseguiu com as pesquisas na área da Espeleologia, sendo necessário buscar formação e auxílio de espeleólogos experientes em outros estados. Para isso, participou de eventos específicos como o “VII Encontro Mineiro de Espeleologia” (2014), o “32º Congresso Nacional de Espeleologia” (2015) e o “33º Congresso Nacional de Espeleologia” (2017). Nesses eventos, conheceu espeleólogos que contribuíram com esta pesquisa.

Durante o encontro mineiro em 2014, conheceu Tiago Vilaça Bastos que ensinou técnicas verticais e coordenou a conquista de cavernas da ilha com acesso bastante difícil, como a Furna da Pedra Preta, Furna Preta e Toca da Baleia, além de ensinar espeleotopografia e auxiliar nos mapeamentos.

No congresso nacional de 2015, conheceu o Prof. William Sallun Filho, convidando-o para a banca de qualificação desta pesquisa em 2015, e posteriormente para ser seu coorientador.

Ao longo do curso, contou com o suporte interdisciplinar de professores, pesquisadores e graduandos, tendo inclusive acompanhando a preparação de amostras para datação por radiocarbono na Universidade Federal Fluminense, em Niterói, RJ.

1.2 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Este trabalho teve como problemática confirmar se as cavernas presentes no Maciço Costeiro do Pântano do Sul representam cavernas de gênese marinha.

A literatura a respeito da Espeleologia da Ilha de Santa Catarina era praticamente inexistente, havia apenas a publicação de Tomazzoli *et al.* (2012), artigo concretizado através da iniciativa de pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e do qual a autora desta tese participou. O conhecimento atual obtido com esta tese consiste na descrição litológica, genética, topográfica e cronológica de cavernas da Ilha de Santa Catarina e resultou em 4 trabalhos apresentados e publicados em eventos nacionais e 1 artigo.

O potencial espeleológico da Ilha de Santa Catarina atualmente está representado pelas 58 cavernas cadastradas no Cadastro Nacional de Cavernas – CNC (SBE, 2018), apesar do número de cavernas conhecidas ser maior e haver a possibilidade de mais ocorrências ainda não descobertas. As cavernas existentes na Ilha de Santa Catarina são visitadas por pescadores, trilheiros e veranistas, em sua maioria desconhecedores de sua importância, fragilidade e dos riscos dessa atividade.

Com isso, dentre as lacunas que o texto pretende preencher estão a ausência de informações sobre o descobrimento das cavernas, como se desenvolveram os estudos espeleológicos na ilha, a descrição das cavernas conhecidas, informações com relação a sua gênese e o patrimônio espeleológico que elas representam.

1.3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa consiste em um trabalho inédito cujo tema, até então, era pouco explorado por haver desconhecimento das cavernas da Ilha de Santa Catarina e pela escassez de espeleólogos em nosso estado.

O desconhecimento das cavernas da ilha, e que as deixaram tanto tempo no anonimato, manifesta uma grande preocupação entre os pesquisadores: a falta de informação sobre a importância desses frágeis ambientes gera descuido. Esses locais são verdadeiros geossítios - elementos geológicos e geomorfológicos que originam paisagens e apresentam valor científico, pedagógico, cultural ou turístico (BRILHA, 2005) - que merecem divulgação apropriada com a intenção de resguardá-los.

As cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina podem ser consideradas indicadores geológicos dos movimentos trans-regressivos do nível relativo do mar. Tanto as cavidades quanto os elementos encontrados no interior delas como coquinas, espeleotemas e fragmentos rochosos com alto grau de arredondamento e polimento resultante da erosão costeira. Dessa forma, as cavernas marinhas podem contribuir com a elucidação da evolução geológica costeira da região Sul do Brasil.

Esta tese é resultado de trabalho de pesquisa e expõe o potencial espeleológico presente em nosso município, criando um ponto de partida para continuidade de estudos científicos por outros pesquisadores.

A maior contribuição deste trabalho é o estudo inédito e pioneiro acerca da espeleogênese das cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina e seus depósitos. Trata-se de um tema promissor para estudos futuros pela peculiaridade e pelas escassas pesquisas a respeito dessas cavernas:

- peculiaridade genética das cavernas;
- interesse em estudos de variação de nível do mar;
- presença de coquinas (datáveis);
- presença de espeleotemas (datáveis).

Por fim, este trabalho contribui sendo um inventário de todas as cavernas conhecidas na Ilha de Santa Catarina com descrição de grande parte das cavernas marinhas e um alerta sobre a importância dos elementos existentes e as medidas de segurança a serem tomadas no caso de visitação. Por conta deste trabalho, o órgão ambiental municipal foi noticiado acerca da existência de cavernas nos limites do Parque Municipal da Lagoinha do Leste, e a partir de então parte do patrimônio espeleológico da Ilha de Santa Catarina será inserido no plano de manejo do parque.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Explicar como ocorreu a gênese e a evolução das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul, no setor Sudeste da Ilha de Santa Catarina.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as cavernas marinhas da área de estudo do ponto de vista geológico e topográfico;
- Situar a posição altimétrica das cavernas, coquinas e espeleotemas nas curvas de oscilação do nível relativo do mar para obter idades indiretas das cavernas e desses elementos;
- Propor hipóteses de formação das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul e seus elementos geológicos compositionais;
- Oferecer à comunidade científica um trabalho de base que possa servir para estudos futuros.

2 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo são abordadas as características fisiográficas da área de estudo tais como localização geográfica, clima regional, geologia, geomorfologia, oceanografia geológica costeira e espeleologia.

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área de estudo está localizada ao sul da Ilha de Santa Catarina (Fig. 1), estando a ilha, entre as coordenadas UTM (Fuso 22S, Datum SIRGAS 2000) sul 6918235 e 6968774 e oeste 738355 e 761086, compondo a porção insular do Município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina.

A área de estudo compreende o Maciço Costeiro do Pântano do Sul, inserido nos bairros da Armação e do Pântano do Sul, tendo como acesso à Rodovia SC-406. Possui 16,7km de perímetro e 9,5km² de área, contém dois morros, Morro do Matadeiro e Morro do Pântano, e três praias (Fig. 2). As três praias arenosas foram descritas por Horn Filho *et al.* (2014) no livro “Geologia das 117 praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Brasil”: Praia do Matadeiro (p.161), Praia da Lagoinha do Leste (p.163) e Praia do Pântano do Sul (p.165). A Praia da Lagoinha do Leste é acessível apenas por trilha com duração aproximada de 1h partindo do Pântano do Sul, ou com duração de 2h partindo da Praia do Matadeiro. O acesso também é possível com embarcação partindo da Praia do Pântano do Sul, cuja duração é de aproximadamente 20min.

Com relação à periculosidade, Horn Filho *et al.* (2012) classificaram as praias da Ilha de Santa Catarina a partir de critérios morfológicos (declividade) e oceanográficos (influência de ondas e correntes litorâneas) em praias: praias de baixa periculosidade (propícias para banho), praias de média periculosidade (restrições locais) e praias de alta periculosidade (impróprias para banho). As praias do Matadeiro e Pântano do Sul se apresentam com média periculosidade e a Praia da Lagoinha do Leste foi classificada como de alta periculosidade.

A localização geográfica das 25 cavernas na área de estudo é apresentada na Fig. 3.

FIGURA 1 - Mapa de localização geográfica do Maciço Costeiro do Pântano do Sul no Sudeste da Ilha de Santa Catarina.

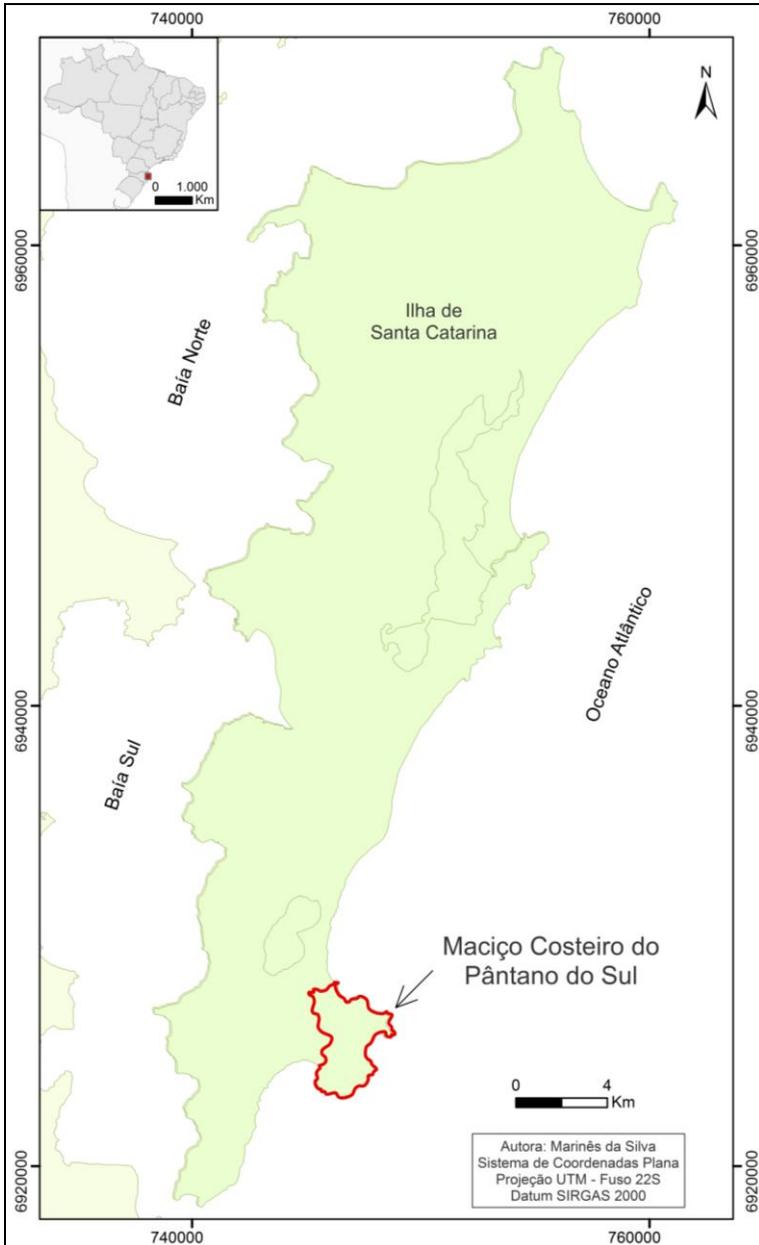


FIGURA 2 - Mapa com o perímetro do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.

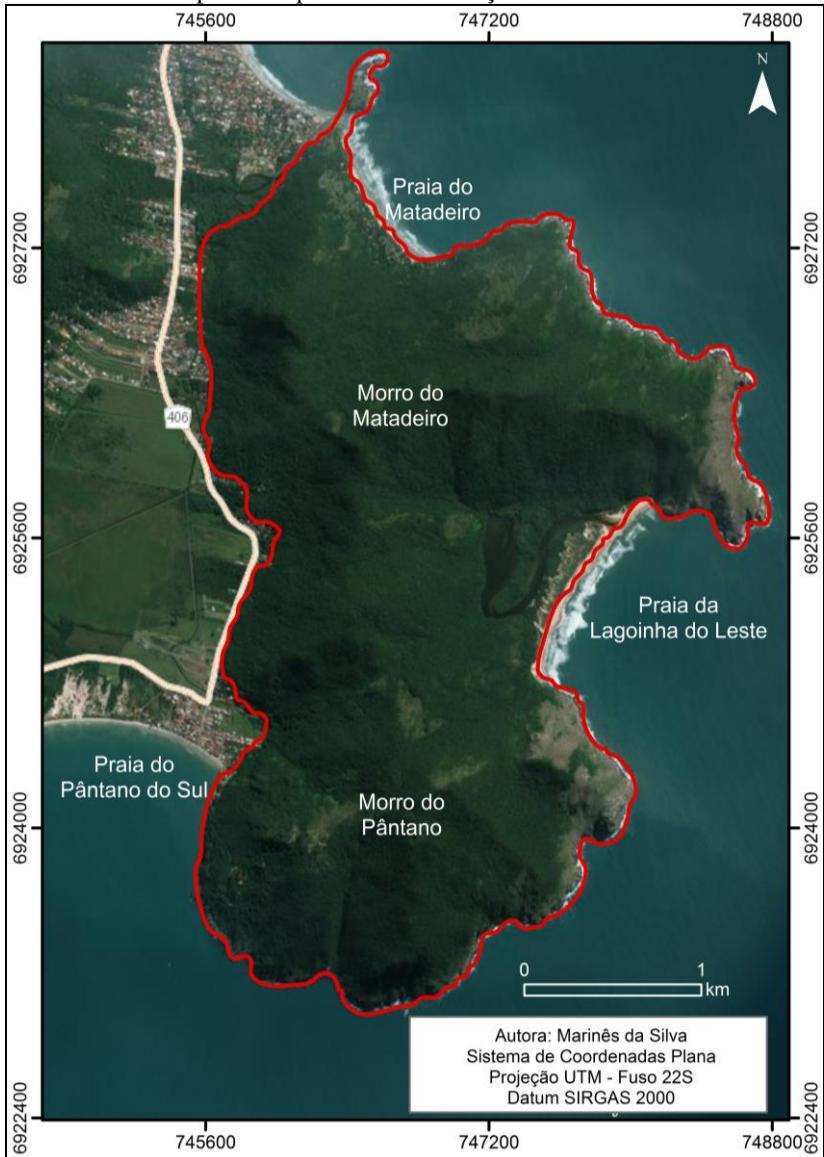
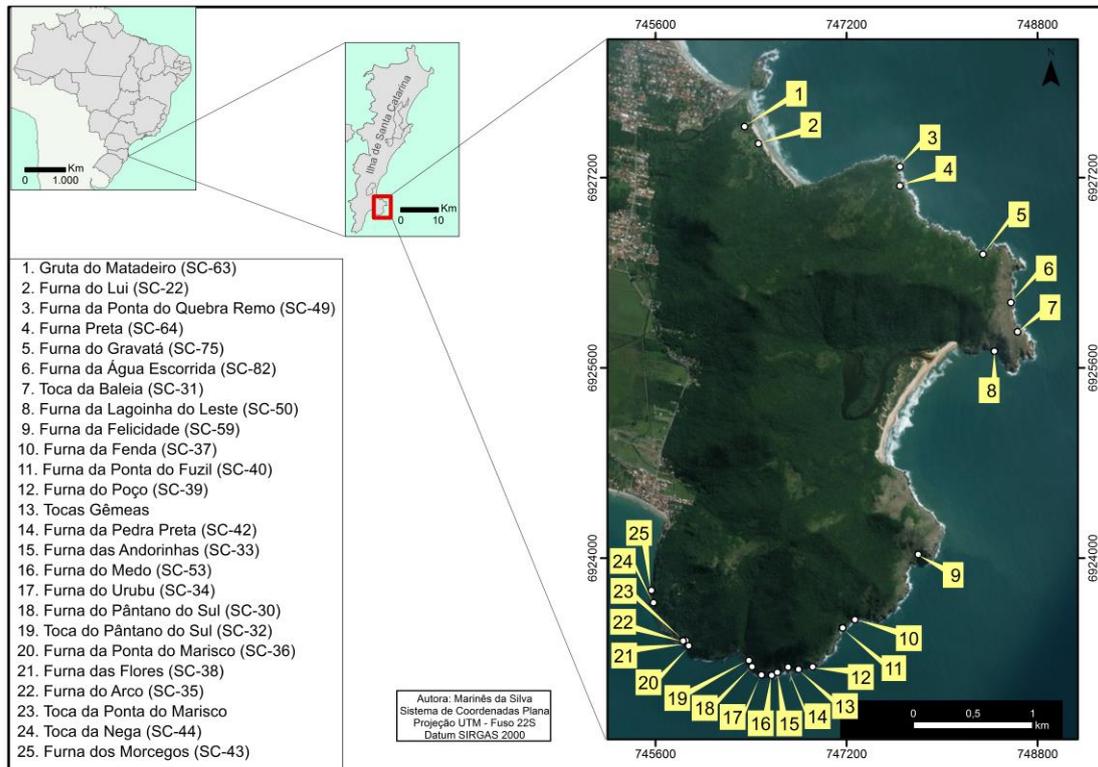


FIGURA 3 – Mapa de localização geográfica das cavernas costeiras na área de estudo.



2.2 CLIMA REGIONAL

Segundo Strahler (1989), o clima da Ilha de Santa Catarina pode ser definido como subtropical úmido, tendo o autor levado em consideração fatores como latitude, continentalidade, correntes marítimas, altitude e vegetação.

Nimer (1989), que realizou estudos climáticos no Brasil em regiões, classificou o clima da região sul como mesotérmico do tipo temperado, comentando a respeito da influência das massas de ar em nossa região. Segundo Monteiro & Furtado (1995), a Massa Polar Atlântica (mPa) e a Massa Tropical Atlântica (mTa) conferem ao tempo características tropicais no verão e temperadas no inverno.

Ainda de acordo com Nimer (1989), a Ilha de Santa Catarina possui precipitação média anual de 1.711mm, sendo janeiro, fevereiro e março os meses mais chuvosos e junho, julho e agosto os meses mais secos. A temperatura média anual é de 20,4°C, sendo a máxima registrada 38°C e a mínima -1°C em noites frias que ocorrem uma vez ao ano. A umidade relativa do ar mantém a média de 80%.

Como estudo mais recente acerca do clima de Florianópolis, Mendonça (2002) apontou a influência antrópica no clima local após verificar a presença de ilhas de calor nas áreas mais verticalizadas e urbanizadas. Isso faz com que a temperatura eleve até 9°C em áreas mais urbanizadas, chegando a variar até 14°C durante a passagem de frentes frias.

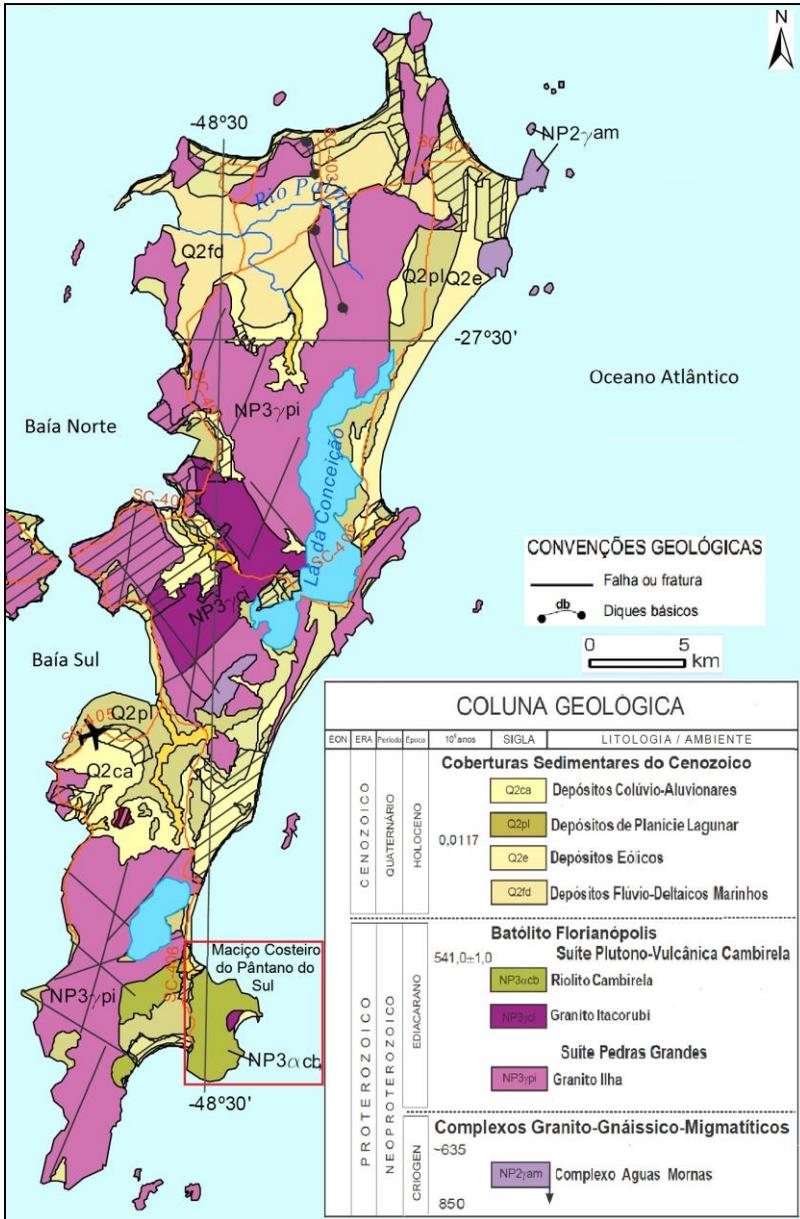
2.3 GEOLOGIA

A Ilha de Santa Catarina é uma ilha continental, sendo formada por dois domínios geológicos: embasamento cristalino e depósitos costeiros quaternários.

O embasamento cristalino condicionou a formação da Ilha de Santa Catarina através de uma dorsal central com orientação NNE-SSW. Durante a transgressão ocorrida no Pleistoceno superior, há cerca de 120000 anos AP, quando o nível relativo do mar estava aproximadamente 8 ± 2 m acima do nível atual (CARUSO JR., 1993), a Ilha de Santa Catarina era um arquipélago, formado pelos morros atuais. Com o rebaixamento do nível marinho, a deposição de sedimentos marinhos uniu essas “ilhas”, transformando-as em morros.

O embasamento cristalino é constituído basicamente de rochas plutônicas, vulcânicas e intrusões que cortam essas rochas (Fig. 4).

FIGURA 4 - Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina com ênfase ao embasamento cristalino.



Fonte: CPRM (2014).

A seguir, são descritas as três principais unidades litoestratigráficas que representam o embasamento cristalino da Ilha de Santa Catarina e nas quais se desenvolvem a maioria das cavernas.

2.3.1 Suíte Pedras Grandes

2.3.1.1 Granito Ilha (524±68Ma AP¹)

Monzogranito, sienogranito e leucosienogranito com textura heterogranular e algumas variedades porfíricas, granulação média a grossa e coloração cinza rosada; isótipos (CARUSO JR., 1993).

De acordo com Tomazzoli & Pellerin (2015), é a rocha predominante na Ilha de Santa Catarina, tendo como minerais essenciais quartzo, feldspato K e biotita (anfíbólio), como minerais acessórios zircão, alanita, apatita e minerais de óxidos de Fe-Ti (magnetita/ilmenita) e como minerais secundários epídoto, sericita/muscovita, clorita, titanita, carbonatos e fluorita.

2.3.2 Suíte Plutono-vulcânica Cambirela

Embora as datações descritas por Basei (1985) tenham resultado em idades iguais para o Granito Ilha e para os litotipos da Suíte Plutono-vulcânica Cambirela, o que coloca esta formação como mais recente é o relato de Zanini *et al.* (1997) da “ocorrência de xenólitos arredondados de granito róseo (Granito Serra do Tabuleiro) englobados pelas rochas vulcânicas, evidencia que aquela unidade já estava consolidada, quando do Evento extrusivo Cambirela”.

2.3.2.1 Rochas piroclásticas (524±68Ma AP²)

Derrames e intrusões de rochas ígneas vulcânicas (riolitos, riolacitos e dacitos) e rochas piroclásticas ácidas. Os riolitos são cinza escuro, isótipos ou com estrutura de fluxo (CARUSO JR., 1993). Tufos ignimbríticos associados (CPRM, 2014). Ocorrem principalmente no sul da ilha, no maciço que circunda a Praia da Lagoinha do Leste (TOMAZZOLI & PELLERIN, 2015).

¹ Datações Rb-Sr descritas por Basei (1985).

² Datações Rb-Sr descritas por Basei (1985).

2.3.3 Enxame de Diques Florianópolis

O Enxame de Diques Florianópolis foi definido por Tomazzoli & Pellerin (2015), que mapearam cerca de 400 diques na Ilha de Santa Catarina.

Tratam-se de diques em diversos litotipos incluindo basaltos do tipo alto-Titânio (ATi) e baixo-Titânio (BTi), andesitos basálticos, traquiandesitos basálticos, andesitos, traquiandesitos e dacitos.

As espessuras variam de centímetros podendo atingir mais de 200m, tendo como orientação preferencial N10°-30°E e em menor ocorrência as direções NS, N20°-30°W, e E-W.

2.3.3.1 Intrusões de diabásio (123-121Ma AP³)

Por conta disso, nesta pesquisa preferiu-se utilizar o termo intrusões, sendo descrito apenas o diabásio por tratar-se de litologia relacionada à espeleologia da ilha.

As intrusões de diabásio pertencem ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral, e ocorrem preenchendo antigas fraturas relacionadas à tectônica do estágio de rifteamento dos continentes sul-americano e africano (CARUSO JR., 1993).

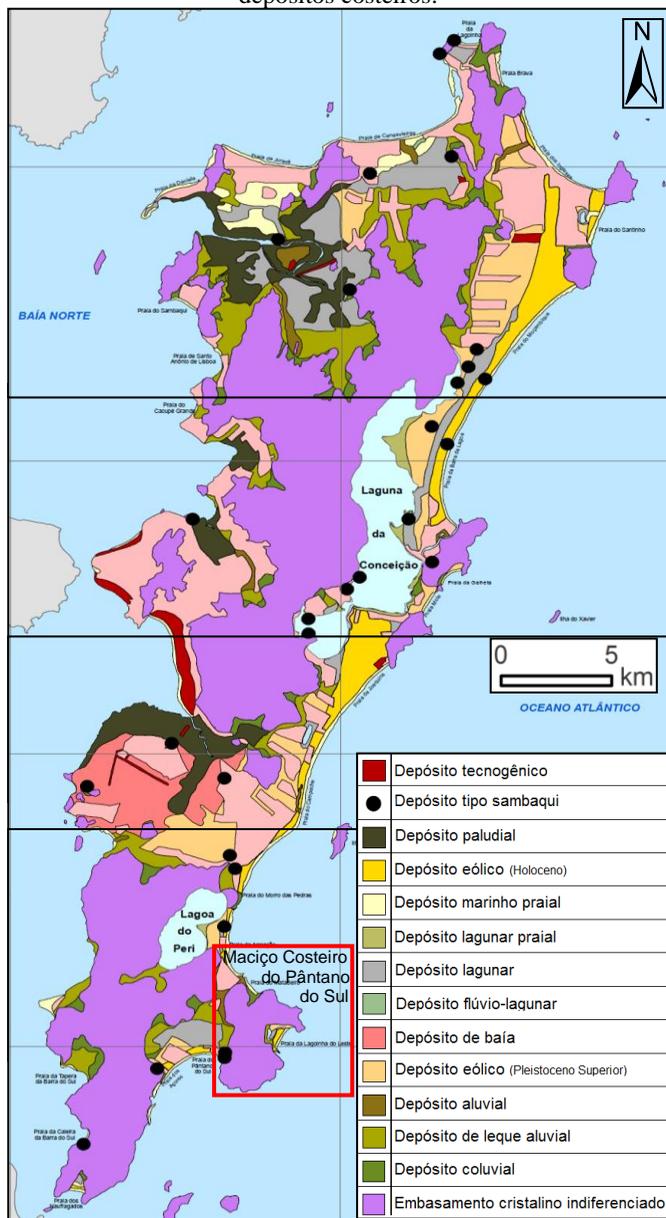
Os diabásios ou basaltos ATi (alto-Titânio) apresentam textura afanítica ou equigranular fina a média e são compostos essencialmente por plagioclásio, augita, pigeonita e óxidos de Fe-Ti (TOMAZZOLI & PELLERIN, 2015). Dentre os minerais acessórios estão quartzo e apatita.

2.3.4. Depósitos costeiros quaternários

Os depósitos costeiros quaternários foram estudados por Horn Filho *et al.* (2012) e resultou na descrição de 14 unidades geológicas (Fig. 5), dentre as principais: depósitos continentais (coluvial, de leque aluvial e aluvial) provenientes do intemperismo do embasamento; depósitos costeiros (marinho praiial, lagunar e eólico pleistocênicos e holocênicos) e depósitos antropogênicos (do tipo sambaqui e tecnogênico).

³ Datações Ar-Ar descritas por Tomazzoli (2011).

FIGURA 5 - Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina com ênfase para os depósitos costeiros.



Fonte: Horn Filho *et al.* (2012).

2.4 GEOMORFOLOGIA

Os domínios geológicos da Ilha de Santa Catarina, embasamento cristalino e os depósitos costeiros, assumem formas classificadas por Herrmann & Rosa (1991) como: Embasamento em Estilos Complexos e Acumulações Recentes, respectivamente (Fig. 6).

O Embasamento em Estilos Complexos está inserido na unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense, apresentando vales profundos em forma de “V” formados por dissecação fluvial e pluvial, topos de morros côncavos e encostas com declividade que pode ultrapassar 45°. Os morros apresentam, em média, cotas de 300m, sendo o Morro do Ribeirão o mais alto, com de 532m de altitude. O manto de alteração é pouco espesso aflorando blocos e matacões em decorrência da erosão.

As Acumulações Recentes da planície costeira se caracterizam por áreas planas e pouco dissecadas, relacionadas às variações do nível relativo do mar ocorridas no Quaternário. Podem ser divididas em três compartimentos: colúvio-aluvionar, eólico e praiial.

O compartimento colúvio-aluvionar é uma transição entre o embasamento e a planície costeira se apresentando como rampas que se formaram pela ação da gravidade e por processos pluviais durante o Quaternário. Constitui-se de sedimentos argilosos avermelhados, apresentando altitudes de até 50m.

O compartimento eólico se apresenta na forma de dunas geradas pela ação dos ventos que removem sedimentos das praias arenosas. Os ventos de direção nordeste são menos capazes, porém mais frequentes.

Os ventos de direção sul são menos incidentes, mas atuam com mais força, contribuindo significativamente na construção dos depósitos. Isso pode ser percebido na orientação dos dois campos de dunas existentes na Ilha de Santa Catarina: dunas da Laguna da Conceição e dos Ingleses, ambas orientadas de sul para norte. As dunas atingem geralmente 10m de altitude, mas podem ter até 40m na Lagoa da Conceição.

O compartimento praiial é caracterizado pelo transporte e deposição de sedimentos através da ação das ondas e das correntes litorâneas, tendo como formas de relevo as praias atuais, os terraços marinhos e os cordões litorâneos.

FIGURA 6 - Modelo Digital de Elevação no qual é possível distinguir os dois domínios geomorfológicos da Ilha de Santa Catarina: Embasamento em Estilos Complexos e Acumulações Recentes.



Fonte: Adaptado de Tomazzoli & Pellerin (2014).

2.5 OCEANOGRAFIA GEOLÓGICA COSTEIRA

Provavelmente, o comportamento dos agentes oceanográficos costeiros ventos, ondas, correntes litorâneas e marés no Quaternário deve estar se repetindo nos dias atuais. Acredita-se que esses agentes, no passado, atuaram de forma semelhante ao momento atual contribuindo na formação das cavernas da área de estudo e seus elementos.

Os dados relativos às ondas resumem-se em: (1) mar: período de 8s, direção leste e altura média de 1,25m; (2) *swell*: período de 12s, direção sul com aumento da altura do verão para o inverno, variando de 1,25m a 2m. Destaca-se que os eventos de ondas grandes com valores iguais ou superiores a 4m ocorrem em todas as estações (ARAUJO *et al.* 2003). As marés no porto de Florianópolis variam em geral de 0,2m a 1,3m ao longo do dia.

Com relação aos ventos, os de direção norte e nordeste são os mais frequentes, porém de menor intensidade, enquanto que os de direção sul possuem maior capacidade de transportar sedimentos apesar da menor ocorrência.

2.6 ESPELEOLOGIA REGIONAL

Na Ilha de Santa Catarina ocorrem diferentes tipos de cavernas que podem ser classificadas do ponto de vista genético: (1) cavernas formadas por erosão marinha em fendas profundas; (2) cavernas formadas pela interação da erosão marinha e depósito coluvionar; (3) cavernas formadas pelo fraturamento do acamamento sub-horizontal do ignimbrito; (4) caverna formada pela erosão fluvial e marinha nas diáclases do diabásio; (5) cavernas formadas pela ação da água fluvial e da gravidade, gerando cavernas de tálus.

As cavernas do tipo (1), (2), (3) e (4) estão localizadas na costa da Ilha de Santa Catarina, por isso foram generalizadas como cavernas costeiras, enquanto que as do tipo (5) estão situadas nas encostas dos morros da ilha, o que confere características continentais ao invés de costeiras.

Tomazzoli *et al.* (2012) também relataram a existência de cavernas do tipo (6) “dolina em solo espesso” (gênese por dissolução) e de um abismo (Buraco da Encantada SC-51), assim classificada pela morfologia vertical e impossibilidade de acesso, o que prejudicou a identificação da gênese, mas que pode ser enquadrada como caverna marinha.

De acordo com o Cadastro Nacional de Cavernas – CNC, base de dados da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE, que constitui uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público - OSCIP, a ilha possui 58 cavernas cadastradas (Quadro 1), enquanto o Brasil possui 6662 (SBE, 2018).

QUADRO 1 - Cavernas cadastradas e conhecidas na Ilha de Santa Catarina.

Nº	CNC	Toponímia	Caverna costeira	Caverna de tálus
1	SC-10	Gruta da Praia Brava		X
2	SC-11	Caverna do Rei		X
3	SC-17	Sistema de Cavernas da Água Corrente		X
4	SC-18	Gruta da Laje		X
5	SC-19	Gruta do Saco Grande		X
6	SC-20	Gruta dos Buracos		X
7	SC-21	Gruta do Peri		X
8	SC-22	Furna do Lui	X	
9	SC-23	Gruta do Muro de Pedras		X
10	SC-24	Gruta da Trilha do Saquinho I		X
11	SC-25	Gruta da Trilha do Saquinho II		X
12	SC-26	Gruta das Pedras Grandes		X
13	SC-27	Gruta das Feiticeiras		X
14	SC-28	Gruta das Pinturas		X
15	SC-29	Gruta da Caieira da Barra do Sul		X
16	SC-30	Furna do Pântano do Sul	X	
17	SC-31	Toca da Baleia	X	
18	SC-32	Toca do Pântano do Sul	X	
19	SC-33	Furna das Andorinhas	X	
20	SC-34	Furna do Urubu	X	
21	SC-35	Furna do Arco	X	
22	SC-36	Furna da Ponta do Marisco	X	
23	SC-37	Furna da Fenda	X	
24	SC-38	Furna das Flores	X	
25	SC-39	Furna do Poço	X	
26	SC-40	Furna da Ponta do Fuzil	X	
27	SC-41	Furna do Santinho	X	
28	SC-42	Furna da Pedra Preta	X	

Continuação:

Nº	CNC	Toponímia	Caverna costeira	Caverna de tálus
29	SC-43	Furna dos Morcegos	X	
30	SC-44	Toca da Nega	X	
31	SC-45	Grota do Riacho I		X
32	SC-46	Grota do Riacho II		X
33	SC-47	Furna do Pastinho	X	
34	SC-48	Furna do Saquinho	X	
35	SC-49	Furna da Ponta do Quebra-remo	X	
36	SC-50	Furna da Lagoinha do Leste	X	
37	SC-51	Buraco da Encantada	X	
38	SC-53	Furna do Medo	X	
39	SC-54	Gruta do Rapa		X
40	SC-55	Gruta das Larvas		X
41	SC-59	Furna da Felicidade	X	
42	SC-61	Gruta do Monte Verde		X
43	SC-62	Gruta Rio Valdik		X
44	SC-63	Gruta do Matadeiro	X	
46	SC-65	Furna dos Ingleses	X	
47	SC-66	Furna da Ponta do Frade	X	
48	SC-67	Furna das Cabras	X	
49	SC-68	Caverna do Oiteiro		X
50	SC-69	Caverna do Central Park		X
51	SC-75	Furna do Gravatá	X	
52	SC-76	Gruta da Jararaca		X
53	SC-77	Gruta do Caminho da Gurita		X
54	SC-78	Gruta do Lajão		X
55	SC-79	Gruta da Trilha da Ponta da Bota		X
56	SC-80	Riacho Subterrâneo		X
57	SC-81	Buraco do Inferno	X	
58	SC-82	Furna da Água Escorrida	X	
59	---	Furna do Saco do Caldeirão	X	
60	---	Toca da Ponta do Marisco	X	
61	---	Toca da Água Escorrida		X
62	---	Caverna do Santinho	X	
63	---	Toca da Ponta das Pacas	X	

Continuação:

Nº	CNC	Toponímia	Caverna costeira	Caverna de tálus
64	---	Tocas Gêmeas	X	

Fonte: Cadastro Nacional de Cavernas - CNC (SBE, 2018)

--- Rodrigo Dalmolin (caverna não cadastrada)

A base de dados do governo federal, o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE, do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, apresenta a ilha possuindo 55 cavernas cadastradas de um total de 17488 no Brasil (ICMBio/CECAV, 2018).

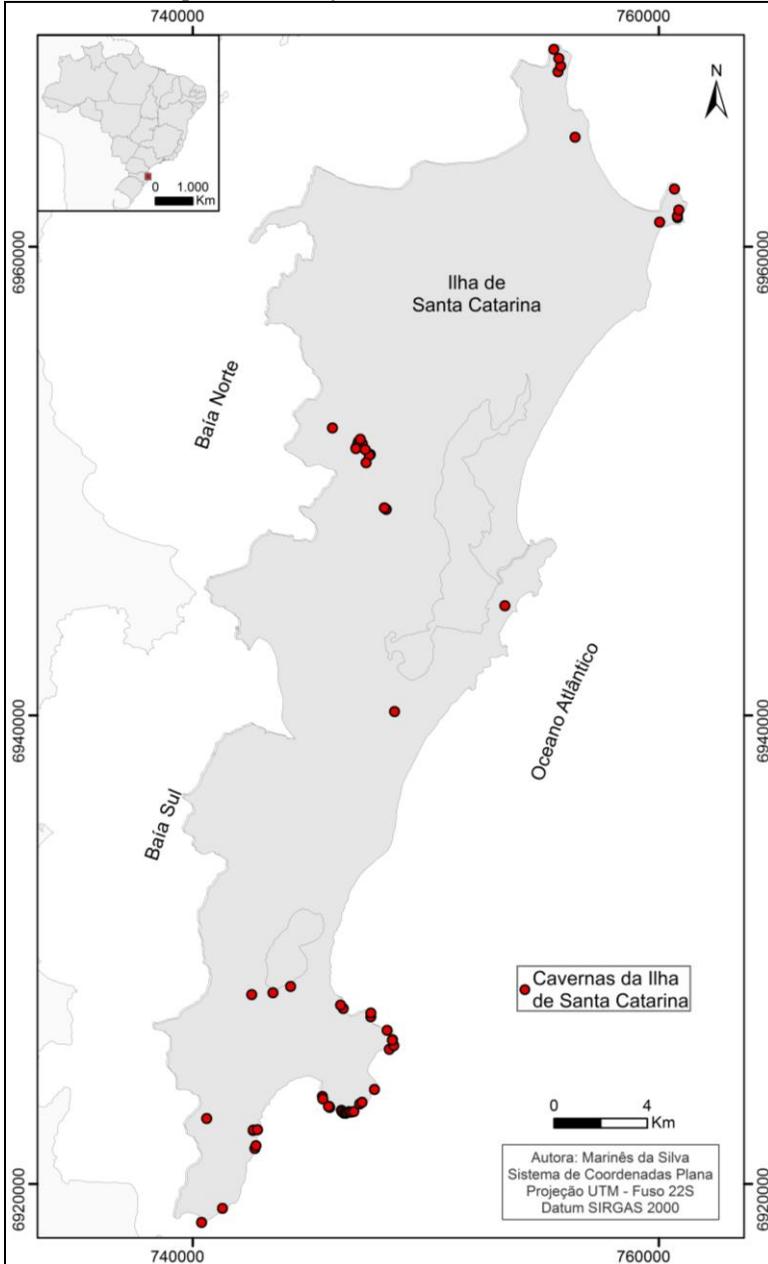
Entretanto, o número de cavernas conhecidas pelo Espeleo Grupo Teju Jagua - EGTJ é maior e acredita-se que exista potencial para mais ocorrências ainda não descobertas. A Fig. 7 mostra a distribuição das cavernas na Ilha de Santa Catarina.

A maior caverna da Ilha de Santa Catarina é composta pelo Sistema de Cavernas da Água Corrente (SC-17), cavernas de tálus constituída por matações e blocos de granito, apresentando 1026m de desenvolvimento linear, localizada na encosta do Morro Pedra de Listra, bairro Saco Grande.

Culver & White (2005) esclareceram que as cavernas de tálus são os interstícios entre uma pilha de pedras, ou seja, pedras suficientemente grandes e empilhadas para permitir que os humanos explorem os espaços entre elas. Na Ilha de Santa Catarina, as cavernas de tálus são formadas por fragmentos de rocha ígnea, podendo apresentar outras rochas, que se acomodaram na encosta originando espaços vazios entre eles decorrente da erosão pluvial e, posteriormente, fluvial. Desenvolvem-se nas encostas dos morros, apresentando, em geral, mais de um salão que se sobrepõem formando diferentes andares.

Nas cavernas de tálus encontram-se micro-espeleotemas de dimensão milimétrica a centimétrica, exibindo formas variadas como estalagmites, estalactites e coraloides. Descartou-se a presença de carbonato de cálcio na composição pela ausência de reação nos testes com ácido clorídrico. Contudo, Mochiutti & Tomazzoli (2017) afirmaram que tal composição possa ser silicosa tendo “como referência ocorrências em cavidades em blocos graníticos em outras regiões do mundo”. O estado de conservação da maioria dessas cavernas na Ilha de Santa Catarina é bom, embora algumas se encontrem ameaçadas pela implantação de empreendimentos imobiliários (SBE, 2012).

FIGURA 7 - Mapa de distribuição das cavernas na Ilha de Santa Catarina.



A nomeação oficial das cavernas da ilha ocorreu durante o cadastramento, tendo-se seguido a publicação da SBE (1991) “Normas e convenções espeleométricas”. Nesse documento é recomendado que sejam utilizados critérios de nomeação obedecendo a seguinte ordem:

- “a) Nome que a caverna é conhecida na região;
- b) Nome da localidade, fazenda ou acidente geográfico próximo;
- c) Nome de características peculiares encontradas na exploração da caverna;
- d) Nome do informante ou sitiante na região;
- e) Outro nome qualquer.”.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda fundamentos teóricos relacionados ao tema da pesquisa com a intenção de compreender a formação de cavernas em rocha ígnea a partir da erosão marinha.

3.1 PETROLOGIA ÍGNEA

Ramo da Geologia que descreve, classifica e sistematiza as rochas ígneas visando definir suas características, constituição, gênese e evolução (CPRM, 2017).

3.1.1 Riolito

Rocha efusiva de magma ácido, supersaturada, com composição mineralógica similar ao granito, coloração leucocrática vermelho-acinzentada (POPP, 1998). Possui textura afanítica porfirítica com fenocristais de quartzo além dos minerais ortoclásio, plagioclásio sódico e biotita. No Brasil, os riolitos apresentam muitas formas de ocorrência e possuem diversas idades.

3.1.2 Ignimbrito

Rocha piroclástica, “do grego *pyro*, fogo, e *klastos*, quebrado”, ou seja, formada por fragmentação explosiva do próprio magma ou de rochas existentes no edifício vulcânico que podem ter constituição diversa do magma do vulcanismo atual. Os fragmentos podem ser classificados de acordo com o tamanho, sendo os de maior ocorrência na Ilha de Santa Catarina os tufos (material mais fino) e as bombas [massas de lava consolidadas que exibem formas alongadas e arredondadas semelhantes a um projétil por conta do movimento rotatório da trajetória (LEINZ, 2001)]. Na Ilha de Santa Catarina também há ocorrência de rocha esponjosa (pedra-pomes) devido à expansão de gases contidos na lava.

3.1.3 Diabásio

Rocha hipabissal de magma básico, textura fina podendo ser afanítica, forma diques e sills (POPP, 1998), é melanocrática de cor preta, composta por plagioclásio cálcico e piroxênio (LEINZ, 2001).

3.1.4 Diaclasamento

De acordo com Leinz (2001), diáclases são planos de fraqueza segundo o qual a rocha tende a romper-se, podendo já ter se dado o rompimento. Podem ocorrer diáclases de contração, seguindo as linhas de perda térmica no momento de resfriamento do magma (isotermas), e diáclases de compressão ou tensão em rochas que estavam em grande profundidade e que sofreram alívio de carga.

Também pode ocorrer tensão em rochas consolidadas provocada pelo magma líquido que tenta ascender, nesses casos, as fraturas tendem a ser diáclases transversais à estrutura, comumente preenchidas por aplitos ou veios de quartzo ou outros minerais. Os corpos intrusivos podem conter diáclases formadas na superfície atual a partir do alívio de carga resultante da denudação.

Algumas diáclases podem estar preenchidas por depósitos minerais formando massas tabulares ou lenticulares denominados veios. Os veios formam-se a partir de soluções magmáticas ascendentes originadas de um magma que estava se resfriando e cristalizando. Quando as soluções hidrotermais ascenderam, a temperatura e a pressão se tornaram mais baixas, do que resultou a deposição do material dissolvido (DANA, 1976).

3.2 CAVERNAS

3.2.1 Generalidades

Cavernas são espaços subterrâneos formados naturalmente e que permitem a entrada de um ser humano, popularmente falando, caverna é um buraco debaixo da terra, produzido pela natureza e onde uma pessoa possa entrar. No inglês “*cave*” e no espanhol “*cueva*”.

Essas feições erosivas, as cavernas, possuem uma essência geográfica, pelo fato de conectarem o ser humano e a natureza: são espaços naturais, mas têm como condição o acesso humano. O conceito é abordado desta forma por Culver & White (2005, p.81):

“Because caves are voids in rock, they are considered geological features, and indeed many textbooks (...) firmly defend this point of view. However, caves are more than their geology because of their interaction with peoples and with

organisms. One textbook (...) recognizes their human appeal by defining caves as "a natural opening in the Earth, large enough to admit a human being, and which some humans beings choose to call a cave."⁴

Klimchouk (2006) fez uma crítica a esse conceito comumente difundido onde o acesso humano é condição para definir uma caverna. Diz ainda que essa definição é antropocêntrica e está baseada no critério ambíguo de acessibilidade pelo ser humano. Além disso, não tem nenhum significado genético e, portanto, não é científica. O autor acrescentou que as cavernas são sistemas naturais complexos e especiais por constituírem um ambiente com hidrologia, sedimentos, minerais, clima e biota particulares. Isso ocorre por possuírem temperatura e umidade estáveis (na média de 20°C e 99%, respectivamente) e zona afótica.

Cavernas são ambientes frágeis cujo equilíbrio pode ser facilmente rompido, e por isso são valiosas fontes de pesquisa para diversos campos da ciência. Do ponto de vista geológico, a importância pode estar na preservação dos registros por longo período de tempo ou no esclarecimento de sua gênese. Do ponto de vista biológico, apresentam animais em evolução com a ausência de luz, que os faz despigmentados e sem olhos (troglóbios) (CULVER & WHITE, 2005, p.83).

Para a Arqueologia e a Paleontologia, oferecem “peças” para a montagem do “quebra-cabeça” que é o passado pré-histórico. Seres pré-históricos habitavam cavernas, se alimentavam e morriam dentro delas. Pinturas, esqueletos, fósseis e múmias foram encontradas em cavernas, contribuindo para uma melhor compreensão do passado.

Cavernas são também são bancos de dados climáticos pela possibilidade, através dos espeleotemas, de identificar variações paleoclimáticas.

⁴ Porque cavernas são vazios na rocha, elas são consideradas feições geológicas, e de fato muitos livros (...) defendem firmemente este ponto de vista. No entanto, as cavernas são mais do que a sua geologia por causa de sua interação com as pessoas e com os organismos. Um dos livros (...) reconhece o seu apelo humano, definindo cavernas como ‘uma abertura natural da Terra, grande o suficiente para admitir um ser humano, e que alguns seres humanos escolhem chamar uma caverna.

As cavernas são estudadas pela Espeleologia que, de acordo com Dematteis (1975), têm coisas em comum com a ciência e outras em comum com o esporte. Isso porque a prática da Espeleologia requer bom condicionamento físico para acessar as cavernas e se locomover no interior delas. O francês Edouard Alfred Martel (1859-1938) é considerado o fundador da Espeleologia.

Na Espeleologia, o estudo e a descrição de uma caverna se baseiam em três pilares: gênese, deposição e biota. A gênese busca compreender o processo gerador da caverna. A deposição trata de buscar a composição química, a forma e a origem dos espeleotemas, formas quase exclusivamente minerais que com sua riqueza e variedade parecem suprir a ausência de um mundo vegetal (DEMATTEIS, 1975). A biota das cavernas pode apresentar espécies endêmicas e raras, como os troglóbios.

O fato das cavernas serem ambientes delicados e de grande importância para diversos campos da ciência, tem motivado sua conservação. No Brasil, as cavernas são bens da União (BRASIL, 1988) e protegidas por lei. O Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV é o órgão executor de ações de conservação do patrimônio espeleológico, estando vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, do Ministério do Meio Ambiente - MMA.

Apesar do Estado ter a obrigação legal de proteger e conservar as cavernas brasileiras, a sociedade civil também faz seu papel através de associações como a Sociedade Brasileira de Espeleologia - SBE, fundada em 1969, que “congrega interessados na exploração, pesquisa e preservação de cavernas” além de organizar atividades relacionadas à espeleologia (SBE, 2015). Os grupos de Espeleologia, ou espeleo grupos, também assumem essa função procurando, cadastrando e preservando cavernas de forma voluntária.

O espeleoturismo, que leva milhares de visitantes todo ano às cavernas brasileiras, contribui da mesma forma, realizando educação ambiental com estudantes e turistas. A Tabela 1 apresenta algumas cavernas em unidades de conservação que são abertas ao turismo.

A religião também se utiliza das cavernas para construir santuários, e atividades econômicas são desenvolvidas em cavernas, como a extração mineral (de calcário e água, por exemplo) e produção de queijos e vinhos.

Na antiguidade, eram usadas para rituais, sepultamentos e como abrigo. Parte disso ainda se repete atualmente: pescadores se abrigam do frio e da chuva, e *Osama Bin Laden* as utilizou como esconderijo, no Afeganistão.

TABELA 1 - Cavernas turísticas em unidades de conservação brasileiras.

Estado	Nº de cavernas turísticas	Unidades de Conservação (exemplos)	Cavernas (exemplos)
PR/SC	10	P.E. Campinhos, P.E. Vila Velha, P.M. de Botuverá	Jesuítas/Fadas, Buraco do Padre, Botuverá, Bacaetava
SP	32	PETAR, P.E. Caverna do Diabo, P.E. Intervalos	Santana, Morro Preto, Couto, Cafezal, Alambari de Baixo, Chapéu, Aranhas, Pescaria, Tapagem (Diabo), Rolado
MG	51	APA Carste de Lagoa Santa, P.N. Cavernas do Peruaçu, P.E. Ibitipoca, Parque Natural do Caraça	Lapinha, Maquiné, Rei do Mato, Janelão, Bonita, Viajantes
BA	15	P.N. da Chapada Diamantina, APA de Brejões	Lapa Santuário do Bom Jesus, Gruta do Catão, Lapa Doce I, Gruta da Pratinha, Gruta do Lapão, Poço Azul
CE	1	P.N. de Ubajara	Ubajara
MS/MT	10	P.N. da Serra da Bodoquena, P.N. Chapada dos Guimarães	Lago Azul, Nossa Senhora Aparecida, Aroe Jari, Jabuti
GO	8	P.E. Terra Ronca	Terra Ronca I e II, Angélica, Bezerra, São Bernardo, São Mateus
Total	127		

Fonte: Figueiredo (2015) (Abreviaturas: P.E. – Parque Estadual; P.M. – Parque Municipal; APA – Área de Proteção Ambiental; P.N. – Parque Nacional).

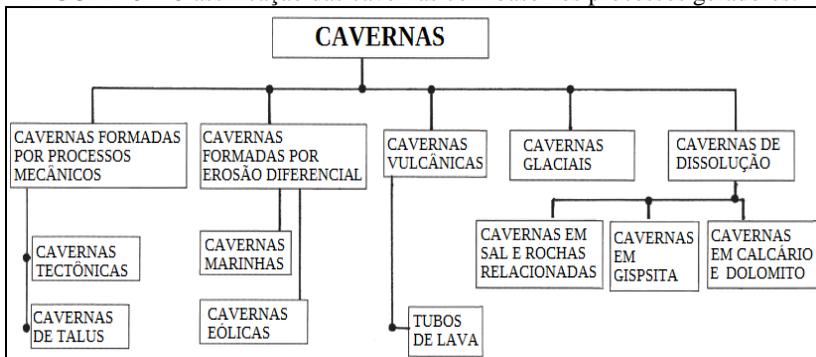
3.2.2 Classificação

O termo caverna possui diversos sinônimos: abismo, abrigo, buraco, cavidade, fossa, furna, grotta, gruta, lapa ou toca. As cavernas podem ser classificadas com base em diferentes critérios, ou seja, a partir de diversos pontos de vista.

Um deles, é a partir do tipo litológico, ocasionando cavernas: graníticas, em gnaisse, em basalto, em arenito, em rocha carbonática ou em rochas ferruginosas.

Culver e White (2005) abordaram a classificação das cavernas a partir de processos geradores: processos mecânicos, erosão diferencial, vulcanismo, ação glacial e dissolução (Fig. 8).

FIGURA 8 – Classificação das cavernas com base nos processos geradores.



Fonte: Culver & White (2005).

3.2.3 Cavernas marinhas (*sea caves*)

Cavernas marinhas são cavernas formadas pela erosão mecânica das ondas num momento passado em que o nível relativo do mar se encontrava mais elevado que o atual.

Gunn (2006, p.419) colocou como sinônimo de cavernas marinhas o termo “cavernas litorâneas” e citou como exemplo a Caverna de *Fingal*, na Escócia, esculpida em basalto colunar (Fig. 9):

*“Littoral caves (or sea caves) may form in many types of rock at sea cliffs, due to wave action that involves abrasion (...). They are abundant in many coastal areas around the world; the most famous cave of this type is Fingal’s Cave in basalts of the Hebrides Islands, Scotland.”*⁵

⁵ Cavernas litorâneas (ou cavernas marinhas) podem se formar em muitos tipos de rocha em penhascos marinhos, devido à ação das ondas, que envolve a abrasão (...).

FIGURA 9 – Caverna de *Fingal*, Ilhas Hébridias, Escócia.



Foto: *The Globe Holidays*, 2015.

Mylroie (2005, p.122) complementou o conceito explicando que as cavernas marinhas se formam:

*“(...) by wave erosion (...) utilizing fractures and other preexisting weaknesses in the rock to quarry out voids by mechanical action. (...) can vary from small voids only a few meters across to very large chambers up to 100 meters deep and wide.”*⁶

Na definição de Suguio (1992), as cavernas marinhas são originadas por abrasão marinha diferenciada ligada às atividades de ondas e correntes.

Elas são abundantes em muitas áreas costeiras ao redor do mundo; a mais famosa caverna deste tipo é a Caverna de *Fingal* em basaltos das Ilhas Hébridias, na Escócia.
⁶“(...) pela erosão das ondas (...) utilizando fraturas e outras fraquezas preexistentes na rocha para obter espaços vazios por ação mecânica. (...) pode variar de pequenos vazios de apenas alguns metros de diâmetro a câmaras muito grandes de até 100 metros de profundidade e largura.”

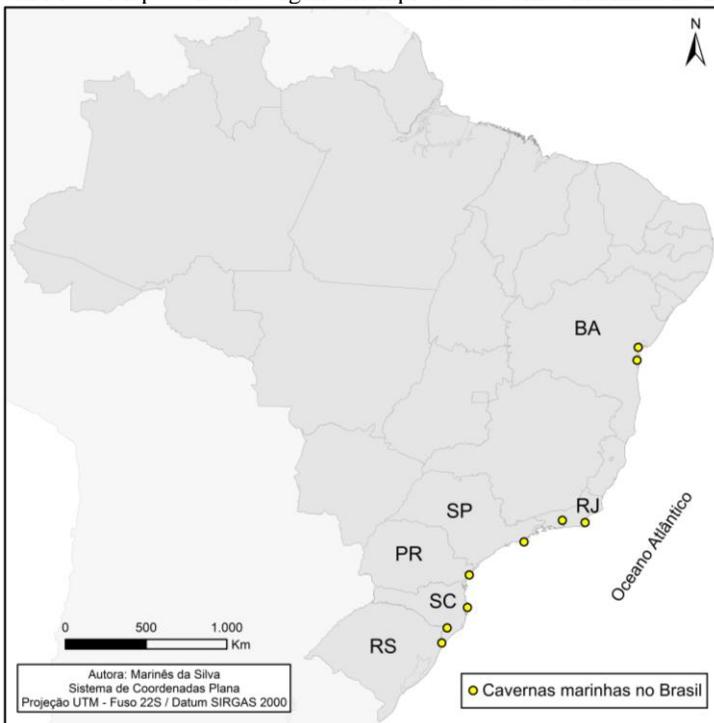
O mesmo autor destacou que tais cavernas fazem parte do processo de formação dos terraços de abrasão marinha, os quais representam superfícies erosivas sustentadas por rochas mais antigas do embasamento, que podem ser sedimentares ou cristalinas.

A energia das ondas sobre as rochas pode, inicialmente, começar como entalhes marinhos de reduzidas dimensões, os quais aumentam de tamanho, progredindo até o nível de cavernas marinhas. Posteriormente, com o colapso dos tetos das cavernas, tem-se a situação de um terraço de abrasão marinha (SUGUIO, 2003).

As cavernas marinhas se localizam em áreas costeiras e podem se desenvolver em diferentes contextos geológicos, tanto carbonáticos (onde o processo de dissolução química é preponderante na formação da caverna) como não-carbonáticos (prevalecendo os processos físicos).

As cavernas de gênese marinha são encontradas no litoral do mundo inteiro e alguns exemplos encontrados no litoral brasileiro estão representados na Fig. 10 e no Quadro 2.

FIGURA 10 – Mapa contendo alguns exemplos de cavernas marinhas no Brasil.



QUADRO 2 - Exemplos de cavernas marinhas no litoral brasileiro.

Local	Litologia	Toponímia	Imagem
Torres, RS	Basalto	Furna do Tocão	 <p data-bbox="717 459 876 485">Surfguru, 2015</p>
Torres, RS	Basalto	Furna do Diamante e Furninha.	 <p data-bbox="680 743 928 770">Pousada La Barca, 2015</p>
Sombrio, SC	Arenito	Furna de Sombrio	 <p data-bbox="684 1034 925 1066">Marinês da Silva, 2014</p>
Ilha do Mel, PR	Migmatito e intrusão de diabásio	Gruta das Encantadas	 <p data-bbox="721 1422 885 1449">mapio.net, 2017</p>

Continuação:

Local	Litologia	Toponímia	Imagem
Ubatuba, SP	Granito com intrusão de diabásio	Gruta que Chora	 <p data-bbox="658 560 801 587">Santos (2014)</p>
Ilhabela, SP	Sienito	Buraco do Cação	 <p data-bbox="636 963 822 991">Prochoroff (2014)</p>
Ilha de Cabo Frio, RJ	Sienito e brecha	Gruta Azul	 <p data-bbox="624 1254 833 1284">Guedes <i>et al.</i> (2017)</p>

Continuação:

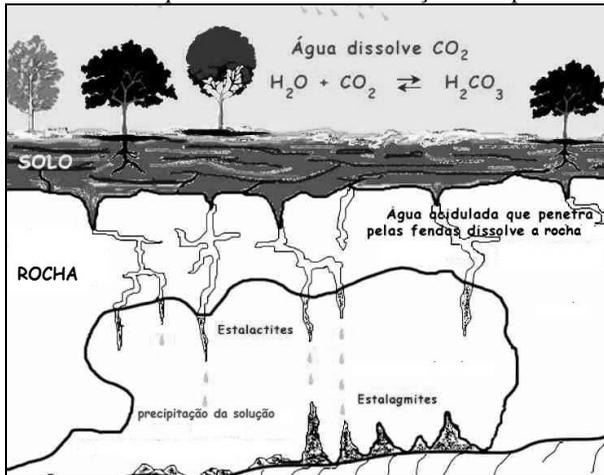
Local	Litologia	Toponímia	Imagem
Niteroi, RJ	Gnaisse		 <p data-bbox="652 443 969 475">Leonardo Leal Lourenço, 2015</p>
Ilha de Boipeba, BA		Gruta da Cueira	 <p data-bbox="692 802 932 834">Silva & Ferreira (2009)</p>
Itacaré, BA		Gruta da Prainha	 <p data-bbox="686 1121 938 1155">Dimas de Campos, 2015</p>

Delaney, em 1962, já mencionava a presença de cavernas marinhas na planície costeira do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, afirmando existirem cavernas em processo de formação e cavernas antigas topograficamente mais altas e formadas por um nível marinho mais antigo. O autor citou como exemplos de cavernas marinhas em basalto, Diamantina, Furninha e Portão, situadas em Torres, Rio Grande do Sul, além das cavernas marinhas em arenito localizadas em Sombrio e no Morro dos Conventos, Santa Catarina.

3.2.4 Espeleotemas

No interior das cavernas podem ocorrer depósitos químicos chamados espeleotemas. A formação dos espeleotemas ocorre a partir da percolação de água meteórica pelas fraturas da rocha dissolvendo seus minerais e os precipitando no interior da cavidade, conforme ilustra a Fig. 11. Os espeleotemas são formados em qualquer tipo litológico, fator que condiciona sua composição, dimensão e formas.

FIGURA 11 - Esquema ilustrando a formação de espeleotemas.



Fonte: Centro de Divulgação Científica e Cultural – CDCC, USP (2015).

Os espeleotemas de maior dimensão e exuberância são encontrados em cavernas de rocha carbonática, de fácil dissolução, gerando espeleotemas compostos por calcita, aragonita ou dolomita (Fig. 12). Existem também espeleotemas formados em cavernas não-carbonáticas, em rochas de difícil dissolução, como itabirito (Fig. 13). O processo de formação se mantém, porém, a composição dos espeleotemas pode receber contribuição de minerais alóctones, ou seja, externos à rocha.

Os espeleotemas se desenvolvem em períodos úmidos, pois dependem da infiltração de água pluvial através das rochas para que os minerais sejam dissolvidos e recristalizados. Em períodos secos, o espeleotema para de crescer.

Portanto, a datação pode revelar variações climáticas que incluem características tropicais ou desérticas, respectivamente.

FIGURA 12 – Espeleotema do tipo “bolo de noiva”, na Gruta dos Brejões, Morro do Chapéu, BA.



Foto: José Roberto Ceccolini (LOBO & TRAVASSOS, 2012).

FIGURA 13 - Coraloides de caverna de itabirito, em Congonhas, MG.



Fonte: Timo *et al.* (2015).

3.2.5 Coquinas

A coquina (em inglês *coquina* ou *coquina rock*) foi definida por Klein & Dutrow (2012) como um “calcário constituído de conchas fósseis e fragmentos fracamente cimentados”.

Suguio (2003) as definiu como rochas carbonáticas compostas predominantemente de conchas mais ou menos fragmentadas de moluscos, também denominadas microcoquinas, dependendo das dimensões das partículas que as compõe. Além das conchas de moluscos, podem estar presentes restos de corais, algas calcárias e outros organismos (crinoides, briozoários, branquiópodes, etc.). O cimento desses sedimentos é geralmente também carbonático e, quando litificados, recebem a denominação de coquitinos.

Para Popp (1998), as coquinas são formadas de diversos fragmentos que incluem “restos de conchas e outras partes duras de animais” como carapaças de invertebrados. A presença de conchas finas e inteiras indica ambiente de baixa energia, enquanto conchas mais grossas e quebradas revelam ambiente de alta energia.

A coquina é uma rocha sedimentar macroclástica que sofreu processo diagenético de cimentação gerado pela precipitação química de diversas substâncias que preenchem os poros dos sedimentos. A cimentação converte um sedimento inconsolidado em rocha sedimentar, destacando-se que os sedimentos carbonáticos são os mais suscetíveis às alterações diagenéticas (SUGUIO, 2003).

Geralmente, as coquinas não são encontradas em cavernas, por isso a escassez ou até mesmo ausência de bibliografia a respeito o assunto, entretanto, a gênese de coquinas formadas nas cavernas deve ter seguido o padrão das formações de ambientes externos.

A Fig. 14 apresenta um depósito de coquina de onde eram extraídos blocos para utilização na construção civil, na Austrália. A formação desse depósito está relacionada a moluscos e cnidários que viviam em águas rasas e, à medida que morriam, se depositavam no fundo marinho, em camadas. O rebaixamento do nível do mar expôs as conchas à água meteórica ($H_2O + CO_2 \leftrightarrow H_2CO_3$), mais ácida, que dissolveu parte do carbonato de cálcio presente nelas. Essa solução [$H_2CO_3 + CaCO_3 \leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$] evaporou e litificou os fragmentos de concha que não foram dissolvidos, formando a coquina. Áreas com presença de recifes de coral possuem grandes depósitos.

FIGURA 14 – Exploração de depósito de coquina, às margens de *Shark bay*, Austrália.



Fonte: Jahnert *et al.* (2012).

Pela sua alta porosidade, a coquina tem sido estudada por ser potencial reservatório de hidrocarbonetos. A Fig. 15 expõe uma amostra extraída do Morro do Chaves, no estado do Alagoas, depósito estudado com esse propósito.

FIGURA 15 – Amostra de coquina do Morro do Chaves, Alagoas, com destaque para sua alta porosidade.



Foto: Corbett (2015).

3.3 OSCILAÇÕES DO NÍVEL RELATIVO DO MAR

Nível relativo do mar – NRM ou nível médio do mar – NMM é a altura média da superfície do mar em todos os estágios de oscilação da maré, observados em um longo período de tempo (maior que 18,6 anos).

É considerado como equivalente ao nível que existiria na ausência das forças geradoras das marés, sendo normalmente adotado como plano de referência para a medida das altitudes (MIGUENS, 1996).

Além das variações da maré, que ocorrem diariamente por conta da força gravitacional exercida pela Lua, o nível relativo do mar sofre variações periódicas, da ordem de milhares de anos. De acordo com Martin *et al.* (1986) essas flutuações são resultantes de “variações reais do nível marinho (eustasia) e das modificações do nível dos continentes (tectonismo e isostasia)”.

Dentre as causas da eustasia, estão fatores astronômicos (como a excentricidade da órbita, obliquidade da eclíptica e precessão dos equinócios), variações na atividade solar e modificações na atmosfera (efeito estufa proveniente de atividade vulcânica), por exemplo. Com isso, a Terra passa por ciclos de resfriamento e aquecimento que originam glaciações e interglaciações, respectivamente. Nas glaciações, grande parte da água do planeta se encontra em estado sólido, retida sob a forma de geleiras, resultando no rebaixamento do nível relativo do mar. Nos interglaciais, ocorre o derretimento dessas geleiras e o mar se sobreleva. Se a Antártica fundisse totalmente, o mar se elevaria em 59m (MARTIN *et al.*, 1986).

A variação global do nível relativo do mar é chamada glacioeustasia e tem como evidências indicadores geológicos, biológicos e arqueológicos que comprovam níveis marinhos mais elevados quando comparado com os níveis atuais (SUGUIO *et al.*, 1985).

Dentre os indicadores geológicos, são exemplos depósitos marinhos praias arenosas acima da cota de deposição das praias atuais, os terraços marinhos, os arenitos de praia (*beach rocks*), os depósitos marinhos praias cascalhosos, os sedimentos turfáceos, as coquinas e as cavernas marinhas, conforme destacaram Mylroie & Mylroie (2009) “*Sea caves are a sea-level indicator (...)*”⁷.

Como indicadores biológicos estão fósseis de animais marinhos, depósitos naturais de conchas, vermetídeos e tubos fósseis de crustáceos. E os principais indicadores arqueológicos (pré-históricos) são os sambaquis.

⁷ Cavernas marinhas são um indicador do nível do mar.

O Quadro 3 mostra as transgressões do sul do Brasil ocorridas durante o período Quaternário relacionando a idade na qual ocorreram e o nível que o mar alcançou. Esses dados baseiam-se em depósitos marinhos praias e depósitos naturais de conchas, possuindo nomenclatura variada em função do estado onde aconteceram.

QUADRO 3 - Dados das transgressões ocorridas no Brasil durante o período Quaternário.

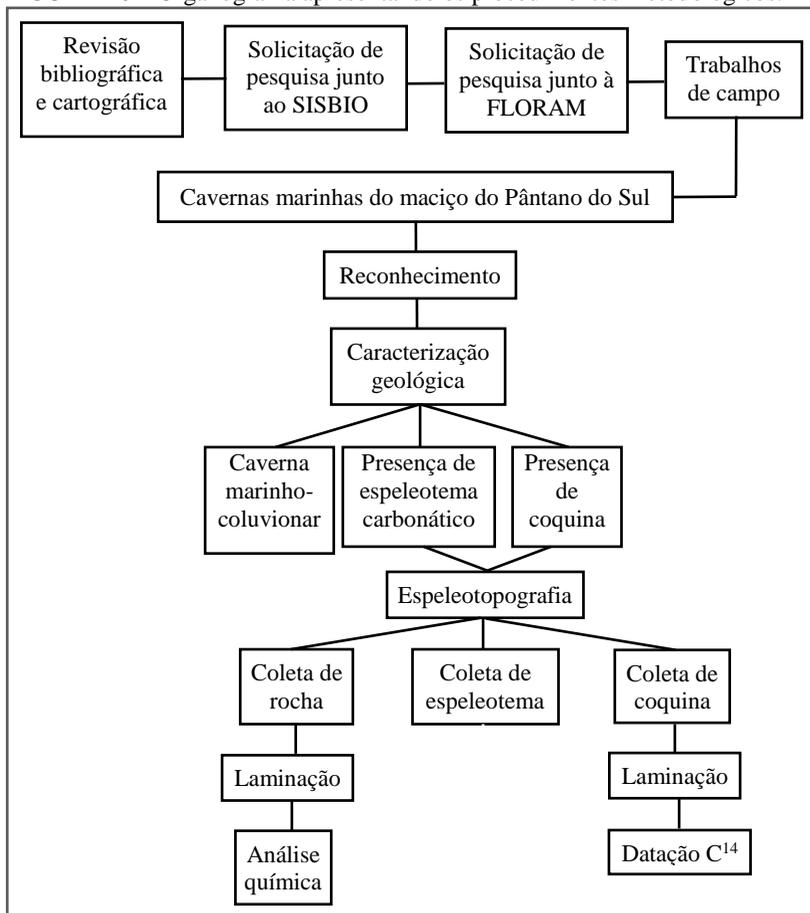
TRANSGRESSÕES QUATERNÁRIAS	Termo regional	Idade (anos AP)	NRM	Representante morfológico	
	Ausência de termo relacionado	2600		Cordão externo	
	Transgressão Holocênica (SC)	5100	5m	Ausente	
	Última Transgressão ou Barreira IV (RS)				
	Transgressão Santos (SP)				
	Transgressão Pleistocênica (SC)	120000	8m	Cordão interno	
Penúltima Transgressão ou Barreira III (RS)					
Transgressão Cananeia (SP)					

Fonte: Caruso Jr. (1993).

4 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa compreendeu revisão bibliográfica e cartográfica, análise de imagens aéreas, solicitação de pesquisa junto ao SISBIO, trabalho de campo, análises laboratoriais e atividades de gabinete. A Fig. 16 expõe os procedimentos metodológicos em etapas.

FIGURA 16 – Organograma apresentando os procedimentos metodológicos.



Utilizou-se a infraestrutura e o apoio técnico da Universidade Federal de Santa Catarina através do Departamento de Geociências, incluindo o uso de equipamentos e espaço físico do Laboratório de Geoprocessamento, Laboratório de Laminação e Laboratório de Microscopia Ótica. As atividades de campo contaram com a participação de outros pesquisadores.

Cabe apontar que a metodologia empregada mostrou desvantagens pela extrema necessidade de equipe capacitada em técnicas verticais e em Espeleotopografia. Necessitou também de condições atmosféricas e oceanográficas favoráveis, e a dificuldade de aliar esses dois pontos prejudicou o tempo de execução do trabalho.

Outra questão se referiu à margem de erro do levantamento topográfico, no qual priorizou-se o transporte de equipamentos leves e resistentes, como bússola geológica do tipo *Brunton*. Esse equipamento apresenta margem de erro maior que a apresentada pelo nível, sendo que este requer transporte cuidadoso, mais pesado e necessita estar acompanhado de tripé.

Com relação às vantagens, pode-se afirmar que o método empregado cumpriu com o objetivo de descrever topograficamente as cavernas.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E CARTOGRÁFICA

A revisão bibliográfica e cartográfica foi realizada nas bibliotecas Central e setoriais da Universidade Federal de Santa Catarina, no acervo do Espeleo Grupo Teju Jagua e em sítios da *internet*. Nesta etapa, buscaram-se dados para compor, principalmente, os capítulos da caracterização fisiográfica da área de estudo, da fundamentação teórica e da discussão.

4.2 ANÁLISE DE IMAGENS AÉREAS

Realizou-se análise de imagens aéreas, primeiramente, para o planejamento dos trabalhos de campo. Utilizou-se o *software Google Earth* e o aplicativo *View Ranger* para localizar as cavernas a serem visitadas, observar as trilhas de acesso, estimar a distância a ser percorrida e o tempo de deslocamento até a caverna, além de verificar possíveis locais de ancoragem no caso de acesso vertical.

As imagens também foram utilizadas no momento de confecção dos mapas topográficos, para delinear o embasamento externo à caverna e que não era contemplado no momento da Espeleotopografia.

4.3 SOLICITAÇÃO DE PESQUISA JUNTO AO SISBIO E FLORAM

Sendo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio o responsável pelas ações de conservação de cavernas através do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV, foi criado o Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO. Nesse sistema, o pesquisador deve se cadastrar, descrever sua pesquisa e esclarecer o tipo de coleta que pretende realizar na caverna. Após submeter a solicitação, a autorização pode ou não ser concedida.

Para este trabalho, solicitou-se pesquisa nas cavernas da área de estudo, incluindo a coleta de amostras de coquina e rochas, tendo sido concedida através das autorizações n.50043-1 (ANEXO 1) e n.58735-1 (ANEXO 2).

Também foi necessário solicitar autorização junto à Fundação Municipal de Meio Ambiente – FLORAM, pela área de estudo estar inserida em unidade de conservação municipal, o Parque Municipal da Lagoinha do Leste. A autorização foi concedida e compõe o ANEXO 3.

4.4 TRABALHO DE CAMPO

“Cabe ao espeleólogo o trabalho de desvendar novos mundos para o conhecimento de todos por meio de suas técnicas de exploração. Muitas vezes é preciso rastejar, nadar, se espremer entre as rochas ou mesmo mudá-las de lugar para que novos universos subterrâneos sejam descortinados. Condutos e salões explorados, trenas esticadas, medidas anotadas, eis o resultado de um trabalho que pode levar horas ou décadas: o mapa topográfico; a base para que outros de nossos trabalhos possam ser executados com a clareza que a ciência exige.” (LOBO & TRAVASSOS, 2012)

4.4.1 Planejamento

O planejamento dos trabalhos de campo necessitou, primeiramente, da formação da equipe e da definição de uma data que contemplasse boa condição de tempo atmosférico e disponibilidade da equipe. Quando as cavidades requeriam rapel para acesso, era requisito fundamental que os integrantes possuíssem conhecimentos básicos em técnicas verticais.

Na véspera do trabalho de campo eram compartilhadas com a equipe imagens aéreas do perímetro da caverna a ser visitada, para a ciência da localização e do trajeto a ser percorrido. Também na véspera, os materiais de campo eram separados e conferidos, seguindo um *check list* (APÊNDICE 1).

Além disso, as coordenadas das cavernas eram plotadas no aplicativo de celular *View Ranger* para facilitar a localização.

Outro ponto importante era a adoção das medidas de segurança descritas no APÊNDICE 2.

4.4.2 Reconhecimento preliminar das cavernas marinhas

A área de estudo foi percorrida a fim de realizar-se um reconhecimento preliminar das cavernas. Foram observadas questões referentes à:

ACESSIBILIDADE E SEGURANÇA

- Tempo de trilha;
- Tipo de acesso, escaladas leves ou técnicas verticais;
- Possíveis ancoragens para acesso vertical;
- Perímetro com sinal de celular disponível;
- Gravação da trilha (distância percorrida e tempo de deslocamento) no aplicativo *View Ranger*.

ESPELEOTOPOGRAFIA

- Presença ou ausência de coquina e espeleotemas de calcita;
- Dimensão aproximada da caverna;
- Tempo necessário para topografar.

Foram realizados reconhecimentos preliminares percorrendo-se os setores 1 e 2 por trilha terrestre e por meio de embarcação. No dia de realização do trabalho de campo, era solicitado aos integrantes da equipe o preenchimento e assinatura do Termo de Ciência de Riscos e Isenção de Responsabilidade (ANEXO 4).

4.4.3 Acesso por técnicas verticais

Dentre as 25 cavernas da área de estudo, nove necessitam de técnicas verticais para acessar: Furna Preta, Furna do Gravatá, Furna da Água Escorrida, Toca da Baleia, Furna da Felicidade, Furna da Fenda, Furna da Ponta do Fuzil, Furna da Pedra Preta e Furna do Medo.

Nesses casos, além dos itens anteriormente descritos, adicionam-se equipamentos individuais e coletivos para técnicas verticais em espeleologia, diferenciados dos equipamentos de escalada, e treinamento específico.

Algumas cavernas possuem ancoragens naturais, outras não possuem, o que exigiu a instalação de *spits* - peça de aço introduzida na rocha de forma permanente que serve para fixar ancoragens por meio de parafusos (MENIN & VIANA, 2008). Esse método requer furadeira à bateria, *kit* de grampeação e um espeleólogo experiente.

Apesar de todas as medidas de segurança adotadas, a prática do rapel oferece riscos de acidentes fatais, sendo utilizado após esgotadas todas as outras tentativas de acesso.

4.4.4 Espeleotopografia

A espeleotopografia foi realizada com base no Curso Prático de Topografia (MAGALHÃES, 1997).

Com relação à margem de erro, não foi possível calcular por tratar-se de um “levantamento topográfico expedito”, conforme a NBR 13133/1994, que trata da execução de levantamentos topográficos: “Levantamento exploratório do terreno com a finalidade específica de seu reconhecimento, sem prevalecerem os critérios de exatidão”.

Apesar desse método não se inserir nas normas de levantamento topográfico, foi suficiente para compor a representação gráfica das cavernas, e ser enquadrado no sistema de classificação da *British Cave Research Association* – BCRA, alcançando o grau 4C, cujos critérios estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2 - Graus BCRA de precisão para registro de detalhes de conduto.

A	Detalhes das galerias baseados na memória.
B	Detalhes das galerias estimados e anotados na caverna.
C	Medidas de detalhe realizadas apenas nas bases topográficas.
D	Medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo a representar mudanças morfológicas na galeria.

Fonte: BCRA (2018).

TABELA 3 - Graus BCRA de precisão para a linha de trena.

Grau 1	Esboço de baixa precisão, sem medições tomadas em campo.
Grau 2	Esboço intermediário, com precisão entre os graus 1 e 3.
Grau 3	Levantamento magnético de baixa precisão. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 2,5^\circ$ e distâncias medidas com precisão $\pm 50\text{cm}$; erro de posição da base menor que 50cm.
Grau 4	Levantamento que, apesar de mais preciso que o Grau 3, não tenha alcançado os requisitos do Grau 5.
Grau 5	Levantamento magnético. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 1^\circ$, distâncias medidas com precisão de cm e erro de posição da base menor que 10cm.
Grau 6	Levantamento magnético com precisão maior que a de Grau 5.
Grau X	Levantamento topográfico utilizando-se teodolito ou Estação Total ao invés de bússola.

Fonte: BCRA (2018).

O método consistiu na marcação de estações topográficas temporárias (com cartão de papel) interligados por visadas, seguindo o desenvolvimento da cavidade. As coordenadas foram obtidas na entrada da cavidade (estação topográfica “A0”) com o uso do GPS *Garmin 62s*.

As estações seguintes foram determinadas (A1, A2, A3 e assim por diante) e prosseguiu-se obtendo o azimute (Az) e a declividade (αC) pelo instrumentista utilizando bússola tipo *Brunton*; altura de teto (HT), altura de base (HB), lateral direita (LD), lateral esquerda (LE) e distância horizontal (DH) pelo ponta de trena utilizando trena *laser Leica Disto D2*. Essas medidas foram anotadas na ficha topográfica (ANEXO 5) pelo anotador para posteriormente serem confeccionados os croquis planta baixa, perfil longitudinal e cortes transversais.

Das 25 cavernas da área de estudo, foram topografadas com grau satisfatório de precisão, nove cavernas: Gruta do Matadeiro, Furna Preta, Toca da Baleia, Furna da Lagoinha do Leste, Furna da Pedra Preta, Furna das Andorinhas, Furna do Pântano do Sul, Toca da Nega e Furna dos Morcegos.

Priorizou-se a topografia das cavernas que continham deposição de coquina (Gruta do Matadeiro, Furna da Lagoinha do Leste e Furna das Andorinhas) e presença de espeleotemas de calcita (Furna Preta, Toca da Baleia, Furna da Pedra Preta, Furna do Pântano do Sul).

4.4.5 Caracterização geológica das cavidades

Quanto à caracterização geológica observou-se a litologia na qual a caverna se formou verificando-se a presença de contatos litológicos e de intrusões.

Também se buscou a ocorrência de depósitos químicos na forma de espeleotemas e de depósitos e rochas sedimentares (coquina).

Nesses depósitos, as medidas eram obtidas e anotadas, e a forma de cada depósito era descrita para compor o texto explicativo da caverna. Simultaneamente à descrição, essas ocorrências eram fotografadas.

4.4.6 Amostragem de rochas encaixantes

Nas cavernas topografadas foram extraídas amostras da rocha encaixante com o objetivo de identificar a composição mineralógica.

Na coleta utilizou-se martelo de geólogo ou marreta, aproveitando-se os planos de fraturamento das rochas. A porção coletada era fracionada até alcançar o tamanho aproximado ao de um punho fechado (amostra de mão), preocupando-se em manter a parte mais íntegra da amostra, livre de intemperismo.

As amostras eram identificadas com fita crepe que levava escrito o nome da caverna, sendo acondicionadas em saco plástico.

4.4.7 Testes químicos com os espeleotemas

Os testes químicos foram realizados quando se observavam espeleotemas nas cavernas.

Sabendo-se que o HCl (ácido clorídrico) reage com o CaCO₃ (carbonato de cálcio), gotejava-se o ácido sobre os espeleotemas, sendo que a ocorrência de “borbulhamento” revelava a presença de calcita na composição. A ausência de borbulhamento sugeria a composição por outros minerais que não foram investigados, possivelmente quartzo.

Os espeleotemas que reagem com o HCl apresentavam certo padrão aparente que incluía dimensão considerável, coloração branca ou esbranquiçada e formas que se repetiam: escorrimentos cobrindo grande parte de uma parede, estalactites com dimensão variando desde centímetros a mais de um metro, coraloides e travertinos centimétricos, entre outros. No entanto, os espeleotemas que não reagem ao HCl, geralmente apresentavam dimensão milimétrica constituindo microestalactites.

4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

4.5.1 Petrografia

As amostras de rocha encaixante, coquinas e espeleotemas foram encaminhadas ao Laboratório de Laminação da Universidade Federal de Santa Catarina para produção de lâminas delgadas.

As lâminas foram enviadas ao Laboratório de Microscopia Ótica da Universidade Federal de Santa Catarina para que os minerais fossem identificados e descritos, tendo sido também encaminhadas ao Laboratório de Microscopia do Instituto Geológico de São Paulo para descrição e registro fotográfico.

Além da identificação do tipo litológico das cavernas, foi investigada a fonte de calcita para a formação dos espeleotemas de calcita, que poderia estar na composição da rocha encaixante.

4.5.2 Geoquímica

A amostra M05 (ignimbrito da Furna Preta) foi enviada ao Laboratório de Caracterização Tecnológica, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, onde foi realizada a análise química da rocha através de difração por raio-X (ANEXO 6).

A amostra foi triturada e parte do pó foi submetida ao difratômetro. Os dados coletados pelo detector foram processados por um *software* que gerou um difratograma.

Outro *software* comparou o difratograma da amostra com os bancos de dados PDF2 do *International Centre for Diffraction Data - ICDD* e *Inorganic Crystal Structure Database - ICSD*. O objetivo dessa análise era prosseguir com a investigação da fonte do carbonato de cálcio dos espeleotemas.

4.5.3 Datação radiométrica

Para realizar a datação das coquinas foi necessário coletar conchas inteiras presentes nos depósitos para que o molusco pudesse ser identificado. As conchas foram enviadas para o Laboratório de Radiocarbono - LAC da Universidade Federal Fluminense - UFF, em Niterói. O processo, inicialmente químico, visou extrair o C (carbono) presente nas conchas.

No primeiro dia, separou-se 10mg de amostra para que se obtivesse 1mg de C no produto final. A amostra foi imersa em HCl (ácido clorídrico) em tubo de ensaio por uma noite para desgaste da camada externa e assim eliminar possíveis interferentes.

No segundo dia, o HCl foi retirado, a amostra foi lavada com água deionizada e seca. O tubo foi fechado com rolha de borracha e inserido na linha de vácuo.

Após evacuação, adicionou-se com seringa e agulha 1ml de H_3PO_4 (ácido fosfórico) que reagiu por uma noite para transformar a amostra em CO_2 (dióxido de carbono).

No terceiro dia, o tubo de ensaio retornou à linha de vácuo para que o CO_2 fosse transferido para um tubo de grafitação. O tubo recebeu um banho de nitrogênio líquido para que o CO_2 fosse congelado para descartar outros gases “cujos pontos de solidificação sejam mais elevados que a temperatura do nitrogênio líquido” (MACÁRIO, 2003).

O tubo de grafitação continha os reagentes Zn (zinco), TiH_2 (hidreto de titânio) e Fe (ferro), tendo sido aquecido a $700^\circ C$ por 10h para a redução do dióxido de carbono para monóxido de carbono que posteriormente se decompôs formando grafite (MACÁRIO, 2003). Após a grafitação estar completa, a amostra foi ao acelerador de partículas para determinação das concentrações isotópicas (ANEXO 7).

4.6 ATIVIDADES DE GABINETE

4.6.1 Elaboração de produtos gráficos

Para apresentar graficamente a localização da área de estudo e as cavernas topografadas foram elaborados mapas de localização e mapas topográficos utilizando-se o *software ArcGIS* (ESRI, 2010).

Os mapas de localização tiveram como base cartográfica cartas topográficas disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, através dos mapas digitais de Santa Catarina.

Os mapas topográficos das cavernas foram elaborados a partir da digitalização dos croquis feitos em campo.

4.6.2 Compilação dos dados e geração de resultados

A compilação dos dados consistiu em transformar as informações obtidas em bibliografia, trabalho de campo e análises de laboratório em um texto organizado.

A reflexão a partir desses dados permitiu a compreensão dos processos formadores das cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina, culminando no surgimento de hipóteses.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados desta pesquisa que incluem uma breve descrição da geologia do Maciço Costeiro do Pântano do Sul e uma detalhada caracterização geológica e topográfica das cavernas marinhas da área de estudo.

5.1 GEOLOGIA DO MACIÇO COSTEIRO DO PÂNTANO DO SUL

O Maciço Costeiro do Pântano do Sul constitui uma elevação isolada do restante do embasamento da Ilha de Santa Catarina, e que, em contato com o mar, adquiriu características costeiras, tendo recebido esse nome por estar inserido no Distrito do Pântano do Sul.

O maciço é formado basicamente por tufos e ignimbritos indiferenciados (PTi) havendo também ocorrências de granitos (PGt), tufos e ignimbritos com maiores concentrações de bombas (PTb), rochas vulcanoclásticas finas (Pvc) e rochas piroclásticas estratificadas (Ppe), conforme expõe a Fig. 17. Destaca-se a ocorrência de intrusões de diabásio e andesito por todo o maciço.

A geologia costeira compreende depósitos marinhos praias e eólicos de idade pleistocênica, estando os marinhos situados na Praia da Armação (PIMp) e os eólicos na Praia da Lagoinha do Leste (PIEp). Há uma discreta ocorrência de depósito coluvial (HCa) na encosta do Morro do Matadeiro.

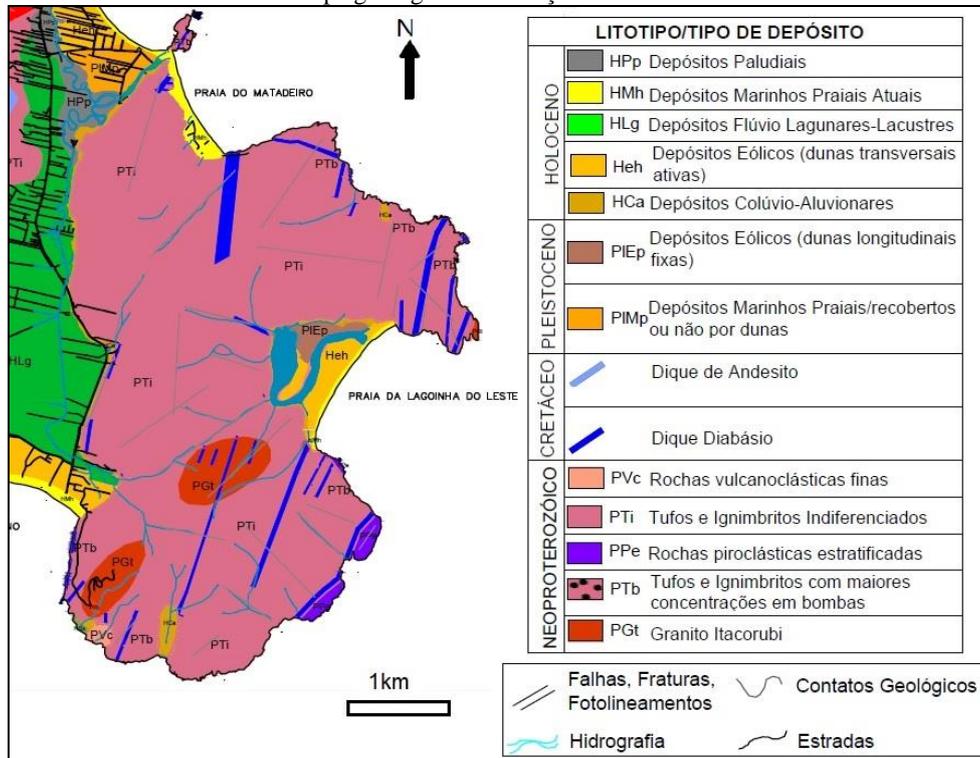
Os depósitos eólicos (HEe) e marinhos praias (HMh) de idade holocênica aparecem nas praias do Pântano do Sul e Lagoinha do Leste.

É notável a presença do Depósito Flúvio-lagunar Lacustre (HLg) no Pântano do Sul, constituído por sedimentos finos e arenosos depositados em áreas planas e rebaixadas correspondentes a paleolagunas que ainda apresentam características “pantanosas”, o que inclusive confere nome ao bairro (pântano).

Também ocorre Depósito Paludial entre o Rio Sangradouro e a Praia da Armação, o qual apresenta características do ecossistema de manguezal.

O maciço é formado pelas feições de morraria, representadas pelo Morro do Matadeiro (cota de 289m) e Morro do Pântano do Sul (cota de 330m), rampas coluviais, terraços marinhos e dunas.

FIGURA 17 - Mapa geológico do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.



Fonte: Tomazzoli & Pellerin (2014).

5.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E TOPOGRÁFICA DAS CAVERNAS MARINHAS

O Quadro 4 apresenta as 25 cavernas costeiras presentes no Maciço Costeiro do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, segmentadas em dois setores: setor 1 cujo acesso se dá a partir da Praia do Matadeiro (cavernas 1 a 8), e setor 2 com acesso a partir da Praia do Pântano do Sul (cavernas 9 a 25). A Fig. 18 apresenta a localização das cavernas relacionada à geologia do Maciço Costeiro do Pântano do Sul e o Quadro 5 sintetiza as principais informações métricas e geológicas.

QUADRO 4 - Cavernas costeiras da área estudada, forma de acesso e atividade realizada.

	SBE	Caverna	Acesso	Atividade realizada
Setor 1	SC-63	1. Gruta do Matadeiro	Terrestre	TC
	SC-22	2. Furna do Lui	Residencial	MB
	SC-49	3. Furna da Ponta do Quebra Remo	Terrestre	NV
	SC-64	4. Furna Preta	Rapel	TC
	SC-75	5. Furna do Gravatá	Rapel	MB
	SC-82	6. Furna da Água Escorrida	Rapel	MB
	SC-31	7. Toca da Baleia	Rapel	TC
	SC-50	8. Furna da Lagoinha do Leste	Terrestre	TC
Setor 2	SC-59	9. Furna da Felicidade	Rapel	NV
	SC-37	10. Furna da Fenda	Rapel	NV
	SC-40	11. Furna da Ponta do Fuzil	Rapel	NV
	SC-39	12. Furna do Poço	Terrestre	MB
	---	13. Tocas Gêmeas	Terrestre	MB
	SC-42	14. Furna da Pedra Preta	Rapel	TC
	SC-33	15. Furna das Andorinhas	Terrestre	TC
	SC-53	16. Furna do Medo	Rapel	V
	SC-34	17. Furna do Urubu	Terrestre	V
	SC-30	18. Furna do Pântano do Sul	Terrestre	TC
	SC-32	19. Toca do Pântano do Sul	Terrestre	MB
	SC-36	20. Furna da Ponta do Marisco	Terrestre	MB
	SC-38	21. Furna das Flores	Terrestre	MB
	SC-35	22. Furna do Arco	Terrestre	MB
	---	23. Toca da Ponta do Marisco	Terrestre	MB
	SC-44	24. Toca da Nega	Terrestre	TC
	SC-43	25. Furna dos Morcegos	Terrestre	TC

TC: topografia completa; MB: medidas básicas; V: visita; NV: não visitada.

Das 25 cavernas da área de estudo, 22 possuem cadastrado no Cadastro Nacional de Cavernas – CNC e serão incluídas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE assim que possível. Quanto ao acesso, 15 requerem apenas trilha terrestre, nove requerem trilha terrestre e rapel, e uma se encontra em propriedade particular residencial.

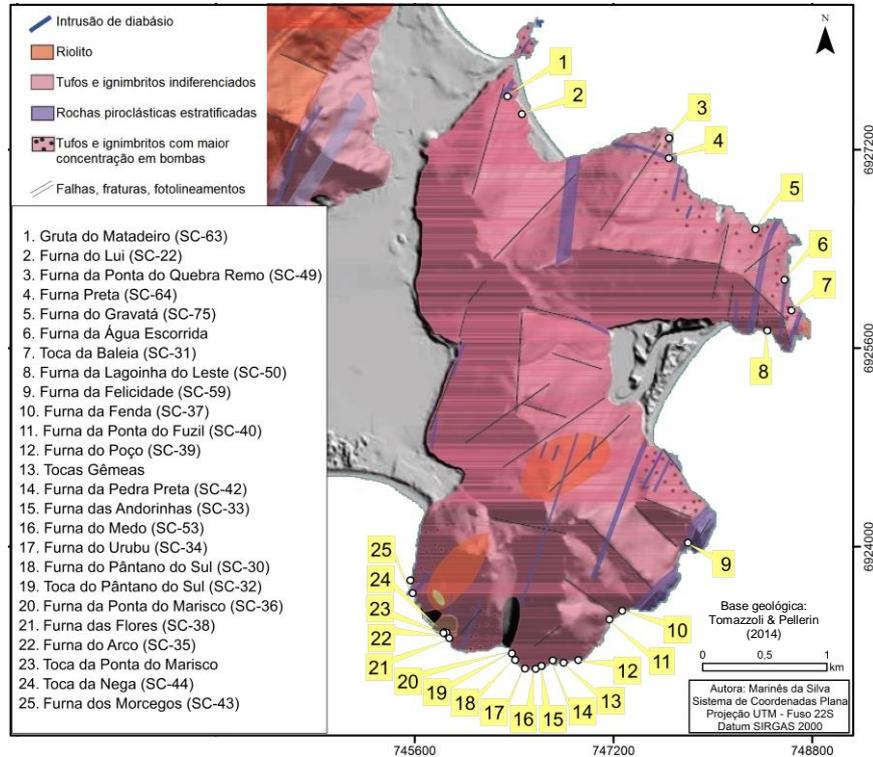
Nas cavernas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul foram observadas 4 gêneses distintas: (1) cavernas marinhas desenvolvidas em fendas verticais profundas, algumas associadas com intrusões de diabásio; (2) cavernas marinho-coluvionares; (3) cavernas desenvolvidas por fraturamento do acamamento sub-horizontal no ignimbrito; (4) caverna formada pela erosão fluvial e marinha nas diáclases do diabásio.

Por estarem localizadas na costa, as cavernas da área de estudo podem ser generalizadas como cavernas costeiras, tendo esta pesquisa dado ênfase para a gênese das cavernas marinhas e marinho-coluvionares.

A maior caverna marinha da Ilha de Santa Catarina é a Toca da Baleia (SC-31) com 100,34m de desenvolvimento linear e 8,92m de desnível, esculpida em ignimbrito. As cavernas marinhas se situam nos costões da face leste da ilha que recebem atuação direta das ondas. Apresentam geralmente um salão que se afunila em direção ao fundo, podendo conter outros condutos também em formato afunilado.

Em alguns casos, a entrada da caverna está na linha de costa, em outros, poucos metros acima (5 a 10m), e também pode ocorrer o entupimento da entrada da caverna com blocos abatidos, interrompendo sua comunicação com o mar, elevando a sua cota de entrada para até 25m.

FIGURA 18 - Mapa geológico do Maciço Costeiro do Pântano do Sul contendo a localização das cavernas marinhas estudadas destacando-se o seu desenvolvimento em intrusões básicas.



QUADRO 5 – Comparação de informações básicas das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.

Setor	Nº	SBE	Nome	Az (°)	D.L. (m)	L (m)	H (m)	Rocha	Gênese	Elemento presente
1	1	SC-63	Gruta do Matadeiro	325	23,23	7,80	3,40	Riolito	Marinha relacionada a intrusão de diabásio	Coquina
	2	SC-22	Furna do Lui	260	12,19	1,33	6,32	Riolito	Marinho-coluvionar	---
	3	SC-49	Furna da Ponta do Quebra Remo	?	?	?	?	?	?	?
	4	SC-64	Furna Preta	246	36,85	4,55	14,00	Ignimbrito	Marinha relacionada a intrusão de diabásio	Espeleotema de calcita
	5	SC-75	Furna do Gravatá	230	13,94	2,24	10,00	Ignimbrito	Marinha relacionada a intrusão de diabásio	Espeleotema de calcita
	6	SC-82	Furna da Água Escorrida	65	9,77	3,61	3,00	Diabásio Ignimbrito	Erosão fluvial em fraturas no diabásio	---
	7	SC-31	Toca da Baleia	320	100,34	2,73	20,80	Ignimbrito	Marinha relacionada a intrusão de diabásio	Espeleotema de calcita

Continuação:

Setor	Nº	SBE	Nome	Az (°)	D.L. (m)	L (m)	H (m)	Rocha	Gênese	Elemento presente	
1	8	SC-50	Furna da Lagoinha do Leste	5	9,76	0,69	6,05	Ignimbrito	Marinha	Coquina	
2	9	SC-59	Furna da Felicidade	?	?	?	?	?	?	?	
	10	SC-37	Furna da Fenda	?	?	?	?	?	?	?	
	11	SC-40	Furna da Ponta do Fuzil	?	?	?	?	?	?	?	
	12	SC-39	Furna do Poço	61	8,17	3,65	2,10	Ignimbrito	Marinha relacionada acamamento subhorizontal ignimbrito	---	
	13	---	Tocas Gêmeas	Gêmea 1	25	4,88	4,89	1,35	Ignimbrito	Marinha relacionada acamamento subhorizontal ignimbrito	---
				Gêmea 2	100	6,29	5,08	1,20	Ignimbrito		---
	14	SC-42	Furna da Pedra Preta	50	68,19	6,72	7,55	Ignimbrito	Marinha	Espeleotema de calcita	
	15	SC-33	Furna das Andorinhas	70	38,71	1,93	8,84	Ignimbrito	Marinha	Coquina	
	16	SC-53	Furna do Medo	?	?	?	?	Ignimbrito	Marinho-coluvionar	---	
	17	SC-34	Furna do Urubu	?	?	?	?	Ignimbrito	Marinha	---	

Continuação:

Setor	Nº	SBE	Nome	Az (°)	D.L. (m)	L (m)	H (m)	Rocha	Espeleotema carbonático	Coquina
2	18	SC-30	Furna do Pântano do Sul	30	13,75	4,95	10,85	Ignimbrito	Marinha	Espeleotema de calcita
	19	SC-32	Toca do Pântano do Sul	67	18,40	2,78	3,00	Ignimbrito	Marinho-columionar	---
	20	SC-36	Furna da Ponta do Marisco	103	9,03	0,42	9,08	Ignimbrito	Marinho-columionar	---
	21	SC-38	Furna das Flores	50	17,78	3,70	12,33	Ignimbrito	Marinha	---
	22	SC-35	Furna do Arco	103	12,21	5,34	5,44	Ignimbrito	Marinha relacionada acamamento subhorizontal ignimbrito	---
	23	---	Toca da Ponta do Marisco	75	6,94	8,29	2,49	Ignimbrito	Marinha relacionada acamamento subhorizontal ignimbrito	---
	24	SC-44	Toca da Nega	200	15,52	4,36	3,10	Ignimbrito	Marinho-columionar	---
	25	SC-43	Furna dos Morcegos	225	17,45	4,13	4,86	Ignimbrito	Marinho-columionar	---

Az: azimute

D.L: desenvolvimento linear

L: largura do pórtico

H: altura do pórtico

--- Elemento não observado

? Informação não coletada

5.2.1 Setor 1

5.2.1.1 Gruta do Matadeiro (caverna 1/25, SC-63)

A Gruta do Matadeiro (Fig.19) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha com coquina. O acesso ocorre por trilha de 0,8km de distância partindo da Praia da Armação em direção à Praia do Matadeiro, com duração de aproximadamente 15min. Está situada no limite norte da área de estudo, tendo ao sul a Furna do Lui.

FIGURA 19 - Vista para sudoeste da Gruta do Matadeiro observando-se intrusão de diabásio inclinada formando o teto da caverna.



Foto: Marinês da Silva, agosto 2017.

A caverna está orientada no azimute 246° , possui desenvolvimento linear de 23,23m, desnível de 3,7m, pórtico de entrada com 7,8m de largura e 3,4m de altura. A topografia foi realizada em fevereiro de 2015, com nível 4C de precisão originando o mapa topográfico da Fig.21.

A caverna desenvolveu-se numa intrusão de diabásio no ignimbrito. A lateral direita da caverna é constituída de ignimbrito e a lateral esquerda e o teto por diabásio (Fig. 20).

FIGURA 20 - Vista para o exterior da Gruta do Matadeiro observando-se laterais formadas por ignimbrito e teto formado pela intrusão de diabásio; o piso possui blocos abatidos de ambas as litologias além de sedimentos finos.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro. 2015.

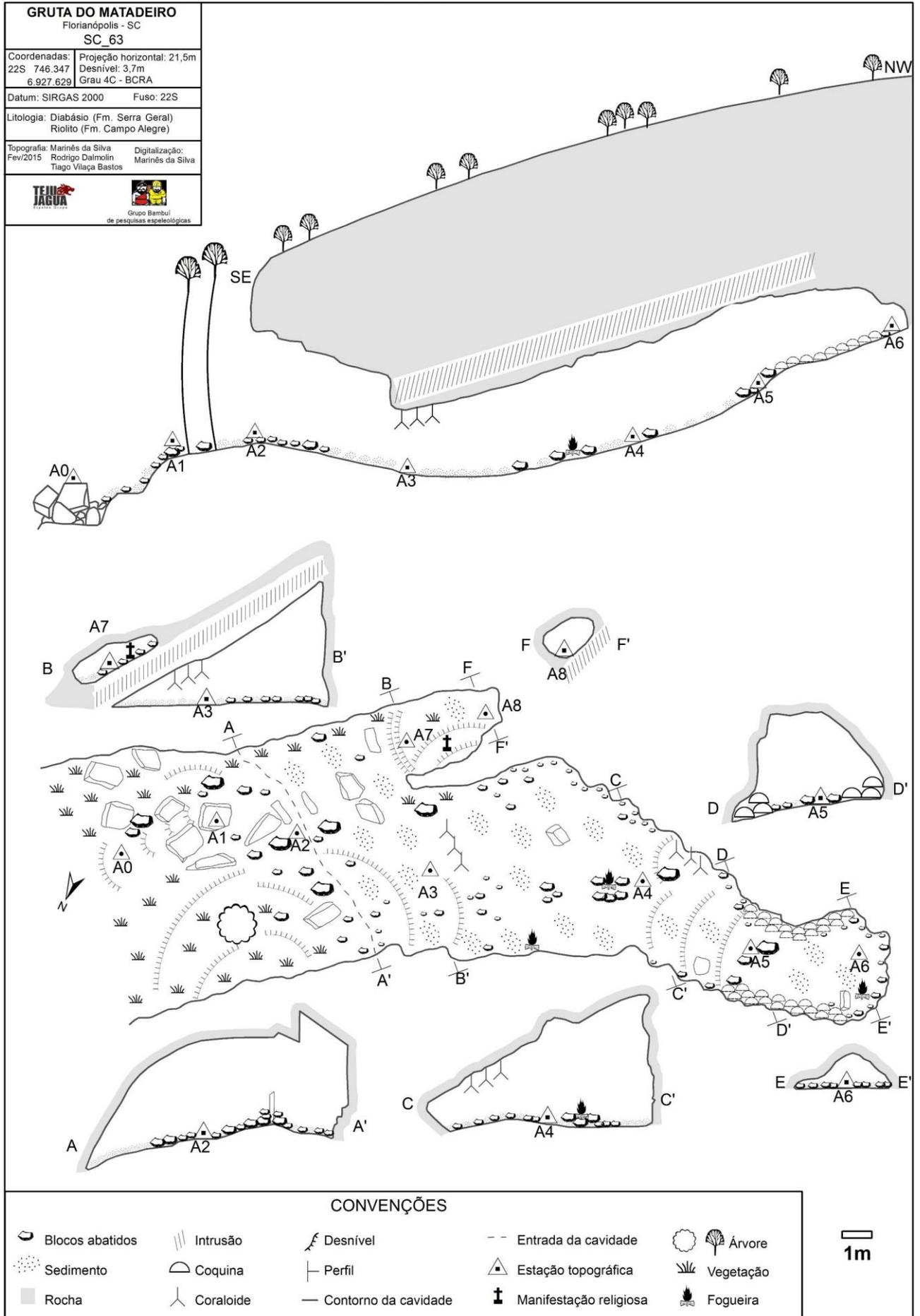
De acordo com Tomazzoli *et al.* (2012), a caverna se formou:

“(...) ao longo de planos de fraqueza representados por fraturas que perpassam longitudinalmente um dique de diabásio com mais de 10 m de espessura, fortemente inclinado para sul (com atitude espacial N80°W; 30°SW), formando uma lapa inclinada.”

O ignimbrito apresenta coloração rosada, textura porfirítica alterada com fenocristais de k-feldspato (1,8mm) subédricos à anédricos argilizados em sua maioria. Presença de fenocristais de quartzo (<0,8mm) anédricos, por vezes embaiados; matriz média de textura micropoiuquiltica bem desenvolvida com pequenos núcleos irregulares de quartzo e interstícios de feldspático sericitizado. Os núcleos de quartzo parecem o início do desenvolvimento de uma textura gráfica.

O diabásio, na forma de uma intrusão, apresenta coloração cinza escura, granulação fina relativamente equigranular de textura intersticial composta por cristais de plagioclásio, piroxênio, biotita e augita.

FIGURA 21 - Mapa topográfico da Gruta do Matadeiro.



O piso é rico em sedimentos finos e cascalho anguloso nos tamanhos seixo e bloco e há presença de coquina na parte inferior das laterais da caverna (vide item 5.3.1). Não há presença de espeleotemas de calcita.

5.2.1.2 Furna do Lui (caverna 2/25, SC-22)

A Furna do Lui (Fig. 22) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluviônica. O acesso ocorre por trilha de 1km de distância partindo da Praia da Armação em direção à Praia do Matadeiro, com duração de aproximadamente 20min, estando situada em área residencial particular. Tem como caverna ao norte a Gruta do Matadeiro e ao sul a Furna da Ponta do Quebra Remo.

FIGURA 22 - Vista para sudoeste da Furna do Lui observando-se a morfologia estreita (fenda) no ignimbrito e piso contendo matacões abatidos da mesma litologia.

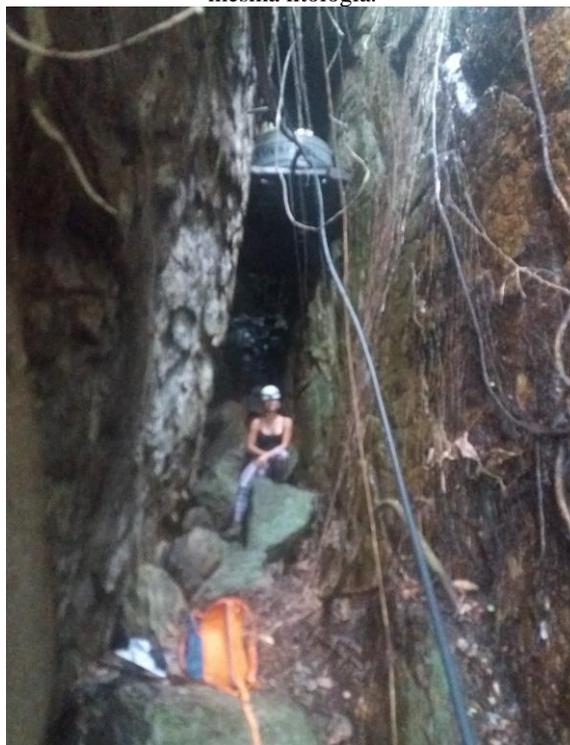


Foto: Fernando Luiz, janeiro 2018.

A caverna está orientada no azimute 260° , possui desenvolvimento linear de 12,19m, pórtico de entrada com 1,33m de largura e 6,32m de altura. A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

A caverna é constituída de riolito nas laterais formando uma fenda com teto formado por matacões encaixados. O piso é cascalhoso apresentando matacões e blocos angulosos e material vegetal como raízes e folhas. Não há presença de coquina e espeleotemas de calcita.

5.2.1.3 Furna da Ponta do Quebra Remo (caverna 3/25, SC-49)

A Furna da Ponta do Quebra Remo pertence ao setor 1 da área de estudo e o acesso ocorre por trilha de 2,5km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de aproximadamente 35min. Tem como caverna ao norte a Furna do Lui e ao sul a Furna Preta.

A Furna da Ponta do Quebra Remo não foi acessada por necessitar de abertura de trilha em mata fechada, o que não ocorreu devido a problemas de logística.

De acordo com o CNC, a caverna possui 12m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 2B de precisão, realizada em 2013 (CNC, 2018). O cadastro não informa se há presença de espeleotema ou coquina.

A caverna desenvolveu-se no ignimbrito, possuindo teto e paredes desta rocha. O piso é cascalhoso apresentando blocos com alto grau de arredondamento.

5.2.1.4 Furna Preta (caverna 4/25, SC-64)

A Furna Preta (Fig. 23) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha com espeleotemas de calcita. O acesso ocorre por trilha de 2,7km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de cerca de 45min, além de rapel de cerca de 20m. Tem como caverna ao norte a Furna da Ponta do Quebra Remo e ao sul a Furna do Gravatá.

A caverna está orientada no azimute 246° , possui desenvolvimento linear de 36,85m, desnível de 11,98m, pórtico de entrada com 4,55m de largura e 14m de altura.

FIGURA 23 – Vista para sudoeste da Furna Preta.

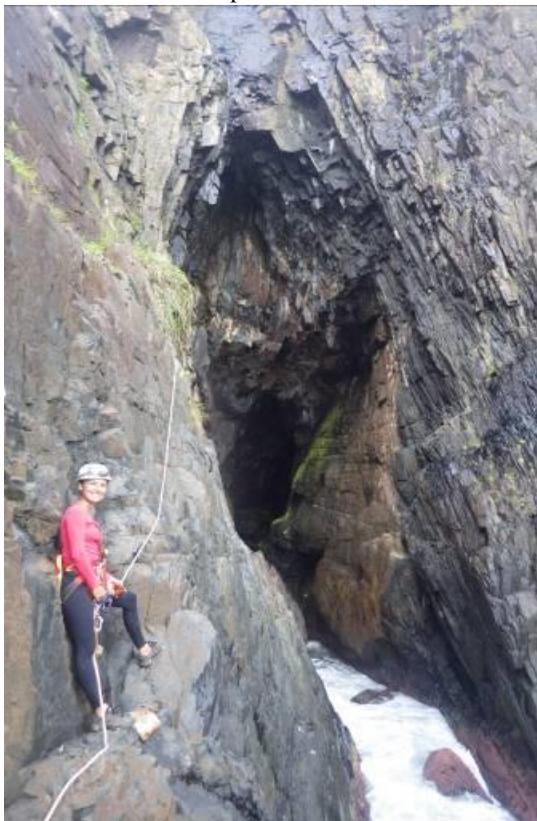


Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

A topografia foi realizada em fevereiro de 2015 com nível 4C de precisão originando o mapa topográfico da Fig. 25.

A caverna desenvolveu-se no ignimbrito, possuindo teto e paredes desta rocha. O piso é cascalhoso com blocos e matações que apresentam bom grau de arredondamento na entrada da caverna (Fig. 24/A), e grau regular no setor medial (Fig. 24/B). Possui uma intrusão de diabásio na entrada da caverna, ao lado direito (Fig. 23).

Há presença de espeleotemas compostos de carbonato de cálcio (vide item 5.4.1) cuja base se encontra recoberta por uma camada de 0,5m de espessura de cascalho.

O cascalho que recobre os espeleotemas possui grãos com alto grau de arredondamento e que reduzem de tamanho com a profundidade: medem 0,25m na camada mais superficial e entre 0,02m e 0,01m nas camadas mais profundas. Não há presença de coquina.

Figura 24 - (A) Vista do salão de entrada da Furna Preta observando-se o piso formado de blocos e matacões rolados; (B) Vista para o exterior da Furna Preta.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

5.2.1.5 Furna do Gravatá (caverna 5/25, SC-75)

A Furna do Gravatá (Fig. 26) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha com espeleotema carbonático. O acesso ocorre por trilha de 3,8km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de aproximadamente 1h20min, além de rapel de cerca de 8m. Tem como caverna ao norte a Furna Preta e ao sul a Furna da Água Escorrida.

A caverna está orientada no azimute 230° , possui desenvolvimento linear de 13,94m, pórtico de entrada com 2,24m de largura e 10m de altura.

A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e anotadas durante o campo.

FIGURA 25 - Mapa topográfico da Furna Preta.



FIGURA 26 – Vista para sul da Furna do Gravatá.



Foto: Marinês da Silva, setembro 2017.

A cavidade desenvolveu-se no ignimbrito, possuindo teto e paredes desta rocha (Fig. 27/B), permanecendo na entrada da caverna remanescentes de uma intrusão de diabásio (Fig. 28).

O piso é cascalhoso apresentando blocos com bom grau de arredondamento (Fig. 27/A/B). Há presença de espeleotemas compostos de carbonato de cálcio (vide item 5.4.2). Não há presença de coquina.

FIGURA 27 – Vista para o interior (A) e exterior (B) da Furna do Gravatá observando-se o piso cascalhoso com bom grau de arredondamento.



Fotos: (A) Marinês da Silva, novembro 2017; (B) Osni Barbi, novembro 2017.

FIGURA 28 - Vista da lateral direita da Furna do Gravatá, observando-se o contato litológico da rocha encaixante ignimbrito com a intrusão diabásio que fora quase totalmente removida pela erosão costeira dando origem à caverna.



Foto: Osni Barbi, novembro 2017.

5.2.1.6 Furna da Água Escorrida (caverna 6/25, SC-82)

A Furna da Água Escorrida (Fig. 29) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de uma caverna desenvolvida nas diáclases do diabásio pela circulação de água fluvial e também do mar. O acesso ocorre por trilha de 5km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de aproximadamente 1h30min, além de rapel de 10m. Tem como caverna ao norte a Furna do Gravatá e ao sul a Toca da Baleia.

FIGURA 29 - Vista para sul da Furna da Água Escorrida com seta indicando a entrada da caverna desenvolvida em intrusão de diabásio.



Foto: Marinês da Silva, julho 2017

A caverna está orientada no azimuth 65° , possui desenvolvimento linear de 9,77m, pórtico de entrada com 3,61m de largura e 3m de altura (Fig. 30). A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo. A caverna é constituída por diabásio (teto piso e parede direita) exceto a parede esquerda, constituída de ignimbrito, sendo observadas cracas e algas fixadas ao diabásio, evidenciando a contribuição marinha na formação da caverna (Fig. 31). Há espeleotema do tipo coraloide/escorrimento (Fig. 31) composto de material argiloso caulinizado e friável. Não há coquina e espeleotemas de calcita.

FIGURA 30 - Vista para o exterior da Furna da Água Escorrida.

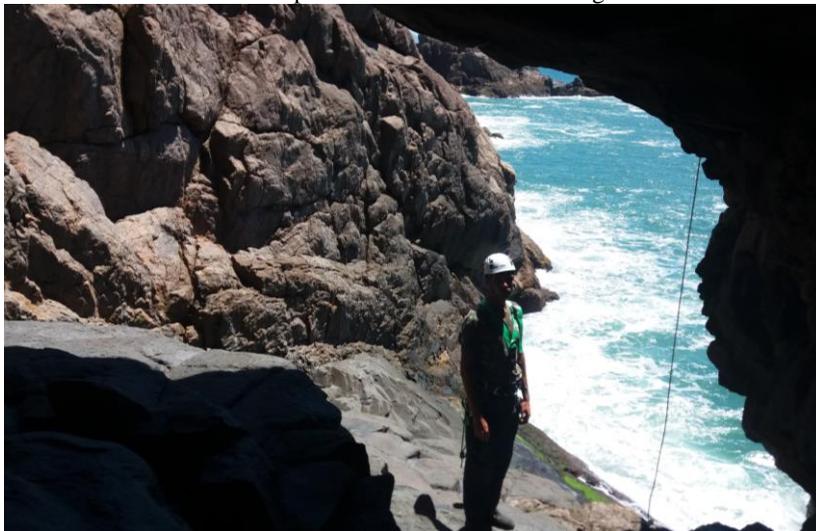


Foto: Marinês da Silva, novembro 2017.

FIGURA 31 - Vista para sul da Furna da Água Escorrida observando-se o piso, teto e parede direita constituídos por diabásio e a parede esquerda de ignimbrito; destaque para o espeleotema do tipo coraloide/escorrimento no teto e para a presença de água escorrida na parede direita, fato que deu nome à caverna.



Foto: Marinês da Silva, novembro 2017.

5.2.1.7 Toca da Baleia (caverna 7/25, SC-31)

A Toca da Baleia (Fig. 32) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de caverna marinha com espeleotema carbonático. O acesso ocorre por trilha de 5,3km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de aproximadamente 1h30min, além de rapel de cerca de 40m, cujas técnicas foram descritas em Silva *et al.* (2017). Tem como caverna ao norte a Furna da Água Escorrida e ao sul a Furna da Lagoinha do Leste.

FIGURA 32 - Vista para sul da Toca da Baleia observando-se a Furna da Água Escorrida com orientação semelhante, desenvolvida numa intrusão de diabásio.



Foto: Tiago Bastos, março 2017.

A caverna está orientada no azimute 320° , possui desenvolvimento linear de 100,34m, desnível de 8,92m, pórtico de entrada com 2,73m de largura e 20,8m de altura (Fig. 33), e volume aproximado a 3.267m^3 . A topografia foi realizada em março de 2017 com nível 4C de precisão, originando o mapa topográfico da caverna (Fig. 35).

A caverna possui teto e paredes de ignimbrito. O piso é cascalhoso apresentando blocos angulosos (Fig. 34/A) que diminuem de tamanho gradativamente em direção ao setor terminal da caverna.

FIGURA 33 - Vista para sul da entrada da Toca da Baleia, tendo o pórtyco uma altura aproximada a 20m.



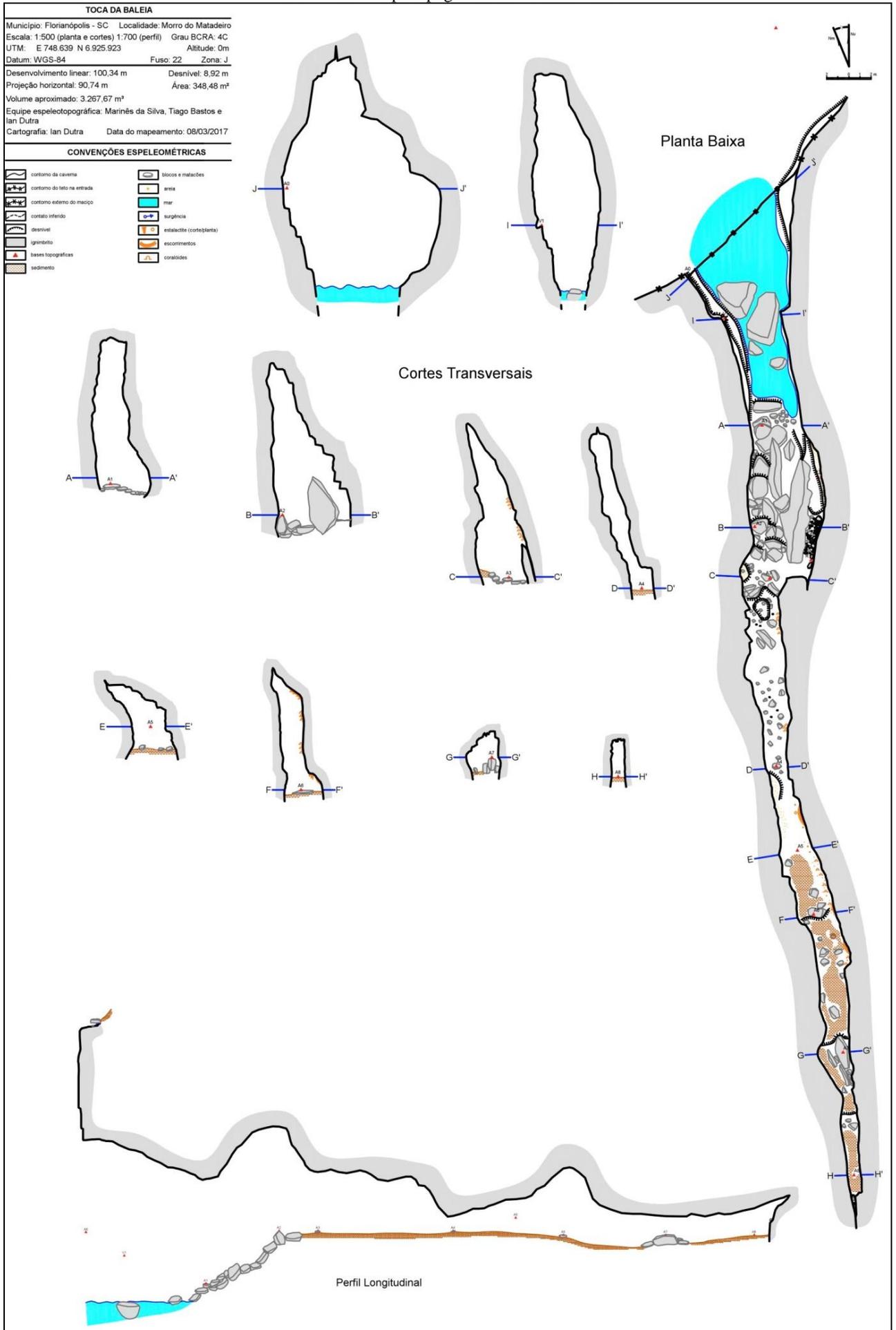
Foto: Edson Hostins, abril 2016

FIGURA 34 – (A) Vista do interior da Toca da Baleia observando-se o piso cascalhoso constituído por grãos angulosos; (B) Bloco apresentando alto grau de arredondamento localizado no setor terminal da caverna.



Fotos: (A) Tiago Bastos, março 2017; (B) Marinês da Silva, março 2017.

FIGURA 35 - Mapa topográfico da Toca da Baleia.



Entre as estações A5 e A8 há abundância de finos em meio ao piso cascalhoso. Outro elemento encontrado na Toca da Baleia foi um bloco rolado na porção distal da cavidade (Fig. 34/B). O alto grau de arredondamento e esfericidade desse bloco destoa dos demais blocos abatidos presentes no piso da caverna, que são angulosos, conforme anteriormente mencionado. Há presença de espeleotemas compostos de carbonato de cálcio (vide item 5.4.3) e ausência de coquina.

A Toca da Baleia é a maior caverna marinha da Ilha de Santa Catarina e sua toponímia pode estar relacionada à rocha residual em frente à cavidade, semelhante ao dorso de uma baleia (Fig. 36).

FIGURA 36 - Rocha residual em frente à Toca da Baleia que avistada do mar assemelha-se ao dorso de uma baleia e que pode ter dado nome à caverna.

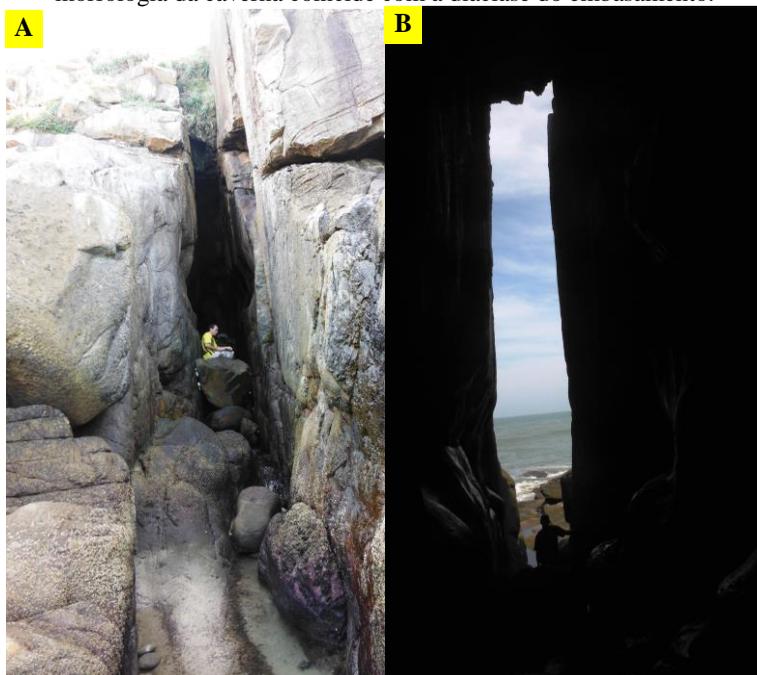


Foto: Alejandro Ballester, março 2017.

5.2.1.8 Furna da Lagoinha do Leste (caverna 8/25, SC-50)

A Furna da Lagoinha do Leste (Fig. 37) pertence ao setor 1 da área de estudo e trata-se de caverna marinha com coquina. O acesso ocorre por trilha de 5,5km de distância partindo da Praia do Matadeiro em direção à Praia da Lagoinha do Leste, com duração de aproximadamente 2h e inclui escaladas leves que não necessitam de equipamento. Tem como caverna ao norte a Toca da Baleia e ao sul a Furna da Felicidade.

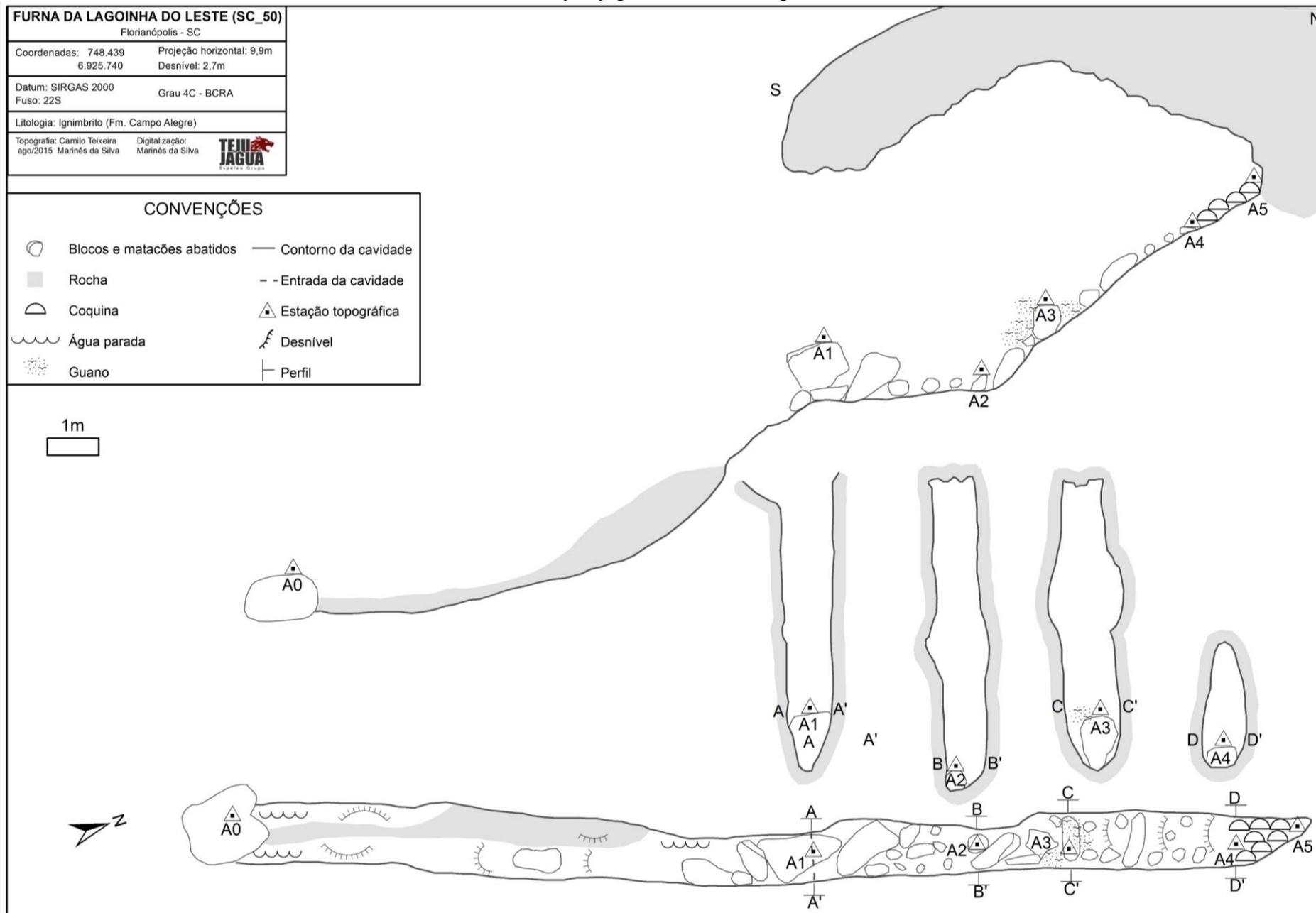
FIGURA 37 – (A) Vista para sudoeste da Furna da Lagoinha do Leste; (B) Vista para o exterior da Furna da Lagoinha do Leste, observando-se que a morfologia da caverna coincide com a diáclase do embasamento.



Fotos: Marinês da Silva, agosto 2015.

A caverna está orientada no azimute 347° , possui desenvolvimento linear de 9,76m, desnível de 2,75m, pórtico de entrada com 0,69m de largura e 6,05m de altura. A topografia foi realizada em agosto de 2015 com nível 4C de precisão, originando o mapa topográfico da caverna (Fig. 38).

FIGURA 38 – Mapa topográfico da Furna da Lagoinha do Leste.



A caverna desenvolveu-se no ignimbrito, possuindo teto e paredes desta rocha. O piso é cascalhoso com matacões que apresentam grau regular de arredondamento e dimensão média de 1m de diâmetro, conforme expõe a Fig. 37/A. No fundo da caverna há presença de coquina (vide item 5.3.2), e ausência de espeleotemas de calcita.

5.2.2 Setor 2

5.2.2.1 Furna da Felicidade (caverna 9/25, SC-59)

A Furna da Felicidade (Fig. 39) pertence ao setor 2 da área de estudo e o acesso ocorre por trilha de 3,2km de distância partindo do Pântano do Sul, com duração de 2h00min, além de rapel de aproximadamente 30m. Tem como caverna ao norte a Furna da Lagoinha do Leste e ao sul a Furna da Fenda.

FIGURA 39 - Vista para norte da Furna da Felicidade, observando-se uma intrusão de diabásio com orientação semelhante a da caverna.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

A Furna da Felicidade não foi acessada por necessitar do emprego de técnicas verticais coordenado por espeleólogo experiente, o que não ocorreu devido a problemas de logística.

Durante trabalho de campo nas adjacências, constatou-se que a caverna se desenvolveu no ignimbrito, sendo observadas intrusões de diabásio nas proximidades (Fig. 39 e 40), o que reforça a hipótese de que a caverna tenha se formado pela erosão diferencial de uma intrusão.

FIGURA 40 - Vista para sul do alto da boca da Furna da Felicidade, observando-se o contato do ignimbrito com a intrusão de diabásio.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

De acordo com o CNC, a caverna possui 14m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 2B de precisão, realizada em 2014 (CNC, 2018). O cadastro indica a presença de cracas nas paredes da caverna, não sendo informado se há presença de espeleotema ou coquina.

5.2.2.2 Furna da Fenda (caverna 10/25, SC-37)

A Furna da Fenda (Fig. 41) pertence ao setor 2 da área de estudo e o acesso ocorre por trilha de 3,8km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 2h50min, além de rapel de aproximadamente 20m. Tem como caverna ao norte a Furna da Felicidade e ao sul a Furna da Ponta do Fuzil.

FIGURA 41 - Vista para nordeste da Furna da Fenda.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

Tal como na Furna da Felicidade, a Furna da Fenda não foi acessada por necessitar do emprego de técnicas verticais coordenado por espeleólogo experiente, o que não ocorreu devido a problemas de logística.

De acordo com o CNC, a caverna possui 12m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 1A de precisão, realizada em 2013 (CNC, 2018), não sendo informado se há presença de espeleotema ou coquina.

5.2.2.3 Furna da Ponta do Fuzil (caverna 11/25, SC-40)

A Furna da Ponta do Fuzil (Fig. 42) pertence ao setor 2 da área de estudo e o acesso ocorre por trilha de 3,6km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 2h30min, além de rapel de aproximadamente 20m. Tem como caverna ao norte a Furna da Fenda e ao sul a Furna do Poço.

FIGURA 42 - Vista para norte da Furna da Ponta do Fuzil e Furna da Fenda.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

Tal como na Furna da Felicidade e da Fenda, a Furna da Ponta do Fuzil não foi acessada por necessitar do emprego de técnicas verticais coordenado por espeleólogo experiente, o que não ocorreu devido a problemas de logística.

De acordo com o CNC, a caverna possui 30m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 1A de precisão, realizada em 2013 (CNC, 2018). O cadastro indica que a caverna se encontra submersa, ou seja, sem piso seco, conforme expõe a Fig. 43, não sendo informado se há presença de espeleotema ou coquina.

FIGURA 43 - Vista para o exterior da Furna da Ponta do Fuzil.

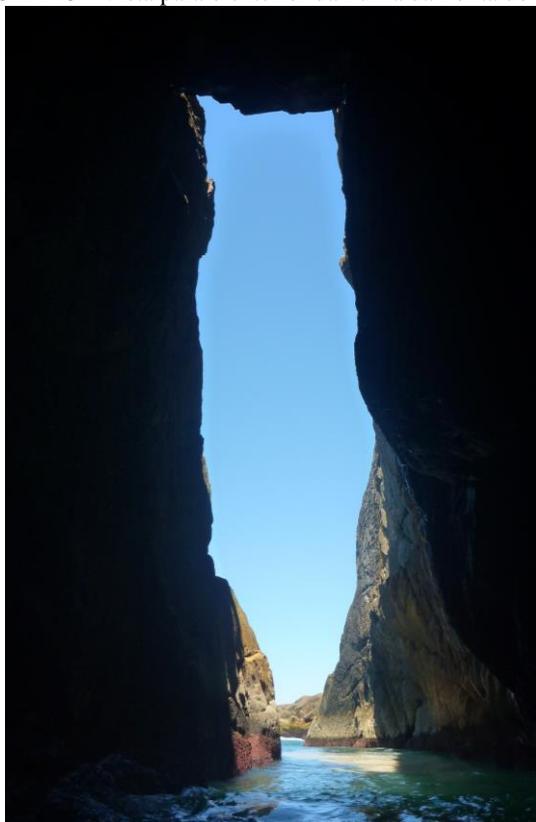


Foto: Rodrigo Dalmolin, fevereiro 2013.

5.2.2.4 Furna do Poço (caverna 12/25, SC-39)

A Furna do Poço (Fig. 44) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna desenvolvida a partir de fraturas e acamadamentos sub-horizontais no ignimbrito. O acesso ocorre por trilha de 3,2km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 2h00min, além de escaladas leves. Tem como caverna ao norte a Furna da Ponta do Fuzil e ao sul as Tocas Gêmeas.

A caverna está orientada no azimute 61° , possui desenvolvimento linear de 8,17m, pórtico de entrada com 3,65m de largura e 2,1m de altura (Fig. 45).

FIGURA 44 - Vista para nordeste da Furna do Poço.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

FIGURA 45 - Vista para norte da Furna do Poço, observando-se o rebaixamento da altura de teto entre o setor medial e terminal da caverna.



Foto: Marinês da Silva, junho 2017.

A topografia não foi realizada, sendo extraídas medidas com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

A caverna é formada por ignimbrito, que compõe teto, piso e paredes (Fig. 45), encontra-se em processo de formação e está submetida à ação das ondas na preamar e em períodos de ressaca.

Adjacente à caverna se encontra uma feição erosiva na forma de um “poço”, que dá nome à cavidade (Fig. 46). Não há presença de coquina e espeleotemas de calcita.

FIGURA 46 – Vista para a entrada da Furna do Poço, observando-se feição erosiva em forma de “poço” que deu nome à caverna.

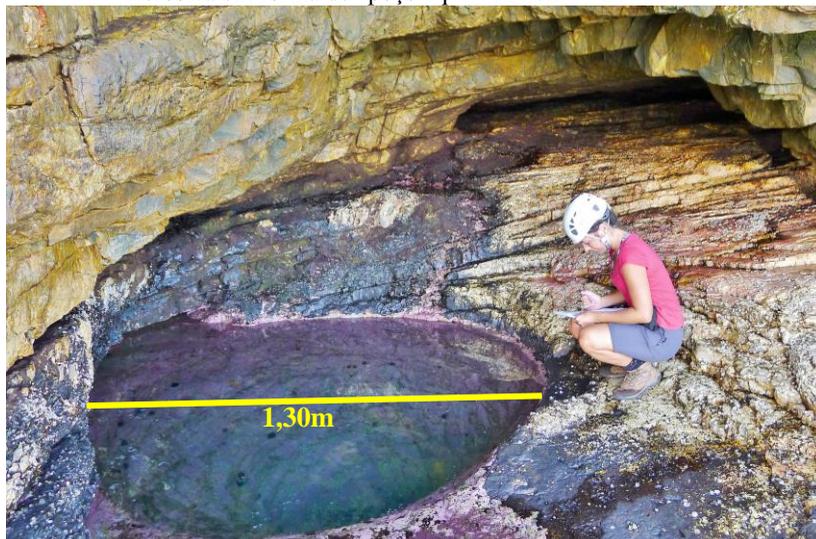


Foto: Rodrigo Dalmolin, abril 2018.

5.2.2.5 Tocas Gêmeas (caverna 13/25, sem cadastro)

As Tocas Gêmeas (Fig. 47) pertencem ao setor 2 da área de estudo e trata-se de duas cavernas desenvolvidas a partir de fraturas e acamadamentos sub-horizontais no ignimbrito. O acesso ocorre por trilha de 3,1km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 1h45min. Têm como caverna ao norte a Furna do Poço e a oeste a Furna da Pedra Preta. Para fins de identificação, as Tocas Gêmeas foram divididas em Gêmea 1 (Fig. 48), localizada mais ao norte, e Gêmea 2 (Fig. 49), mais ao sul.

FIGURA 47 - Vista para norte das Tocas Gêmeas, sendo identificadas como “Gêmea 1” a caverna mais ao norte e “Gêmea 2” a caverna mais ao sul.



Foto: Marinês da Silva, dezembro 2017.

FIGURA 48 - Vista para norte da Gêmea 1 observando-se o limitado desenvolvimento linear, sugerindo uma formação recente.

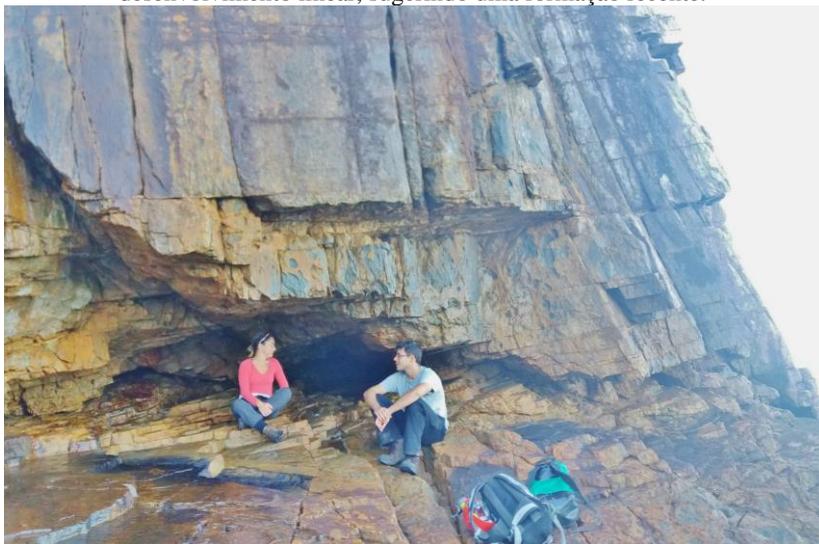


Foto: Lucas Bampi, junho 2017.

FIGURA 49 - Vista para nordeste das Tocas Gêmeas, observando-se Gêmea 2.



Foto: Rodrigo Dalmolin, abril 2018.

A Gêmea 1 (Fig. 48) está orientada no azimute 25° , possui desenvolvimento linear de 4,88m, pórtico de entrada com 4,89m de largura e 1,35m de altura. A Gêmea 2 (Fig. 49) está orientada no azimute 100° , possui desenvolvimento linear de 6,29m, pórtico de entrada com 5,08m de largura e 1,20m de altura. A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

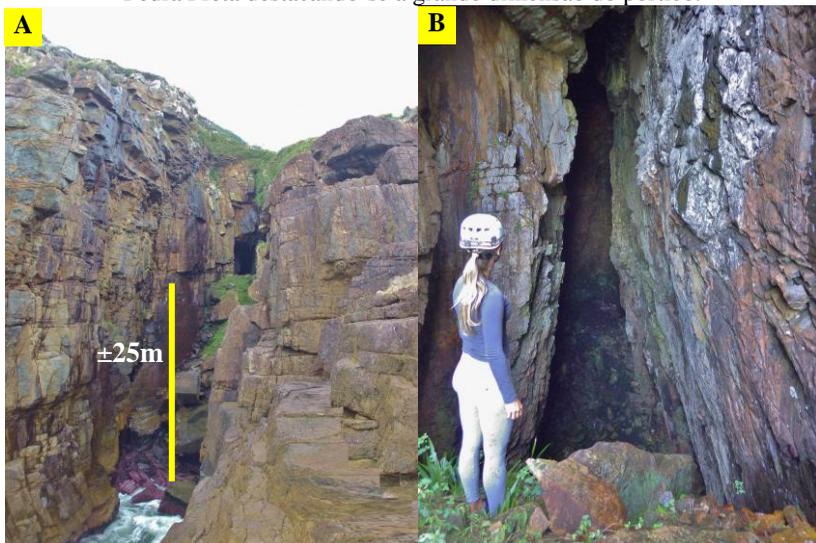
As cavernas são formadas por ignimbrito, que compõe teto, piso e paredes. Não há presença de coquina e espeleotemas de calcita.

5.2.2.6 Furna da Pedra Preta (caverna 14/25, SC-42)

A Furna da Pedra Preta (Fig. 50) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha com espeleotemas de calcita. O acesso ocorre por trilha de 3km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 1h30min, além de rapel de cerca de 25m. Tem como caverna a leste as Tocas Gêmeas e ao sul a Furna das Andorinhas.

Há presença de espeleotemas compostos por carbonato de cálcio (vide item 5.4.4) e cristais de aragonita, e não há presença de coquina.

FIGURA 50 – (A) Vista para nordeste da Furna da Pedra Preta, observando-se a obstrução da entrada com blocos abatidos; (B) Vista da entrada da Furna da Pedra Preta destacando-se a grande dimensão do pórtico.



Fotos: (A) Anderson Porto, maio 2014; (B) Tiago Bastos, fevereiro 2015.

A caverna está orientada no azimute 50° , possui desenvolvimento linear de 68,19m, desnível de 19,27m e pórtico de entrada com 6,72m de largura e 7,55m de altura (Fig. 50/A). A topografia foi realizada em fevereiro de 2015 com nível 4C de precisão originando o mapa topográfico da caverna (Fig. 51).

A caverna formou-se no ignimbrito, pouco soldado de textura eutaxítica porfirítica com teor médio de fenocristais fraturados de k-feldspato ($<0,5\text{mm}$), quartzo ($<0,8\text{mm}$) embaiados, anédricos e por vezes euédricos; plagioclásio (0,3mm) em pouca quantidade muito alterado para sericita; envoltos em matriz fina quartzo-feldspática, localmente com cinza muito fina e fiames ($<2,5\text{mm}$) que seguem a orientação preferencial. A lâmina exhibe aspecto argilizado e está bem alterada, os máficos estão irreconhecíveis.

A entrada da caverna apresenta grande volume de material de cone de dejeção de aproximadamente 25m de altura, oriundo do desabamento das paredes e do teto da caverna, o que “entupiu” sua entrada e fez cessar o contato da caverna com o mar (Fig. 52). O piso é cascalhoso, formado por blocos e matacões abatidos sem sinal de retrabalhamento marinho pela presença de arestas (Fig. 52 e 53).

FIGURA 51 - Mapa topográfico da Furna da Pedra Preta.

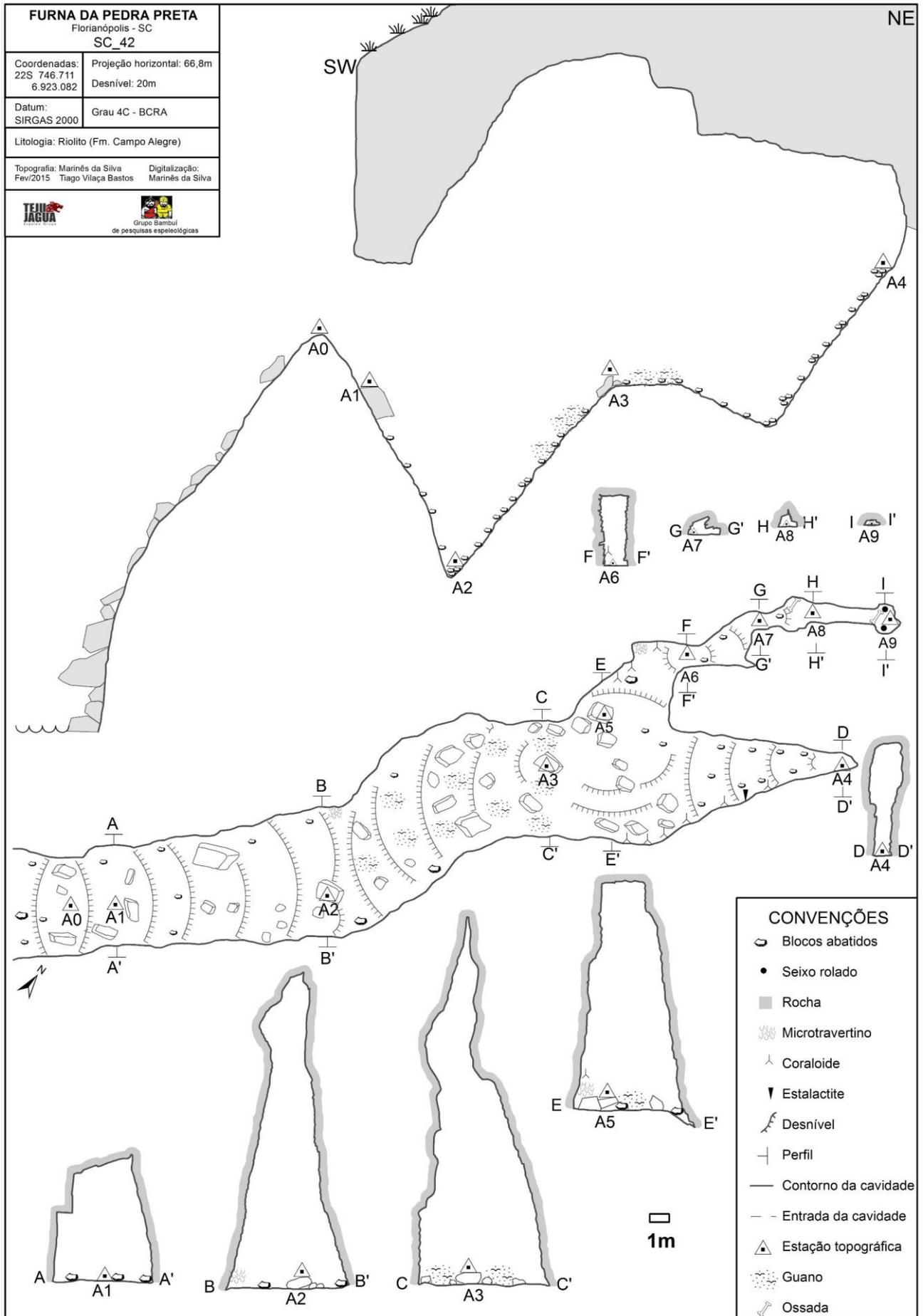
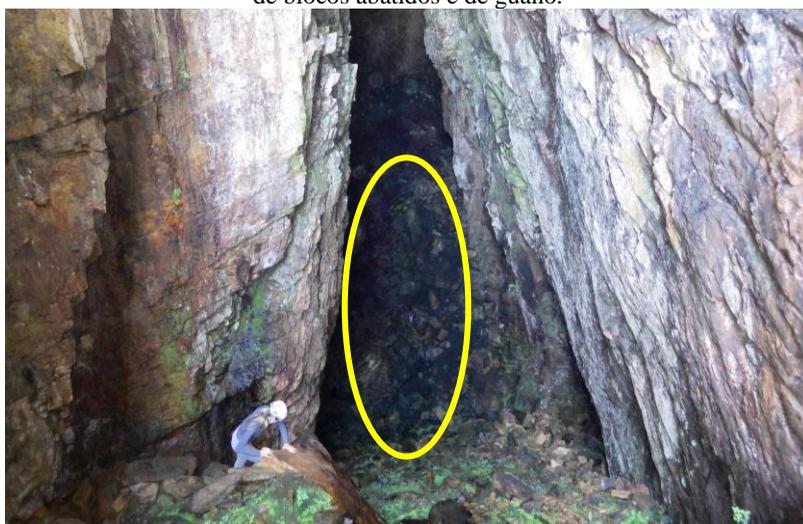


FIGURA 52 - Vista para o exterior da Furna da Pedra Preta observando-se a rampa formada a partir do abatimento de blocos e maticões do teto da caverna, fragmentos angulosos sem indicação de retrabalhamento marinho.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

FIGURA 53 – Vista para o interior da Furna da Pedra Preta observando-se a declividade produzida pelo cone de dejeção; ao fundo, destaca-se a deposição de blocos abatidos e de guano.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

5.2.2.7 Furna das Andorinhas (caverna 15/25, SC-33)

A Furna das Andorinhas (Fig. 54) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha com coquina. O acesso ocorre por trilha de 2,9km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 1h20min. Tem como caverna ao norte a Furna da Pedra Preta e ao sul a Furna do Medo.

FIGURA 54 - Vista para norte da Furna das Andorinhas.



Foto: Marinês da Silva, setembro 2017.

A caverna está orientada no azimute 70° , possui desenvolvimento linear de 38,71m, pórtico de entrada com 1,93m de largura e 8,84m de altura (Fig. 56/A), desnível de 10,14m. A topografia foi realizada em fevereiro de 2015 com nível 4C de precisão originando o mapa topográfico da caverna (Fig. 55).

A caverna desenvolveu-se no ignimbrito, observando-se veio de quartzo na rocha encaixante, medindo 0,15m de largura por 2m de comprimento contendo cristais bem desenvolvidos (Fig. 57). O piso da caverna é cascalhoso com matacões bem arredondados medindo cerca de 1m de diâmetro na entrada da caverna (Fig.56/A), reduzindo de tamanho ao adentrar-se, passando para blocos rolados e blocos angulosos de 0,15m de diâmetro em média (Fig. 56/B).

FIGURA 55 - Mapa topográfico da Furna das Andorinhas.

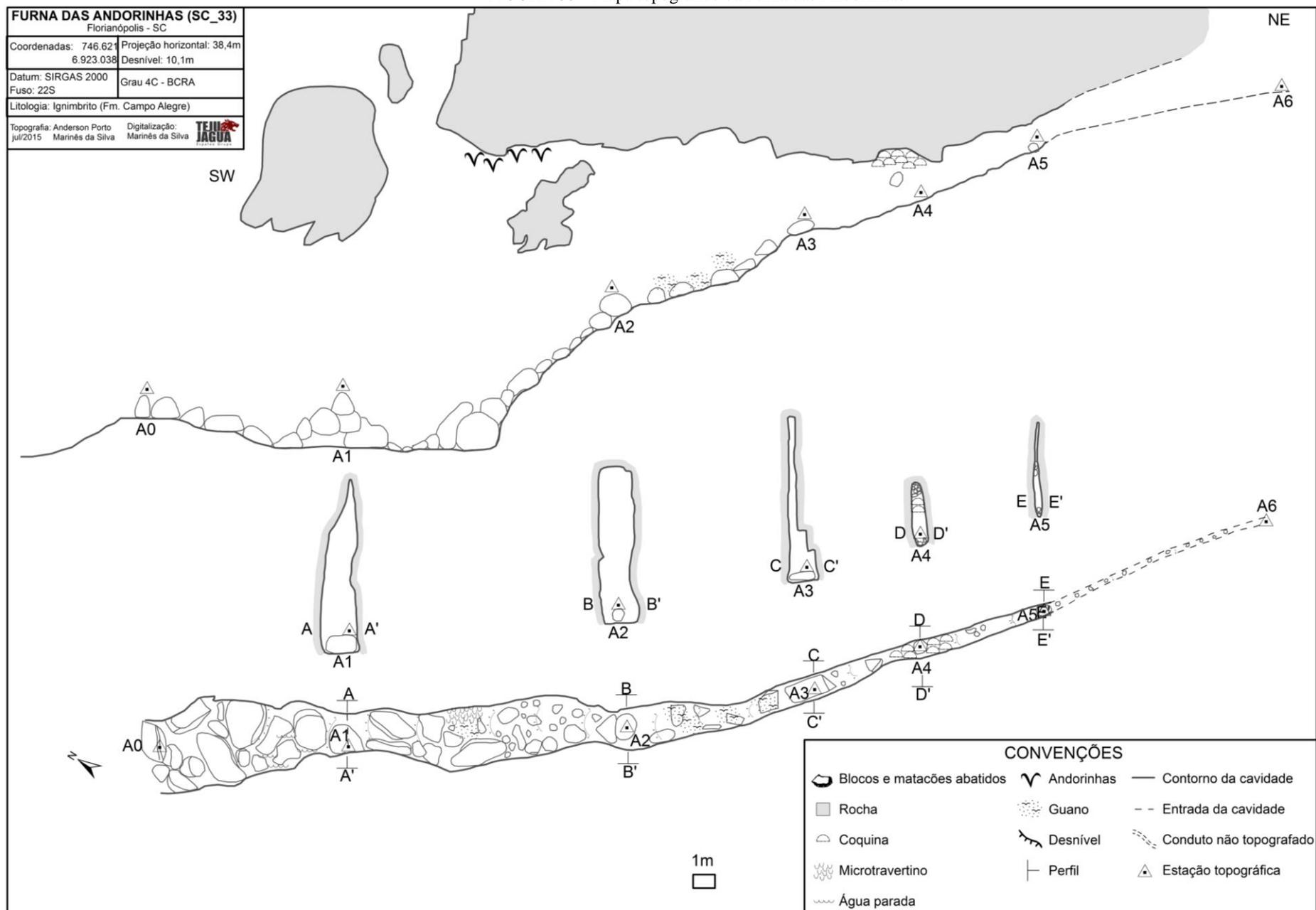
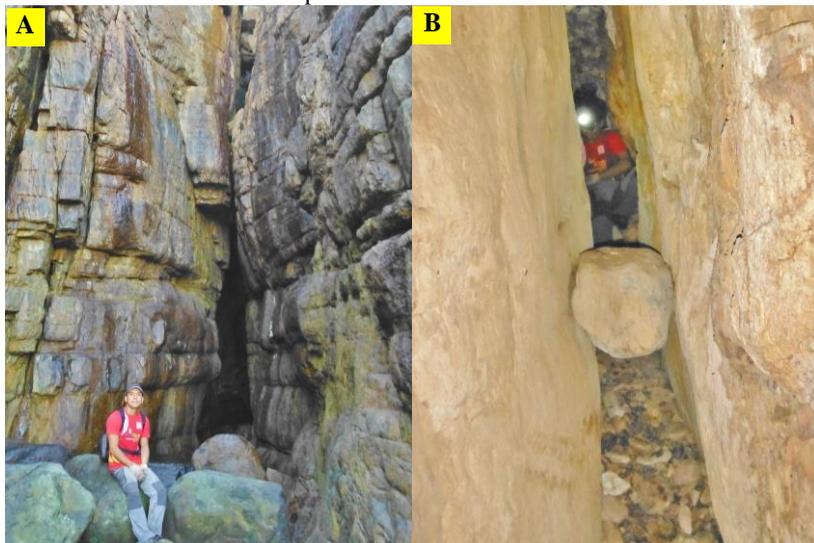
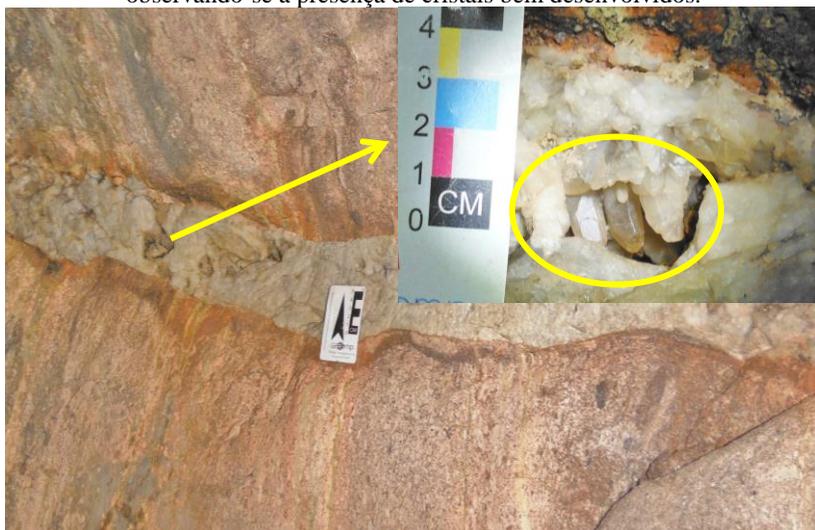


FIGURA 56 – (A) Vista para sudoeste da Furna das Andorinhas, observando-se matacões rolados na entrada da caverna; (B) Vista do interior da Furna das Andorinhas observando-se o piso cascalhoso e um bloco encaixado nas laterais.



Fotos: Marinês da Silva, julho 2015.

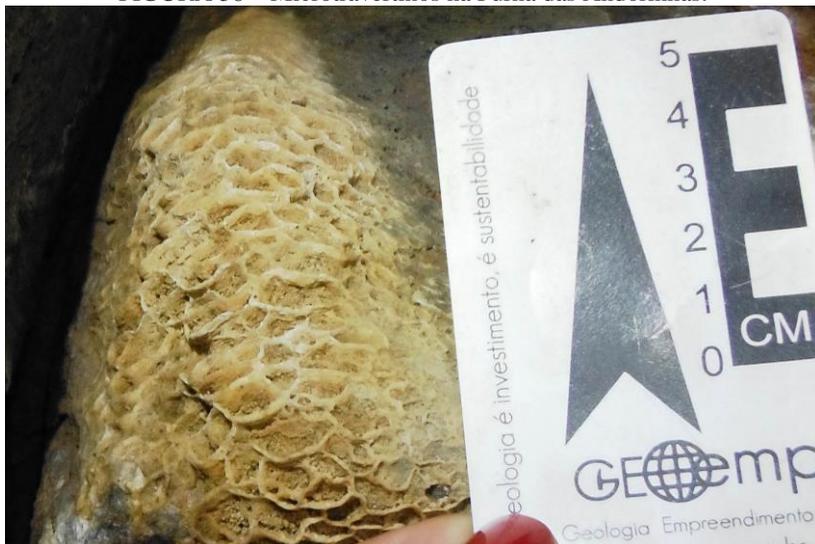
FIGURA 57 – Veio de quartzo no ignimbrito na Furna das Andorinhas, observando-se a presença de cristais bem desenvolvidos.



Fotos: Marinês da Silva, fevereiro 2015.

Há presença de coquina na caverna (vide item 5.3.3), além de espeleotemas do tipo microstalactites, coraloides e microtravertinos (Fig. 58), ambos de composição não-carbonática e escala milimétrica.

FIGURA 58 – Microtravertinos na Furna das Andorinhas.



Fotos: Marinês da Silva, fevereiro 2015.

5.2.2.8 Furna do Medo (caverna 16/25, SC-53)

A Furna do Medo (Fig. 59) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluvionar. O acesso ocorre por trilha de 2,7km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 1h00min, além de rapel de 8m. Tem como caverna ao norte a Furna das Andorinhas e a oeste a Furna do Urubu.

A Furna do Medo não foi novamente acessada para obtenção das medidas básicas por necessitar do emprego de técnicas verticais coordenado por espeleólogo experiente, o que não ocorreu devido a problemas de logística.

De acordo com o CNC, a caverna possui 15m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 2B de precisão, realizada em 2013 (CNC, 2018).

A caverna desenvolveu-se no ignimbrito e possui teto coluvionar (Fig. 64).

FIGURA 59 – Vista para nordeste da Furna do Medo.



Foto: Marinês da Silva, setembro 2017.

É possível observar do lado externo da cavidade, o preenchimento da fenda com colúvio (Fig. 60/A/B). Inclusive, a cavidade apresenta uma espécie de claraboia (Fig. 60/C) por conta do desabamento do teto coluvial, resultando em um espaço vazio.

Há presença de micro-espeleotemas do tipo estalactite (Fig. 61) de composição não-carbonática, e não há presença de coquina e espeleotemas de calcita.

O piso é cascalhoso, predominando os tamanhos seixo e bloco conforme mostra a Fig. 62.

FIGURA 60 – (A) Vista da parte superior externa da Furna do Medo: a linha tracejada amarela indica o entulhamento da fenda com colúvio; (B) O círculo amarelo destaca os blocos provenientes do material colúvio; (C) A seta amarela aponta para a abertura no teto da caverna, semelhante a uma claraboia.



Fotos: Marinês da Silva, março 2017.

FIGURA 61 - Coraloides milimétricos na Furna do Medo.

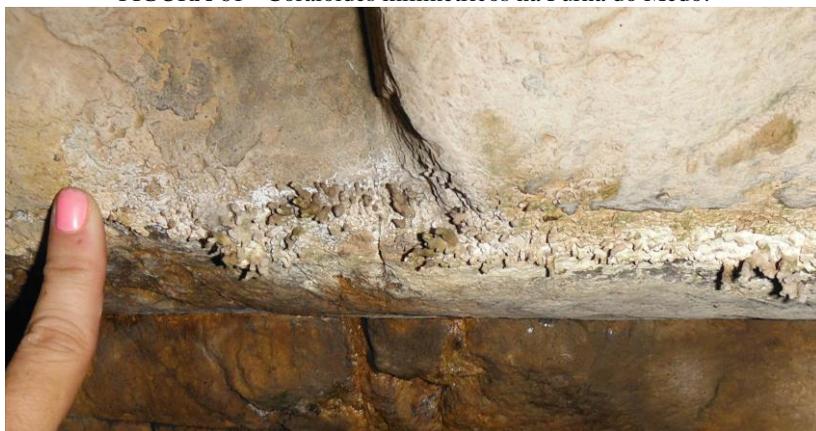


Foto: Marinês da Silva, março 2017.

FIGURA 62 - Vista da porção medial da Furna do Medo observando-se a estreita morfologia e o piso cascalhoso.

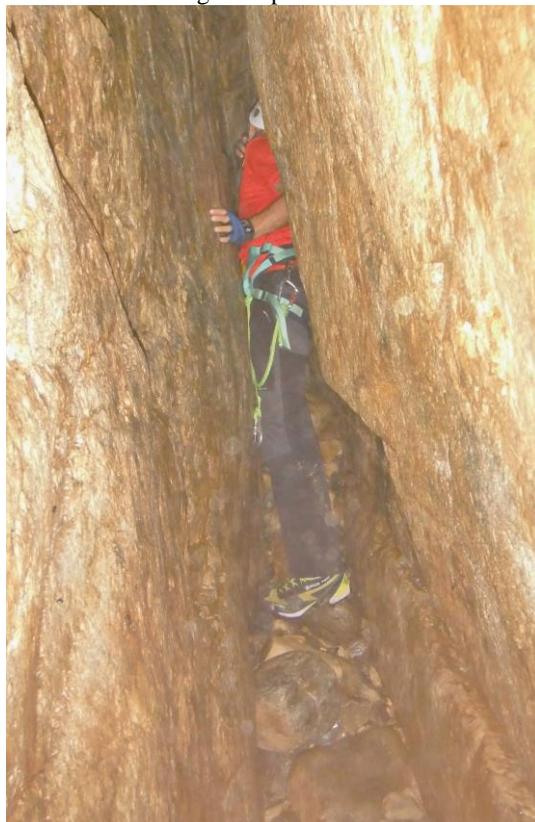


Foto: Marinês da Silva, março 2017.

5.2.2.9 Furna do Urubu (caverna 17/25, SC-34)

A Furna do Urubu (Fig. 63/A) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha. O acesso ocorre por trilha de 2,6km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 50min. Tem como caverna a leste a Furna do Medo e ao norte a Furna do Pântano do Sul.

A Furna do Urubu não foi acessada para obtenção das medidas básicas por problemas de logística. De acordo com o CNC, a caverna possui 12m de desenvolvimento linear, medida obtida através de topografia com grau 2B de precisão, realizada em 2013 (CNC, 2018).

FIGURA 63 – (A) Vista para norte da Furna do Urubu; (B) Vista para o exterior da Furna do Urubu, observando-se o formato estreito e o piso cascalhoso.



Fotos: Marinês da Silva, junho 2017.

A caverna se desenvolveu no ignimbrito e o piso é cascalhoso, predominando os tamanhos bloco e matacão (Fig. 63/B).

Há presença de espeleotemas do tipo micro-estalactite (Fig. 64), de composição mineralógica não carbonática. Não há presença de coquina e espeleotemas de calcita.

FIGURA 64 – Estalactites de dimensão milimétrica na Furna do Urubu.



Foto: Marinês da Silva, junho 2017.

5.2.2.10 Furna do Pântano do Sul (caverna 18/25, SC-30)

A Furna do Pântano do Sul (Fig. 65/A) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de caverna uma marinha com espeleotemas de calcita. O acesso ocorre por trilha de 2,5km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 40min. Tem como caverna ao sul a Furna do Urubu e ao norte a Toca do Pântano do Sul (Fig. 68).

A caverna está orientada no azimute 30° , possui desenvolvimento linear de 13,75m, pórtico de entrada com 4,95m de largura e 10,85m de altura (Fig. 65/A). A topografia foi realizada em maio de 2017 com nível 4C de precisão originando o mapa topográfico da Fig. 66.

Dentre as rochas presentes estão ignimbrito e uma intrusão de diabásio, sugerindo o desenvolvimento da caverna por diferencial da intrusão. O diabásio se apresenta como vidro vulcânico.

O piso é cascalhoso formado de matacões com bom grau de arredondamento (Fig. 65/B). Há presença de espeleotema de composição carbonática (vide item 5.4.5) do tipo coraloide, estalactite, cortina, microtravertino e escorrimento, e não há presença de coquina.

FIGURA 65 – (A) Vista para nordeste da Furna do Pântano do Sul; (B) Vista da Furna do Pântano do Sul, observando-se o piso com matacões rolados em meio a blocos e seixos com baixo grau de arredondamento, indicando terem sido abatidos do teto ou das laterais em tempo mais recente.



Fotos: Marinês da Silva, maio 2017.

5.2.2.11 Toca do Pântano do Sul (caverna 19/25, SC-32)

A Toca do Pântano do Sul (Fig. 67 e 68) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluvionar. O acesso ocorre por trilha de 2,4km partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 35min, e seu acesso requer o auxílio de corda numa descida de aproximadamente 4m. Tem como caverna ao sul a Furna do Pântano do Sul e a oeste a Furna da Ponta do Marisco (Fig. 71 e 77).

FIGURA 66 - Mapa topográfico da Furna do Pântano do Sul.

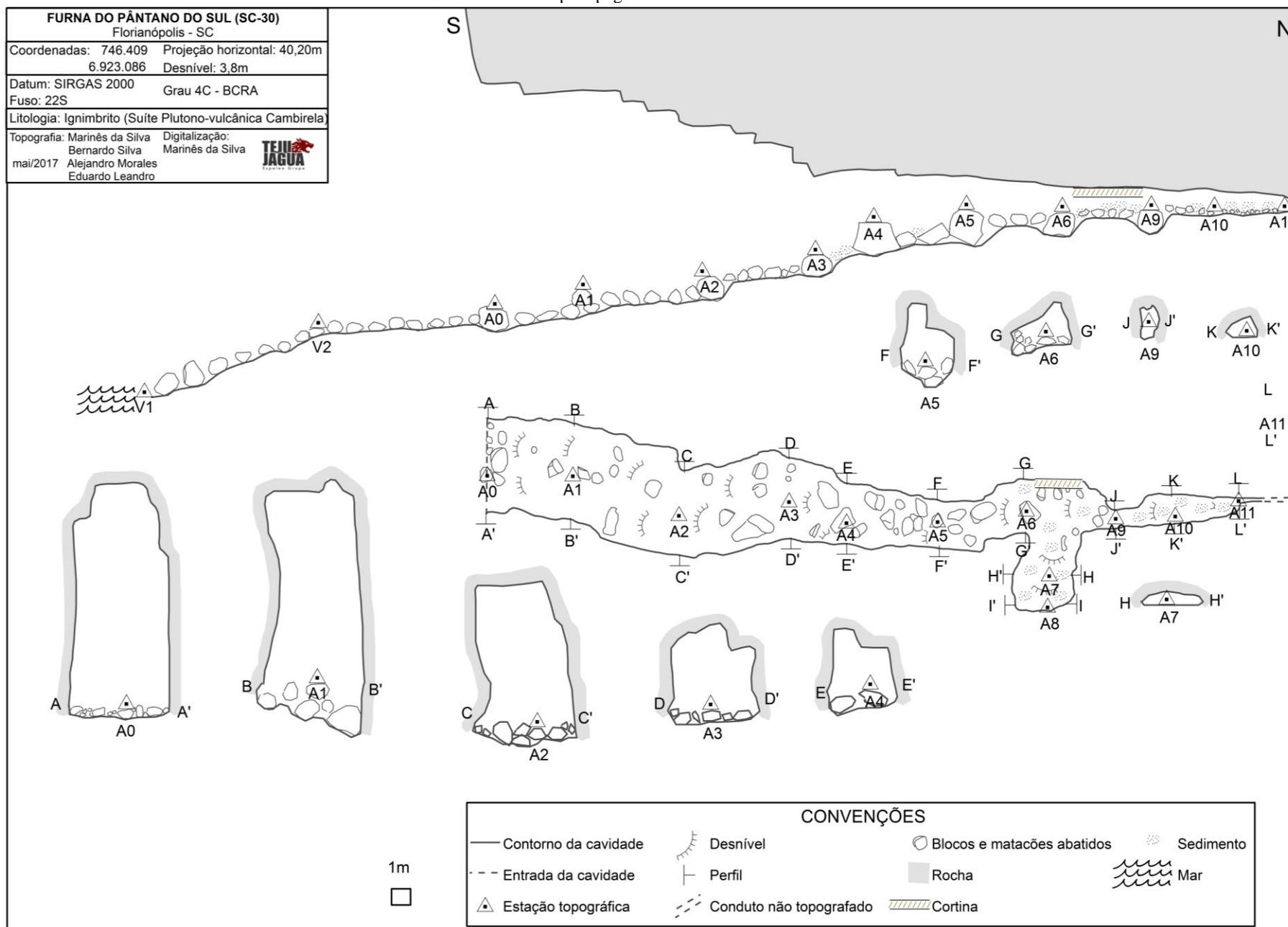


FIGURA 67 – Vista para nordeste da Toca do Pântano do Sul, observando-se a cavidade formada após o entulhamento de uma fenda por material coluvial, além do piso cascalhoso.

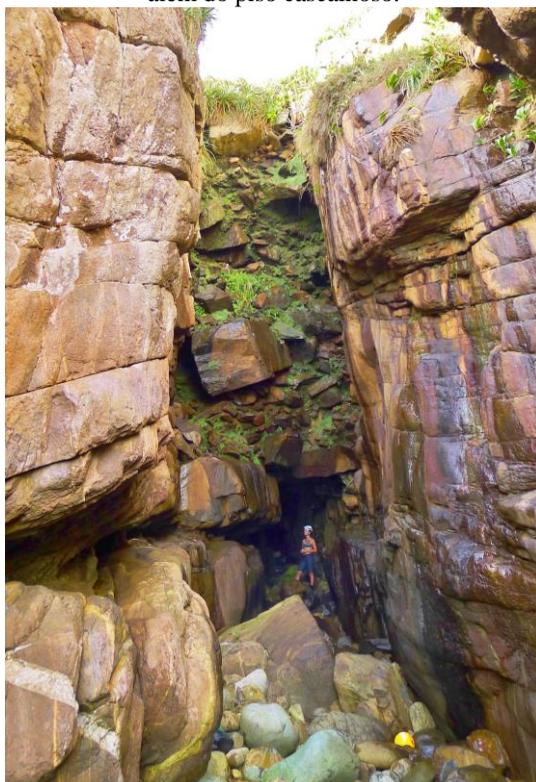


Foto: Alejandro Ballester, maio 2017.

A caverna está orientada no azimute 67° , possui desenvolvimento linear de aproximadamente 18,40m, pórtico de entrada com 2,78m de largura e 3m de altura (Fig. 69). A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

A caverna se formou no ignimbrito, o piso é cascalhoso formado de matações com baixo grau de arredondamento com dimensão média de 0,40m. O teto da caverna é coluvionar, sendo possível observar o entupimento da fenda por material coluvionar na Fig. 67, e a transição entre as laterais rochosas e o teto sedimentar no interior da caverna (Fig. 69). Não há presença de espeleotemas de calcita e coquina.

FIGURA 68 - Vista para nordeste da Toca do Pântano do Sul (a esquerda) e Furna do Pântano do Sul (a direita).



Foto: Marinês da Silva, setembro 2014.

FIGURA 69 - Vista da Toca do Pântano do Sul observando-se a lateral direita formada de ignimbrito e a transição para o teto formado de material coluvionar.



Foto: Rodrigo Dalmolin, abril 2018.

5.2.2.12 Furna da Ponta do Marisco (caverna 20/25, SC-36)

A Furna da Ponta do Marisco (Fig. 70) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluvionar. O acesso ocorre por trilha de 1,2km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 22min. Tem como caverna a leste a Toca do Pântano do Sul e a oeste a Furna das Flores. A Furna da Ponta do Marisco é a primeira de uma sequência de 4 cavernas muito próximas umas das outras, conforme pode ser observado na Fig. 71 e 77.

FIGURA 70 – Vista para nordeste da Furna da Ponta do Marisco.

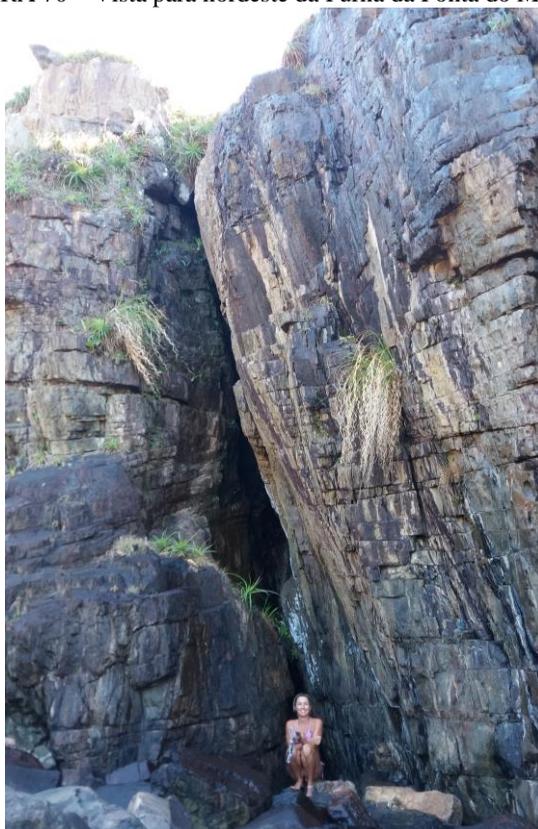


Foto: Gisele Pereira, novembro 2017.

FIGURA 71 - Vista para nordeste do costão do Pântano do Sul, observando-se a Furna da Ponta do Marisco, Furna das Flores, Furna do Arco e Toca da Ponta do Marisco.



Foto: Marinês da Silva, maio 2014.

A caverna está orientada no azimute 103° , possui desenvolvimento linear de 9,03m, pórtico de entrada com 0,42m de largura e 9,08m de altura. A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

As laterais são constituídas de riolito, o teto é coluvionar e o piso é cascalhoso com blocos abatidos angulosos e seixos com algo grau de arredondamento.

Há presença de espeleotemas do tipo coraloide (Fig. 72/A), microtravertino, estalactite (Fig. 72/B) e estalagmite de composição mineralógica possivelmente sílica. Não há presença de coquina.

FIGURA 72 - Espeleotemas da Furna da Ponta do Marisco: (A) Coraloides; (B) Estalactite.



Fotos: Marinês da Silva, novembro 2017.

5.2.2.13 Furna das Flores (caverna 21/25, SC-38)

A Furna das Flores (Fig. 73) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinha. O acesso ocorre por trilha de 1,19km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 20min. Tem como caverna a leste a Furna da Ponta do Marisco e a oeste a Furna do Arco (Fig. 71 e 77).

A caverna está orientada no azimuth 50° , possui desenvolvimento linear de 17,78m, pórtico de entrada com 3,7m de largura e 12,33m de altura (Fig. 73). A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

Dentre as rochas presentes estão o riolito e uma intrusão de diabásio na lateral direita da caverna. O teto é coluvial da entrada até a porção medial, prosseguindo o riolito até o setor terminal.

O piso é cascalhoso constituído de matações e blocos abatidos angulosos da entrada até o setor medial da caverna, e seixos e blocos arredondados no setor terminal sugerindo erosão costeira (Fig. 74). Não há presença de coquina e espeleotemas.

FIGURA 73 - Vista para nordeste da Furna das Flores observando-se o teto coluvionar e o piso cascalhoso.

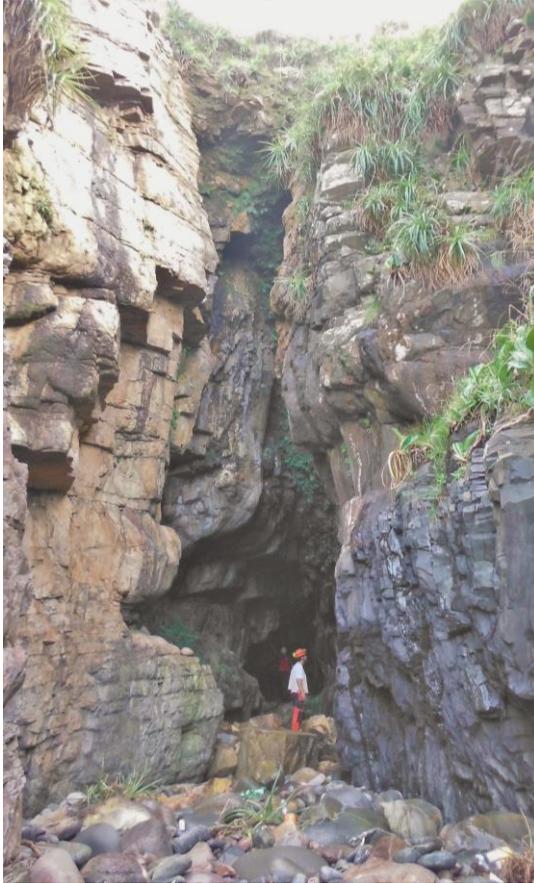


Foto: Marinês da Silva, março 2017.

FIGURA 74 - Piso cascalhoso no setor terminal da Furna das Flores, composto de seixos e blocos com alto grau de arredondamento e polimento.



Foto: Marinês da Silva, novembro 2017.

5.2.2.14 Furna do Arco (caverna 22/25, SC-35)

A Furna do Arco (Fig. 75) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna desenvolvida a partir de fraturas e acamadamentos sub-horizontais no ignimbrito tendo assumido forma de arco. O acesso ocorre por trilha de 1,18km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 18min. Tem como caverna a leste a Furna das Flores e a oeste a Toca da Ponta do Marisco (Fig. 71 e 77).

A caverna está orientada no azimute 103° , possui desenvolvimento linear de 12,21m, pórtico de entrada com 5,34m de largura e 5,44m de altura (Fig. 75). A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

A caverna se desenvolveu no riolito, que compõe o teto e as paredes. O piso é cascalhoso, constituído por seixos e blocos com alto grau de arredondamento decorrente da erosão costeira, ainda atuante, formando uma praia cascalhosa até a porção medial da caverna (Fig. 76). Não há coquina e espeleotemas.

FIGURA 75 – Vista para nordeste da Furna do Arco, observando-se a abertura no fundo da caverna caracterizando um arco.



Foto: Marinês da Silva, maio 2014.

FIGURA 76 – Vista para nordeste da Furna do Arco onde o desenvolvimento linear culmina em fundo aberto, caracterizando um arco; observa também o piso cascalhoso constituído de seixos e blocos com alto grau de arredondamento e polimento decorrente de erosão costeira agindo no momento presente.



Fotos: (A) Marinês da Silva, março 2017.

5.2.2.15 Toca da Ponta do Marisco (caverna 23/25, sem cadastro)

A Toca da Ponta do marisco (Fig. 77) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna desenvolvida a partir de fraturas e acamadamentos sub-horizontais no ignimbrito. O acesso ocorre por trilha de 1,15km de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 20min. Tem como caverna a leste a Furna do Arco e ao norte a Toca da Nega. A Toca da Ponta do marisco é a última da sequência de 4 cavernas muito próximas (Fig. 71 e 77).

A caverna está orientada no azimute 75° , possui desenvolvimento linear de 6,94m, pórtico de entrada com 8,29m de largura e 2,49m de altura. A topografia não foi realizada, tendo sido extraídas medidas principais com trena a laser e bússola geológica e anotadas durante o campo.

A caverna formou-se no riolito, possui teto rochoso com diáclases praticamente horizontais sendo possível observar matações abatidos em forma de placas tabulares (Fig. 79/A). O piso é rochoso com presença de blocos e matações angulosos (Fig. 79/A).

FIGURA 77 - Vista para nordeste observando-se a Toca da Ponta do Marisco e cavernas adjacentes.



Foto: Rodrigo Dalmolin, dezembro 2017.

Há presença de micro-espeleotemas do tipo estalactite e estalagmite (Fig. 79/B) de composição mineralógica não carbonática. Não há presença de coquina. A cavidade se encontra em processo de formação e está submetida à abrasão marinha em períodos de ressaca, conforme presenciado em agosto de 2017 (Fig. 78).

FIGURA 78 - Vista para sudoeste da entrada da Toca da Ponta do Marisco observando-se a atuação das ondas em evento de ressaca, o mar cobre o depósito de cascalho presente na boca, depósito este visível na Fig. 81.



Foto: Marinês da Silva, agosto 2017.

FIGURA 79 – (A) Vista para o interior da Toca da Ponta do Marisco observando-se o teto rochoso e blocos abatidos com baixo grau de arredondamento, e ao fundo à direita, dois matacões abatidos apresentando formato tabular sugerindo deslocamento recente do teto da caverna; (B) Estalagmite milimétrica não-carbonática na Toca da Ponta do Marisco.



Fotos: (A) Rodrigo Dalmolin, dezembro 2017; (B) Marinês da Silva, dezembro 2017.

5.2.2.16 Toca da Nega (caverna 24/25, SC-44)

A Toca da Nega (Fig. 80) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluvionar. O acesso ocorre por trilha de 810m de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 15min. Tem como caverna ao sul a Toca da Ponta do Marisco e ao norte a Furna dos Morcegos.

FIGURA 80 – Vista para nordeste da Toca da Nega.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

A caverna está orientada no azimute 200° , possui desenvolvimento linear de 15,52m, pórtico de entrada com 4,36m de largura e 3,1m de altura (Fig. 80). A topografia foi realizada em março de 2017 com nível 4C de precisão (Fig. 83, 84 e 85).

A caverna foi formada no ignimbrito, possui teto coluvionar e piso cascalhoso, no qual predomina o tamanho matacão (Fig. 81).

A entrada da caverna possui deposição de grande quantidade de blocos e matações (Fig. 80) possivelmente decorrente de erosão remontante.

Há presença de micro-espeleotemas do tipo coraloide (Fig. 82) de composição mineralógica não carbonática. Não há espeleotemas de composição carbonática e nem coquina.

FIGURA 81 – Vista para o exterior da Toca da Nega observando-se as laterais de ignimbrito, o piso cascalhoso com matacões de grande dimensão e o teto coluvionar



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

FIGURA 82 – Micro-coraloides na Toca da Nega.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

Figura 83 – Croqui da Toca da Nega (planta baixa: Lucas Bampi, março 2017).

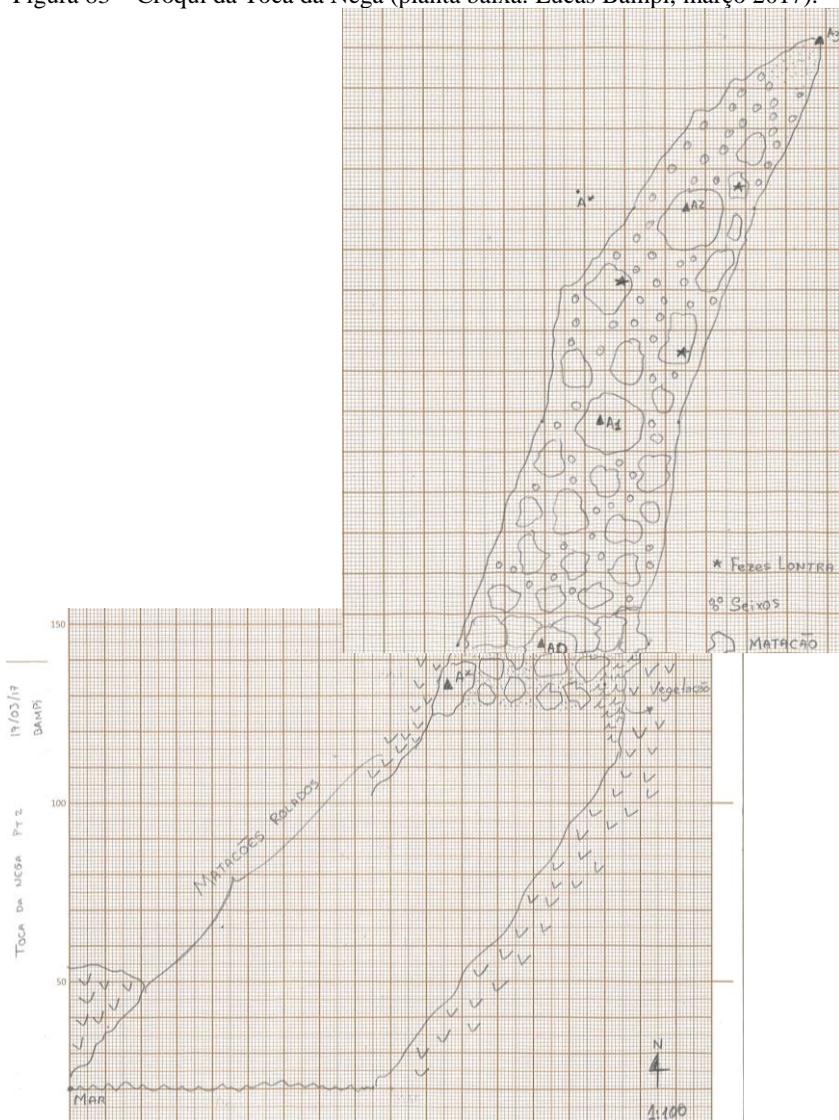
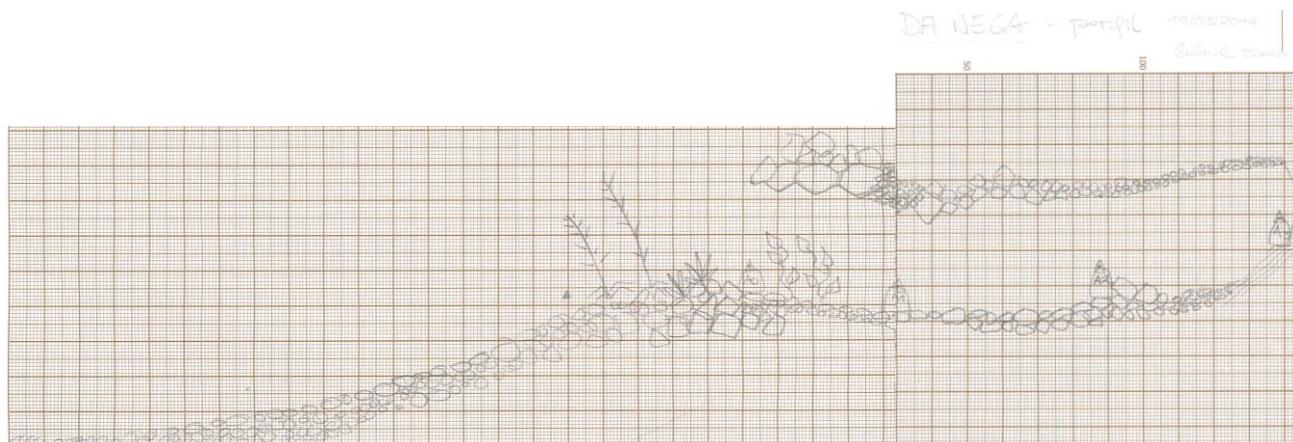


Figura 85 – Croqui da Toca da Nega (perfil longitudinal: Gabriel Bueno, março 2017).



5.2.2.17 Furna dos Morcegos (caverna 25/25, SC-43)

A Furna dos Morcegos (Fig. 86) pertence ao setor 2 da área de estudo e trata-se de uma caverna marinho-coluvionar. O acesso ocorre por trilha de 660m de distância partindo da Praia do Pântano do Sul, com duração de aproximadamente 10min. Tem como caverna ao sul a Toca da Nega e representa o limite norte do setor 2 da área de estudo.

FIGURA 86 – Vista para nordeste da Furna dos Morcegos observando-se o teto coluvionar.

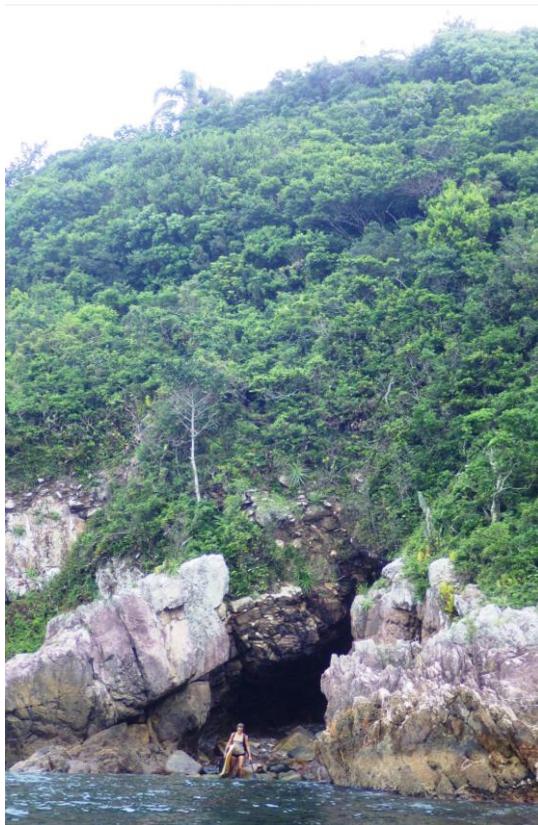


Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

A caverna está orientada no azimute 225° , possui desenvolvimento linear de 17,45m, pórtico de entrada com 4,13m de largura e 4,86m de altura.

A topografia foi realizada em março de 2017 com nível 4C de precisão (Fig. 88, 89 e 90).

A caverna se desenvolveu em ignimbrito porfírico com fenocristais de k-feldspato (1,8mm) subédricos a anédricos alterados para sericita; fenocristais de quartzo (<1,5mm) anédricos, alguns euédricos, todos embaiados e imersos numa matriz altamente recristalizada em algumas porções que se intercalam caoticamente com porções mais finas, fragmentos de autólitos, sistema de altíssima sílica.

Há presença de veios de quartzo no ignimbrito, o maior medindo cerca de 0,1m de largura por cerca de 1m de comprimento.

O teto é coluvionar, sendo possível observar o entupimento da fenda. O piso é cascalhoso, predominando na entrada os tamanhos seixo e matacão (Fig. 87) e, no setor terminal, o tamanho bloco.

FIGURA 87 – Vista da entrada da Furna dos Morcegos observando-se o piso composto de matações e seixos: detalhe para seixos redondos e polidos.



Fotos: Tiago Bastos, 2015.

Há espeleotemas do tipo coraloide, estalactite (Fig. 91) e microtravertino (Fig. 92), ambos com coloração esbranquiçada, dimensão centimétrica e composição não-carbonática. Não há espeleotemas de calcita e nem coquina.

Figura 88 – Croqui da Toca da Furna dos Morcegos (planta baixa: Lucas Bampi, março 2017).

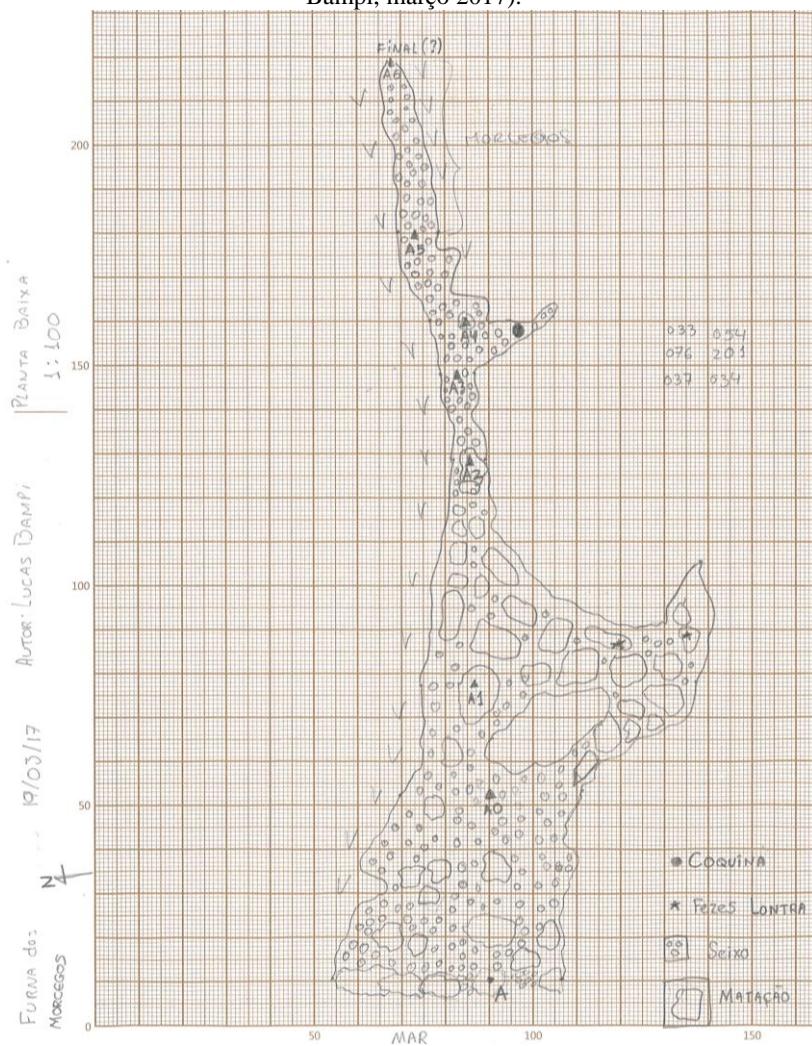


Figura 89 – Croqui da Furna dos Morcegos (cortes transversais: Cláudio Almeida Fiuza, março 2017).

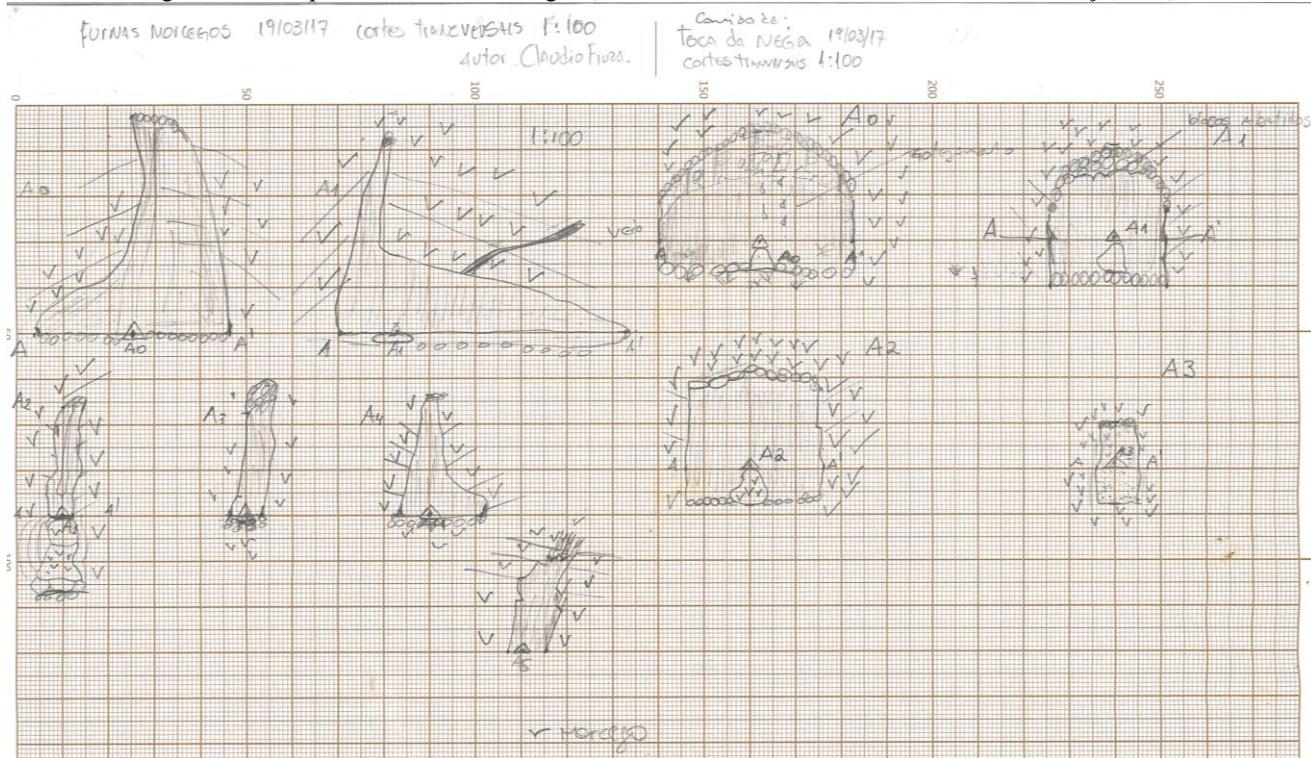


Figura 90 – Croqui da Toca da Furna dos Morcegos (perfil longitudinal: Marinês da Silva, março 2017).

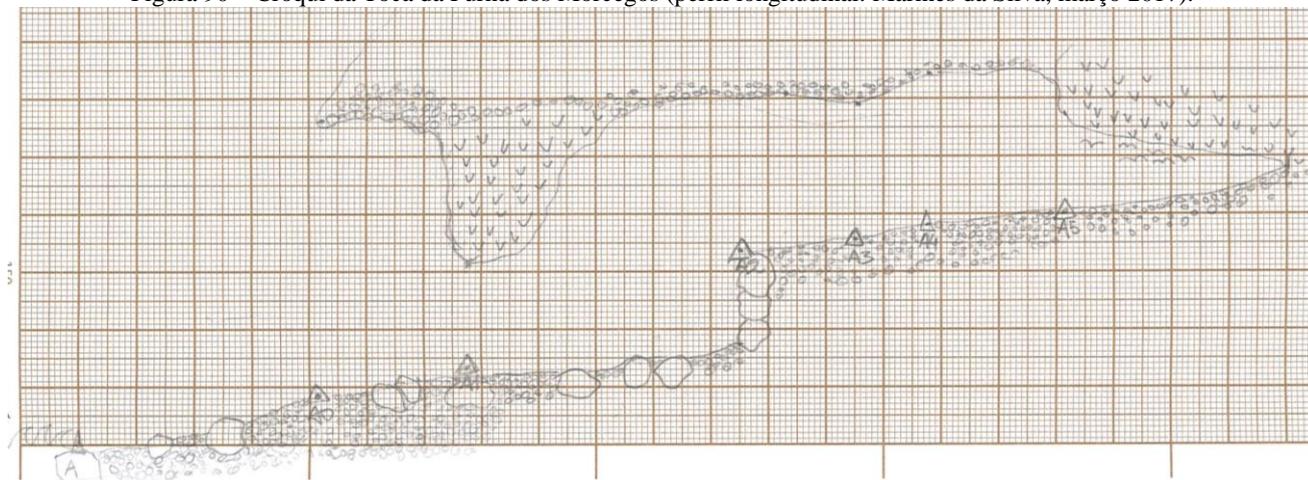


FIGURA 91 – Microestalactites na Furna dos Morcegos.



Foto: Marinês da Silva, fevereiro 2015.

FIGURA 92 – Microtravertinos na Furna dos Morcegos.



Fotos: Tiago Bastos, 2015.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DAS COQUINAS

A coquina está presente em três cavernas: Gruta do Matadeiro, Furna da Lagoinha do Leste e Furna das Andorinhas. Este item apresenta as informações obtidas nos depósitos *in situ* e com base nas amostras coletadas.

5.3.1 Coquina da Gruta do Matadeiro

A coquina da Gruta do Matadeiro está depositada no setor terminal da caverna, a 158m de distância da linha de costa, conforme expõe a Fig. 94. Acredita-se que a coquina recobria todo o piso no fundo e que a erosão costeira tenha removido a porção central, resultando numa parte residual do depósito, ou seja, apenas as “bordas” de um depósito maior (Fig. 93).

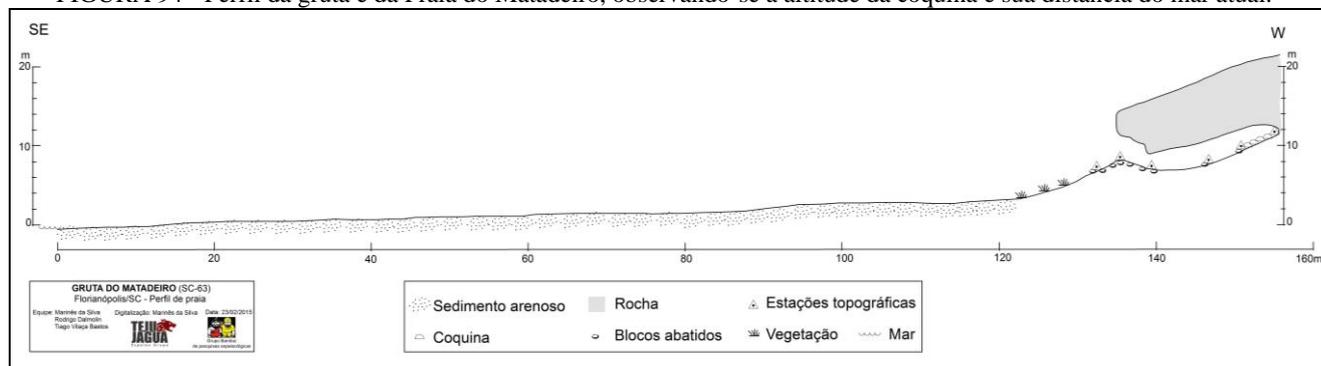
FIGURA 93 - Vista para o interior da Gruta do Matadeiro indicado por círculos os locais de deposição de coquina.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

Esse depósito, em especial, sofreu diagênese, constituindo uma rocha sedimentar de coloração esbranquiçada e textura conglomerática composta por seixos, areia e biodetritos em matriz de cimento carbonático (Fig. 95).

FIGURA 94 - Perfil da gruta e da Praia do Matadeiro, observando-se a altitude da coquina e sua distância do mar atual.



Os seixos são constituídos de diabásio com bom grau de arredondamento (Fig. 95/A e 96) e diâmetro máximo de 10cm, contendo também fragmentos angulosos de menor dimensão, grãos de quartzo no tamanho areia e abundância de biodetritos com poucas conchas intactas (Fig. 95/B e 96).

Em análise microscópica, observou-se um fóssil, possivelmente de briozóário (Fig. 97).

FIGURA 95 – (A) Depósito de coquina na lateral esquerda da Gruta do Matadeiro; (B) Detalhe da coquina da Gruta do Matadeiro com conchas bem preservadas.



Fotos: (A) Marinês da Silva, outubro 2014; (B) Tiago Bastos, fevereiro 2015.

FIGURA 96 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Gruta do Matadeiro, observando-se um seixo de diabásio e biodetritos em matriz de cimento carbonático.

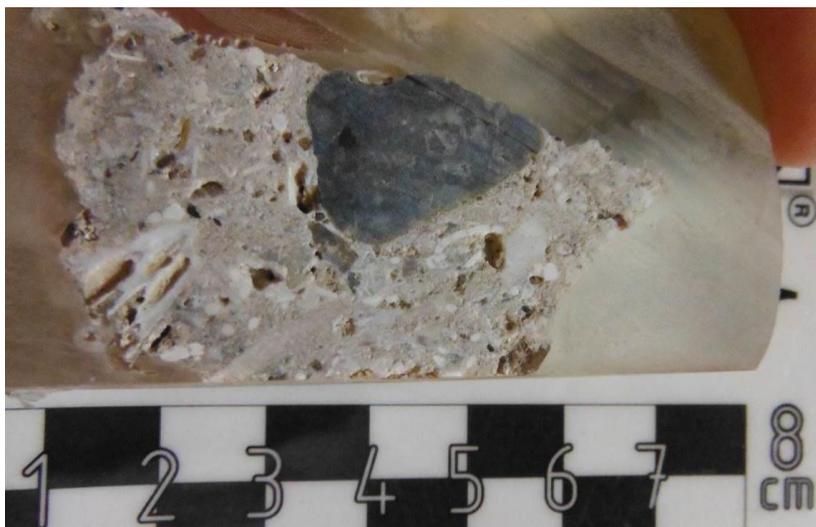


Foto: Marinês da Silva, julho 2017.

FIGURA 97 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Gruta do Matadeiro, tendo sido identificado um fóssil, possivelmente de briozoário.

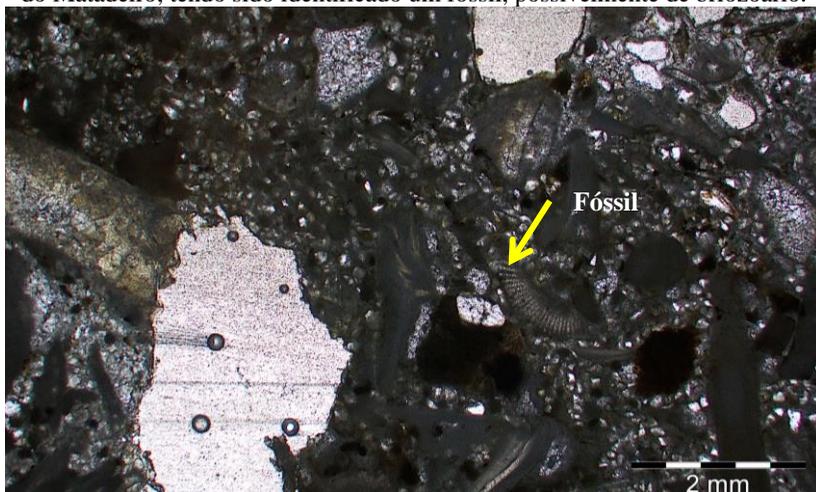


Foto: William Sallun Filho, setembro 2016.

5.3.2 Cozinha da Furna da Lagoinha do Leste

A cozinha da Furna da Lagoinha do Leste está depositada no setor terminal da caverna, no piso (Fig. 98), distante 21,2m da linha de costa e a 7,6m de altitude.

FIGURA 98 - Vista para o interior da Furna da Lagoinha do Leste observando-se a deposição de cozinha no fundo da caverna indicado por uma seta.



Foto: Marinês da Silva, agosto 2017.

O depósito mede aproximadamente 0,25m de espessura e é constituído por grão de quartzo no tamanho areia (Fig. 102), biodetritos e clastos em meio aos blocos que compõem o piso da caverna (Fig. 99). Também apresenta poucas conchas intactas, das quais foram removidas amostras para datação (Fig. 100).

Esse depósito não sofreu diagênese e constitui um material extremamente friável, de coloração amarelada e textura arenosa.

Os seixos da amostra são constituídos de ignimbrito, possuem formato anguloso e diâmetro máximo de 1cm (Fig. 101).

FIGURA 99 – Coquina da Furna da Lagoinha do Leste em meio aos blocos do piso da caverna.



Foto: Marinês da Silva, agosto 2015

FIGURA 100 – Conchas extraídas da coquina da Furna da Lagoinha do Leste.

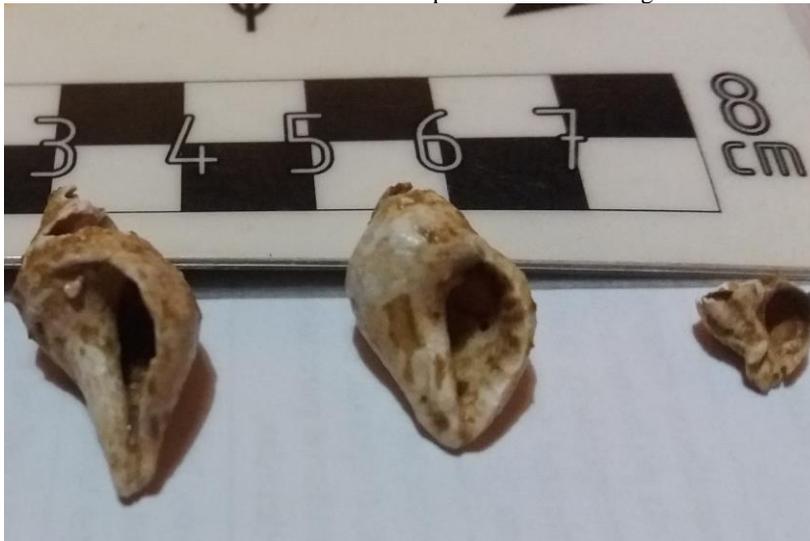


Foto: Marinês da Silva, agosto 2017.

FIGURA 101 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Furna da Lagoinha do Leste, observando-se clastos de rocha e biodetritos.



Foto: Marinês da Silva, julho 2017.

FIGURA 102 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Furna da Lagoinha do Leste observando-se um seixo e muitos grãos de quartzo.

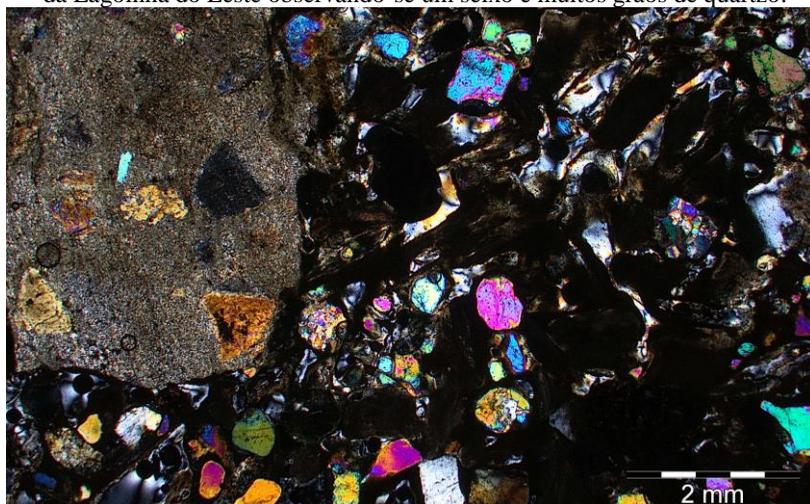


Foto: William Sallun Filho, setembro 2016.

5.3.3 Coquina da Furna das Andorinhas

A coquina da Furna das Andorinhas está depositada no setor medial da caverna, no teto (Fig. 103), distante 48,8m da linha de costa e a 14,8m de altitude.

FIGURA 103 - Vista para o exterior da Furna das Andorinhas observando-se a deposição de coquina na porção medial da caverna, junto ao teto.



Foto: Marinês da Silva, julho 2015.

O depósito mede aproximadamente 0,4m de espessura e é constituído de grãos de quartzo no tamanho areia, biodetritos, clastos angulosos de ignimbrito, além de poucas conchas intactas (figuras 104 e 105). Esse depósito não sofreu diagênese e constitui um material friável, de coloração esbranquiçada e textura conglomerática.

FIGURA 104 – Coquina da Furna das Andorinhas apresentando conchas intactas.



Fotos: Marinês da Silva, julho 2015.

FIGURA 105 - Amostra de coquina (após impregnação com resina) da Furna das Andorinhas, observando-se clastos de rocha e biodetritos.



Foto: Marinês da Silva, julho 2017.

Em análise microscópica, observou-se uma concha de bivalve (Fig. 106).

FIGURA 106 - Fotografia microscópica de lâmina delgada da coquina da Furna das Andorinhas, tendo sido identificada uma concha de bivalve.

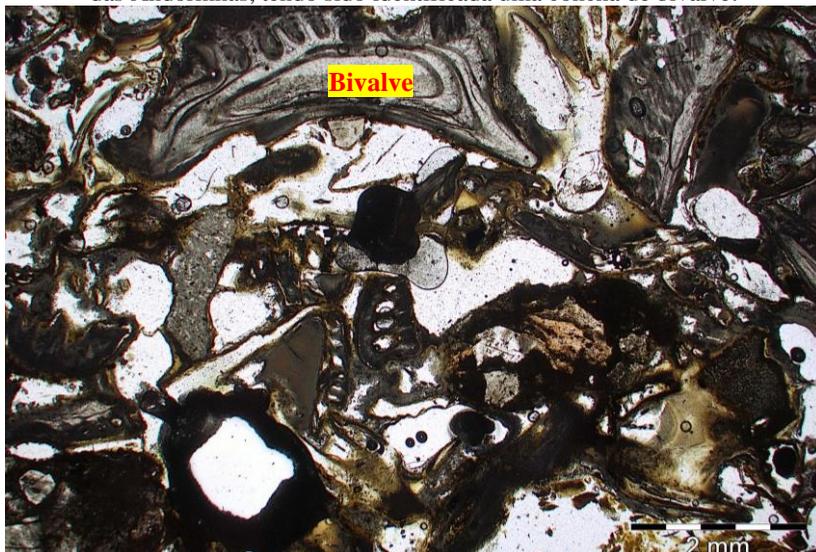


Foto: William Sallun Filho, setembro 2016.

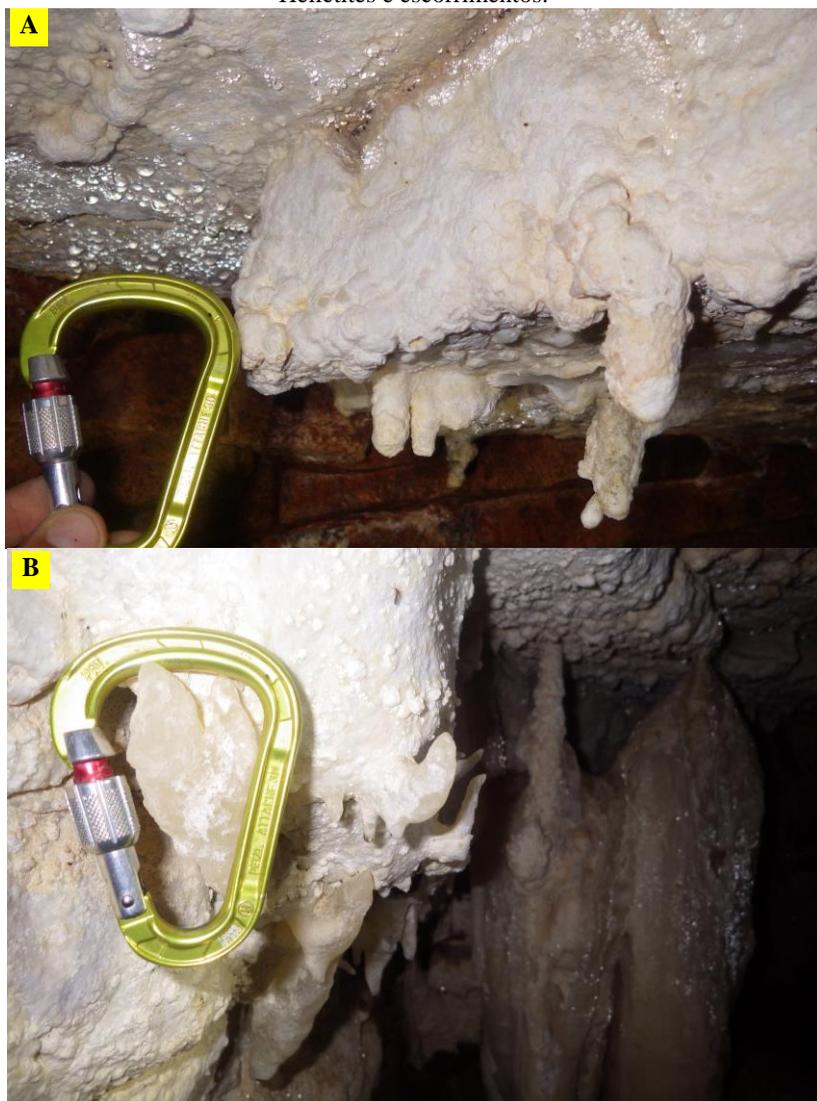
5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS ESPELEOTEMAS DE CALCITA

Os espeleotemas compostos por carbonato de cálcio estão presente em cinco cavernas: Furna Preta, Furna do Gravatá, Toca da Baleia, Furna da Pedra Preta e Furna do Pântano do Sul. Este item apresenta as informações obtidas nos depósitos *in situ* e com base nas amostras coletadas.

5.4.1 Espeleotemas da Furna Preta

Os espeleotemas da Furna Preta estão situados no setor terminal da caverna, distantes 30m da linha de costa e em altitudes de 13m e 14m. São compostos de calcita, possuem cor branca e apresentam formas variadas que incluem coraloides, estalactites (Fig. 107/A), escorrimentos e helictites (Fig. 107/B). Na Furna Preta está presente o maior espeleotema carbonático encontrado na Ilha de Santa Catarina.

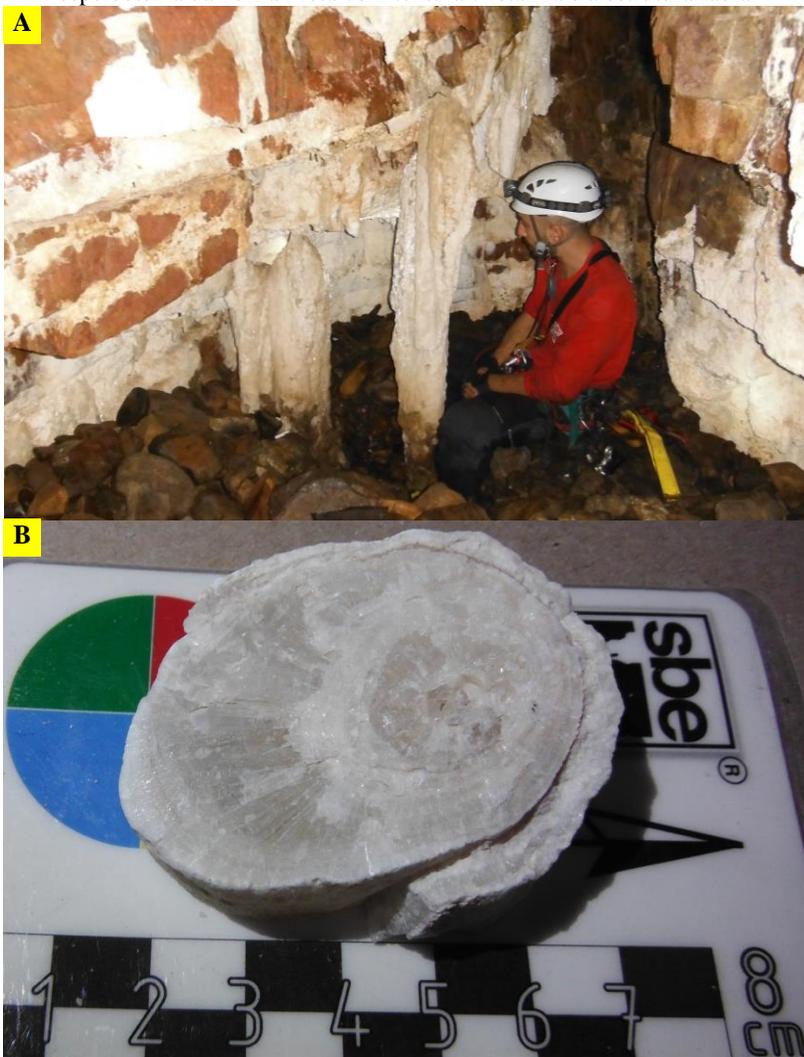
FIGURA 107 – Vista para o setor terminal da Furna Preta observando-se a variedade de espeleotemas de calcita: (A) Estalactites e coraloides; (B) Helictites e escorrimentos.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

Uma estalactite (Fig. 108/A) com cerca de 1,45m de altura, 0,63m de diâmetro na parte superior e 0,33m de diâmetro na parte inferior, apresenta aspecto cristalino e estrutura radial (Fig. 108/B).

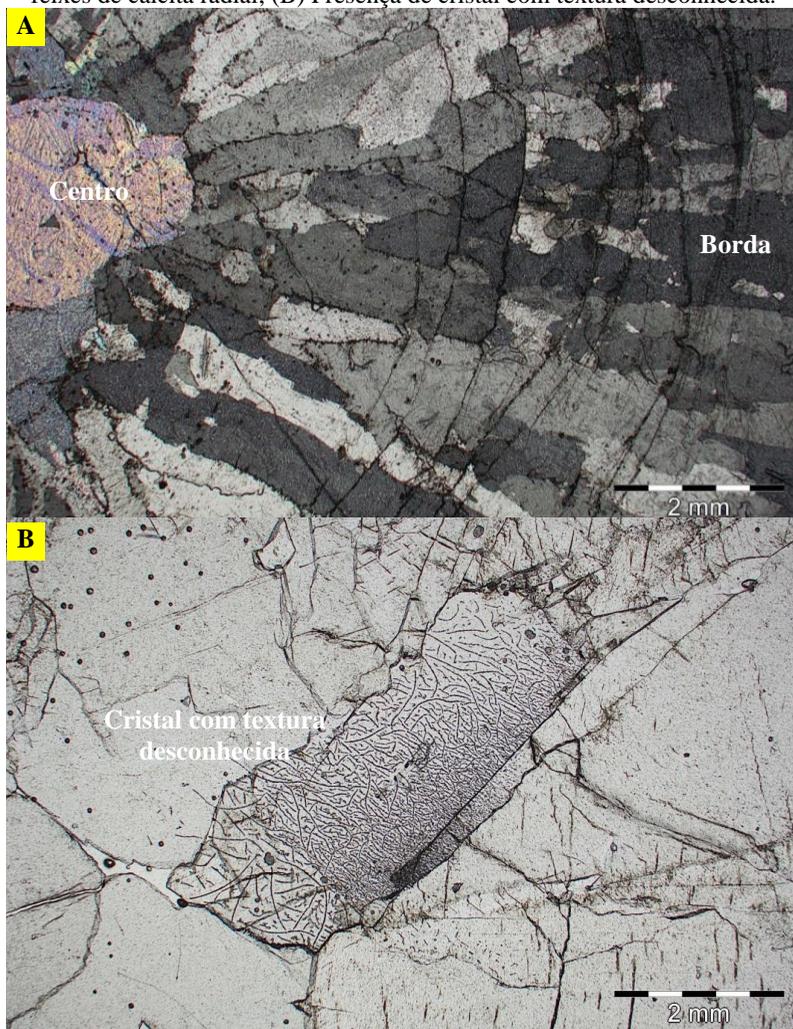
FIGURA 108 – (A) Maior estalactite encontrada na Ilha de Santa Catarina e ignimbrito coberto por escorrimentos na Furna Preta; (B) Amostra de espeleotema da Furna Preta com textura cristalina e a estrutura radial



Fotos: (A) Marinês da Silva, fevereiro 2016; (B) Marinês da Silva, julho 2017.

Em análise microscópica (Fig. 109/A), observaram-se cristais de calcita com textura desconhecida (Fig. 109/B), que pode ser orgânico ou algo de ressecamento em certa fase de deposição.

FIGURA 109 – Fotografia microscópica de lâmina delgada de espeleotema da Furna Preta em corte transversal: (A) Laminação concêntrica no corte, com feixes de calcita radial; (B) Presença de cristal com textura desconhecida.



Fotos: William Sallun Filho, setembro 2016.

5.4.2 Espeleotemas da Furna do Gravatá

Os espeleotemas da Furna do Gravatá (Fig. 110) estão situados no setor medial da caverna cobrindo toda a lateral esquerda, distantes cerca de 8m da linha de costa, desconhecendo-se a altitude por não ter sido realizada a topografia da caverna.

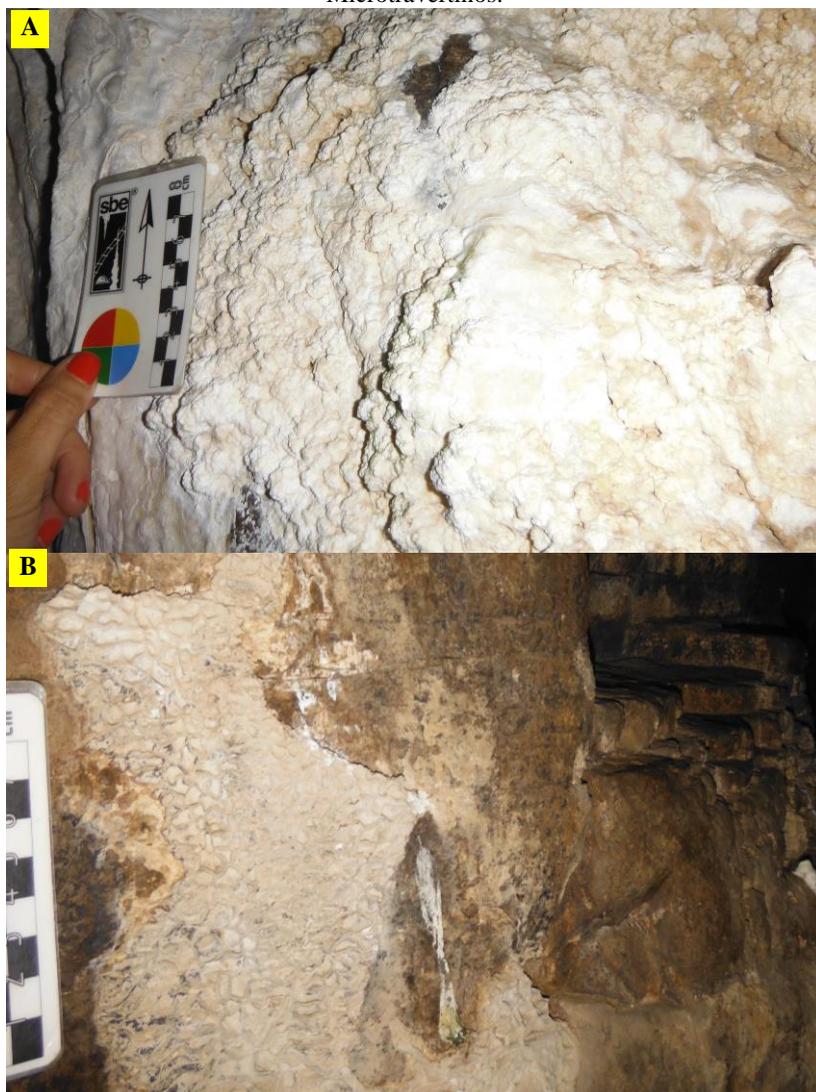
FIGURA 110 – Vista do setor medial da Furna do Gravatá, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral esquerda da caverna.



Foto: Marinês da Silva, junho 2017.

São compostos de calcita, possuem cor branca, e apresentam formas variadas que incluem canudos (Fig. 112/B), coraloides (Fig. 111/A), escorrimentos, microtravertinos (Fig. 111/B), estalactites que medem até 0,1m de altura e 0,03m de diâmetro e formas que associam estalactite e escorrimento (Fig. 112/A).

FIGURA 111 – Espeleotemas da Furna do Gravatá: (A) Coraloides; (B) Microtravertinos.



Fotos: Marinês da Silva, novembro 2017.

FIGURA 112 – Espeleotemas da Furna do Gravatá: (A) Estalactite associada a escorrimento; (B) Detalhe de estalactite associada a canudo.



Fotos: Marinês da Silva: (A) novembro 2017; (B) julho 2017

5.4.3 Espeleotemas da Toca da Baleia

Os espeleotemas da Toca da Baleia (Fig. 113) estão situados no setor medial da caverna, cobrindo a lateral esquerda, distantes 54,23m da linha de costa e em altitudes de 10m e 11,3m.

FIGURA 113 – Vista do setor medial da Toca da Baleia, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral esquerda da caverna.



Foto: Marinês da Silva, março 2017.

São compostos de calcita, possuem cor branca e apresentam formas variadas que incluem estalactites, estalagmites, escorrimentos e coraloides.

As formas mais ocorrentes são as estalactites que medem até 0,3m de altura e 0,1m de diâmetro (Fig. 113). Alguns espeleotemas permanecem ativos, inclusive foi observada uma estalagmite em formação (Fig. 114). A Fig. 115 mostra a estrutura interna de uma micro-estalactite.

FIGURA 114 – Vista do setor medial da Toca da Baleia, observando-se uma estalagmite em formação apelidada pela equipe de "bonsai".



Foto: Tiago Bastos, março 2017.

FIGURA 115 – Estalactite da Toca da Baleia apresentando estrutura concêntrica.

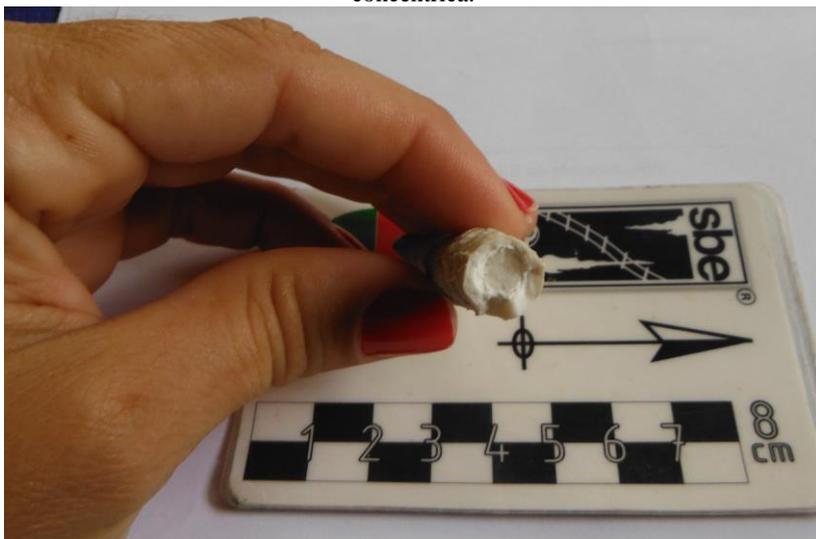


Foto: Marinês da Silva, março 2018.

5.4.4 Espeleotema da Furna da Pedra Preta

Os espeleotemas da Furna da Pedra Preta (Fig. 116) estão situados no setor terminal da caverna, cobrindo a lateral esquerda, distantes 44,2m da linha de costa e em altitudes de 19,4m.

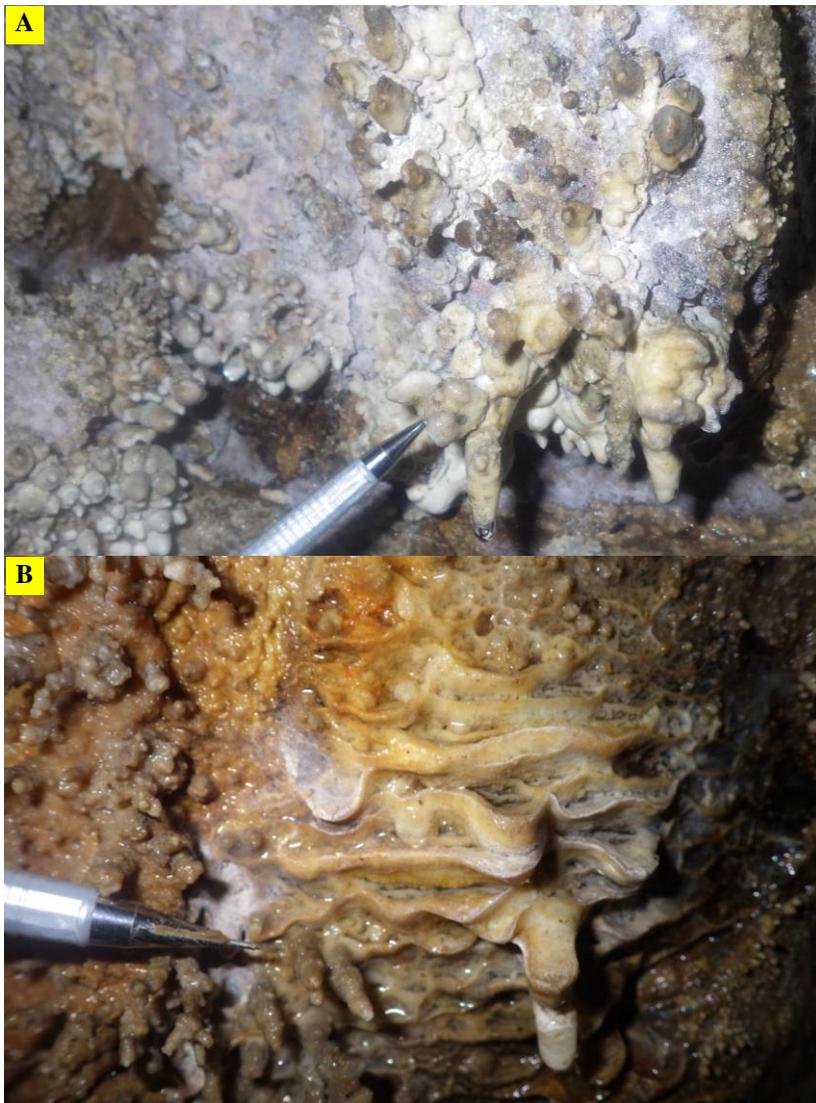
FIGURA 116 – Vista para o setor terminal da Furna da Pedra Preta, observando-se a lateral esquerda da caverna coberta por espeleotemas.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

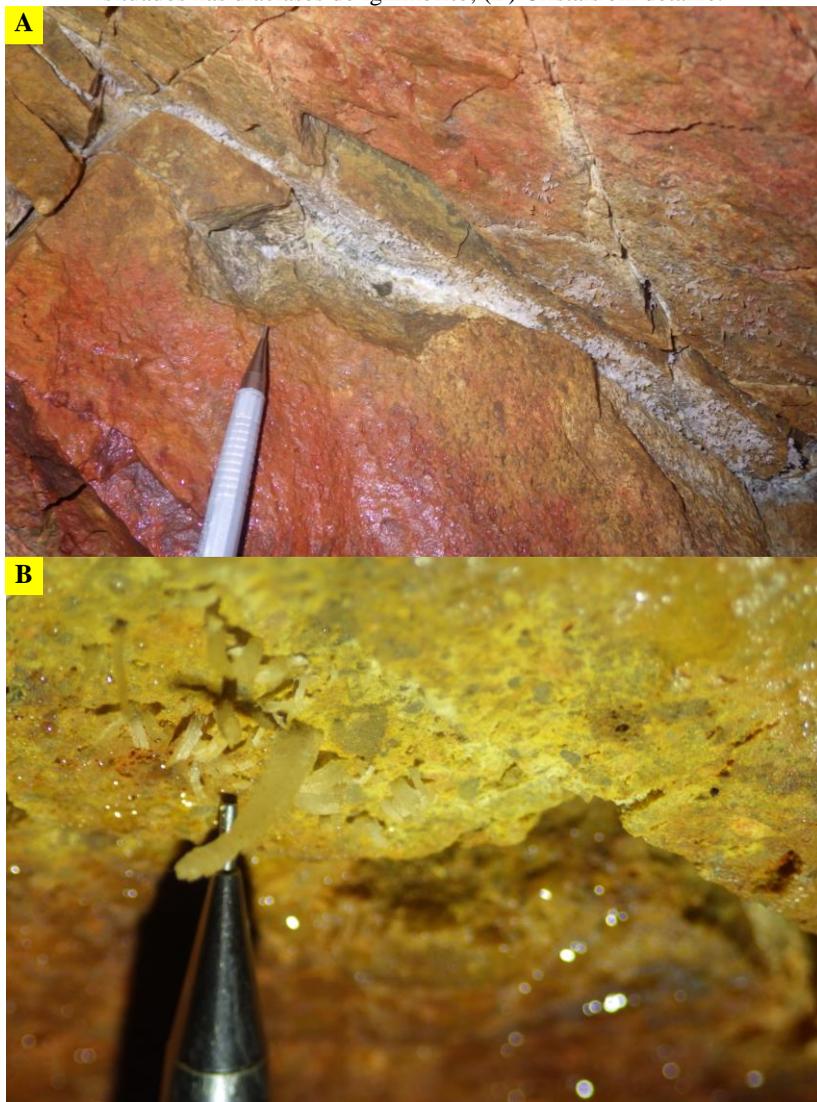
São compostos de calcita, possuem cor branca e se apresentam como coraloides (Fig. 117/A), microstalactites, microtravertinos (Fig. 117/B) e destaque para os cristais de aragonita (Fig. 118).

FIGURA 117 – Espeleotemas da Furna da Pedra Preta: (A) Coraloides; (B) Microtravertinos.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

FIGURA 118 – Cristais de aragonita na Furna da Pedra Preta: (A) Cristais situados nas diáclases do ignimbrito; (B) Cristais em detalhe.



Fotos: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

5.4.5 Espeleotema da Furna do Pântano do Sul

Os espeleotemas da Furna do Pântano do Sul (Fig. 119) estão situados no setor terminal da caverna, distantes 36m da linha de costa e em altitude aproximada a 4,57m.

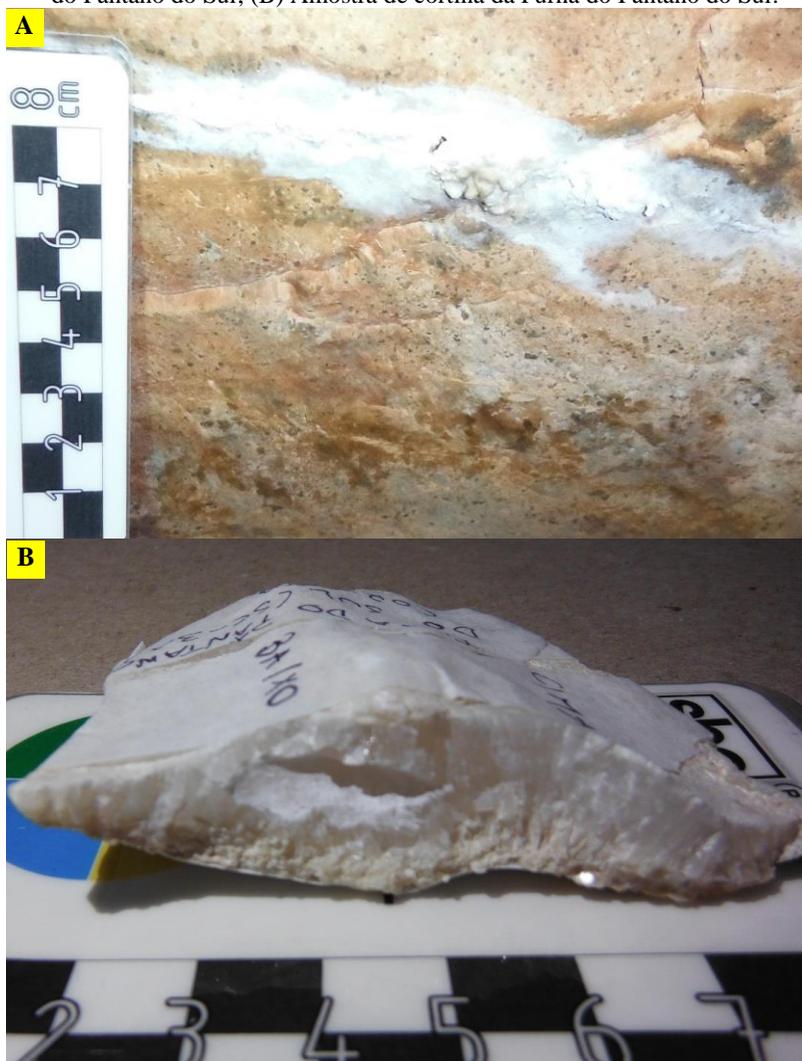
FIGURA 119 – (A) Vista do setor terminal da Furna do Pântano do Sul, observando-se espeleotemas cobrindo a lateral direita da caverna; (B) Coraloides, microestalactites e cortina na lateral esquerda, setor terminal.



Fotos: Marinês da Silva, maio 2017.

São compostos de calcita, possuem cor branca e se apresentam como coraloídes (Fig. 119/A), escorrimentos (Fig. 120/A), micro-estalactites e cortina com dimensão significativa (Fig. 119/B e 120/B), medindo cerca de 0,75m de largura por 0,15m de altura.

FIGURA 120 – (A) Escorrimento partindo de diáclase do ignimbrito da Furna do Pântano do Sul; (B) Amostra de cortina da Furna do Pântano do Sul.



Fotos: (A) Marinês da Silva, maio 2017; (B) Marinês da Silva, julho 2017.

5.5 EVOLUÇÃO DE CAVERNAS MARINHAS EM ROCHA ÍGNEA

As cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina são assim denominadas por conta de sua gênese diretamente relacionada à atividade erosiva do mar. Acredita-se que o surgimento delas esteja relacionado aos seguintes fatores: 1) oscilações do nível relativo do mar; 2) diaclasamento do embasamento; 3) erosão diferencial das intrusões magmáticas.

É desconhecido o tempo necessário para a formação dessas cavernas e tampouco o período no qual teve início a erosão costeira. Entretanto, alguns elementos encontrados no interior das cavernas podem ser utilizados para traçar relações geológicas e com isso, oferecer idades subjetivas e situar as cavernas na escala de tempo geológico.

O Quadro 6 sintetiza os dados desses elementos que podem servir de referência para traçar relações.

QUADRO 6 – Síntese dos elementos presentes nas cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.

Elemento	Caverna	Altitude do elemento e posição na caverna	Distância elemento e linha d'água (m)
Coquina	Gruta do Matadeiro	11,4m ST	157
	Furna da Lagoinha do Leste	7,6m* ST	24,3
	Furna das Andorinhas	14,8m* SM	53,9
Seixo rolado	Furna Preta	14,0m* ST	36,8
	Furna da Pedra Preta	14,3m* ST	56,6
Espeleotema soterrado com seixo rolado	Furna Preta	14,0m* ST	36,8

*Levantamento topográfico expedito que pode ter erro de 0,4m.

ST - Setor medial da caverna

SM - Setor terminal da caverna

Possivelmente, num momento pretérito de mar transgressivo, as ondas entraram em contato com as diáclases a ponto de promover sua expansão. A erosão costeira agiu de forma constante nas zonas de fraqueza da rocha, removeu clastos e os relançou contra os costões. Na Fig. 121, observa-se a presença de diáclases verticais no embasamento adjacente à Toca da Nega, acreditando-se ter sido esse o cenário inicial para a formação das cavernas.

FIGURA 121 - Vista para nordeste da Toca da Nega onde as fraturas verticais do embasamento podem ter condicionado a formação de cavernas lineares.

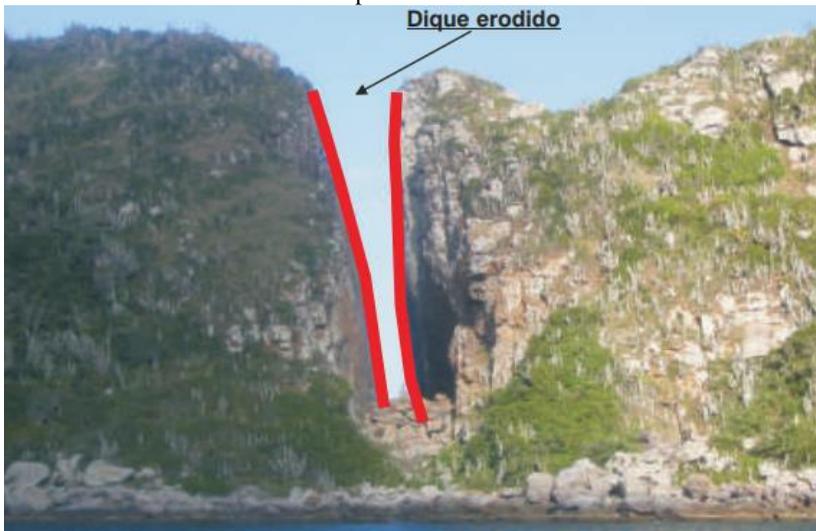


Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

As diáclases preenchidas por intrusões básicas estão relacionadas à formação de cavernas marinhas. Nesses casos, a erosão diferencial ocorreu pela ação do mar que removeu a intrusão em parte ou na sua totalidade, formando a cavidade. Portanto, sugere-se que essas cavernas ocupam o lugar de antigas intrusões. Um exemplo desse fenômeno é a Fenda de Nossa Senhora, na Ilha de Cabo Frio, Rio de Janeiro (Fig. 122), na qual uma intrusão de diabásio foi totalmente erodida pela ação marinha, restando no local apenas uma fenda.

Algumas cavernas desenvolveram-se com orientação semelhante a de intrusões adjacentes, como na Toca da Baleia (Fig. 123), além de terem sido observadas partes residuais de intrusões na entrada da Furna do Gravatá e Furna do Pântano do Sul (Fig. 124).

FIGURA 122 - Vista para a Fenda de Nossa Senhora localizada na Ilha de Cabo Frio, Rio de Janeiro, observando-se a remoção completa de uma intrusão de diabásio pela erosão costeira.



Fonte: Guedes *et al.* (2017).

FIGURA 123 - Vista para sul da Toca da Baleia observando-se intrusões de diabásio com orientação semelhante ao desenvolvimento da caverna.



Foto: Tiago Bastos, 2017.

FIGURA 124 - Vista da Furna do Pântano do Sul observando-se o contato entre a rocha encaixante (ignimbrito) e a intrusão (diabásio), sugerindo a formação da caverna pela erosão da intrusão.

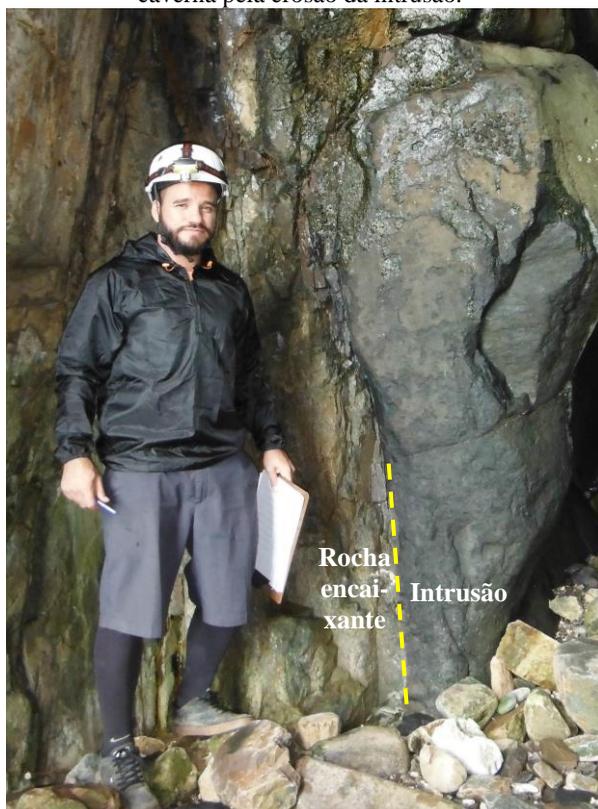


Foto: Marinês da Silva, maio 2017.

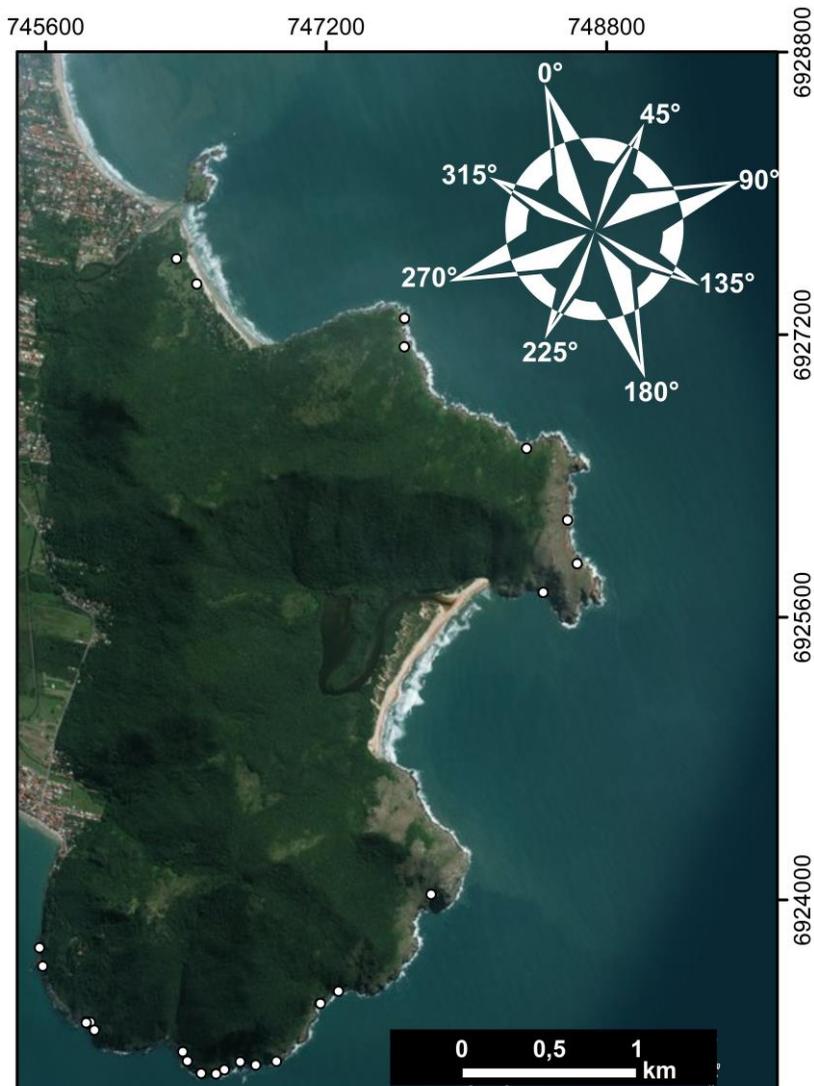
Constatou-se também que a localização da Gruta do Matadeiro, Furna Preta, Furna da Água Escorrida, Furna da Felicidade e Toca da Nega coincidem com as intrusões mapeadas por Tomazzoli e Pellerin (2014), conforme mostra a Fig. 18.

Os pórticos de entrada de 20 cavernas apresentam medidas de azimute variadas (Figs. 125 e 126). Porém, a maior ocorrência está compreendida no intervalo de 61° a 70° , o que conforme pode ter relação com as intrusões de diabásio do setor 1 da área de estudo (Fig. 18) terem recebido as ondulações vindas de sul e assim formarem as cavernas.

FIGURA 125 – Diagrama de rosetas contendo medidas de azimute da entrada de 20 cavernas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul.



Figura 126 - Mapa do Maciço Costeiro do Pântano do Sul contendo a distribuição das cavernas estudadas bem como a representação dos azimutes.



A erosão continuou atuando no embasamento, ampliando as cavernas recém-formadas a partir do abatimento, solapamento ou desabamento de paredes e teto.

Os clastos abatidos, inicialmente, apresentam formato anguloso, conforme pode ser observado nas Fig. 52 e 127, que mostram uma deposição significativa de matacões e blocos abatidos a ponto de cessar a comunicação da Furna da Pedra Preta com o oceano.

FIGURA 127 - Vista para norte da Furna da Pedra Preta, onde há deposição de grande volume de matacões e blocos abatidos na entrada da caverna.



Foto: Anderson Porto, 2013.

Os clastos abatidos e mobilizados pelas ondas, atrimam-se contra os costões e contra outros clastos resultando em grãos com alto grau de arredondamento (Fig. 128). No Maciço Costeiro do Pântano do Sul, a presença dessas frações arredondadas, quando localizados em cotas topográficas superiores ao nível marinho atual, podem constituir indicadores geológicos de oscilação do nível relativo do mar.

Figura 128 - Vista da Furna do Arco onde o piso cascalhoso ainda recebe abrasão marinha, com blocos que apresentam bom grau de arredondamento.



Foto: Marinês da Silva, março 2017.

Na Furna Preta, uma estalactite recoberta por blocos rolados do piso (Fig. 129) pode fornecer idades subjetivas de um nível marinho mais elevado dentro da caverna.

Os blocos formam uma camada de 0,5m de espessura, apresentam alto grau de arredondamento e reduzem de tamanho com a profundidade, na camada mais superficial os grãos medem 0,25m e nas mais profundas 0,02m e 0,01m.

A disposição desses elementos sugere uma sequência cronológica: 1) a caverna se formou; 2) os espeleotemas se formaram; 3) houve abatimento de blocos; 4) o mar atingiu a cota de 13m e 14m e erodiu os blocos abatidos, arredondando-os e polindo-os.

FIGURA 129 – Vista do setor terminal da Furna Preta situado a cerca de 14m de altitude, em área seca no fundo da caverna, observando-se espeleotemas encobertos por cascalho com alto grau de arredondamento: (A) Espeleotema encoberto por blocos rolados; (B) Estalactite parcialmente descoberta observando-se redução no tamanho dos grãos com o aumento da profundidade.



Fotos: Marinês da Silva, abril 2016.

De acordo com elementos observados, a etapa final das cavernas marinhas da área de estudo pode evoluir para o contínuo abatimento do teto rochoso até que a caverna entre em colapso, formando uma fenda.

As Fig. 130 e 131 mostram uma diáclase preenchida com blocos e matacões estando orientada em direção semelhante à da Toca da Baleia, sugerindo que uma caverna tenha desabado.

Figura 130 - Vista para nordeste observando-se diáclase com orientação semelhante à da Toca da Baleia sugerindo estágio evolutivo final das cavernas marinhas, na qual a caverna entra em colapso e o teto rochoso é abatido.



Foto: Tiago Bastos, março 2017.

Figura 131 - Vista para sudoeste observando-se a diáclase no embasamento formando uma fenda colmatada com matacões e blocos.



5.6 EVOLUÇÃO DE CAVERNAS MARINHO-COLUVIONARES

As cavernas marinho-coluvionares são cavernas mistas e diferem-se das demais por possuírem teto coluvionar ao invés de teto rochoso. SILVA *et al.* (2016) publicaram a respeito da gênese dessas cavernas e adotaram o termo “cavernas colúvio-marinhas”, considerado adequado naquele momento. Porém, decidiu-se alterar o termo para cavernas marinho-coluvionares pela gênese ser predominantemente marinha, além da erosão costeira contribuir na formação da caverna em dois momentos distintos.

A gênese está relacionada a uma sequência geológica que inclui a formação de uma fenda no embasamento decorrente da erosão provocada por um nível marinho mais alto. A etapa seguinte consiste no preenchimento da fenda com material coluvionar mobilizado pela gravidade, durante enxurradas. Eventos marinhos transgressivos erodiram parte do preenchimento resultando na formação de uma caverna com teto coluvionar. A presença de material coluvionar preenchendo a fenda (Fig. 132), marcas de queda de blocos do teto da caverna (Fig. 133/A) e a diferenciação entre as paredes rochosas e o teto sedimentar (Fig. 133/B) sustentam essa hipótese.

FIGURA 132 - Vista para leste da Toca da Nega: presença de colúvio na fenda.



Foto: Gabriel Bueno, março 2017.

FIGURA 133 – Vista do setor medial da Toca da Nega: (A) Marcas de queda de blocos do teto coluvionar; (B) Transição entre o teto coluvionar e a parede de ignimbrito.



Foto: Tiago Bastos, fevereiro 2015.

O resultado são cavernas de gênese marinha e coluvionar, pois sem a contribuição do colúvio seriam apenas uma fenda aberta.

5.7 EVOLUÇÃO DAS COQUINAS

As cavernas marinhas com coquina se diferenciam das demais apenas pela presença da coquina em seu interior. A coquina é uma rocha sedimentar composta de exoesqueletos carbonáticos, seixos e areia unidos por cimentação carbonática. Entretanto, nem toda coquina encontrada nas cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina apresenta cimentação, algumas constituem um material friável.

Provavelmente, formaram-se pela deposição de conchas de moluscos no fundo das cavernas através das ondas durante transgressões marinhas. Após a regressão do mar e com água meteórica disponível, as conchas se solubilizaram. A evaporação dessa solução levou à litificação do material na Gruta do Matadeiro e à compactação nas furnas da Lagoinha do Leste e das Andorinhas.

O Quadro 7 compila informações relativas às variações do nível relativo do mar durante o período Quaternário, fornecidas por diversos autores, assim é possível situar a evolução geológica das cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina no tempo geológico.

As coquinas não parecem ter relação com os depósitos do tipo sambaqui. De acordo com Pinto (2009), as conchas mais presentes nos sambaquis, da base até o topo, são das espécies *Crassostrea rhizopharæ* (ostra), *Anomalocardia brasiliana* (berbigão), *Perna perna* (marisco) e *Lucina pectinata*, que apresentam uma estrutura acamadada (Fig. 134/A).

Nas coquina, as conchas são fragmentadas devido ao transporte pelas ondas e ao choque contra os costões, sendo rara a presença de conchas inteiras (134/B). Além disso, não foi observada a presença de conchas de ostra, berbigão ou marisco, e nem de artefatos líticos em meio aos depósitos, peças comumente encontradas em sambaquis, bem como estratificação plano-paralela horizontal.

As coquinas encontram-se depositadas no fundo das cavernas, sendo que o Quadro 8 apresenta a altitude desses depósitos, a distância em relação à linha de costa e a idade.

Com relação à deposição no fundo das cavernas, acredita-se que as conchas deveriam estar depositadas em um fundo raso cascalhoso na entrada das cavernas. A água do mar adentrava com a força das ondas, levando consigo as conchas até encontrar uma barreira física, o setor terminal das cavernas, onde se chocavam.

QUADRO 7 – Compilação das oscilações do nível relativo do mar (NRM) ocorridas no Quaternário com base em diversos autores.

Era	Período	Época	Acontecimentos	Anos AP	NRM (m)		
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	Holoceno	TRANSGRESSÃO Caruso Jr. (1995); Suguio <i>et al.</i> (1985)	1300 2500	2		
			R*	Corrêa (1996)	2800	1,5 2	
				Corrêa (1996)	3000	2 3	
				Suguio <i>et al.</i> (1985)	3600	2,6	
			Corrêa (1996)			3800	-1,5 -2
			T**	Suguio <i>et al.</i> (1985)	5100	3 4	
				Corrêa 1996	5500	3 5	
			Suguio <i>et al.</i> (1985)			5600	1
			Corrêa (1996)			8000	-20 -25
						9000	-32 -45
			Dominguez & Bittencourt (2012)			10000	-50
			Corrêa (1996)			11000	-60 -70
						17500	-120 -130
		INÍCIO DA TRANSG. Caruso Jr. (1995)			18000		
		Pleistoceno	R*	Dominguez & Bittencourt (2012)	18000	-120	
				Caruso Jr. (1995)	22000		
			T**	Caruso Jr. (1995)	41000	8	
		Dominguez & Bittencourt (2012)		123000			
		TERCIÁRIO	Plioceno	PERÍODO GLACIAL		-100	

* R: Regressão marinha

**T: Transgressão marinha

FIGURA 134 - Imagens comparativas de um depósito do tipo sambaqui com aparência acamadada (A) e um depósito de coquina da Gruta do Matadeiro com aspecto bastante heterogêneo e deposição desordenada (B).



Foto: (A) <https://www.dicionariotupiguarani.com.br/dicionario/sambaqui/>;
(B) Marinês da Silva, fevereiro 2015.

QUADRO 8 – Altitude, distância da linha de costa e idade dos depósitos de coquina.

Depósito de coquina	Altitude (m)	Distância coquina e linha de costa (m)	Idade (anos AP)
Gruta do Matadeiro	11,4	157	---
Furna da Lagoinha do Leste	7,6*	24,3	2055±25
Furna das Andorinhas	14,8*	53,9	---

*Levantamento topográfico expedito que pode ter erro de 0,4m.

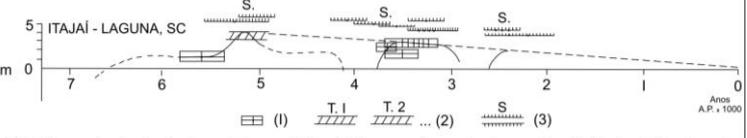
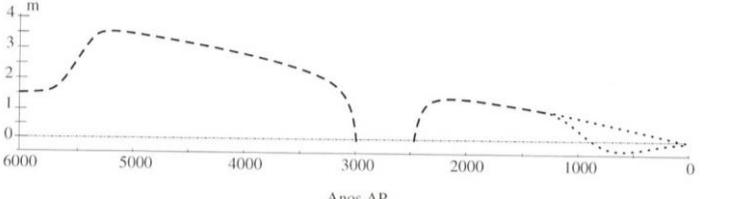
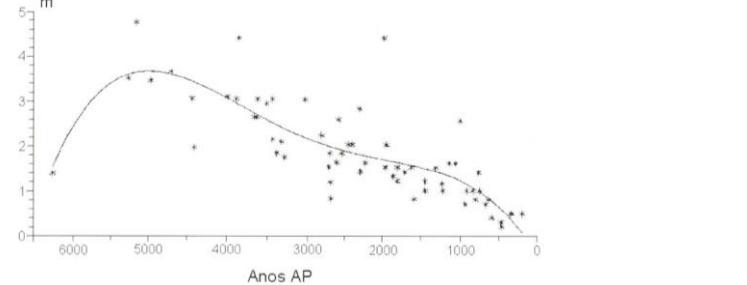
As conchas da coquina da Furna da Lagoinha do Leste foram submetidas à datação por radiocarbono e resultaram em 2055±25 anos AP (ANEXO 7). Essas conchas estão situadas a 7,6m de altitude (Quadro 8) e, com base na idade, enquadram-se nos movimentos transgressivos do Holoceno superior, quando o nível relativo do mar deveria encontrar-se a ±2m acima do atual (Quadro 7).

Episódios de maré alta ocorridos nos meses de setembro, outubro e novembro de 2017, mostraram que o aumento da maré não foi muito superior aos normais. A diferença é que a preamar se manteve, como uma preamar “eterna”, que não abaixava. Isso foi suficiente para erodir depósitos costeiros e para que o mar se aproximasse do sopé do Morro do Matadeiro aproximando-se da entrada da Gruta do Matadeiro. Isso explica porque um nível relativo do mar de 2m acima do atual alcançou os 7m para formar a coquina da Furna da Lagoinha do Leste. Dentro de um nível relativo do mar de 2m acima do atual, existem oscilações maiores e menores, como ressacas e marés altas que elevam ainda mais o nível do mar, que também pode ser causado pelo rebaixamento das áreas costeiras para equilíbrio isostático.

Além disso, a idade de 2000 anos AP, se refere à morte do molusco, momento no qual cessou a troca de ^{14}C entre o molusco e o meio. Isso significa que a transgressão pode ter sido mais recente que 2000 anos AP e o nível do mar inferior a 2m.

O Quadro 9 apresenta as curvas de oscilação do nível relativo do mar para o Sul do Brasil construída por três diferentes autores. O resultado obtido na datação das conchas da coquina foi suficiente para alertar que não é possível relacionar as altitudes das coquinas (Quadro 8) com as altitudes e idades fornecidas por essas curvas. Caso contrário, a deposição da coquina seria relacionada aos movimentos transgressivos ocorridos no Pleistoceno.

QUADRO 9 – Curvas de oscilação do nível relativo do mar para o sul do Brasil.

Autor	Método	Material datado	Curva resultante
Suguio <i>et al.</i> (1985)	^{14}C	Sedimentos orgânicos de terraços holocênicos e sambaquis	 <p>A.P.: 1. Reconstrução de níveis marinhos pretéritos; 2. Terraços de construção marinha; 3. Idades de Sambaquis</p>
Caruso Jr. (1995)	^{14}C	Depósitos naturais de conchas e turfas	
Angulo & Lessa (1997)	Não informado	Vermetídeos	

5.8 EVOLUÇÃO DOS ESPELEOTEMAS DE CALCITA

As cavernas marinhas com espeleotemas de calcita se diferenciam das demais apenas pela presença de espeleotemas constituídos por carbonato de cálcio, apresentando-se como os minerais calcita e aragonita. Possuem, em geral, dimensão centimétrica, alcançando mais de 1m em uma das cavernas, e as formas incluem canudos, colunas, coraloides, cortinas, cristais de aragonita, escorrimentos, estalagmites, estalactites, helictites e travertinos.

A origem do carbonato foi investigada e por eliminação, não é proveniente do ignimbrito, uma vez que a análise química através de Difração por Raio-X revelou a presença de quartzo, microclínio e albita, e ausência de carbonato de cálcio (ANEXO 6).

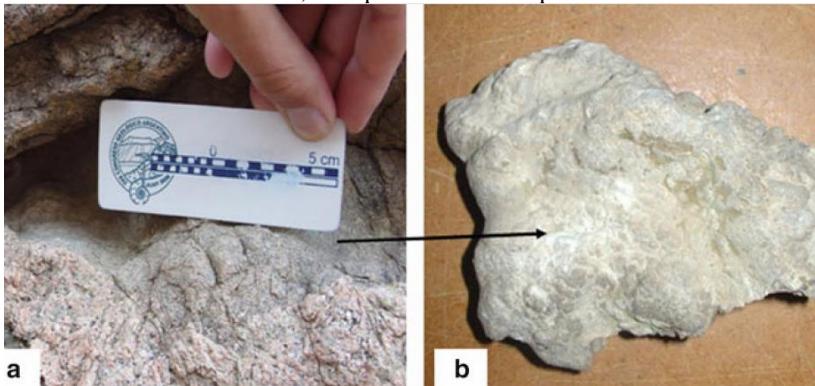
A investigação por meio de sondagem rotativa nas rochas situadas acima das cavernas com espeleotemas, não foi realizada pelo alto custo e por inviabilidade de logística.

Pela dificuldade de explicar a proveniência dos carbonatos, buscaram-se artigos que abordaram o tema e que puderam explicar a presença do carbonato de cálcio nas cavernas da Ilha de Santa Catarina.

Dublyansky & Smirnov (2005) falaram a respeito de uma caverna em Nevada, Estados Unidos, onde o vulcanismo basáltico que originou intrusões de diabásio permitiu o afloramento hidrotermal de solução mineral. A caverna é formada em riolito, dacito e tufos do Mioceno (11,3Ma AP) cortados por diques com idades entre 8,5 e 0,08Ma AP e apresenta espeleotemas de calcita. Segundos os autores, houve afloramento hidrotermal de solução mineral que continha também carbonato de cálcio, solução vinda do magma, e que se depositou na zona vadosa do embasamento. Com a infiltração de água meteórica, os minerais foram dissolvidos e precipitados no interior da cavidade, formando uma deposição química, os espeleotemas.

O trabalho de Aguilera *et al.* (2014) falou a respeito de espeleotemas formados nas juntas do granito Chihuido (Fig. 135), na Província de Mendoza, Argentina. Os autores constataram que na composição dos espeleotemas predominava opala oriunda do granito e gesso. O gesso, mineral não presente no granito, foi associado ao calcário marinho que originou outras formações como evaporitos e xistos em regiões próximas.

FIGURA 135 – (a) Espeleotema ao longo das juntas; (b) Detalhes macroscópicos do espeleotema composto de agregados microcristalinos acinzentados claro, de aspecto leitoso e superfície mamilar.



Fonte: Aguilera *et al.* (2014).

No caso de ausência de rochas carbonáticas próximas à caverna, na qual desenvolveram-se espeleotemas com cálcio na composição, uma teoria foi proposta por Sallstedt *et al.* (2014). Os autores estudaram uma caverna de granito com dique de diabásio no norte da Suécia, formada pela erosão costeira, e que contém espeleotemas de calcita.

Segundo eles, o diabásio possui um teor elevado de cálcio devido à presença de plagioclásio rico em cálcio, a anortita. A anortita é o lado mais rico em cálcio da série de soluções sólidas plagioclásicas em rochas máficas, além de ser o menos estável dos minerais máficos comuns e a origem dos espeleotemas, provavelmente, se deve à ruptura dela. Destacaram porém, que a taxa de dissolução em uma caverna máfica é muito mais lenta do que em uma caverna em calcário.

Das cinco cavernas que contém espeleotemas de calcita, três contém na entrada, remanescentes de intrusões de diabásio, conforme aponta o Quadro 10.

Com relação à datação, esses espeleotemas podem necessitar do método U/Th que alcança idades de até 750000 anos AP, sendo que o método radiocarbono data até 30000 anos AP.

QUADRO 10 - Cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul associadas a intrusões de diabásio e que contêm espeleotemas de calcita.

Caverna marinha	Rocha	Intrusão de diabásio	Espeleotemas de calcita
Furna Preta	Ignimbrito	Presente na caverna	Coraloides, estalactite medindo cerca de 1,45m de comprimento, estalagmites e helictites
Furna do Gravató		Presente na caverna	Canudos, coraloides, escorrimentos, estalactites e travertinos
Toca da Baleia		Presente nas adjacências	Coraloides, escorrimentos, estalactites e estalagmites
Furna da Pedra Preta		Ausente	Coraloides, cristais de aragonita, estalactites e travertinos
Furna do Pântano do Sul		Presente na caverna	Coraloides, cortina e estalactites

6 CONCLUSÕES

Este capítulo oferece respostas ao problema de pesquisa e aos objetivos da tese a partir da análise dos dados coletados e de referências bibliográficas. Assim, foi possível esclarecer a gênese e a evolução das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul e de seus elementos, embora tenha havido dificuldades para situá-los no tempo geológico.

As atividades desenvolvidas durante os trabalhos de campo permitiram a caracterização geológica e topográfica das cavernas, constatando-se que situar a posição altimétrica das cavernas nas curvas de oscilação do Nível Relativo do Mar, com a finalidade de obter idades indiretas, não é recomendável.

Os afloramentos indicam que as cavernas marinhas se desenvolveram, preferencialmente, em ignimbrito e riolito com presença de intrusões de diabásio. Essas rochas fraturam em ângulo reto, formando fendas verticais nos costões que vão sendo ampliadas com a contínua abrasão marinha e abatimento de teto e paredes. O contato entre a rocha e as intrusões constituem zonas de fraqueza, onde a erosão costeira é facilitada. As intrusões de diabásio parecem ter condicionado também a formação de espeleotemas de calcita, pois as cavernas que os abrigam apresentam essas intrusões.

Tanto os espeleotemas de calcita, quanto as coquinas distribuem-se nos dois setores da área de estudo de forma aleatória, não tendo sido encontrada relação desses elementos com a respectiva localização.

Foram colocadas hipóteses de formação das cavernas marinhas e de seus elementos (coquinas e espeleotemas de calcita). A mineralização secundária a partir de influxo hidrotermal, no qual soluções minerais do magma ascendem por forças convectivas e infiltram-se nas zonas vadosas da rocha, pode explicar a origem do carbonato de cálcio para a formação dos espeleotemas de calcita. A etapa posterior é semelhante à formação de um espeleotema de rocha carbonática, onde atua o processo de infiltração de água meteórica que dissolve o mineral e o recristaliza no interior da cavidade.

A datação desses espeleotemas, desde que ativos, forneceria a idade deles, e não a idade de formação das cavernas, o que permitiria apenas afirmar que as cavernas se formaram bem antes deles. O prosseguimento dessas análises pode ser a chave para futuros estudos paleoclimáticos na Ilha de Santa Catarina.

Com relação à coquina, se formaram com o trabalho das ondas em períodos de transgressões marinhas. As ondas invadiram as cavernas já formadas e lançaram conchas de moluscos para o interior. O rebaixamento do mar permitiu a acumulação das conchas, que ao terem contato com água meteórica, se solubilizaram. A evaporação dessa solução cimentou fragmentos de rocha de tamanhos areia e seixo, além de conchas inteiras e fragmentadas que restaram, formando os depósitos de coquina.

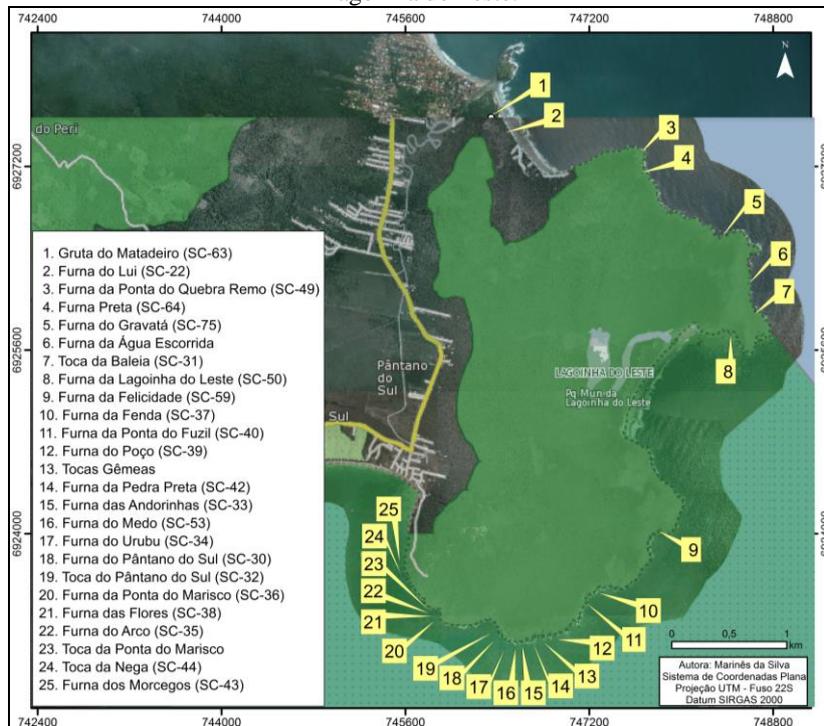
A datação de conchas da coquina situadas a 7m de altitude no fundo da Furna da Lagoinha do Leste, forneceu a idade de 2055 ± 25 anos AP. Essa idade representa quando cessou a troca de radiocarbono do molusco com o meio, e não a idade de formação da coquina ou de formação das cavernas. A idade fornecida está relacionada à Transgressão do Holoceno, quando o nível marinho estava cerca de 2m acima do atual, o que foi suficiente para lançar conchas a 7m de altitude.

Assim, a coquina representa um indicador geológico capaz de elucidar o comportamento do mar durante as transgressões. E a datação das areias da coquina pelo método da luminescência pode preencher lacunas do ponto de vista cronológico e facilitar a compreensão de seu processo de formação.

Esta tese é um trabalho de base acerca das cavernas costeiras do Maciço Costeiro do Pântano do Sul e poderá ser desdobrado em projetos para diversas áreas. Com viés ambiental está a elaboração de um projeto de visitação responsável dessas cavernas. A área de estudo insere-se quase integralmente nos limites do Parque Municipal da Lagoinha do Leste, uma unidade de conservação municipal (Fig. 136) e o mapeamento presente nesta tese poderá compor a gestão da unidade de conservação. Por isso, sugere-se como encaminhamento mais importante desta pesquisa, a realização de um trabalho conjunto com órgãos ambientais nas esferas municipal (FLORAM), estadual (FATMA) e federal (CECAV), no intuito de alavancar a gestão desses locais.

A exploração deste trabalho certamente pode contemplar cavernas presentes no litoral de Santa Catarina e até mesmo do Brasil, porém recomenda-se o estudo específico de cada caverna para que a gênese seja confirmada, uma vez que a generalização pode se mostrar um caminho arriscado.

FIGURA 136 - Mapa de localização das cavernas marinhas do Maciço Costeiro do Pântano do Sul no Parque Municipal da Lagoinha do Leste.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, E.Y.; CARRETERO, S.; RABASSA, J. 2014. Pseudokarst and Speleothems in the Chihuido Granite, Province of Mendoza, Argentina. *In*: RABASSA, J.; OLLIER, C. (eds). **Gondwana Landscapes in southern South America**. Springer Earth System Sciences. Dordrecht: Springer.
- ANGULO, R. J. & LESSA, G. C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, **140**:141-166.
- ARAUJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. 2003. Wave regime characteristics of the southern brazilian coast. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, Colombo, Sri Lanka, 2003. **Paper n.097, p.15**.
- BASEI, M. A. S. 1985. **O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina**. São Paulo. 196p. Tese de doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.
- BRASIL. 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm, acesso em outubro 2015.
- BRILHA, J. B. R. 2005. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage Editora, 190p.
- BRITISH CAVE RESEARCH ASSOCIATION – BCRA. 2018. **BCRA BCRA Survey Grades**. Disponível em <http://bcra.org.uk/surveying/index.html> Acesso em abr. 2018.
- BUNNELL, D. 1983. The amazing caves of Santa Cruz Island. **NSS News**, **41(2)**:86–91.

CARUSO JUNIOR, F. 1993. **Texto explicativo de mapa geológico da Ilha de Santa Catarina**. Porto Alegre: UFRGS/PETROBRÁS.

_____. 1995. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina**. (Texto explicativo e mapa em escala 1:100.000). Brasília: DNPM.

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURA – CDCC. 2015. **As reações químicas e a formação das cavernas**. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/quimica/ciencia/cavernas.html> acessado em outubro 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS - CPRM. 2014. **Mapa geológico do estado de Santa Catarina**. 1:500.000.

_____. 2017. Glossário Geológico Ilustrado. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> acessado em novembro 2017.

CORBETT, P.W.M. 2015. Reservoir Characterization Challenges in Pre-Salt Brazilian Carbonates. AAPG GEOSCIENCE TECHNOLOGY WORKSHOP, CARBONATE PLAYS AROUND THE WORLD – ANALOGS TO SUPPORT EXPLORATION AND DEVELOPMENT, New Orleans, Louisiana, February 4-5, 2015. **Adapted from oral presentation**.

CORRÊA, I. C. S. 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17500 ans BP: l'exemple de La plate-forme continentale du Rio Grande do Sul, Brésil. **Marine Geology**, **130**: 163-178.

CULVER, D. C.; WHITE, W. B. 2005. Definition of cave. *In*: CULVER, D. C.; WHITE, W. B. **Encyclopedia of caves**. California: Elsevier Academic Press, p.81-85.

DANA, J. D. 1976. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editoria S.A. 3 ed.

DELANEY, P. J. V. 1962. **Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul**. São Paulo. 127p. Tese. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- DEMATTEIS, G. 1975. **Manual de la espeleologia**. Barcelona: Editorial Labor.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. da S. P. 2012. Zona costeira. *In*: BARBOSA, J. S. F. (Coord.). **Geologia da Bahia**. Salvador: CBPM.
- DUBLYANSKY Y. V.; SMIRNOV S. Z. 2005. Cavity-based secondary mineralization in volcanic tuffs of Yucca Mountain, Nevada: a new type of the polymineral vadose speleothem, or a hydrothermal deposit? **International Journal of Speleology**, **34 (1-2)**: 25-44.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. 2010. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**, versão 10.0, 2010.
- FIGUEIREDO, L.A.V. 2015. Espeleoturismo e as contribuições da educação ambiental: aspectos históricos e relatos de experiências formativas no Brasil e México. *In*: RASTEIRO, M. A.; SALLUN FILHO, W. (Orgs.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. **Anais...** Campinas: SBE, 2015. p.697-710.
- GUEDES, E.; SICHEL, S.; ARAUJO, A. L. N. de. **Ponto de interesse geológico: Ilha do Cabo Frio - Arraial do Cabo**. Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro – DRM-RJ. Disponível em <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/downloads/category/51-arraial-do-cabo?download=431%3Ailha-do-cabo-frio-arraial-do-cabo> acessado em dezembro 2017.
- GUNN, J. (Editor). 2006. **Encyclopedia of caves and karst science**. New York: Taylor & Francis e-Library, p. 419.
- HERRMANN, M. L. de P.; ROSA, R de O. 1991. **Mapeamento temático do Município de Florianópolis: Geomorfologia: síntese temática**. Florianópolis: IBGE/IPUF, 26p.
- HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de. 2014. **Geologia das 117 praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Brasil: as praias de Florianópolis na Ilha da magia**. Florianópolis: Novas Edições Acadêmicas, 220p.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de.; LIVI, N. S. 2012. **Atlas geológico das praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Departamento de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia, 225p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS – CECAV. 2018. **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas** – CANIE. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html> acesso em abr. 2018.

JAHNERT, R.; PAULA, O. de; COLLINS, L.; STROBACH, E.; PEVZNER, R. 2012. Evolution of a coquina barrier in Shark Bay, Australia by GPR imaging: Architecture of a Holocene reservoir analog. **Sedimentary Geology**, **281**: 59–74.

KLEIN, C.; DUTROW, B. 2012. **Manual de ciência dos minerais**. Porto Alegre: Bookman, 716p.

KLIMCHOUK, A. B. 2006. Caves. *In*: GUNN, J. (Editor). 2006. **Encyclopedia of caves and karst science**. New York: Taylor & Francis e-Library, p. 417-421.

LEINZ, V. 2001. **Geologia Geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 14ed.

LOBO, H. A. S.; TRAVASSOS, L. E. P. 2012. **O ser humano e a paisagem cárstica**. Campinas: SBE.

MACARIO, K. C. D. 2003. **Preparação de amostra de radiocarbono e aplicações de AMS em arqueologia e geologia marinha**. Niteroi. 138p. Tese de doutorado. Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense.

MAGALHÃES, E. D. 1997. **Curso prático de Topografia**. Brasília: EGB. Disponível em: http://www.espeleogrupodebrasil.org/cavernas/curso_topografia.pdf acessado em junho 2012.

MARTIN, L.; MORNER, N.; FLEXOR, J.; SUGUIO, K. 1986. Fundamentos e reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário. **Boletim IG-USP, Publicação Especial, 4:** 1-161.

MENDONÇA, M. 2002. **A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC.** São Paulo. 343p. Tese de doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MENIN, D.; VIANA, D. 2008. **Técnicas verticais para espeleologia: manual de referência.** São Paulo: Redespeleo, 192p.

MIGUENS, A. P. 1996. **Navegação costeira, estimada e em águas restritas.** Vol I. Disponível em <https://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap10.pdf> acessado em agosto 2014.

MOCHIUTTI, N. F. B.; TOMAZZOLI, E. R. 2017. Espeleotemas de uma caverna granítica na Ilha de Santa Catarina: uma análise preliminar. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2017. p.327-333.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. de A. 1995. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul, 1 (19-20):** 117-133.

MYLROIE, J. E. 2005. Coastal Caves. In: CULVER, D. C.; WHITE, W. B. **Encyclopedia of caves.** California: Elsevir Academic Press, p.122-127.

MYLROIE, J. E.; MYLROIE, J. R. 2009. Caves as sea level and uplift indicators, Kangaroo Island, South Australia. **Journal of Cave and Karst Studies, 71 (1):** 32–47.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE.

PINTO, D. de C. 2009. **Concha sobre concha: construindo sambaquis e a paisagem no Recôncavo da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro. 161p. Dissertação de mestrado. Departamento de Antropologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

POPP, J. H. 1998. **Geologia Geral**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 5ed

PROCHOROFF, R. 2014. **Patrimônio geológico de Ilhabela – SP: estratégias de geoconservação**. São Paulo. 176p. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SALLSTED, T.; IVARSSON, M.; LUNDBERG, J.; SJÖBERG, R.; ROMANÍ, J. R. V. 2014. Speleothem and biofilm formation in a granite/dolerite cave, Northern Sweden. **International Journal of Speleology**, **43(3)**: 305-313.

SANTOS, P. L. de A. 2014. **Patrimônio geológico em Áreas de Proteção Ambiental: Ubatuba – SP**. São Paulo. 211p. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SILVA, M. S.; FERREIRA, R. L. 2009. Estrutura das comunidades de invertebrados em cinco cavernas insulares e intertidais na costa Brasileira. Campinas, São Paulo. **Espeleo-tema**, **20(1/2)**: 25-36.

SILVA, M.; BASTOS, T. V.; HORN FILHO, N. O. 2016. Espeleogênese de cavernas colúvio-marinhas da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, 2016, Porto Alegre - RS. **Anais...** São Paulo - SP: Sociedade Brasileira de Geologia, 2016. p.5547. Disponível em: http://cbg2017anais.siteoficial.ws/st16/ID5547_110729_52_CBG_SILVA_HORN_BASTOS.pdf acessado em novembro 2017.

SILVA, M.; DUTRA, I. C. R.; BASTOS, T. V.; HORN FILHO, N. O. 2017. Técnicas de exploração da Toca da Baleia (SC-31), Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. *In*: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M.; LACERDA, S.G. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2017. p.209-216. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_209-216.pdf. Acessado em novembro 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA – SBE. 1991. **Normas e convenções espeleométricas**. Curitiba: Comissão de Cadastro e Espeleometria.

_____. 2012. Loteamento ameaça patrimônio espeleológico de Florianópolis. **Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia**, 6 (238): , 11/09/2012. http://www.cavernas.org.br/sbenoticias/SBENoticias_238.pdf

_____. 2015. **Legislação sobre cavernas no Brasil**. Disponível em http://www.cavernas.org.br/informacoes_legislacao.asp acessado em outubro 2015.

_____. 2018. **Cadastro Nacional de Cavernas – CNC**. <http://www.cavernas.org.br/cnc/Default.aspx>

STRAHLER, A. 1989. **Geografia física**. Barcelona: Ediciones Omega.

SUGUIO, K. 1992. **Dicionário de geologia marinha**. São Paulo: T.A. Queiroz, 171p.

_____. 2003. Tópicos de Geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Geologia USP: Série Didática**, 2(1): 1-40.

SUGUIO, K.; MANRTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; FLEXOR, J.; AZEVEDO, A. E. G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 15(4): 273-286.

TIMO, J. B.; ROMANO, A. W.; TIMO, M. B. 2015. Caracterização dos espeleotemas de 2 cavernas em rochas ferríferas na Unidade Geomorfológica Quadrilátero Oeste, Congonhas (MG). **Espeleo-tema**, **26(1)**: 19-37.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M (Org.). 2014. **Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis: Projeto Atlas Geológico-geomorfológico da Ilha de Santa Catarina, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. 2015. Unidades do mapa geológico da Ilha de Santa Catarina: as rochas. **Geosul**, **30(60)**: 225-247.

TOMAZZOLI, E. R.; ALMEIDA, L. C.; SILVA, M.; MOCHIUTTI, N. F.; ALENCAR, R. 2011. Espeleologia na Ilha de Santa Catarina: um estudo preliminar das cavidades da ilha. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31, 2011, Ponta Grossa, SBE. **Anais...** p. 131-139.

_____. 2012. Espeleologia na Ilha de Santa Catarina: um estudo preliminar das cavernas da ilha. **Espeleo-tema** **23(2)**: 71 - 85.

ZANINI, L. F.P.; BRANCO, P.M.; CAMOZZATO, E. & RAMGRAB, G.E. (orgs.) 1997. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Florianópolis (Folha SH.22-Z-D-V) e Lagoa (Folha SH.22-Z-D-VI)**. CPRM, Brasília, 252p. Mapas. Escala 1:100.000.

APÊNDICE 1 - *CHECK LIST* DE EQUIPAMENTOS DE CAMPO

ESPELEOTOPOGRAFIA

- GPS;
- Trena a *laser*;
- Trena comum;
- Bússola geológica;
- Martelo;
- Estações topográficas (cartões);
- Embalagens para amostras;
- Pranchetas (3 unidades);
- Lapiseiras (3 unidades);
- Borrachas (3 unidades);
- Transferidor 360° (3 unidades);
- Régua (3 unidades);
- Ficha topográfica;
- Papel milimetrado;
- Câmera fotográfica;
- Escala fotográfica;
- HCl;
- Pilhas: AA para GPS e AAA para trena e lanternas;
- Alimentação/hidratação;
- Kit Primeiros Socorros.

APÊNDICE 2 - PROTOCOLO DE SEGURANÇA PARA TRABALHOS DE CAMPO

1) Ao coordenador do campo cabe:

- Montar equipe mínima de 3 participantes;
- Anotar e levar consigo previsão de tempo, do mar e da maré referente ao dia do campo, localização e coordenadas da cavidade a ser visitada;
- Entregar para algum familiar ou amigo que não irá para o campo, no dia anterior ao campo: localização, coordenadas e o nome da cavidade a ser visitada, os nomes dos participantes do campo, e o horário provável de retorno;
- Levar kit de primeiros socorros contendo: gaze estéril, atadura, soro fisiológico, canivete, luvas descartáveis de látex, placas para imobilização, manta térmica;
- Levar celular com bateria completamente carregada e com aplicativo instalado que permita envio de localização (*WhatsApp*);
- Levar equipamento de localização tipo GPS;

2) A cada integrante cabe:

- Levar para um dia de campo: 3l de água e alimentação para dois dias;
- Equipamento de proteção individual - EPI: capacete; *head lamp* (“lanterna de cabeça”) a pilha; pilhas extras; lanterna extra; calçado antiderrapante; calça, camisa comprida ou macacão em tecido de secagem rápida; meia longa; luva.
- Termo de Ciência de Riscos e Isenção de Responsabilidade preenchidos;
- Ficha de Cadastro preenchida e atualizada;

3) Em caso de acidente:

- Um membro da equipe deverá permanecer com a vítima, enquanto o outro membro alcança local com rede disponível para acionamento do Corpo de Bombeiros pelo 193;
- Apenas proceder os Primeiros Socorros se for habilitado.

ANEXO 1 – AUTORIZAÇÃO SISBIO 50043-1



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 50043-1	Data da Emissão: 04/12/2015 16:35	Data para Revalidação*: 02/01/2017
------------------------	--	---

* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Dados do titular	
Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Doutorado em Geografia	12/2015	03/2018

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas e didáticas no âmbito do ensino superior.
4	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condições in situ.
5	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
7	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	Observar o princípio do menor impacto ao ambiente natural, zelando pela representatividade das amostras e a conservação estética e funcional do ambiente.
---	---

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	FLORIANÓPOLIS	SC	SC, 33; SC, 50; SC, 63; SC, 64	Fora de UC Federal

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 33387262





Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 50043-1	Data da Emissão: 04/12/2015 16:35	Data para Revalidação*: 02/01/2017
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 33387262



Página 3/3

ANEXO 2 – AUTORIZAÇÃO SISBIO 58735-1



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 58735-1	Data da Emissão: 08/05/2017 11:29	Data para Revalidação*: 07/06/2018
<p>* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.</p>		

Dados do titular

Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Curso de Doutorado em Geografia	05/2017	03/2018

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas à autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
5	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
6	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, biosprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen
7	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	Observar o princípio do menor impacto ao ambiente natural, zelando pela representatividade das amostras e a conservação estética e funcional do ambiente. Registrar as coordenadas geográficas das cavernas e apresentá-las no relatório final de pesquisa, sobretudo das não cadastradas no CANIE. Solicita-se a atenção para que a coleta dos pontos seja realizada na maior proximidade de sua entrada principal e na maior precisão possível, atentando para o registro do Datum utilizado, do número de satélites e erro associados aos pontos coletados.
---	--

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	FLORIANÓPOLIS	SC	SC-22; SC-30; SC-31; SC-32; SC-34; SC-35; SC-36; SC-37	Fora de UC Federal
2	FLORIANÓPOLIS	SC	SC-38; SC-39; SC-40; SC-42; SC-43; SC-44; SC-49; SC-53	Fora de UC Federal
3	FLORIANÓPOLIS	SC	Furna da Ponta do Gravataí, Furna da Água Escorrida	Fora de UC Federal
4	FLORIANÓPOLIS	SC	Furna da Ponta do Marisco II	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 16183561



Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 58735-1	Data da Emissão: 08/05/2017 11:29	Data para Revalidação*: 07/06/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Instituto Geológico de São Paulo	
2	UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 16183561



Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 58735-1	Data da Emissão: 08/05/2017 11:29	Data para Revalidação*: 07/06/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 16183561



Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 58735-1	Data da Emissão: 08/05/2017 11:29	Data para Revalidação*: 07/06/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: MARINÉS DA SILVA	CPF: 048.955.569-13
Título do Projeto: RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS QUATERNÁRIOS COM BASE EM CAVERNAS MARINHAS DO MACIÇO DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL	
Nome da Instituição : UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	CNPJ: 83.899.526/0001-82

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 16183561



Página 4/4

ANEXO 3 – AUTORIZAÇÃO FLORAM



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
Campus Prof. João David Ferreira Lima — Trindade
FONE: +55 (48) 3721-9412
Site: www.ppggeo.ufsc.br e-mail: ppggeo@contato.ufsc.br



Florianópolis, 20 de fevereiro de 2018.

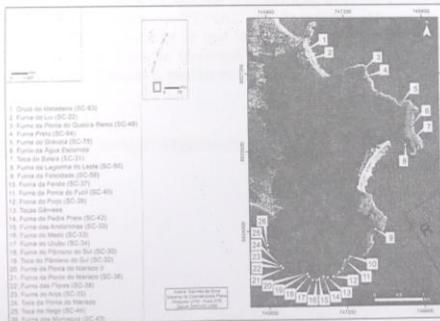
Ofício nº 01/PPGG/2018

Da: Coordenação do Programa de Pós-graduação em Geografia
Para: Fundação Municipal de Meio Ambiente – FLORAM

Assunto: Solicitação de visita técnica e trabalho de campo

A doutoranda, do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/Florianópolis/SC, Marines da Silva, desenvolve uma tese a respeito das cavernas marinhas da Ilha de Santa Catarina, cuja conclusão e defesa estão previstas para o primeiro semestre deste ano. Minha área de estudo compreende o maciço costeiro do Pântano do Sul, no qual estão localizadas 26 cavernas conhecidas (figura 1), existindo potencial para mais ocorrências..

Figura 1 – Mapa de localização das cavernas marinhas no maciço costeiro do Pântano do Sul, no sul da Ilha de Santa catarina.



Desde o ano de 2014, desenvolve trabalhos de campo para topografar e fotografar as cavernas, e em algumas delas coleta amostras de espeleotemas, coquina e rocha, coletas autorizadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, criado pelo órgão responsável pela conservação das cavernas, o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas –

Handwritten signature



Universidade Federal
de Santa Catarina

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
Campus Prof. João David Ferreira Lima — Trindade
FONE: +55 (48) 3721-9412
Site: www.pggeo.ufsc.br e-mail: pggeo@contato.ufsc.br



PPGG

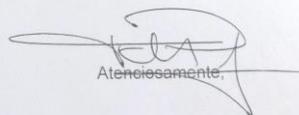
CECAV, vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (autorizações n.50043-1 e n.58735-1, em anexo)

Ao longo da pesquisa, notou-se que as cavernas da área de estudo estavam inseridas no Parque Municipal da Lagoinha do Leste, com exceção de duas delas. Inicialmente, o foco não era discutir gestão do patrimônio espeleológico da Ilha de Santa Catarina, mas sim realizar o mapeamento e o diagnóstico das cavernas. Porém, a visita nas cavernas tem aumentado, algo preocupante pelo fato de não existir ainda plano de manejo que regule essa atividade.

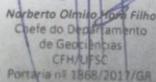
A visitação dessas cavernas oferece, em primeiro lugar, riscos de segurança, pois o acesso inclui costões com altura considerável, rochas molhadas escorregadias ou fragmentos que podem desprender-se e rolar, aumento gradativo da maré além das ondas que atingem os costões. As adjacências não são cobertas por rede de telefonia móvel, um fator agravante no caso de emergências. Das 26 cavernas, 9 necessitam de acesso por meio de técnicas verticais, e desconsiderar isso pode resultar em acidentes fatais. Em segundo lugar, as cavernas consistem em ambientes frágeis, cujo equilíbrio pode ser facilmente rompido, destacando-se que algumas cavernas da área de estudo apresentam elementos importantes como espeleotemas e coquinas capazes de contribuir com a reconstrução da história geológica da Ilha de Santa Catarina.

Diante disso, gostaria de solicitar o pronunciamento do Departamento de Unidades de Conservação – DEPUC, da Fundação Municipal de Meio Ambiente – FLORAM, a respeito do que foi exposto como forma de validar esta pesquisa realizada no Parque Municipal da Lagoinha do Leste, bem como fomentar ações para efetivar a gestão desses locais. Agradecemos a atenção.

Desde já agradeço a atenção dispensada.


Atenciosamente,


MARJANE DA SILVA
DOCTORANDA GEOGRAFIA
MAY 2014 00405


Norberto Olmido, Filho
Chefe do Departamento
de Geociências
CFH/UFSC
Portaria nº 1868/2017/GR

Prof. Dr. Elson Manoel Pereira
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Geografia/UFSC
Siapa: 1159787-6



Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis
 Rua Felipe Schmidt, 1320 – CEP 88010-002 – Centro – Florianópolis/SC
 Fone/Fax: 3251.6500 – CNPJ: 00.909.972/0001-01

AUTORIZAÇÃO Nº 009/2018 – DEPUC

DATA: 16/03/2018

PROCESSO n°:	I 000602/2018
REQUERENTE:	Marinês da Silva
ASSUNTO:	Autorização para pesquisa no Parque Municipal da Lagoinha do Leste
VALIDADE:	Um (1) ano

A Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis - FLORAM, com base no Parecer Técnico nº 015/18-DEPUC, autoriza o requerente a exercer a atividade de “Pesquisa”, no Parque Municipal da Lagoinha do Leste, no período de um (1) ano.

O Parque Municipal da Lagoinha do Leste criada através da Lei Municipal nº 3.701/92, alterada pela lei nº 5.500/99, com os objetivos de salvaguardar a paisagem natural, a fauna e a flora; e proteger o manancial hídrico da bacia hidrográfica da Lagoinha do Leste, sendo que a partir de sua criação, toda a área em seus limites passou a ser considerada como sendo de preservação permanente.

De forma a permitir à administração das unidades de conservação do Município algum tipo de controle sobre as atividades de pesquisa no Parque Municipal da Lagoinha do Leste; considerando que esta atividade, além de sua utilidade, se realiza de forma não excessiva e não provocando danos ao ambiente em questão, somos de parecer favorável à emissão de autorização para a referida pesquisa, dentro dos limites do Parque Municipal da Lagoinha do Leste.

Recomendações / Restrições:

- É de responsabilidade do requerente zelar pela segurança e integridade física dos participantes da atividade.
- Atender as normas e determinações da Administração do Parque, e normas de segurança do trabalho;
- O requerente deve auxiliar a Administração da unidade de conservação, comunicando eventuais irregularidades que constatar próximo a sua área de trabalho;
- A não observância das referidas obrigações implica no cancelamento da presente autorização e na tomada das medidas administrativas e/ou judiciais cabíveis.

Álvaro Augusto Casagrande
 Superintendente

Mercio José Figueiredo
 Diretor de Gestão ambiental

Esta Autorização não dispensa nem substitui outras Autorizações, Licenças ou Alvarás requeridos pela legislação Estadual e/ou Federal.

ANEXO 4 – TERMO DE CIÊNCIA DE RISCOS



ESPELEO GRUPO TEJU JAGUA

Fundado em 04 de dezembro de 2011

TERMO DE CIÊNCIA DE RISCOS

Por meio deste termo de assunção de riscos, **eu**, identificado ao fim do termo, assumo de livre e espontânea vontade, os riscos inerentes às atividades praticadas junto aos membros do Espelelo Grupo Teju Jagua – EGTJ, e corroboro que:

1. Minha participação nos trabalhos de campo do EGTJ se dá por livre e espontânea vontade;
2. Os riscos em atividades de espeleologia, especialmente no tocante à: exploração, topografia (mapeamento), técnicas verticais e prospecção de cavernas, envolvem riscos consideráveis como: afogamento, deslocamentos, luxações, fraturas, queimaduras, mordidas de animais, picadas de insetos, contato com plantas venenosas, risco de possível paralisia permanente, invalidez e morte. Declaro estar ciente destes riscos e dos demais que possam vir a ocorrer em função das atividades realizadas;
3. Declaro reconhecer que o uso de técnicas e equipamentos corretos nas atividades em cavernas e suas proximidades diminuem o perigo, mas não eliminam o risco de acidente, e assumo todos os riscos conhecidos ou não. Declaro ainda que isento o EGTJ da responsabilidade civil e/ou criminal decorrente de acidente durante as atividades do grupo;
4. Assumo a possibilidade de ocorrer dano moral, material e estético, com fundamento em acidente havido durante as atividades de campo ou treinamento;
5. Eu, por mim mesmo, meus herdeiros, representantes legais e parentes próximos, isento e desobrigo o EGTJ, todos os seus associados e colaboradores, sob qualquer vínculo, autoridades, agentes ou empregados, outros participantes, entidades patrocinadoras, patrocinadores, anunciantes e voluntários, de qualquer responsabilidade legal, com respeito a qualquer e todo dano, invalidez, morte, perda ou dano a pessoa ou propriedade;
6. Declaro que estou apto a participar desta atividade e que sou responsável pelos meus atos;
7. Reconheço que estou me inscrevendo em uma atividade de risco longe de meios de socorro urgentes.

Declaro que li e compreendi este documento e que assumo todo e qualquer risco envolvido nas atividades uma vez que o assino livremente e voluntariamente, sem qualquer espécie de coerção.

Florianópolis, ____ de _____ de 20____

Nome: _____

Assinatura: _____

CPF: _____ R.G.: _____

ANEXO 6 - ANÁLISE QUÍMICA IGNUMBRITO



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 CEP 05508-030 São Paulo - SP www.lct.poli.usp.br
Tel: 11 3091-5151 e-mail: lct@lct.poli.usp.br



RESULTADO DE IDENTIFICAÇÃO DE FASES POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

RELATÓRIO: DRX 456-16

DATA: 23/11/16

CLIENTE: WILLIAN SALLUN FILHO

AMOSTRA: M05

IDENT. LCT: 419-5644.HPF

1. MÉTODO

O estudo foi efetuado através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios X com detector sensível a posição.

A identificação das fases cristalinas, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com os bancos de dados PDF2 do ICDD - International Centre for Diffraction Data e ICSD - Inorganic Crystal Structure Database.

2. RESULTADOS

Os resultados obtidos estão listados na tabela abaixo:

ICDD	Nome do composto	Fórmula Química	Obs
78-2315	Quartzo	SiO ₂	
76-0918	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈	
89-6423	Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	

O difratograma obtido (cor preta), onde são assinaladas as linhas de difração correspondente(s) à(s) fase(s) identificada(s) (cada fase em uma cor distinta) é apresentado anexo.

Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT Poli/USP

Dra. Maria Manuela Lé Tassinari
Pesquisadora do LCT Poli/USP

M.Sc. Juliana Lívi Antoniassi
Pesquisadora do LCT Poli/USP



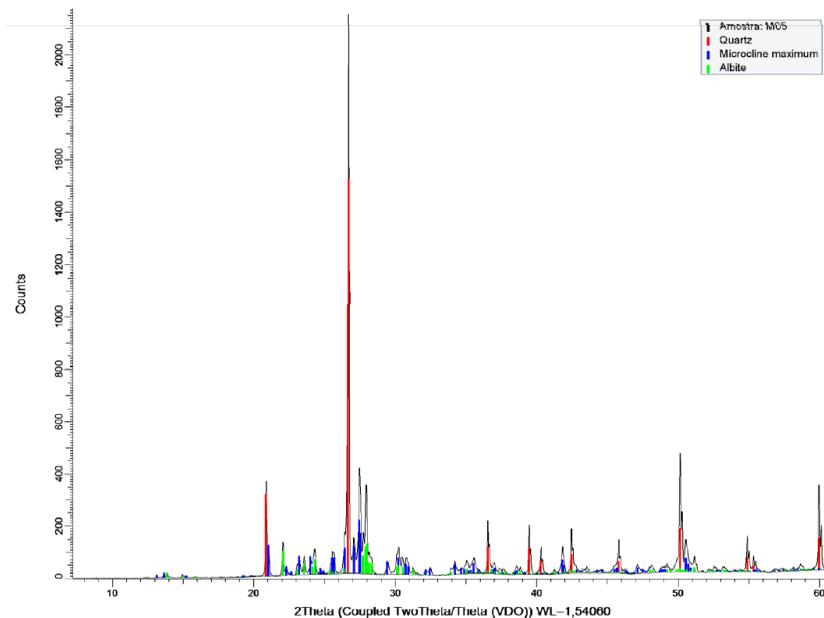
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Laboratório de Caracterização Tecnológica

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 CEP 05508-030 São Paulo - SP www.lct.poli.usp.br
Tel: 11 3091-5151 e-mail: lct@lct.poli.usp.br



DIFRATOGRAMA DE RAIOS X



ANEXO 7 – LAUDO ANÁLISE CARBONO 14



Laudo

Resultados da análise de carbono 14 da amostra de carbonato preparada no LAC-UFF e medida no CAIS, USA. Idade convencional de radiocarbono em anos antes do presente (1950) e percentual de carbono moderno.

LAC-UFF	ID	Idade (anos de 14C AP)	incerteza	pMC	incerteza	CAIS
170218	17P43A01-y	2055	25	77.427	0.246	32458

Tratamento Físico: Primeiramente o material é separado, buscando retirar impurezas grossas e possíveis frações que não são da mesma matriz. Posteriormente é feita a pesagem de aproximadamente 20-40 mg do material. Após a pesagem, a amostra é lavada em água ultrapura.

Tratamento Químico: Consiste de tratamento ácido (HCl – 0.1 molar), para a remoção da camada superficial.

Processo de hidrólise: Com o intuito de transformar o carbono presente na sua matriz em CO₂ é realizada a hidrólise do material, para isso, é feito vácuo no tubo com septo, e ácido fosfórico 85% é injetado no tubo.

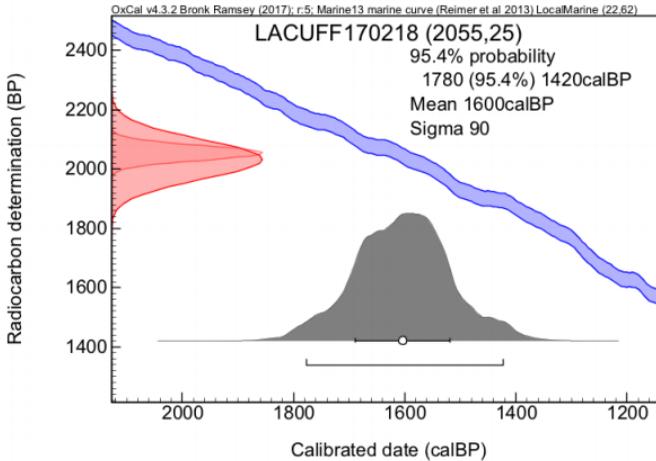
Processo de Purificação: Após a hidrólise o gás é levado a uma linha de vácuo, onde é realizada a purificação do CO₂. Os gases provenientes da hidrólise são separados por armadilhas de temperatura. Ao final do processo, o CO₂ é colocado em tubos de borossilicato em vácuo. O tubo é previamente preparado com zinco, hidreto de titânio e outro tubo de borossilicato interno com ferro.

Processo de Grafitação: Os tubos de borossilicato são assados à 550 °C. Os reagentes serão catalizadores da reação de grafitação e o produto final é uma mistura de grafite com ferro (Macario et al. 2017). Essa mistura é prensada em um catodo de alumínio e levado ao acelerador, onde ocorre a medida.

Resultados: A amostra foi medida no Center for Applied Isotope Studies (CAIS, USA) (Cherkisnky et al. 2010). A idade convencional de radiocarbono (2055 ± 25) anos de 14C AP, obtida pela medida sem calibração.

Calibração: Esse processo é realizado para corrigir aproximações feitas para o cálculo da idade de radiocarbono e correção da concentração de carbono atmosférica e o efeito de reservatório marinho, a calibração foi realizada utilizando o software Oxcal (Bronk Ramsey, 2009a). Para a calibração dessa amostra foi utilizada a curva de calibração para amostras marinhas, denominada Marine13 (Reimer et al, 2013) com ΔR de 22±62 anos de 14C (Alves et al 2015). O resultado pode ser expresso como 1780-1420 anos cal AP (95.4%).

O gráfico abaixo mostra a distribuição de probabilidade da idade calibrada dentro do intervalo de confiança de 2σ .



Alves E, Macario K, Souza R, Pimenta A, Douka K, Oliveira F, Chanca I, Angulo R. Radiocarbon reservoir corrections on the Brazilian coast from pre-bomb marine shells. *Quaternary Geochronology*. 2015 Aug 1;29:30-5.

Cherkinsky A, Culp RA, Dvoracek DK, Noakes JE. Status of the AMS facility at the University of Georgia. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 2010 Apr 1;268(7-8):867-70.

Macario KD, Alves EQ, Moreira VN, Oliveira FM, Chanca IS, Jou RM, Diaz M. Fractionation in the graphitization reaction for ^{14}C -AMS analysis: The role of Zn the role of TiH_2 . *International Journal of Mass Spectrometry*. 2017 Dec 1;423:39-45.

Ramsey, Christopher Bronk. "Bayesian analysis of radiocarbon dates." *Radiocarbon* 51.1 (2009): 337-360.

Reimer PJ, Bard E, Bayliss A, Beck JW, Blackwell PG, Ramsey CB, Buck CE, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*. 2013 Jan;55(4):1869-87.

Kita Chaves Damasio Macario
 SIAPE 1478522
 Laboratório de Radiocarbono
 Universidade Federal Fluminense

Kita Chaves Damasio Macario
 coordenadora do LAC-UFF