



## Falanges ungueais de crocodylomorfos da Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil)

Felipe Mesquita de Vasconcellos<sup>1</sup>, João Tadeu Arruda<sup>2</sup>, Oscar Rocha-Barbosa<sup>3</sup> & Ismar de Souza Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia, CCMN/IGEO, Cidade Universitária - Ilha do Fundão, 21949-900.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

e-mail: felipe.crocodilo@ig.com.br; ismar@geologia.ufrj.br

<sup>2</sup> Escola Estadual Silvério da Cunha Lacerda - Rua Izaltina C. Marques 1013, 153000-000, General Salgado, SP - Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Zoologia de Vertebrados (Tetrapoda), Departamento de Zoologia/ UERJ, IBRAG, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-013, Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

e-mail: obarbosa@uerj.br

### Resumo

As falanges ungueais dos crocodylomorfos atuais são modificadas em garras cônicas, curvas ventralmente, com extremidade distal pontiaguda, recoberta por camadas de queratina. São utilizadas como auxílio para tração durante o deslocamento, escavação e apreensão da fêmea durante a cópula. Entretanto, os crocodylomorfos fósseis apresentam maior diversidade morfológica e possivelmente funcional destas garras. Foram analisadas garras fósseis oriundas de rochas do Cretáceo Superior da Bacia Bauru, nas formações Adamantina (Município de General Salgado) e Marília (Município de Uberaba). As garras encontradas na Formação Adamantina estavam associadas a restos esqueléticos de um baurussuquídeo. Apresentam achatamento lateral, curvatura ventral intensa e robustez maior que a observada entre crocodylomorfos recentes, e várias estrias relacionadas aos ligamentos musculares na base da garra. As garras encontradas na Formação Marília estão associadas aos ossos de um peirosaurídeo. São robustas e intensamente comprimidas lateralmente; sua face ventral é comprimida e

possui aspecto laminado. Apresentam pequena curvatura ventral e fortes estrias de fixação muscular em sua base. As características morfológicas destas garras podem auxiliar na investigação dos hábitos de vida destes crocodilomorfos cretácicos.

**Palavras-chave:** Falange ungual, Crocodilomorfos, Bacia Bauru, Cretáceo Superior.

## Abstract

### **Crocodylomorph unguual phalanxes from Bauru Basin (Late Cretaceous, Brazil)**

The unguual phalanxes of recent crocodylomorphs are modified into queratin covered claws. They are conical, ventrally curved with a sharp distal end. They are used during locomotion, digging and female sizing on copula. Nevertheless, fossil crocodylomorphs claws present a wider morphological and functional diversity. It was analysed fossil claws from the Late Cretaceous rocks of Adamantina (General Salgado County) and Marília (Uberaba County) Formations of the Bauru Basin. The claws found in the Adamantina Formation were associated with skeletal remains of a baurusuchid. They are laterally compressed, more ventrally curved and stronger than those of recent crocodylomorphs. They also present, at their base, many furrows related to muscle attachment. The claws found in the Marília Formation were associated to the remains of a peirosaurid. They show a great lateral compression and a blade-like ventral edge. They also present a slight ventral curvature and strong furrows in their base for muscle attachment. The morphological data obtained from these claws allow the investigation of the autoecology of these Cretaceous crocodylomorphs.

**Keywords:** Ungual phalanx, Crocodylomorph, Bauru Basin, Upper Cretaceous

## 1 Introdução

Os crocodilomorfos, juntamente com as aves, são os únicos representantes vivos dos arcossauros (Benton & Clark, 1988). Atual-

mente encontram-se distribuídos nos ambientes tropicais e subtropicais de todos os continentes, com exceção da Antártica (Pough *et al.*, 2001). A morfologia de seu esqueleto apendicular reflete sua especialização à natação e pouca mobilidade em terra, apresentando membros curtos, membranas interdigitais e uma longa cauda em forma de remo. Porém, os membros adaptados à natação e à locomoção terrestre apresentam outras funções. Sendo dotados de garras, os membros podem ser utilizados durante a cópula para retenção do parceiro, escavação de tocas ou lugares de descanso, auxílio durante fases do deslocamento em substrato pouco consolidado e em curtos episódios de galope (corrida) (Richardson *et al.*, 2002). Os dígitos I, II e III dos membros anteriores e posteriores apresentam suas falanges ungueais modificadas em garras. Estas têm aspecto robusto, são cônicas, levemente curvas ventralmente, com extremidade distal pontiaguda e recoberta por camadas de queratina (Richardson *et al.*, 2002).

Os lacertílios recentes apresentam garras robustas e curvas que auxiliam na escalada de arbustos e árvores, e em escavações (Zani, 2000). Outros, como os varanídeos, apresentam garras robustas e com fortes ligamentos para agarrar suas presas e rasgar seus tecidos (Pough *et al.*, 2001; Auffenberg 1981a, b, 1983).

Entre os crocodilomorfos fósseis existe uma diversidade morfológica das garras maior do que a encontrada atualmente. Durante o Cretáceo surgiram crocodilomorfos com adaptações para o ambiente terrestre, com membros longos, narinas externas em posição frontal e órbitas laterais ou laterodorsais. São encontrados principalmente em sedimentos continentais da América do Sul e África em paleoambientes de clima semi-árido e árido (Carvalho & Bertini, 2000). Objetivamos aqui aspectos relacionados à morfologia das garras de baurussuquídeos e peïrossaurídeos, crocodilomorfos encontrados em bacias sedimentares brasileiras e sul-americanas.

Os baurussuquídeos são crocodilomorfos de médio porte, crânios comprimidos lateralmente e apresentam dentes maxilares e mandibulares hipertrofiados com carenas serrilhadas. Foram descritos originalmente por Price (1945) em sedimentos da Formação Adamantina da Bacia Bauru.

Os peirossaurídeos são crocodilomorfos de médio porte, rostros moderadamente alongados, uma extensa armadura dérmica (osteodermos) e padrão ondulado da borda da maxila e mandíbula, além de dentes hipertrofiados na maxila (Gasparini, 1981; Gasparini *et al.*, 1991; Carvalho *et al.*, 2004). Seu primeiro registro e descrição foram feitos por Price (1955) a partir de fragmentos pré-maxilares encontrados em sedimentos da Formação Marília (Membro Serra da Galga) no município de Uberaba, nas proximidades do bairro de Peirópolis, Minas Gerais. Recentes registros têm sido feitos na Argentina e em Madagascar (Gasparini *et al.*, 1991; Buckley & Brochu, 1999).

Escavações realizadas nos municípios de General Salgado, São Paulo (Formação Adamantina) e Uberaba, Minas Gerais (Formação Marília), revelaram restos esqueléticos de baurussuquídeos e peirossaurídeos respectivamente. Ambos em bom estado de preservação, apresentando grande parte dos restos pós-cranianos axiais e apendiculares. As garras encontradas associadas aos esqueletos estavam quase completas, incluindo impressões dos ligamentos musculares. Tais materiais possibilitaram analogias morfológicas e de função, contribuindo para a contextualização paleoautoecológica destes espécimens.

## 2 Material e Métodos

As garras aqui analisadas foram coletadas em sedimentos da Bacia Bauru. Uma das garras foi encontrada na fazenda Buriti, distrito de Prudêncio e Moraes, imediações do Município de General Salgado, Estado de São Paulo (20° 33' 57,23"S e 50° 28' 03,97"W). As outras foram descobertas à 4 km ao norte de Peirópolis, Município de Uberaba, Estado de Minas Gerais (19° 43' 24,6" S e 47° 44' 45,4" W) (Figura 1).

As garras encontradas em General Salgado estavam associadas a restos esqueléticos de um baurussuquídeo do gênero *Baurusuchus*, atualmente depositado na Coleção de Vertebrados Fósseis do Departamento de Geologia, Instituto de Geociências/UFRJ sob o número de tombo UFRJ-DG 285-R. Os sedimentos de onde foram extraídos são atribuídos à Formação Adamantina (Turoniano-Santoniano, Castro *et*

# BACIA BAURU

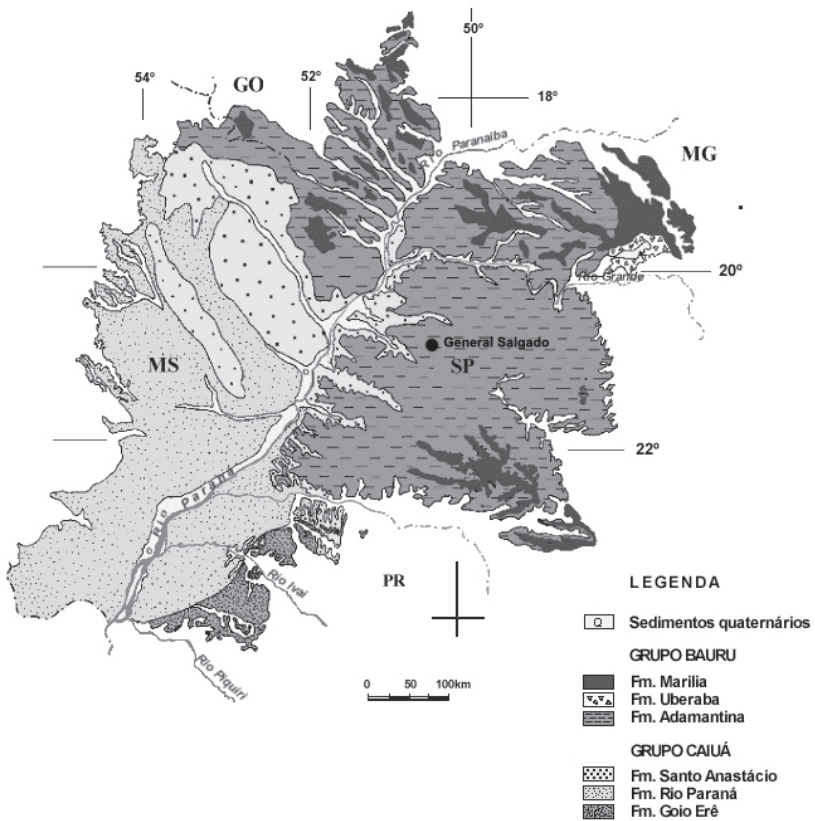


Figura 1 Mapa geológico da Bacia Bauru (modificado de Fernandes, 1998).

*al.*, 1999). São arenitos médios, avermelhados, dispostos em camadas com estratificação cruzada tabular. Os sedimentos desta unidade se depositaram em um contexto de planícies aluviais, sistemas fluviais entrelaçados e lagos rasos temporários em um clima semi-árido quente (Dias-Brito *et al.*, 2001).

As garras encontradas nos afloramentos próximos a Peirópolis estavam associadas e articuladas a restos esqueléticos e cranianos de

um peirosaurídeo, *Uberabasuchus terrificus* (Carvalho *et al.*, 2004). Encontram-se atualmente no Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewelyn Ivor Price, sob número de tombo CPPLIP 630. São oriundas dos sedimentos da Formação Marília, Membro Serra da Galga (Neomaastrichtiano, Dias-Brito *et al.*, 2001). Os sedimentos são arenitos finos a médios, arenitos conglomeráticos e lamitos com estratificação cruzada tabular na base e acanaladas no topo (Fernandes, 1998), depositados em um contexto de leques aluviais retrabalhados por rios entrelaçados em um clima árido e quente (Dias-Brito *et al.*, 2001).

Os dados biométricos e sobre a curvatura das garras foram obtidos seguindo a metodologia proposta por Zani (2000) conforme ilustrado na Figura 2.

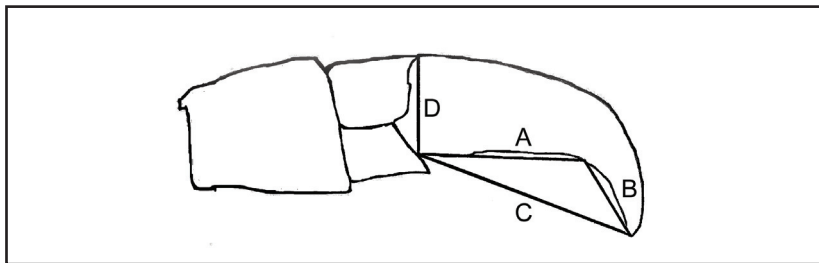


Figura 2 Diagrama de medidas das falanges ungueais.  $A + B$  = comprimento total da garra.  $C$  = Corda do arco de circunferência, relativo a curvatura da garra  $D$  = Altura da garra (modificado de Zani, 2000).

Para a obtenção dos contornos de seção transversal, utilizou-se um fio de cobre. Este era amarrado ao redor da garra a fim de emoldurar a geometria da seção circular. Após sua remoção, este era transferido e redesenhado em papel.

### 3 Descrição

A falange ungueal de *Baurusuchus* sp. (UFRJ-DG 285-R) apresenta 43 mm de comprimento; 21 mm de altura; 12 mm de largura e uma curvatura de  $27,43^\circ$ . A garra tem aspecto geral cônico apresentando um leve achatamento lateral e uma acentuada curvatura ventral. Sua porção mais distal projeta-se ventralmente. É notada uma robustez maior que a observada entre crocodilomorfos recentes (Figura 3a e

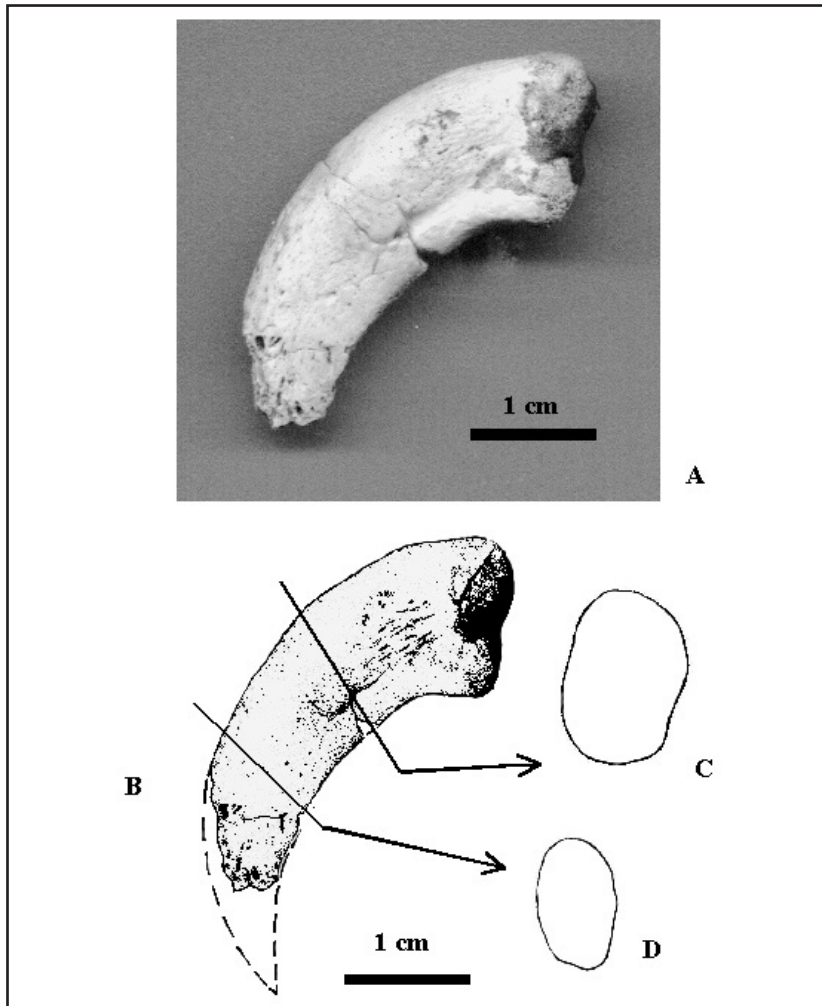


Figura 3 Fotografia (A) e esquema (B) da falange ungueal de baurussuquideo *Baurusuchus sp.* (UFRJ-DG 285-R)

3b). Cortes em seção transversal, tanto na porção proximal (Figura 3c) quanto no terço mais distal (Figura 3d), mostram-se subcirculares, apresentando um contorno mais espesso no terço proximal do que no distal. Possui na área lateral da porção proximal da garra, próximo à articulação, várias estrias relacionadas aos ligamentos musculares. A superfície

cie articular é mais extensa dorsoventralmente, com pequenas projeções nas bordas dorsal e ventral.

As falanges ungueais de *Uberabasuchus terrificus* (CPPLIP 630) apresentam dimensões de 38 mm de comprimento; 15 mm de altura; 7mm de largura e uma curvatura de  $15,43^\circ$ . Foram encontradas articuladas às falanges proximais dos dígitos I, II e III do espécime de *Uberabasuchus terrificus*. As três garras apresentam uma concavidade medial e uma convexidade lateral, aparentemente articulando-se entre si lateralmente, formando uma peça única. Todas têm aspecto cônico e são comprimidas lateralmente. Diferente da garra de *Baurusuchus*, sua face ventral não tem aspecto arredondado, mas sim lateralmente comprimido, similar a uma lâmina. Apresenta ainda pouca curvatura ventral, com sua porção distal quase reta em relação à articulação (Figura 4a e 4b). Cortes em seção

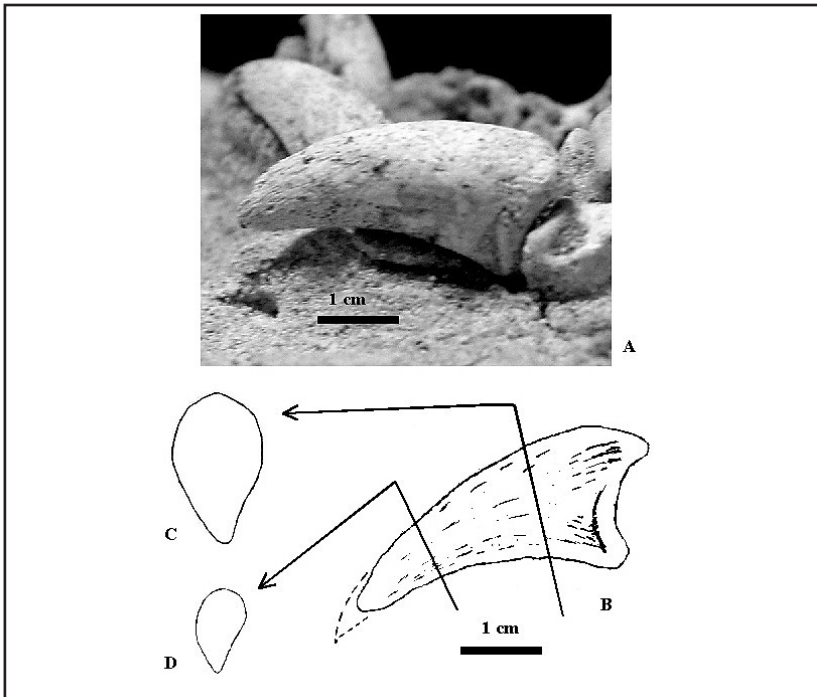


Figura 4 Fotografia (A) e esquema (B) da falange ungueal do peirosaurídeo *Uberabasuchus terrificus* (CCPLIP 630). Cortes transversais nas proporções proximal (C) e distal (D)



transversal, tanto na porção proximal (Figura 4c) quanto no terço mais distal (Figura 4d), mostram-se elípticos, dorsoventralmente expandidos. O terço proximal é mais alto e robusto, sua borda ventral menos laminar, enquanto o terço distal é comprimido lateralmente sendo sua borda ventral afilada e inclinada medialmente. Fortes estrias de fixação muscular são visíveis por toda a base da garra.

#### 4 Discussão

A falange ungueal de *Baurusuchus* sp. (UFRJ-DG 285-R) é robusta e quase duas vezes mais curva do que a garra de *Uberabasuchus terrificus* (CCPLIP 630), segundo o método de Zani (2000). Tal morfologia é bastante semelhante àquela encontrada em garras de crocodylomorfos recentes e lagartos varanídeos, como por exemplo, *Varanus komodoensis*. As garras dos varanídeos são robustas, cônicas, curvas e apresentam fortes músculos associados às garras, assim como observado nas garras fósseis. Nos varanídeos, as garras são utilizadas em competições intraespecíficas, apreensão de presas e durante escalada (Auffenberg, 1981a, b e 1983). Inferências sobre o hábito de vida dos baurussuquídeos com base na morfologia craniana e dentária (Colbert, 1946; Riff & Kellner, 2001), indicaram *Baurusuchus* como sendo um predador terrestre e ativo, com nicho semelhante ao dos dinossauros terópodes. Neste contexto, as garras robustas e curvas poderiam estar mais relacionadas à apreensão de presas, do que hábitos escansoriais ou fossoriais.

As garras de *Uberabasuchus terrificus* (CCPILP 630) apresentam uma grande diferença morfológica das garras de crocodylomorfos recentes. Enquanto as garras dos crocodylomorfos recentes são cônicas e curvas, as garras de *Uberabasuchus* são delgadas e apresentam bordas ventrais laminadas. Sua morfologia ainda sugere que poderiam articular-se lateralmente entre si, formando uma ferramenta eficiente de corte e escavação. Possivelmente eram utilizadas para rasgar tecidos de carcaças de animais de grande porte mortos por outros predadores e/ou na apreensão de presas de pequeno porte.

## 5 Agradecimentos

Ao Prof. Luiz Carlos Ribeiro (Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewelyn Ivor Price, Uberaba, MG) pela disponibilização do material. Este estudo recebeu auxílio da CAPES, CNPq (Processo no 300 571/2003-8) e do Instituto Virtual de Paleontologia/FAPERJ-Fundação Carlos Chagas de Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

## 6 Referências

- Auffenberg, W. 1981 a. *The Behavioral Ecology of the Komodo Monitor*. Gainesville, Florida: University Press of Florida, 406 p.
- Auffenberg, W. 1981 b. Combat behavior in *Varanus bengalensis*. *Journal Bombay Natural History Society*, 78(1):54-72.
- Auffenberg, W. 1983. Notes on feeding behavior of *Varanus bengalensis*. *Journal Bombay Natural History Society*, 80(2): 286-302.
- Benton, M.J. & Clark, J.M. 1988. Archosaur phylogeny and the relationships of the Crocodylia. In: *The phylogeny and classification of Tetrapods, v.1: Amphibians, Reptiles, Birds*. Benton, M. J. (ed.). Systematics Association Special volume no 35A, Claderon Press, Oxford, p. 295-338.
- Buckley, G.A. & Brochu, C.A. 1999. An enigmatic new crocodile from the Upper Cretaceous of Madagascar. *Special Papers in Paleontology*, 60:149-175.
- Carvalho, I.S. & Bertini, R.J. 2000. Contexto geológico dos notossúquios (Crocodylomorpha) cretácicos do Brasil. *Geologia Colombiana*, Santafé de Bogotá, 25: 163-184.
- Carvalho, I.S.; Ribeiro, L.C.B. & Avilla, L.S. 2004. *Uberabasuchus terrificus sp. nov.* a new crocodylomorpha from the Bauru Basin (Upper Cretaceous), Brazil. *Gondwana Research*, 7(4): 975-1002.
- Castro, J.C.; Dias-Britto, D.; Musacchio, E.A.; Suarez, J.; Maranhão, M.S.A.S. & Rodrigues, R. 1999. Arcabouço estratigráfico do Grupo Bauru no Oeste Paulista. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, 1999. *Boletim*, Serra Negra, UNESP, p. 509-515.

- Colbert, H.E. 1946. Sebecus, representative of a suborder of fossil crocodilia from Patagonia. *American Museum of Natural History Bulletin*, 87(4): 1-270.
- Dias-Brito, D.; Musachio, E.A.; Castro, J.C.; Maranhão, M. S. S.; Suárez, J.M. & Rodrigues, R. 2001. Grupo Bauru: uma unidade continental do Cretáceo no Brasil-concepções baseadas em dados micropaleontológicos, isótopos e estratigráficos. *Revue Paléobiologique*, Gêneze, 20(1): 245-304.
- Fernandes, L.A. 1998. *Estratigrafia e evolução geológica da parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 216 p.
- Gasparini, Z.; Chiappe, L.M. & Fernandez, M. 1991. A new Senonian peirosaurid (Crocodylomorpha) from Argentina and a synopsis of the South American Cretaceous crocodylians. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 11:316-333.
- Gasparini, Z. 1982. Una nueva familia de cocodrilos zifodontes cretácicos de América del Sur. *In: Actas del 5º Congreso Latinoamericano de Geología*, 1981, Buenos Aires, 4, p. 317-329.
- Price, L. L. 1955. Novos crocodilídeos dos Arenitos da Série Baurú, Cretáceo do estado de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 27(4):487-498.
- Price, L.I. 1945. A new reptil from the Cretaceous Brazil. *Notas preliminares e trabalhos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 25:1-4.
- Pough, F.H.; Andrews, R.M.; Cadle, J.E.; Crump, M.L.; Savitzky, A.H. & Wells, K.D. 2001. *Herpetology* New Jersey 2nd ed. Prentice-Hall. 260 p.
- Richardson, K.C.; Webb, G.J.W. & Manolis, S.C. 2002. *Crocodyles: Inside out. A guide to the crocodylians and their functional morphology*. Australia, Surrey Beatty and Sons. 172 p.
- Riff, D. & Kellner, A.W.A. 2001. On the dentition of *Baurusuchus pachecoi* Price (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova série, Geologia*, 59:1-15.
- Zani, P. A. 2000. The comparative evolution of lizard claw and toe morphology and clinging performance. *Journal of Evolutionary Biology*, 13: 316-325.