

ICNOFÓSSEIS (PALEOTOCAS E CROTOVINAS) ATRIBUÍDOS A MAMÍFEROS EXTINTOS NO SUDESTE E SUL DO BRASIL.

Francisco Sekiguchi Buchmann

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Praça Inf. D. Henrique, s/nº, 11330-900, São Vicente, SP
buchmann@clp.unesp.br

Renato Pereira Lopes

Fundação Zoobotânica do RS - Seção de Paleontologia - Museu de Ciências Naturais.
Rua Dr. Salvador França, 1427, 90690-000, Porto Alegre, RS
paleonto_furg@yahoo.com.br

Felipe Caron

Programa de Pós Graduação em Geociências - Instituto de Geociências – UFRGS. Av: Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Agronomia, 91509-900, Porto Alegre, RS
caronfelipe@yahoo.com

RESUMO

Neste trabalho são apresentadas informações sobre túneis atribuídos a mamíferos extintos. Essas estruturas são encontradas em diversos locais do sudeste e sul do Brasil, ocorrendo em diferentes tipos de substratos, desobstruídas (paleotocas) ou preenchidas por sedimentos (crotovinas). A paleotoca encontrada no Município de Cristal (RS) foi escavada nos depósitos de leques aluviais e possui comprimento de 33m (com uma pequena ramificação de 3,5m), largura variável entre 0,70 e 2,13m e altura entre 0,55 e 1,18m, marcas de garras e impressões da carapaça podem ser vistas ao longo da superfície interna da galeria. As dimensões da estrutura, as marcas de escavação e de osteodermos presentes ao longo das paredes da paleotoca, sugerem que tenha sido produzida por um xenartro dasipodídeo. A comparação com estruturas similares encontradas na Argentina pode fornecer informações mais detalhadas a respeito da paleoecologia e bioestratigrafia dos organismos responsáveis por sua escavação.

Palavras-chave: Icnofósseis, Paleotocas, Crotovinas, Xenarthra, Dasypodidae

ABSTRACT

This work presents informations regarding tunnels which origin is attributed to extinct mammals. These structures can be found in several places of southeastern and southern Brazil, in different types of substrate, hollow (paleo-burrows) or either filled with sediments (crotovines). The fossil burrow which was found on Aluvial Fans near the town of Cristal (RS) is 33m length, with a small ramification of 3,5m; the width varies between 70 and 213cm and its height varies between 55 and 118cm. Its dimensions, osteoderm and claw imprints along its walls suggest that it was dug by a dasypodid xenarthran. Comparison with similar structures found in Argentina can provide more detailed information regarding the paleoecology and biostratigraphy of the organisms that made these ichnofossils.

KEYWORDS: Ichnofossils, Paleo-burrows, Crotovines, Xenarthra, Dasypodidae

INTRODUÇÃO

Iconofósseis de vertebrados terrestres são feições relativamente comuns no registro fóssilífero (Carvalho & Fernandes, 2007). Os iconofósseis de vertebrados mais comuns são estruturas de bioerosão, definidas como resultado da escavação do substrato consolidado por diversos organismos, através de meios mecânicos ou bioquímicos (Carvalho & Fernandes, 2000). No território brasileiro, são registrados iconofósseis deste tipo associados a diversos tipos de vertebrados, em variados paleo-ambientes, como mesossauros em ambiente marinho da Formação Irati (Sedor & Silva, 2004) e répteis terrestres da Formação Rio do Rasto (Leonardi *et al.*, 2002), ambas do Permiano; lacertóides em ambiente fluviais triássicos da Formação Santa Maria (Silva *et al.*, 2008); tetrápodes do Jurássico em arenitos de origem desértica das formações Guará e Botucatu (Leonardi *et al.*, 1999; Schultz *et al.*, 2002) e dinossauros do Cretáceo em sedimentos fluviais, aluviais, lacustres e costeiros nas bacias da região nordeste (Carvalho, 2004). Estes registros são constituídos por marcas de deslocamento fossilizadas, principalmente rastros e pegadas, embora exista registro de um urólito atribuído a dinossauros (Fernandes *et al.*, 2004).

Com relação a mamíferos, os únicos iconofósseis registrados no Brasil até o momento são estruturas de bioerosão, registradas por Bergqvist & Maciel (1994) e Buchmann *et al.* (2003) em sedimentos cenozóicos do Rio Grande do Sul. Essas estruturas ocorrem na forma de galerias e são classificadas em dois tipos: *paleotocas*, quando encontram-se desobstruídas, possibilitando acesso ao seu interior, e *crotovinas*, quando estão preenchidas por sedimento. Uma vez que são consideradas estruturas de moradia temporária ou permanente, podem ser incluídas na classe etológica *Domichnia* (Carvalho & Fernandes, 2000). No registro fóssilífero, estruturas desse tipo também foram atribuídas a arcossauiromorfos, terapsídeos e cinodontes permo-triássicos (Groenwald *et al.*, 2001; Smith & Swart, 2002; Damiani *et al.*, 2003; Abdala *et al.*, 2006) e dinossauros cretácicos (Varrichio *et al.*, 2007). Por serem evidência de comportamento e potencialmente conterem fósseis preservados em seu interior, são valiosas fontes de dados paleoecológicos e paleo-biológicos sobre as espécies que as produzem.

As paleotocas e crotovinas na América do Sul foram primeiramente descritas em afloramentos do litoral argentino entre as cidades de Mar del Plata e Miramar (Província de Buenos Aires), em sedimentos areno-lamosos de coloração castanha amarelado a castanho avermelhado, de idade Plio-Pleistoceno (Ameghino, 1908; Kraglievich, 1952). Nestes afloramentos, são encontrados iconofósseis com diâmetros entre 0.7 e 1.5 m, atribuídos a dasipodídeos que habitavam o pampa argentino (Zárate & Fasano, 1989; Quintana, 1992; Zárate *et al.*, 1998; Vizcaíno *et al.*, 2001). Estruturas menores, com cerca de 10 a 20 cm de diâmetro, foram associadas à atividade de micromamíferos, como os roedores do gênero *Actenomys* (Rodentia, Octodontidae) e outros animais cavadores extintos de pequeno porte (Genise, 1989). Posteriormente essas estruturas foram estudadas quanto o significado paleoecológico e estratigráfico por Scognamillo *et al.* (1998). Estudos mais recentes têm focado a morfologia e a paleobiologia destes iconofósseis com intuito de inferir a evolução do modo de vida subterrâneo (Santis & Morcira 2000; Fernández *et al.*, 2000).

O objetivo deste artigo é apresentar uma descrição das paleotocas e crotovinas que ocorrem em diversos locais e tipos de substratos no sudeste e sul do Brasil, caracterizando essas estruturas quanto à morfologia superficial interna e tentando estabelecer uma correlação genética com iconofósseis similares descritos na Argentina.

LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO

Os icnofósseis aqui descritos foram encontrados em Municípios do Estado de São Paulo e do Rio Grande do Sul (Fig. 1; Tabela 1). Em São Paulo, duas crotovinas foram registradas, uma no Município de Mogi-Mirim, próximo à nascente do rio Itapanhaú, escavada em domínio geomorfológico de leque aluvial da formação Serra do Mar, e outra em Apiaí, próxima ao rio Ribeira de Iguape, em metacalcários alterados associados às seqüências metassedimentares do Grupo Açungui, de idade Eo-Neoproterozóico (Karmann & Ferrari, 2005).

No Rio Grande do Sul, o registro é mais abundante, com registro de duas paleotocas e vinte e quatro crotovinas. No Município de São Lourenço foi encontrada uma crotovina em rocha granítica alterada associada ao Escudo Sul-Riograndense, de idade Neoproterozóico (Fragoso César *et al.*, 1986). Nos Municípios de Cambará do Sul, São José dos Ausentes e Gramado, as estruturas ocorrem em rochas basálticas alteradas da Formação Serra Geral, cuja origem é relacionada ao vulcanismo resultante do processo de separação entre América do Sul e África no Cretáceo (Erlank *et al.*, 1984; Bellieni *et al.*, 1984; Roisenberg & Viero, 2000). Nos Municípios de Encruzilhada do Sul, Chuvisca e Cristal foram registradas crotovinas e paleotocas em arcósios associados ao Sistema de Leques Aluviais, depósitos sedimentares oriundos de processos de fluxo de grão em encosta ocorridos principalmente durante o Terciário (Tomazelli & Villwock, 2000). No Município de Viamão, essas estruturas ocorrem em depósitos eólicos pleistocênicos associados ao Sistema Laguna-Barreira I, formado durante um evento transgressivo marinho há cerca de 400 ka AP (Villwock *et al.* 1986).

MATERIAL E MÉTODO

Em todos os locais estudados, as paleotocas e crotovinas encontram-se expostas nas margens de rodovias. A identificação e a descrição dos icnofósseis envolveu uma seqüência de etapas resumida na figura 2. Quando localizadas, sua posição geográfica foi determinada com o uso de GPS modelo *Etrex Legend* da marca *Garmin*, que posteriormente permitiu correlacionar os afloramentos dentro do contexto geológico regional. Procurou-se determinar os aspectos da geomorfologia (relevo, cursos d'água) dos terrenos próximos aos icnofósseis. Descreveu-se a alteração (intemperismo), textura, coloração das rochas e /ou sedimentos que se encontravam circundando o icnofóssil. Considerou-se distintas abordagens no estudo das paleotocas e crotovinas, devido a ausência ou presença de preenchimento.

No caso das paleotocas, a possibilidade de acesso ao interior permitiu o levantamento topográfico, metro a metro, com o uso de bússola, trena e nível tomando-se medidas de rumo, largura, altura, elevação e comprimento. Quando a paleotoca encontrava-se com água pluvial acumulada foi usado um bote inflável para entrar no interior da galeria e transportar o material de campo. Uma bomba submersa e um gerador a gasolina foram usados para drenar a água acumulada no interior das paleotocas. As análises tiveram como objetivo a descrição das dimensões e estrutura interna da galeria (morfologia orientação, ramificações) que permitiram visualizar seu posicionamento espacial. Foram feitos registros fotográficos da estrutura interna e das marcas observadas ao longo das paredes, e foram feitos moldes em silicone, a partir dos quais obtiveram-se réplicas em gesso. A classificação das marcas atribuídas à ação biogênica foi feita através de comparação com as descrições nos trabalhos de Paula Couto (1973, 1980a, 1980b, 1982); Edmond (1985a, 1985b); Quintana (1992); Bergqvist & Maciel (1994), Becker & Dalponte (1999) e Buchmann *et al.* (2003).

No estudo das crotovinas, os depósitos resultantes do preenchimento interno foram caracterizados quanto a sua estrutura (maciço, estratificado) e litologia (textura, coloração, discordâncias). Essas análises possibilitaram avaliar os processos deposicionais envolvidos no preenchimento sedimentar das galerias.

RESULTADOS

Paleotocas

Nos Municípios gaúchos de Cristal e Cambará do Sul foram registradas duas estruturas em forma de galeria, não preenchidas, interpretadas como paleotocas. Em Cristal a paleotoca se encontrava exposta em um barranco às margens da BR-116, que foi escavado em 2003 para construção de um paradoro; segundo informações dos operários da obra, cerca de 30 m da paleotoca foram destruídos durante a escavação do barranco da estrada (talude). A área do afloramento em que se encontram as estruturas mede cerca de 30 m de largura e 10 m de altura.

A matriz sedimentar em que as estruturas foram escavadas consiste em areias grossas em matriz siltico-argilosa maciça, de natureza arcoseana, resultante da alteração de rochas graníticas do Escudo Sul-Riograndense e depositada em leques aluviais (Tomazelli & Villwock, 2000). Esta paleotoca tem sua entrada semi-preenchida por sedimento (Fig. 3). Os primeiros 8 m da galeria encontra-se parcialmente cheios de água, o restante encontra-se totalmente desobstruído, o que possibilitou o acesso até o final da paleotoca. O levantamento topográfico revelou um túnel com 33m de comprimento, pouco sinuoso, com alinhamento norte-sul e apresentando uma ramificação transversal em sua porção média (Fig. 4). Ao todo foram feitas 33 medidas (Tabela 2), que mostraram largura média de 1,46 m e altura média de 0,9 m. A maior e menor largura foram, respectivamente, de 2,13 m e 1,18 m; a máxima e mínima largura foram de 1,13 m e 0,68 m. A seção transversal da paleotoca varia de sub-circular a sub-elíptico (Fig. 5). A diferença altimétrica mostrou um desnível ascendente de 2 m entre a entrada e o final da galeria. As áreas com maior largura e formato arredondado foram consideradas como sendo câmaras de giro. A ramificação transversal mede 3,5 m de comprimento e apresenta largura média 0,82 m e altura média de 0,78 m, variando entre 0,7 m e 1,15 m de altura. A natureza siltico-argilosa da matriz sedimentar da paleotoca permitiu que fossem impressas ao longo das paredes internas diversas marcas paralelas feitas pelo organismo construtor, melhor preservadas nas porções média e final da galeria. Foram registrados dois tipos de marcas: longas e rasas, e curtas e profundas. As primeiras (Tipo I), medem cerca de 1 cm de largura e 3 mm de profundidade (Fig. 6a, b). As marcas curtas e profundas (Tipo II), ocorrem em grupos de três marcas e têm cerca de 30 a 40 mm de largura e 12 mm de profundidade (Fig. 6c).

A paleotoca de Cambará do Sul foi parcialmente destruída durante a construção da estrada, encontrando-se exposta no talude (Fig. 7). A rocha matriz basáltica apresenta-se em condições friáveis, parcialmente desagregada devido o intemperismo. Seu perfil é semi-circular, devido ao preenchimento parcial na base por sedimento inconsolidado, depositado no interior da estrutura. As medidas internas revelaram uma galeria com largura em torno de 1,6 m, altura de 1,2 m e 6,5 m de comprimento, sem ramificações. Também foram observadas marcas curtas e profundas (Tipo II) ao longo da superfície da galeria.

Crotovinas

No total, foram identificadas vinte e seis galerias preenchidas classificadas como crotovinas, duas em São Paulo e vinte e quatro no Rio Grande do Sul. As estruturas são

caracterizadas pelo preenchimento total ou quase total por sedimentos transportados para o interior da estrutura.

As crotovinas encontradas no Município paulista de Mogi-Mirim, encontra-se em sedimentos de leques aluviais; no Município de Apiaí, foram registradas em metacalcários alterados, associados às seqüências metassedimentares do Grupo Açungui.

No Município gaúcho de Cristal, as seis crotovinas estão inseridas em arcósios associados ao Sistema de Leques Aluviais, depósitos sedimentares oriundos de processos de fluxo de grão em encosta ocorridos principalmente durante o Terciário (Tomazelli & Villwock, 2000). As crotovinas de Cristal foram encontradas no mesmo afloramento da paleotoca. Distinguem-se da matriz circundante pela diferença na textura, coloração e estratificação do sedimento que as preenche. Das diversas crotovinas encontradas, uma encontrava-se muito bem preservada, sem alterações significativas por intemperismo, o que possibilitou uma análise detalhada do preenchimento (Fig. 8). Foram observadas camadas milimétricas a decimétricas de lama e areia grossa, com colorações que variavam do bege-claro a marrom-avermelhado. Também foram observadas estruturas de gretas de contração nas camadas lamosas, posteriormente preenchidas por areia.

Nos municípios de São José dos Ausentes, Gramado e Cambará do Sul as estruturas ocorrem em rochas basálticas alteradas da Formação Serra Geral. As seis crotovinas de São José dos Ausentes encontram-se inteiramente preenchida por sedimentos areno-lamosos, de coloração bege a marrom-claro. Uma destas estruturas apresenta evidências de bioturbação, na forma de escavações posteriores em forma circular a oval, preenchidas por sedimentos maciços de coloração distinta (Fig. 9). Provavelmente representam re-ocupações sucessivas da mesma estrutura por organismos menores, após a morte ou abandono pelo organismo construtor original (crotovina dentro de crotovina). As outras crotovinas apresentam preenchimento maciço, sem estruturas de bioturbação.

As três crotovinas no Município de Gramado estão expostas no talude de uma estrada secundária, apresentam seção sub-circular. O preenchimento é maciço e composto por matriz areno-lamosa contendo grânulos e seixos angulosos. A rocha circundante constitui-se de basalto alterado, com colorações marrom escuro a bege.

As crotovinas dos Municípios de Encruzilhada do Sul e Chuvisca ocorrem em sedimentos arcoseanos associados ao Sistema de Leques Aluviais, expostas durante a escavação de uma estrada. Embora estejam mal-preservedas, seu preenchimento é maciço e constituído por sedimento semi-consolidado, com evidentes sinais de intemperismo. No Município de São Lourenço do Sul, ocorrem em rochas graníticas alteradas, associadas ao Escudo-Sul-Riograndense. Em Viamão, as crotovinas foram registradas em areias siltico-argilosas, que constituem depósitos eólicos pleistocênicos associados ao Sistema Laguna-Barreira I.

DISCUSSÃO

A ocorrência de icnofósseis similares, ao longo de uma extensa área geográfica, mostra a ampla distribuição dos organismos responsáveis por sua construção. Embora não tenham sido encontrados fósseis associados, as dimensões e morfologia comparáveis sugerem a ação de um mesmo táxon. Os pontos onde foram encontradas essas estruturas sugerem um padrão na sua ocorrência, preferencialmente em locais mais elevados (encostas), provavelmente como forma de evitar a morte do ocupante por alagamento da estrutura durante chuvas ou enchentes, como registrado em galerias de vertebrados do Triássico da África (Groenwald *et al.*, 2001; Abdala *et al.*, 2006). Dessa forma, a topografia poderia ser um fator limitante à distribuição desses organismos, restringindo sua ocorrência a áreas com relevo mais acidentado.

As paleotocas são estruturas de bioerosão endógenas, escavadas em rochas alteradas pelo intemperismo, portanto, a idade das rochas alteradas onde as estruturas estão inseridas não é a mesma idade dos icnofósseis. A ausência de restos fósseis no interior das galerias, impede a precisa identificação do vertebrado responsável por sua escavação; contudo, Saffer *et al.* (2003), registraram fósseis preguiça-gigante (*Scelidotherium* sp.) e urso (*Arctotherium latidens*) no interior, cuja presença foi atribuída a uma fase de reocupação da paleotoca, após o abandono pelo construtor original. Para Quintana (1992), a escavação de estruturas como paleotocas pode ser atribuída a mamíferos cingulados da Família Dasypodidae; Zárate *et al.* (1998) apóiam a idéia, e interpretam as paleotocas como escavações feitas por dasipodídeos de grande tamanho como *Pampatherium* sp. e/ou *Holmesina* sp. (Pampatheriinae), *Eutatus* e/ou *Propraopus* sp. (Dasypodinae).

A fim de tentar estabelecer a identificação do organismo construtor da paleotoca de Cristal, fizeram-se comparações com a literatura das marcas ao longo das paredes internas. As marcas do Tipo I, longas e rasas, identificadas como impressões da carapaça durante a locomoção no interior da paleotoca (Fig. 6a, b), são semelhantes à descrição da morfologia dos osteodermos das cintas móveis na porção intermediária da carapaça de um indivíduo adulto de *Propraopus* (Paula Couto, 1980a, 1980b, 1982), bastante diferentes da descrição de osteodermos de *Pampatherium* e *Holmesina* (Edmond, 1985a, 1985b). *Propraopus* é descrito como um táxon característico dos depósitos do Pleistoceno superior no sudeste brasileiro. As marcas curtas e profundas (Tipo II), foram interpretadas como marcas de garras dos membros anteriores, resultantes do processo de escavação da paleotoca (Fig. 6c).

Os resultados sugerem que o escavador das galerias era um cingulado, porém não um pampaterídeo, uma vez que, além da morfologia das placas da carapaça, estes carecem de estruturas cavadoras como articulações fortes, falanges largas e unhas resistentes e grandes, o que dificultaria a escavação de tocas nas proporções das encontradas, reforçando assim as conclusões de Quintana (1992), Bergqvist & Maciel (1994) e Buchmann *et al.* (2003). A dieta à base de gramíneas atribuída aos pampatérios e gliptodontídeos restringiria esses táxons a áreas predominantemente abertas (savanas), o que dificultaria a escavação de tocas (Góis, 2005). Estudos biomecânicos sugerem que tardígrados dos gêneros *Scelidotherium* e *Glossotherium* seriam capazes de escavar galerias como essas (Bargo *et al.*, 2000).

Quintana (1992) descreveu em Mar del Plata (Argentina), duas galerias interconectadas por um pequeno túnel, uma com 23 m e outra com 3 m (esta parcialmente bloqueada). Assim como no caso da paleotoca de Cristal, podemos supor que esta é uma estrutura parcial, que poderia estender-se por extensões maiores durante o período de ocupação pelo organismo construtor. Galerias com tamanhas dimensões exigiriam um grande investimento de esforço e tempo, e portanto seriam ocupações relativamente permanentes. Comparando as dimensões das paleotocas no Brasil e na Argentina observa-se que a paleotoca de Cristal (Brasil) era formada por uma longa galeria (com talvez 70m de comprimento) com uma orientação N-S, e pouca sinuosidade; enquanto Quintana (1992) descreve em Mar del Plata (Argentina) duas galerias interconectadas por um pequeno túnel, uma com 23m e outra com 3m (esta parcialmente bloqueada). Partindo do pressuposto que tanto a paleotoca de Cristal (descrita neste trabalho) quanto a descrita por Quintana (1992) na Argentina são fragmentos da galeria, podemos supor que a galeria principal e suas ramificações podem ter tido dimensões com várias dezenas, talvez centenas de metros, durante a ocupação pelo organismo gerador. Na paleotoca de Cristal, a galeria principal apresentou largura máxima de 2,13m, largura média de 1,46m e altura média de 0,90m, enquanto Quintana (1992) registra na paleotoca largura máxima de 1,30m, largura média de 0,90m e altura média de 0,70m, Estas dimensões se aproximam das dimensões da pequena ramificação de Cristal com largura máxima de 1,15m, largura média

0,82m e altura média 0,78m. Isto sugere que o organismo fossorial descrito por Quintana (1992) pode ser menor do que o organismo de Cristal.

As crotovinas podem ser consideradas um estágio mais avançado das paleotocas, resultantes de modificações ocorridas ao longo do período após a morte ou abandono da galeria pelo organismo construtor. A presença de preenchimento maciço, constituído por sedimento de mesma textura e coloração, sugere que a obstrução da paleotoca original foi resultado eventos episódicos e relativamente rápidos. Já no caso das crotovinas com sedimento estratificado, exibindo diferenças na coloração e granulometria do material de preenchimento, sugere a obstrução gradual da estrutura ao longo do tempo, em resposta a diversos episódios de sedimentação, relacionados a condições variáveis de fluxo hídrico e clima.

A região em que se localiza São José dos Ausentes é chamada de “Campos de Cima da Serra”, correspondente ao topo do Planalto das Araucárias, caracterizada pela paisagem de coxilhas suaves e pelo substrato de rocha basáltica, resultando em poucos locais favoráveis onde escavar galerias. Isso restringiria a presença dessas estruturas à porção superficial do terreno, em locais onde a rocha alterada (regolito) apresentasse espessura adequada às dimensões do organismo escavadores, e em terrenos adjacentes a vales fluviais, que são os únicos desníveis topográficos consideráveis na região, como se observa no caso das crotovinas aí encontradas. Levantamentos mais detalhados ao longo das estradas da região possibilitariam confirmar ou negar essa hipótese. A presença de uma estrutura relativamente ampla, preenchida por sedimento macio, teria favorecido a ocupação sucessiva por organismos menores observada na crotovina de São José dos Ausentes, formando crotovinas dentro de crotovinas (Fig. 9).

Embora tenham sido registrados em variados tipos de substratos, de natureza e idades distintas, sua presença em sedimentos quaternários com cerca de 400 mil anos sugerem que o organismo construtor tenha surgido em época mais recente ou tenha sobrevivido até pelo menos pouco depois dessa data. A identificação exata dos responsáveis pela escavação dessas estruturas pode revelar a idade com maior precisão, através de correlação com sua distribuição bioestratigráfica.

CONCLUSÕES

Diversos icnofósseis atribuídos a mamíferos são encontrados por uma ampla área geográfica do SE do Brasil até a região de Miramar no NE da Argentina. As similaridades na morfologia e tamanho dessas estruturas sugere a escavação pelos mesmos tipos de organismos.

As crotovinas com diâmetros entre 1,0 e 1,5m apresentam-se com seção transversal semicircular a elíptica e às vezes com a base plana (devido ao preenchimento parcial). As marcas encontradas no interior da Paleotoca de Cristal podem ser atribuídas a um representante da família Dasypodidae, que compreende os tatus. A comparação das medidas obtidas nas fotografias e nos moldes de silicone da paleotoca de Cristal permite sugerir que um organismo fossorial semelhante a *Propraopus* ou *Eutatus* foi responsável pelas marcas, excluindo *Pamphatherium* e *Holmesina*.

A ocorrência de paleotocas e crotovinas em locais de terreno inclinado e relativamente elevado sugere a preferência dos organismos para lugares altos com visão panorâmica e fonte de água próxima para a escavação das galerias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, F.; Cisneros, J.C.; Smith, R.M.H. 2006. Faunal aggregation in the Early Triassic Karoo Basin: earliest evidence of shelter-sharing behavior among tetrapods? *Palaios* 21(5): 507-512.
- Ameghino, F. 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. *Museo de Historia Natural de Buenos Aires*, 7(3): 343-428.
- Bargo, S.M.; Vizcaíno, S.F.; Archuby, F.M.; Blanco, R.E. 2000. Limb bone proportions, strength and digging in some Lujanian (Late Pleistocene-Early Holocene) mylodontid ground sloths (Mammalia, Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology* 20(3): 601-610.
- Becker, M. & Dalponte, J. C. 1999. *Rastros de mamíferos silvestres brasileiros*. Ed. UnB; Ed. IBAMA, 180p.
- Bellieni, G.; Comim-Chiaramonti, P.; Marques, L. S.; Melfi, A. J.; Nardy, A. J. R.; Papatrechas, C.; Piccirillo, E. M.; Roisenberg, A. & Stolfa, D. 1984. High and low TiO₂ flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): Petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neus Jahrbuch Miner. Abh.*, 150: 273-306.
- Bergqvist, L. P. & Maciel, L. 1994. Icnofósseis de mamíferos (crotovinas) na planície costeira do Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(2): 189-197.
- Buchmann, F. S. C.; Caron, F.; Lopes, R. P. & Tomazelli, L. J. 2003. Traços fósseis (paleotocas e crotovinas) da megafauna extinta no Rio Grande do Sul, Brasil: IN: 9^o CONGRESSO DA ABEQUA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, Recife, PE, *Anais ...* cd-room.
- Carvalho, I.S.; Fernandes, A.C.S. 2000. Icnofósseis. In: Carvalho, I.S. (ed.) *Paleontologia*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 628p.
- Carvalho, I.S. 2004. Dinosaur footprints from northeastern Brazil: taphonomy and environmental setting. *Ichnos* 11(3-4): 311-321.
- Carvalho, I.S.; Fernandes, A.C.S. (eds.) 2007. *Icnologia*. Sociedade Brasileira de Geologia-Série Textos n^o 3, São Paulo. 178 p.
- Damiani, R.; Modesto, S.; Yates, A.; Neveling, J. 2003. Earliest evidence of cynodont burrowing. *Proceedings of the Royal Society of London*, B. 270: 1747-1751.
- Edmond, G. 1985a. The fossil giant armadillos of north America (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). In: Montgomery, G. G. (ed) *The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas*. Smithsonian Institution Press, 83-93.
- Edmond, G. 1985b. The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). Number 40, *Pearce-Sellards series*, Texas Memorial Museum, University of Texas, 1-40.
- Erlank, A. J.; Marsh, J. S.; Duncan, A. R.; Miller, R. Mc G.; Hawkesworth, C. J.; Betton, P. J. & Rex, D. C. 1984. Geochemistry and petrogenesis of the Etendeka volcanic rocks from SWA/Namibia. *Special Publication of Geological Society of South Africa*, 13: 195-245.
- Fernandes, M.A.; Fernandes, L.B.R.; Souto, P.R.F. 2004. Occurrence of urolites related todinosaur in the Lower Cretaceous of the Botucatu Formation, Paraná Basin, São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 7(2): 263-268.
- Fernandez, M. E.; Vassalo, A. I. & Zárata, M. 2000. Functional morphology and palaeobiology of the pliocene rodent *Actenomys* (Caviomorpha: Octodontidae): the evolution to a subterranean mode of life. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71(1): 71-90.
- Fragoso César, A. R. S. F.; Figueiredo, M. C. H.; Soliani Jr, E. & Faccini, U. F. 1986. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul: In: 34^o CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Goiânia, SBG. *Anais* 3:1322-1343.

- Góis, F. 2005. *Estudo descritivo e morfometria geométrica dos Cingulata do Neógeno e Quaternário da Amazônia Sul-Occidental*. Monografia de conclusão do curso de Biologia, UNIR - Universidade Federal de Rondônia.
- Groenwald, G.H.; Welam, J.; Maceachern, J.A. 2001. Vertebrate Burrow Complexes from the Early Triassic *Cynognathus* Zone (Driekoppen Formation, Beaufort Group) of the Karoo Basin, South Africa. *Palaios*, 16 (2): 148-160.
- Genise, J. F. 1989. Las cuevas con *Actenomys* (Rodentia, Octodontidae) de la formación Chapadmalal (Plioceno superior) de Mar del Plata y Miramar (provincia de Buenos Aires). *Ameghiniana*, 26(1-2): 33-42.
- Karmann, I. & Ferrari, J. A. 2005. Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio043/sitio043.pdf>
- Kraglievich, J. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Prov. de Buenos Aires. *Revista del Museo de Ciencias Naturales y Tradicionales*, Mar del Plata, 1(1): 8-37.
- Leonardi, G.; Carvalho, I.S. 1999. Jazigo Icnofossilífero do Ouro - Araraquara (SP). In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 07/10/1999 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio079/sitio079.htm>
- Leonardi, G.; Sedor, F.A.; Cota, R. 2002. Pegadas de répteis terrestres na Formação io do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 60(3): 213-216.
- Paula-Couto, C. 1973. Edentados fósseis de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 45(2):261-275.
- Paula-Couto, C. 1980a. Um tatu gigante do Pleistoceno de Santa Catarina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52 (3): 527-531.
- Paula-Couto, C. 1980b. *Propraopus punctatus* (Lund, 1840) no Pleistoceno de Cerca Grande, Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52 (2): 323-325.
- Paula-Couto, C. 1982. Pleistocene armadillo from Cantagalo, State Rio de Janeiro. *Iheringia*, série geológica, Porto Alegre, 7: 65-68.
- Quintana, C. A. 1992. Estructura interna de una paleocueva, posiblemente de un Dasypodidae (Mammalia, Edentata) del Pleistoceno de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana*, 29(1):87-91.
- Roisenberg, A. & Viero, A. P. 2000. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: Holz & De Ros (2000). *Geologia do Rio Grande do Sul*. CIGO/UFRGS Porto Alegre, 444p.
- Santis, L. J. M. & Morcira, G. J. 2000. El aparato masticador del genero extinto *Actenomys* Burmeister, 1888 (Rodentia, Ctenomyidae): Inferencias sobre su modo de vida. *Estudios Geológicos*, 56: 63-72.
- Saffer, M. M.; Dondas, A. & Scaglia, O. 2003. Hallazgo de paleocuevas con estructura interna realizadas por mamíferos gigantes extintos del Pleistoceno bonaerense. Miramar Prehistorica, www.miramar.prehistorica.arg.net.ar
- Schultz, C.L.; Scherer, C.M.S.; Lavina, E.L.C. 2002. Dinosaur's footprints from Guará Formation (Upper Jurassic), Paraná Basin, Southern Brazil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, *Livro de Resumos*, 8.
- Scognamillo, D.; Zárate, M. A. & Busch, C. 1998. Estructuras de las cuevas de *Actenomys* (Rodentia: Octodontidae) del Plioceno tardío (Barranca de los Lobos, Partido de General

Pueyrredón): significado paleoecológico y estratigráfico. TERCERA REUNIÓN ARGENTINA DE ICNOLOGÍA Y PRIMERA REUNIÓN DE ICNOLOGÍA DEL MERCOSUR, Mar del Plata, Argentina. Resumos

- Sedor, F.A.; Silva, R.C. 2004. Primeiro registro de pegadas de Mesosauridae (Amniota, Sauropsida) na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná) no Estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7(2): 269-274.
- Silva, R.C.; Ferigolo, J.; Carvalho, I.S.; Fernandes, A.C.S. 2008. Lacertoid footprints from the Upper Triassic (Santa Maria Formation) of Southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 262(3-4): 140-156.
- Smith, R.M.H.; Swart, R. 2002. Changing fluvial environments and vertebrate taphonomy in response to climatic drying in a Mid-Triassic rift valley fill: the Omingonde Formation (Karoo Supergroup) of central Namibia. *Palaaios*, 17: 249-267.
- Tomazelli, L. J. & Villwock, J. A. 2000. O Cenozóico do Rio grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. Holz, M & DeRos, L.F. (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. Edição CIGO/UFRGS. 444 p.
- Varricchio, D.J.; Martin A.J.; Katsura, Y. 2007. First trace and body fossil evidence of a burrowing, denning dinosaur. *Proceedings of the Royal Society of London*, B, 274:1361–1368.
- Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A, Horn, N. O.; Bachi, F. A. & Dehnhardt, B. A. 1986. *Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province*. Rabassa, J. (ed.). Quaternary of the South America and Antarctic Peninsula. A.A. Balkema, Rotterdam. 4: 79-97.
- Vizcaíno, S. F., Zárate, M., Bargo, M. S., & Dondas, A. 2001. Pleistocene burrows in the Mar del Plata area (Argentina) and their probable builders. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46: 157–169.
- Zárate, M. A. & Fasano, J. L. 1989. The Plio-Pleistocene Record of the central eastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina: The Chapadmalal case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72: 27-52.
- Zárate, M. A.; Bargo, M. S.; Vizcaíno, S. F.; Dondas, A. & Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuibles a grandes mamíferos. *Revista AAS - Associação Argentina de Sedimentologia*, 5(2): 95-103.

Tabela 1 – Localização das paleotocas e crotovinas.

Table 1 – Fossil burrow and crotovine locations.

	Município	Coordenada UTM	Substrato
01 crotoquina	Mogi Mirim (SP)	23K 389557 7378132	sedimento aluvial
01 crotoquina	Apiáí (SP)	22J 758554 7282076	metacalcário alterado
06 crotoquinas	São José dos Ausentes (RS)	22J 603531 6830951	basalto alterado
02 crotoquinas	Cambará do Sul (RS)	22J 584604 6788390	basalto alterado
01 paleotoca		22J 592529 6774245	basalto alterado
03 crotoquinas	Gramado (RS)	22J 512869 6751538	basalto alterado
01 crotoquina	Encruzilhada (RS)	22J 345969 6579994	sedimento aluvial
01 crotoquina	Chuveisca (RS)	22J 403663 6599913	sedimento aluvial
02 crotoquinas	Viamão (RS)	22J 505780 6668870	areia siltico-argilosa
03 crotoquinas	São Lourenço (RS)	22J 390467 6526560	granito alterado
06 crotoquinas, 01 paleotoca	Cristal (RS)	22J 400269 6570572	sedimento aluvial

Tabela 2 – Biometria da paleotoca de Cristal.

Table 2 – Cristal's fossil burrow biometry.

Comprimento (m)	Largura (cm)	Altura (cm)	Rumo (grau)	Elevação (cm)	Elevação acumulada	Forma
0	Fundo			0	0	
1	130	89	140	-10	-10	Elíptica
2	128	82	140	-2	-12	Elíptica
3	159	88	140	-6	-18	Meia lua
4	182	91	145	-10	-28	Meia lua
5	192	87	150	-7	-35	Meia lua
6	182	107	160	-18	-53	Meia lua
7	175	107	165	-14	-67	Elíptica
8	154	97	165	-16	-83	Elíptica
9	146	90	170	-10	-93	Elíptica
10	124	97	170	-12	-105	Elíptica
11	130	90	170	-20	-125	Elíptica
12	130	118	180	-20	-145	Água
13	120	68	185	2	-143	Água
14	114	78	185	4	-139	Água
15	113	87	200	-9	-148	Água
16	140	84	200	-8	-156	Elíptica
17	124	85	200	-12	-168	Elíptica
18	125	95	200	-9	-177	Elíptica
19	131	97	200	-1	-178	Elíptica
20	130	84	200	-11	-189	Elíptica
21	130	72	190	-7	-196	Elíptica
22	139	90	185	-7	-203	Elíptica
23	134	90	180	-5	-208	Elíptica
24	130	91	180	-1	-209	Elíptica
25	130	94	180	-9	-218	Água
26	150	134	180	-46	-264	Água
27	144	88	180	0	-264	Água
28	152	79	180	-2	-266	Água
29	173	84	180	0	-266	Água
30	213	79	180	9	-257	Água
31	191	96	180	20	-237	Água
32	160	64	180	20	-217	Água
33	Saída					

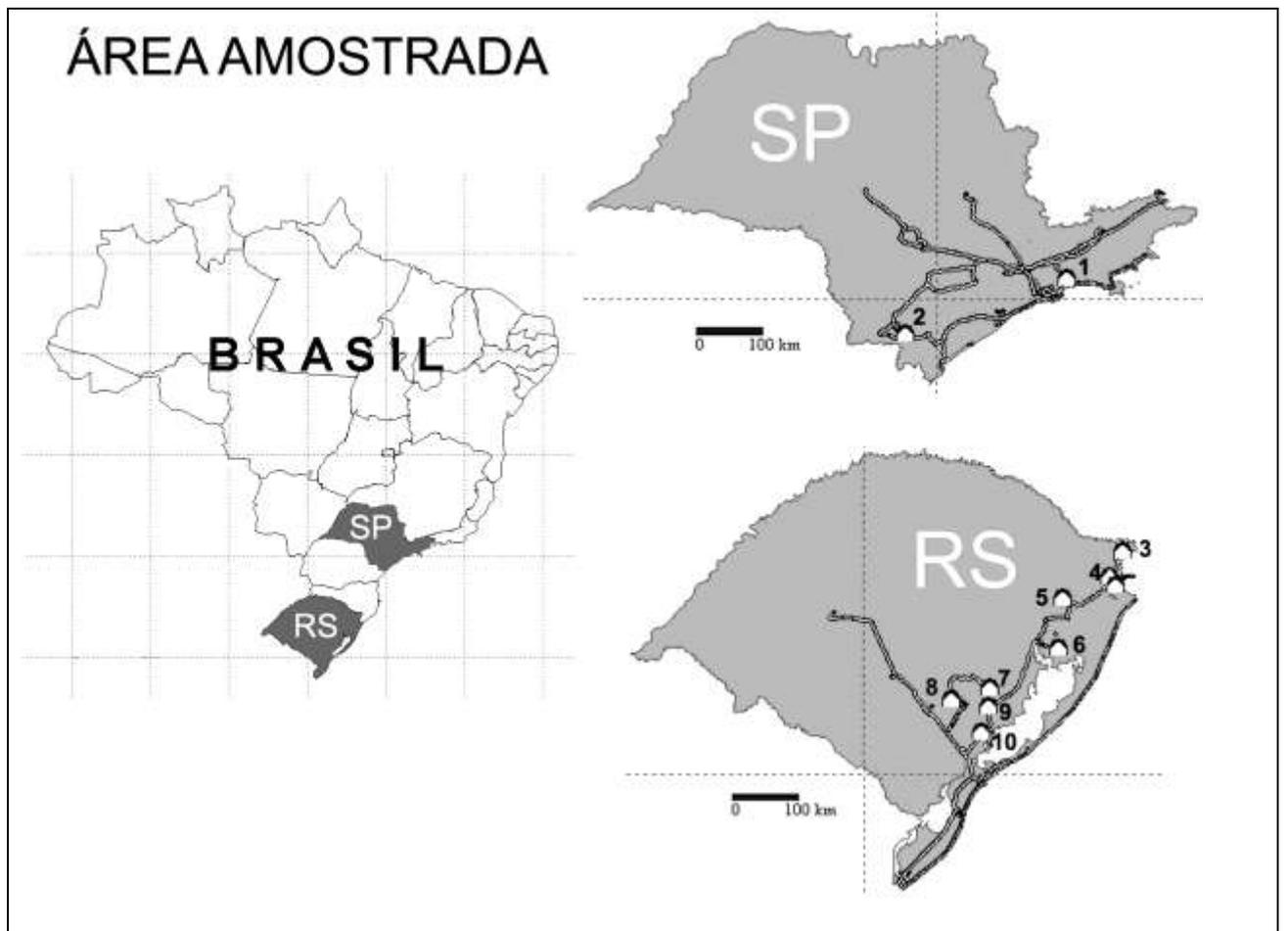


Figura 1 – Mapa de localização das paleotocas e crotovinas nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. 1 – Mogi Mirim; 2 – Apiaí; 3 – São José dos Ausentes; 4 – Cambará do Sul; 5 – Gramado; 6 – Viamão; 7 – Chувиска; 8 – Encruzilhada do Sul; 9 – Cristal; 10 – São Lourenço do Sul.

Figure 1 – Location of the crotovines and fossil burrows in the States of São Paulo and Rio Grande do Sul. 1 – Mogi Mirim; 2 – Apiaí; 3 – São José dos Ausentes; 4 – Cambará do Sul; 5 – Gramado; 6 – Viamão; 7 – Chувиска; 8 – Encruzilhada do Sul; 9 – Cristal; 10 – São Lourenço do Sul.

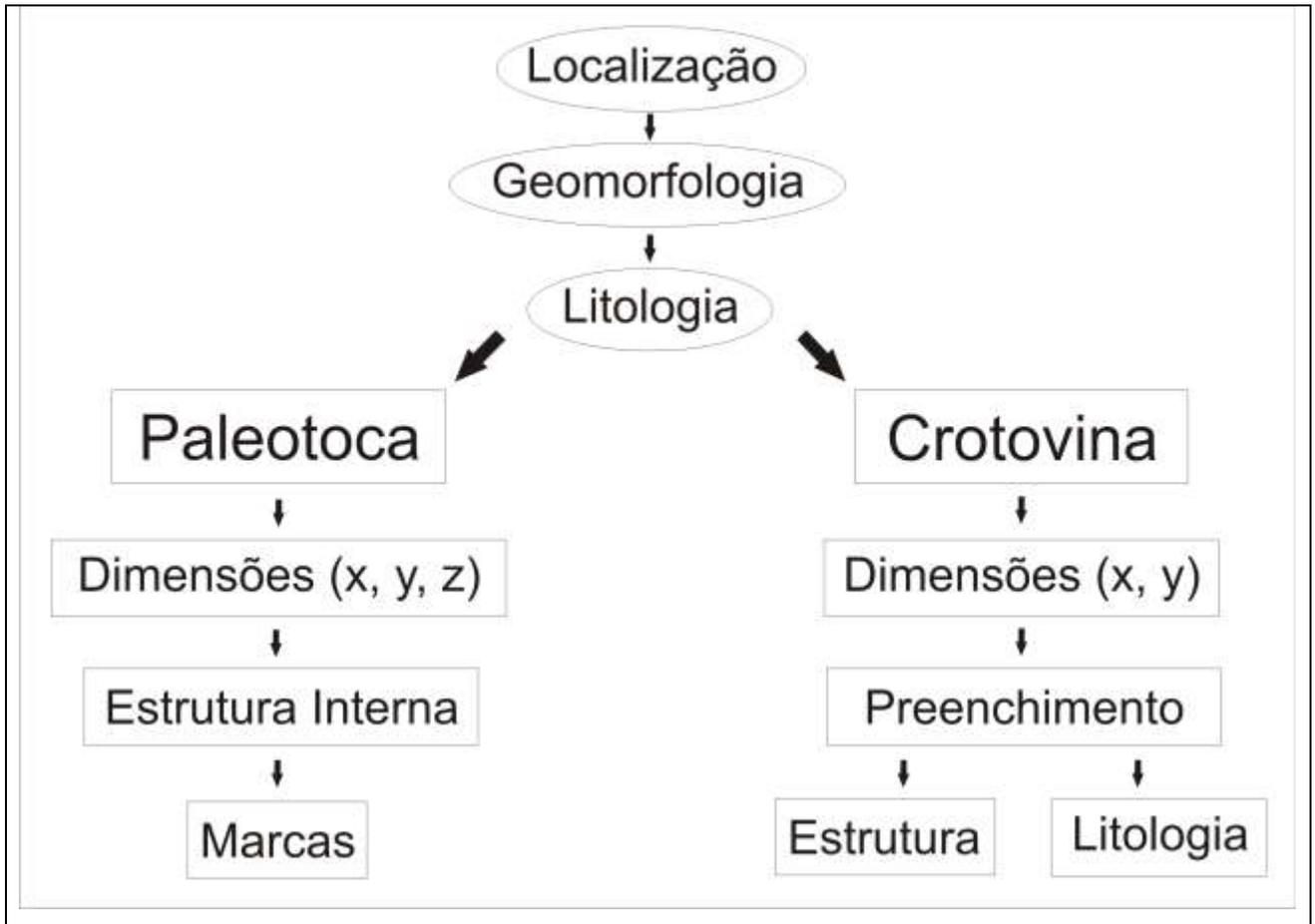


Figura 2 – Quadro resumo da metodologia aplicada a este estudo.

Figure 2 – Summary of the methodology applied to this study.

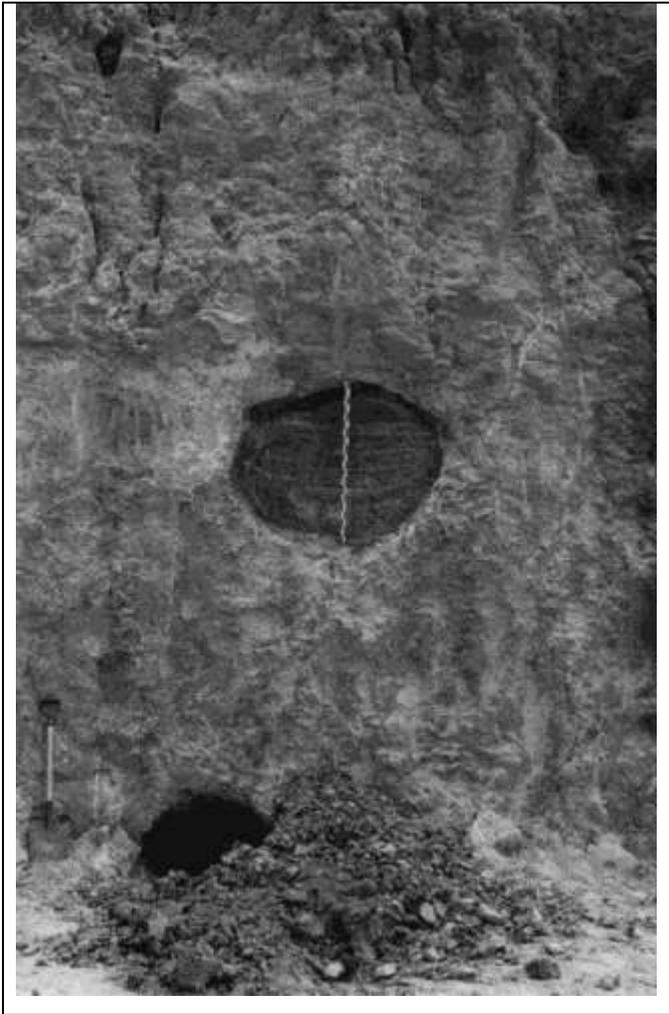


Figura 3 - A paleotoca (na porção inferior da foto) e uma crotovina, encontradas próximo a Cristal
Figure 3 – The paleo-burrow (in the lower portion of the photo) and a crotovine, found near Cristal.

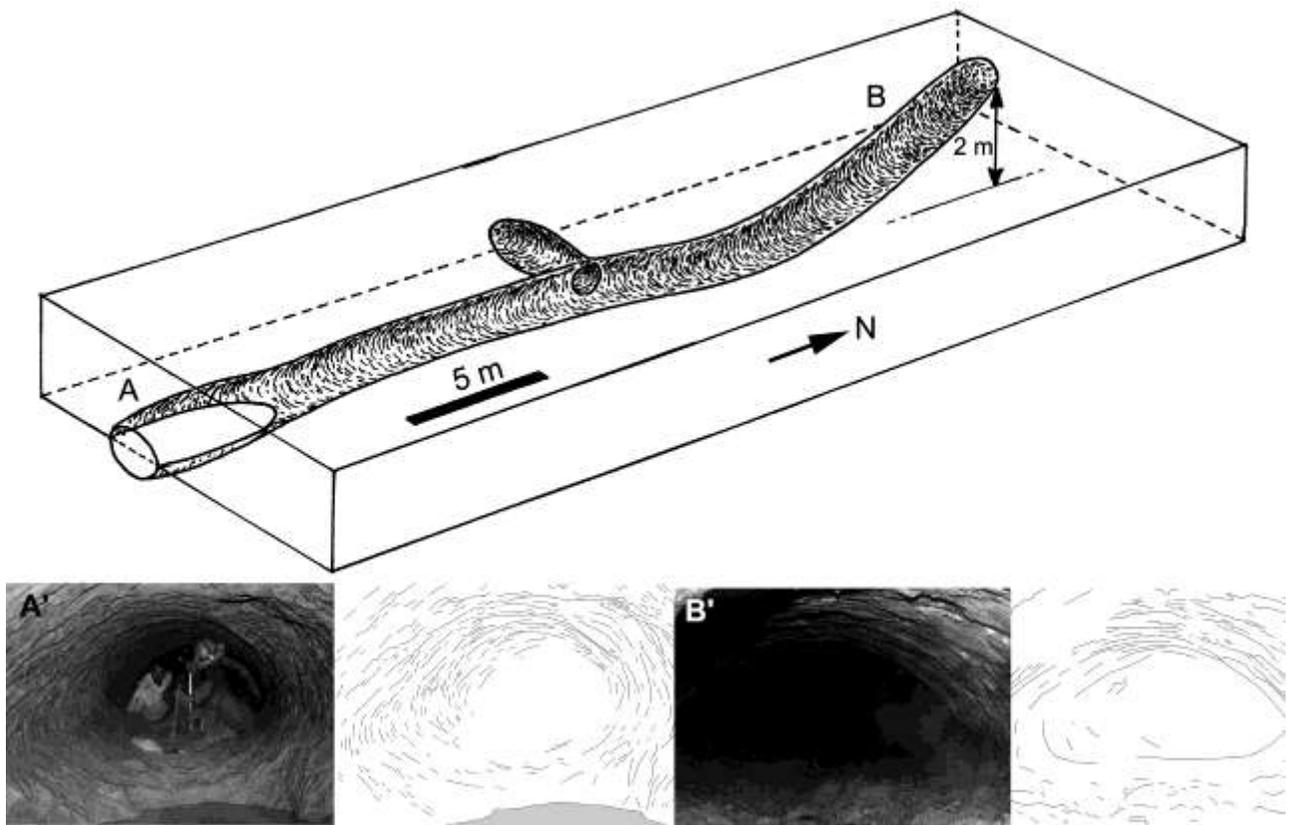


Figura 4 – Representação gráfica da paleotoca de Cristal (RS). A – entrada semi-inundada; B – interior da estrutura

Figure 4 – Graphic representation of the paleo-burrow in Cristal (RS). A – the entrance, half-flooded; B –inside the structure.

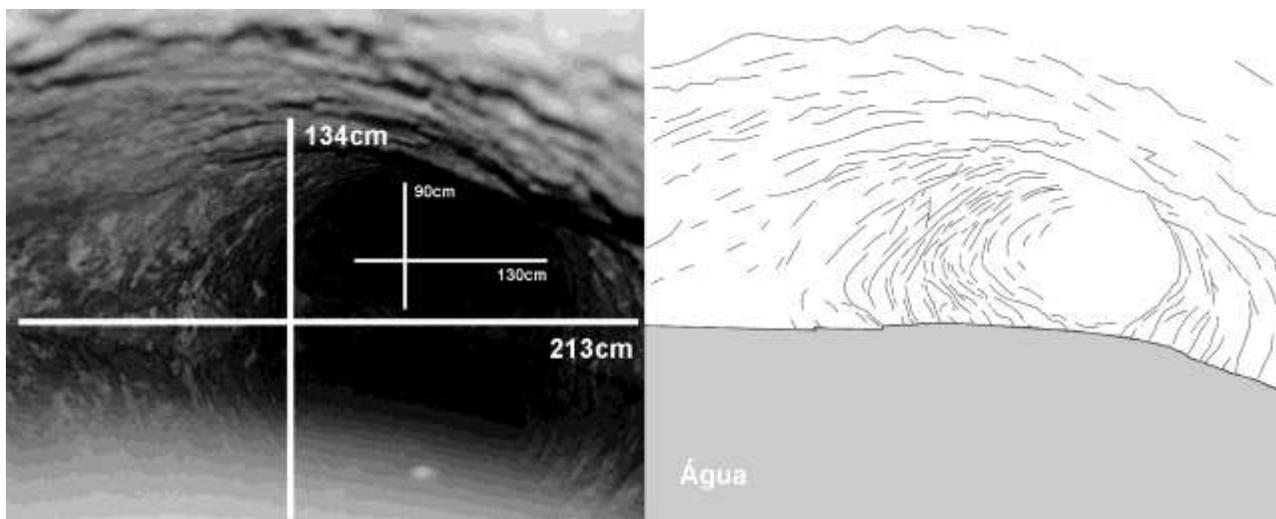


Figura 5 – A entrada da paleo-toca de Cristal.

Figura 5 – The entrance of the paleo-burrow in Cristal.

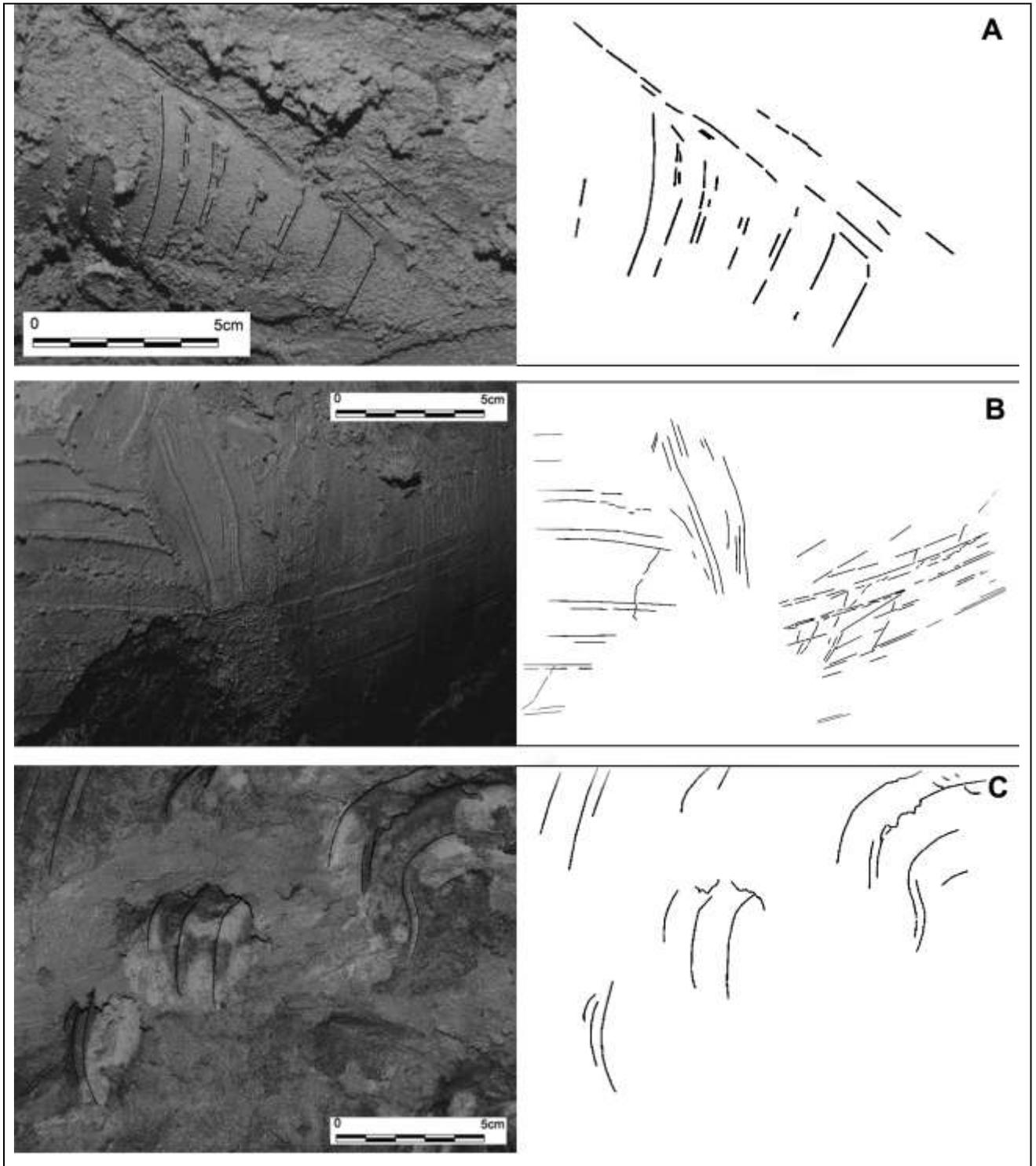


Figura 6 – Marcas nas paredes da paleotoca de Cristal: A, B – marcas do Tipo I; C – marcas Tipo II

Figura 6 – Imprints along the walls of the fossil burrow in Cristal: A,B – Type I imprints; C. Type II imprints.



Figura 7 - A paleotoca de Cambará do Sul (RS) escavada nos basaltos alterados.

Figure 7– The fossil burrow in Cambará do Sul (RS), dug in modified basalts.

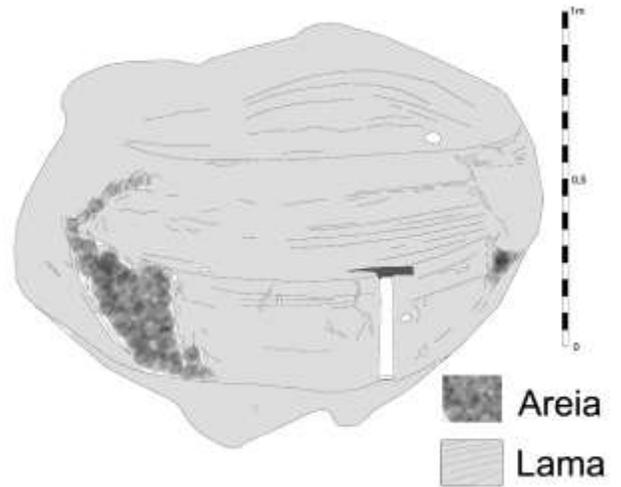
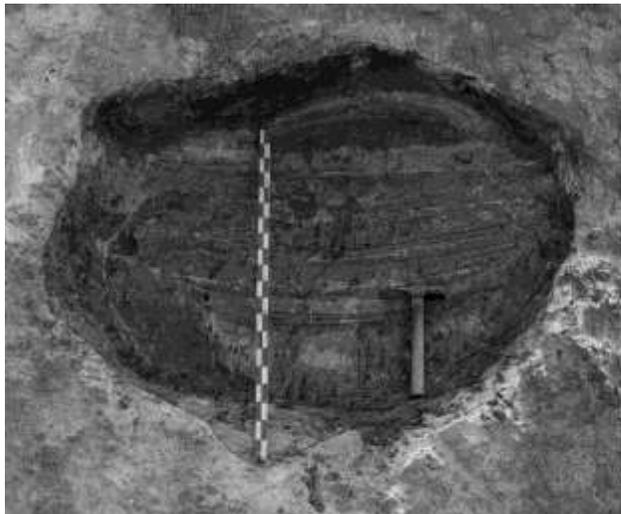


Figura 8 – Uma das crotovinas de Cristal, mostrando preenchimento por camadas distintas de areia e lama (escala = 1 m).

Figure 8 – One of the crotovines in Cristal (RS), exhibiting distinct sand and mud layers (scale bar = 1 m).

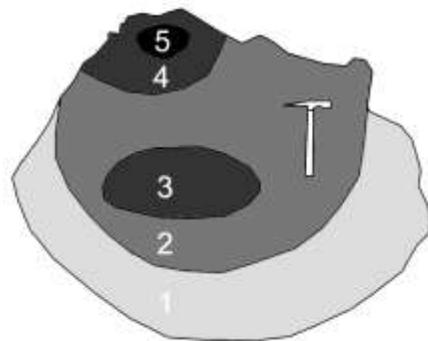
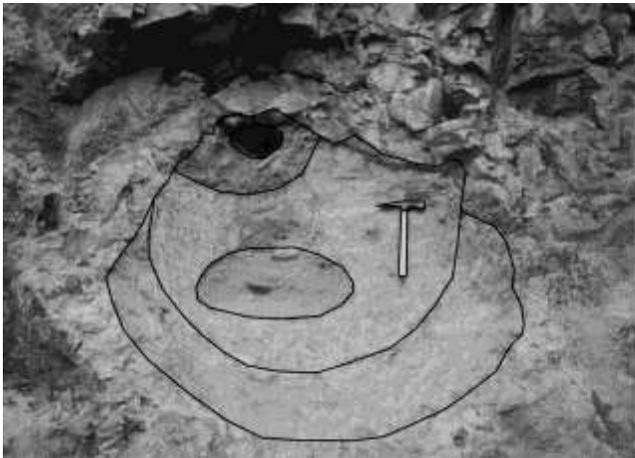


Figura 9 – A crotovina de São José dos Ausentes, mostrando sinal de ocupação sucessiva.

Figure 9 – The crotovine in São José dos Ausentes, showing signs of successive occupation.