



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**Cálculo da massa corporal de um exemplar
de Baurusuchidae (Cretáceo do Grupo Bauru)
com base em modelagem 3D**

Ana Luiza Siqueira Ferreira Silva

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

Planaltina – DF

2019



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

**Cálculo da massa corporal de um exemplar
de Baurusuchidae (Cretáceo do Grupo Bauru)
com base em modelagem 3D**

Ana Luiza Siqueira Ferreira Silva

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora,
como exigência parcial para a
obtenção de título de Licenciado do
Curso de Ciências Naturais, da
Faculdade UnB Planaltina.*

Planaltina – DF

2019

Agradecimentos

Gostaria de agradecer às pessoas que fizeram minha graduação e TCC possíveis, como minha família, pelo apoio e suporte, aos meus amigos Alan Barreira Koslowsck, Alan Oliveira Loos, Erick Thomas, Erick Farias, Joaquim Ferreira e Quezia Sabino, por fazerem os dias serem mais suaves, com suas piadas e as pizzas, aos professores pela paciência e dedicação em suas aulas, em especial ao meu orientador, que me ajudou em todas as etapas do TCC.

Quero agradecer ao James O. Farlow, pois com o envio de seus arquivos este trabalho foi possível.

Também agradeço ao Renato Moraes pelos conselhos sobre a escultura do modelo utilizado no trabalho.

Agradeço também às professoras Cynthia Bisinoto e Dulce Rocha pelos comentários sobre a versão original desse TCC.

Cálculo da massa corporal de um exemplar de Baurusuchidae (Cretáceo do Grupo Bauru) com base em modelagem 3D

Resumo

Em tetrápodes fósseis a correlação existente entre o tamanho do crânio, úmero e fêmur são importantes para o desenvolvimento de equações de correlação que, por sua vez, podem ser usadas para inferir comprimento total e massa desses animais. Tamanho e massa, por sua vez, são usados em vários estudos sobre aspectos ecológicos e evolutivos desses animais extintos, tornando a estimativa desses parâmetros de grande importância para a melhor compreensão dos ecossistemas em que esses animais viviam e o desenvolvimento desses animais. Para o caso de Crocodylomorpha, as equações existentes foram desenvolvidas com base em crocodylomorfos atuais (Neosuchia), os quais apresentam uma grande diferença corporal (corpos relativamente maiores e membros locomotores menores) em comparação aos crocodylomorfos extintos (e. g. Notosuchia). Por isso, uma análise da equação de regressão que é utilizada tanto em Notosuchia quanto em Neosuchia foi realizada. Para essa avaliação, um modelo 3D de um Notosuchia bem preservado (*Baurusuchus*) foi construído como uma maneira independente de se calcular a massa do animal com base nas medidas do esqueleto. Os resultados apontam que o uso das equações atuais, baseadas em Neosuchia, para a estimativa de massa de Notosuchia estão superestimando a massa corporal em aproximadamente três vezes.

Palavras-chave: Crocodylomorpha, Notosuchia, massa corporal, Baurusuchidae, Grupo Bauru, reconstrução 3D.

Abstract

The correlation among skull, humerus, and femur size of fossil tetrapods is important for the development of correlation equations which in turn can be used to infer the total length and body mass of these animals. Size and body mass are used in several studies on ecological and evolutionary aspects of these extinct animals, making the estimation of these parameters of great importance for a better understanding of past ecosystems and the development of these extinct animals. Regarding Crocodylomorpha, the existing equations have been developed based on current crocodylomorphs (Neosuchia), which present significant body size differences (relatively larger bodies and smaller limbs) in comparison to extinct crocodylomorphs (e.g. Notosuchia). Therefore, an analysis of regression equations used for both Notosuchia and Neosuchia has been performed. For this evaluation, a 3D model, based on skeletal measurements, of a well preserved Notosuchia (*Baurusuchus*) was made as an independent way to calculate the body mass of this species. The results indicate that the use of current Neosuchia-based equations for body mass estimation in Notosuchia overestimates the body mass by approximately three times the actual values.

Key-words: Crocodylomorpha, Notosuchia, body mass, Baurusuchidae, Bauru Group, 3D reconstruction.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA.....	4
3. OBJETIVOS	5
4. MATERIAIS E METODOS	5
4.1. Exemplos estudados	5
4.2. Reconstrução da musculatura.....	6
4.3 Estimativa do peso	8
4.4 Regressões lineares	10
5. RESULTADOS.....	10
6. DISCUSSÕES.....	13
7. CONCLUSÕES.....	15
8. REFERÊNCIAS	16

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos sobre evolução de grupos de vertebrados fósseis e recentes que analisam temas como partição de nicho e uso de recursos alimentares, metabolismo, adaptações e susceptibilidade de extinção frente a eventos de crise biótica e padrões macroevolutivos, por exemplo, se utilizam de estimativas de tamanho e massa corporal como um dos seus principais parâmetros de avaliação (e. g. McClain e Boyer, 2009; McDonald, 2002; Peters, 1983). Tais parâmetros são facilmente aferíveis para vertebrados recentes, mas grandes problemas podem surgir quando essas medidas são necessárias para uso no estudo de vertebrados fósseis, principalmente devido à ocorrência de materiais incompletos (esqueletos) e à não preservação dos tecidos moles, influenciando nas estimativas de comprimento total e, sobretudo, no cálculo da massa.

Uma das formas de se minimizar esses problemas é usar, quando possível, animais vivos para se estimar as medidas de comprimento e massa em grupos fósseis aparentados, como é o caso dos crocodilomorfos. Trabalhos recentes realizados com vários exemplares do aligátor americano (*Alligator mississippiensis*) por Farlow et al. (2005) mostram que há uma forte correlação entre diversas dimensões do fêmur e úmero, comprimento do crânio, comprimento total e massa corpórea. Essas relações são válidas tanto para indivíduos adultos como juvenis.

As mesmas equações, portanto, são usadas para se estimar comprimento total e massa de crocodilomorfos fósseis, visto que muitas dessas espécies são conhecidas por esqueletos incompletos, mas com, pelo menos, crânio e/ou fêmur preservados (Carvalho et al., 2005; Cotts et al., 2017; Nascimento e Zaher, 2010; Martinelli et al., 2018; Leardi et al., 2017).

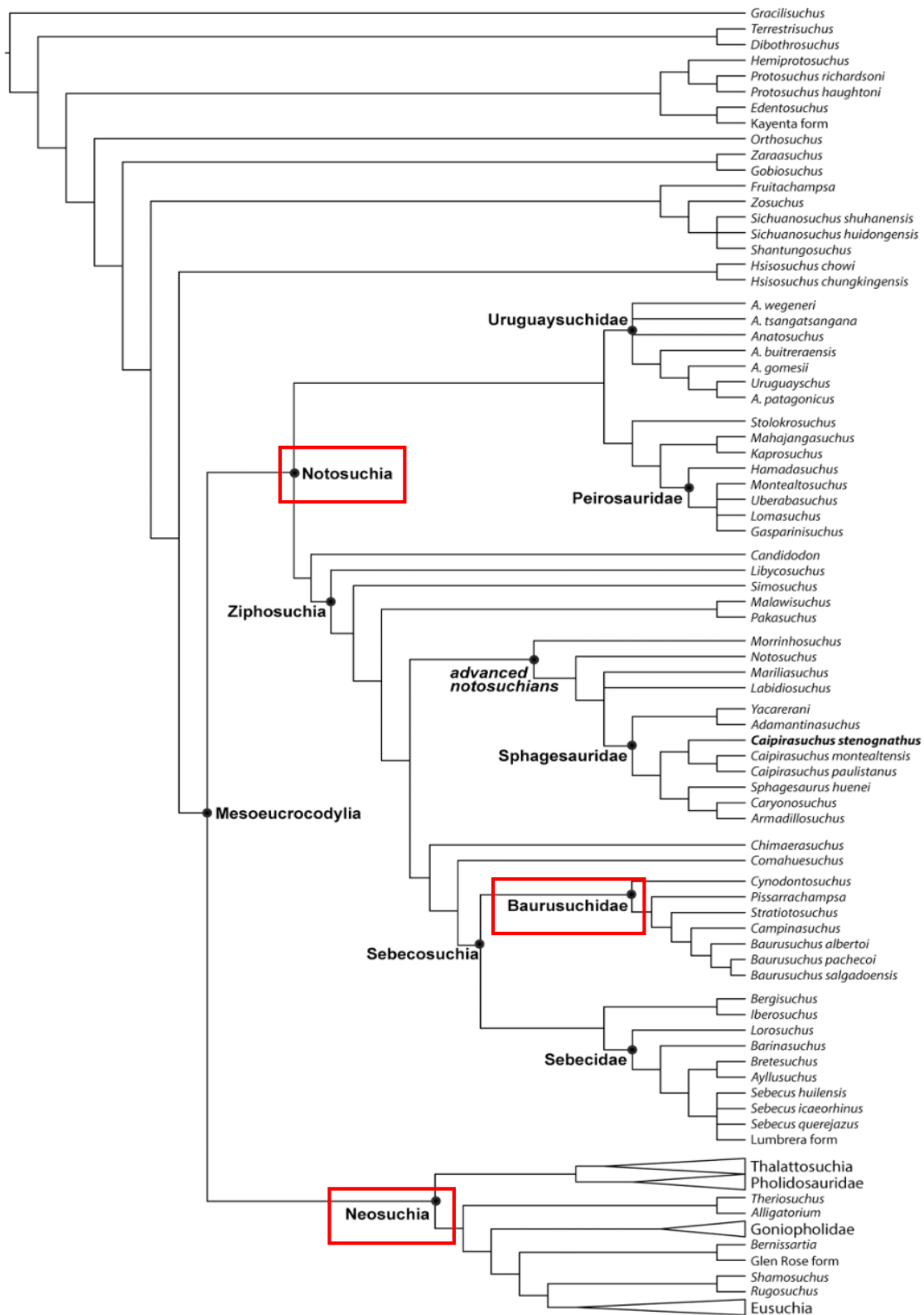
Essas estimativas são importantes, pois os crocodilomorfos fósseis apresentam uma diversidade de formas, tamanhos e hábitos alimentares muito maior do que aquela apresentada pelos crocodilomorfos atuais (Turner, 2010; Pol et al., 2014). Dessa forma, a estimativa desses parâmetros ajudaria no

desenvolvimento de estudos que melhor explicariam essas características evolutivas (e. g. grande diversidade pretérita e menor diversidade atual).

Entretanto, as estimativas de massa e comprimento realizadas com base nas equações derivadas de crocodilos recentes parecem, às vezes, subestimar valores para comprimento total e massa. Um exemplo pode ser visto com um grupo de crocodilomorfos marinhos fósseis, os *Metriorhynchidae*, os quais apresentam proporções de crânio maiores que os crocodilos atuais e proporção de membros locomotores menores que os crocodilos atuais (Young et al., 2011). Outro exemplo é apresentado por McClain and Boyer (2009) que mostraram que há uma grande correlação entre diversidade de espécies e variação de tamanho corporal para muitos grupos de animais. Dessa forma, entende-se que erros nessas estimativas podem causar grande viés nos resultados de estudos que se baseiam em estimativas de tamanho e massa. Conseqüentemente, o uso de uma mesma equação para todos os crocodilomorfos baseada apenas nas proporções das espécies viventes pode levar a sérios problemas de superestimação ou subestimação das medidas de comprimento total e massa corporal.

Os notossúquios formam um dos grupos de crocodilomorfos mais diversificados e abundantes do Cretáceo (Iori & Carvalho, 2009; Iori et al., 2013; Pol et al., 2014), com mais de duas dezenas de espécies conhecidas apenas no Brasil (Martinelli et al., 2018) (figura 1). Dentre essas espécies, o gênero *Baurusuchus* chama a atenção pela quantidade de exemplares recuperados e bem preservados e, mais especificamente, pela sua anatomia esquelética: com crânio mais curto e alto e membros locomotores mais desenvolvidos que aqueles apresentados pelos crocodilos recentes (Carvalho et al., 2005; Nascimento e Zaher, 2010; Godoy et al., 2014) (figura 2). Tais características apontam para hábitos de vida exclusivamente terrestres em comparação aos crocodilos atuais, tornando o grupo um interessante alvo de pesquisas sobre a evolução dos crocodilomorfos como um todo.

Figura 1. Relações filogenéticas de Crocodylomorpha. Retângulos vermelhos indicam os clados Neosuchia, Notosuchia e a família Baurusuchidae dentro de Notosuchia.



Fonte: Pol et al. (2014).

Figura 2. Postura e proporções corporais de Neosuchia (A) e Notosuchia (B). Notar em Neosuchia as proporções dos membros locomotores (menores) em relação a Notosuchia.



Fonte: A - Grigg e Kirshner (2015); B – Deverson da Silva (paleoartista).

A presença de esqueletos bem preservados, incluindo indivíduos juvenis, faz desse gênero um bom candidato para teste da adequação das equações de estimativa de tamanho e massa baseadas em espécies viventes.

2. JUSTIFICATIVA

Estudos foram feitos sobre equações que podem estimar o tamanho e massa corporal de crocodylomorfos fósseis baseados nas proporções de crocodylomorfos viventes (Sereno et al., 2001; Farlow et al., 2005). Neste trabalho são estudadas a aplicação dessas equações em crocodylomorfos terrestres extintos (Notosuchia) e se seus resultados são devidamente adequados para este grupo de animais, cujas proporções corporais como, comprimento do crânio, comprimento dos membros locomotores e comprimento total, parecem ser diferentes das proporções apresentadas pelos crocodilos modernos (figuras 1 e 2).

Tendo em vista que continuamente os vestígios de animais extintos encontrados são de ossos fossilizados e, constantemente, encontra-se o esqueleto incompleto, a possibilidade de poder estimar de maneira mais precisa características como: tamanho e massa corporal, torna tais equações de grande utilidade para o estudo de animais extintos. Essas estimativas devem ser feitas da maneira mais precisa possível, visto que erros nesses cálculos podem levar

a interpretações equivocadas sobre a evolução do grupo estudado (Young et al., 2011).

3. OBJETIVOS

Estudar se as equações para estimativa de tamanho e massa existentes e baseadas em proporções tomadas a partir de crocodilomorfos viventes se aplicam para crocodilomorfos terrestres fósseis (Notosuchia).

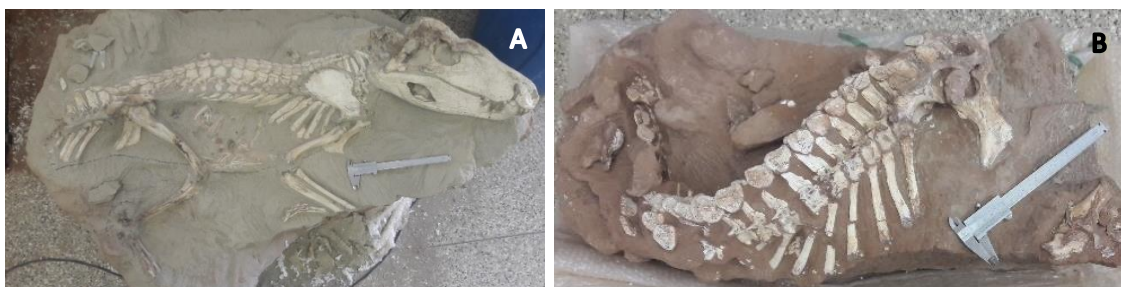
Determinar equações para estimativa de tamanho e massa, a partir de fósseis bem preservados do crocodilomorfo notosuchia, *Baurusuchus*, baseando-se em materiais completos e bem preservados presentes na FUP.

4. MATERIAIS E METODOS

4.1. Exemplos estudados

Um modelo físico em isopor® (EPS) foi feito a partir das medidas tomadas de exemplares de esqueletos fósseis do gênero *Baurusuchus*, que se encontram no laboratório de paleontologia da FUP (figura 3).

Figura 3 – Exemplos utilizados. A – Esqueleto bem preservado de *Baurusuchus*, apenas sem parte da cauda. B – Cauda bem preservada de *Baurusuchus*. Observar sobreposição dos ossos da cintura pélvica nos dois exemplares, permitindo a constatação de que são indivíduos de mesmo tamanho.



Para a produção do modelo em escala real foram realizadas as medidas do comprimento total, ao longo da coluna vertebral, começando do focinho até a cauda. Para isso, houve a necessidade de utilizar dois exemplares (figura 3), pois um deles (figura 3A) possui as medidas pré-sacrais preservadas (do crânio até a bacia, neste caso incluindo também os membros locomotores completos) e o outro exemplar (figura 3B) possui as medidas do comprimento da cauda até o ílio preservado (todas as vértebras caudais incluindo os arcos hemais até bacia).

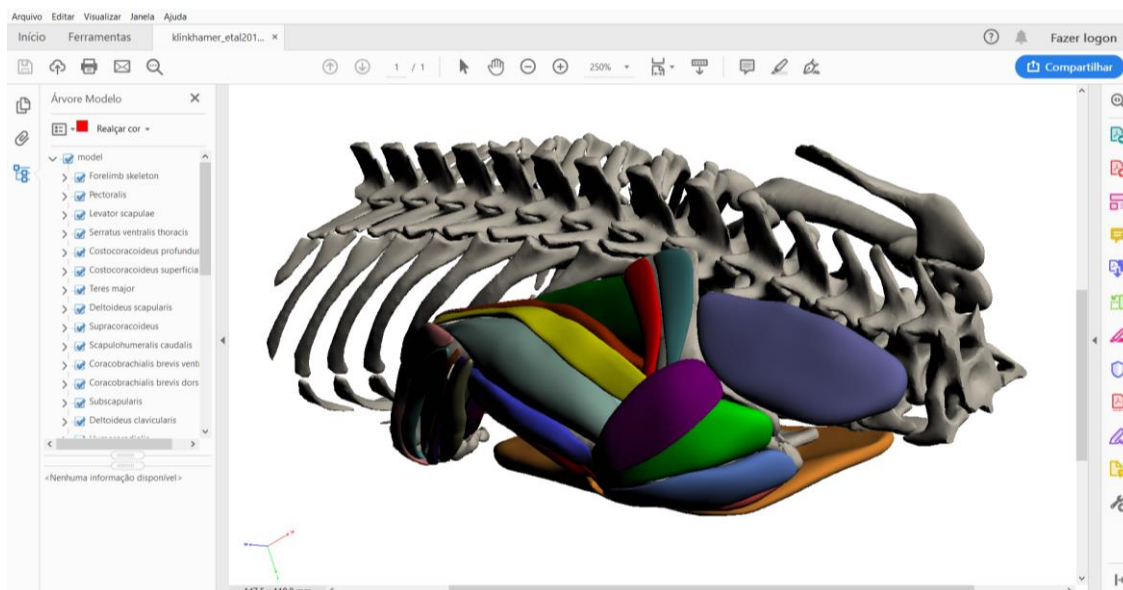
Esses dois exemplares foram escolhidos porque apresentam as mesmas medidas de tamanho dos ossos que compõem a bacia e as vértebras caudais anteriores, mostrando que se tratava de indivíduos da mesma espécie e de mesmo tamanho, de forma então que esses dois exemplares, em conjunto, podem fornecer todas as medidas de um indivíduo completo.

4.2. Reconstrução da musculatura

Para a reconstrução da musculatura foi utilizada a anatomia de crocodilos atuais, visto que apesar das diferenças de proporções entre o tamanho do corpo e dos membros locomotores, a forma geral do corpo é a mesma e as áreas de inserção muscular também. Nesse caso, para a reconstrução da musculatura dos membros anteriores e posteriores, pescoço e cauda foram usados os trabalhos de Meers (2003) e Klinkhamer et al. (2017), este último fornecendo arquivos interativos em 3D para a visualização de todos os aspectos da musculatura dos membros locomotores (figura 4). As áreas de inserção muscular equivalentes encontradas nos fósseis foram identificadas através das rugosidades (ou cicatrizes da inserção de tendões). A partir daí o mesmo volume muscular foi definido para o material fóssil.

O volume do tronco foi estimado a partir da medição direta do fóssil, sendo que a margem ventral do tronco pode ser delimitada pela presença da gastrália articulada (figura 5). O crânio dos crocodylomorfos atuais têm a parte óssea apenas coberta pela pele, dessa forma reconstruímos o tamanho em vida do exemplar fóssil acrescentando apenas um centímetro a mais na medida do crânio do fóssil.

Figura 4. Imagem de reconstrução 3D virtual de musculatura de crocônilomorfos atuais. Observar que com o painel da esquerda é possível “ligar” e “desligar” cada conjunto de músculos.



Fonte: Klinkhamer et al. (2017).

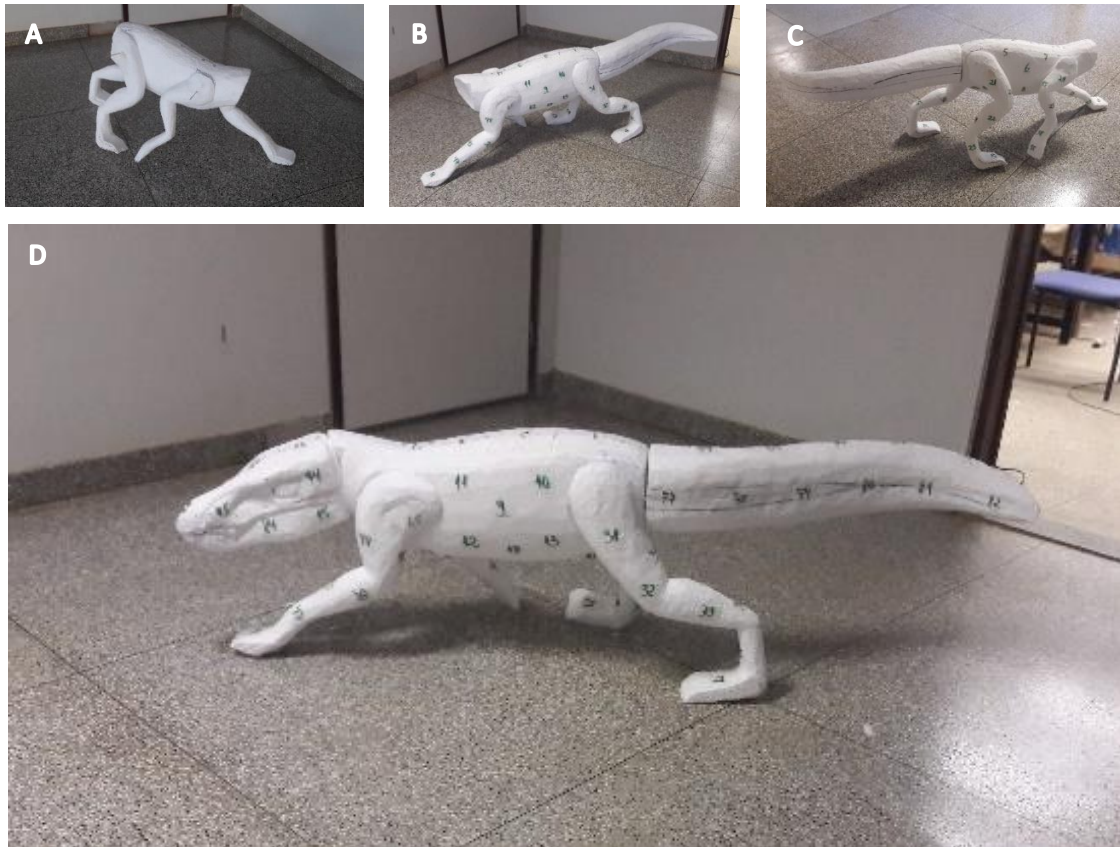
Figura 5 – Presença da gastrália no fóssil estudado, marcando o limite ventral do tronco.



As medidas de comprimento e diâmetro dos ossos fósseis foram tomadas diretamente dos exemplares estudados, transferidas para folhas de papel pardo que foram utilizadas como molde para os cortes em EPS.

A partir disso, o EPS foi esculpido para a criação da reconstrução em três dimensões do *Baurusuchus* em vida (figura 6).

Figura 6 – Etapas de montagem do modelo 3D. A – confecção do tronco e fixação dos membros locomotores. B e C – fixação da cauda e teste de estabilidade da postura. D – modelo 3D finalizado.



4.3 Estimativa do peso

Para a estimativa do peso foi usado o modelo em EPS, onde aplicou-se a fórmula para o cálculo da densidade ($d=m/v$, onde d é a densidade, m é a massa e v é o volume). Efetivamente, o cálculo da massa do *Baurusuchus* estudado foi realizado em duas etapas.

A primeira se refere ao cálculo da densidade do EPS utilizado para a confecção do modelo 3D. Neste caso, foi utilizada uma placa de isopor inteira e

um cubo de menor tamanho (figura 7). Tanto a placa de isopor inteira como o cubo foram medidos com uma trena e um paquímetro, respectivamente, para o cálculo de seus respectivos volumes. Esses mesmos dois objetos de EPS foram então pesados em uma balança com precisão de um grama para a placa de isopor inteira e uma balança com precisão de miligrama para o cubo de isopor. Obtidos então os valores de massa e volume para esses dois objetos, a densidade foi calculada utilizando a fórmula mencionada acima. Optou-se pelo cálculo em laboratório do isopor utilizado, pois o fabricante apenas informa um intervalo de densidades para o EPS do tipo T1, que varia de 9,1 a 11 kg/m³.

Figura 7 – Cubo em EPS confeccionado para a estimativa da densidade do material.
Tamanho aproximado 10x9x7 centímetros.



Com a densidade do modelo de isopor calculada, o mesmo teve sua massa determinada em uma balança de precisão de 1g. Com a densidade e a massa do modelo de isopor, o volume do modelo de isopor pode ser calculado com a utilização, novamente, da fórmula da densidade.

A segunda parte da estimativa da massa do *Baurusuchus* estudado consiste simplesmente na substituição do valor do volume calculado para o modelo 3D e da densidade dos crocodilos atuais na fórmula da densidade mencionada acima.

Grigg e Kirshner (2015) fornecem alguns valores de densidade para crocodilos atuais informando que a densidade média de *Crocodylus niloticus* é

de $1,09 \text{ g/cm}^3$ (ou $1,09 \text{ ton/m}^3$), enquanto em *C. porosus* e *C. johnstoni* é de aproximadamente $1,08 \text{ g/cm}^3$ (ou $1,08 \text{ ton/m}^3$). Os mesmos autores comentam que essa pequena diferença na densidade corpórea dessas espécies de crocodilos se deve à maior presença de placas dérmicas em *C. niloticus*. Assim, como *Baurusuchus* apresenta apenas duas fileiras de placas dérmicas, foi utilizado o valor de $1,08 \text{ g/cm}^3$ para o cálculo da massa do *Baurusuchus* estudado.

4.4 Regressões lineares

Como já mencionado anteriormente, Farlow et al. (2005) observaram que uma correlação linear entre vários ossos e outros parâmetros físicos como comprimento total e massa para crocodilos e jacarés atuais. Para inferir se nos crocodilos fósseis as mesmas correlações estão presentes foram criados gráficos de correlação entre o tamanho dos elementos apendiculares, tamanho do crânio e comprimento total. Ressalta-se que, ao contrário que foi feito em Farlow et al. (2005), o peso destes exemplares fósseis não pode ser medido e a única estimativa de peso obtida foi com a confecção do modelo 3D em EPS. Para a confecção dos gráficos de correlação foram utilizados os programas PAST (Hammer et al., 2001) e Excel. Os dados brutos de Farlow et al. (2005) foram fornecido pelo primeiro autor do trabalho.

5. RESULTADOS

A densidade da placa e do cubo de EPS foram determinadas a partir do cálculo da fórmula de densidade, o processamento dos cálculos resultou, respectivamente, nos valores de $9,3412534 \text{ Kg/m}^3$ e $9,7616041 \text{ Kg/m}^3$ para o cubo e para a placa inteira de EPS. Aparentemente, a diferença entre os valores obtidos está relacionada à precisão dos instrumentos de medida utilizados, paquímetro, trena e balanças. Entretanto, esses valores apresentaram uma diferença de aproximadamente 400 gramas por metro cúbico, representando uma diferença de menos de 5% entre um valor e outro. Além disso, os valores de densidade obtidos estão dentro da margem de densidade especificada pelo fabricante.

Com esses dados e o peso do modelo (0,561 Kg) foi possível aferir o volume do modelo 3D do *Baurusuchus* com a mesma fórmula de densidade, onde os seguintes resultados foram obtidos: 0,0603225806 m³ para o cálculo com a densidade arredondada em 9.3 kg/m³ e 0,057244898 m³ tendo utilizado o valor arredondado em 9,8 Kg/m³.

O resultado do cálculo da massa do *Baurusuchus* obtido através da fórmula de densidade indicou que animal poderia pesar entre 65,15 Kg (utilizando 1,08 g/cm³ como densidade) e 0,0603225806 m³ para o volume e 61,8 kg utilizando como volume (utilizando o mesmo valor de densidade, mas com o volume do modelo estimado em 0,057244898 m³).

Os gráficos relacionando tamanho do crânio, úmero e fêmur indicaram uma correlação entre o tamanho do fêmur e o tamanho do crânio, tamanho de crânio e úmero e tamanho de fêmur e úmero, respectivamente, para as espécies de Notosuchia que apresentam esses elementos preservados, embora o número amostral seja baixo (figuras 8, 9 e 10; apêndice 1).

Figura 8. Gráfico mostrando a relação linear entre o comprimento do crânio e do fêmur e respectiva reta ajustada. Dados das medidas disponíveis no Apêndice 1.

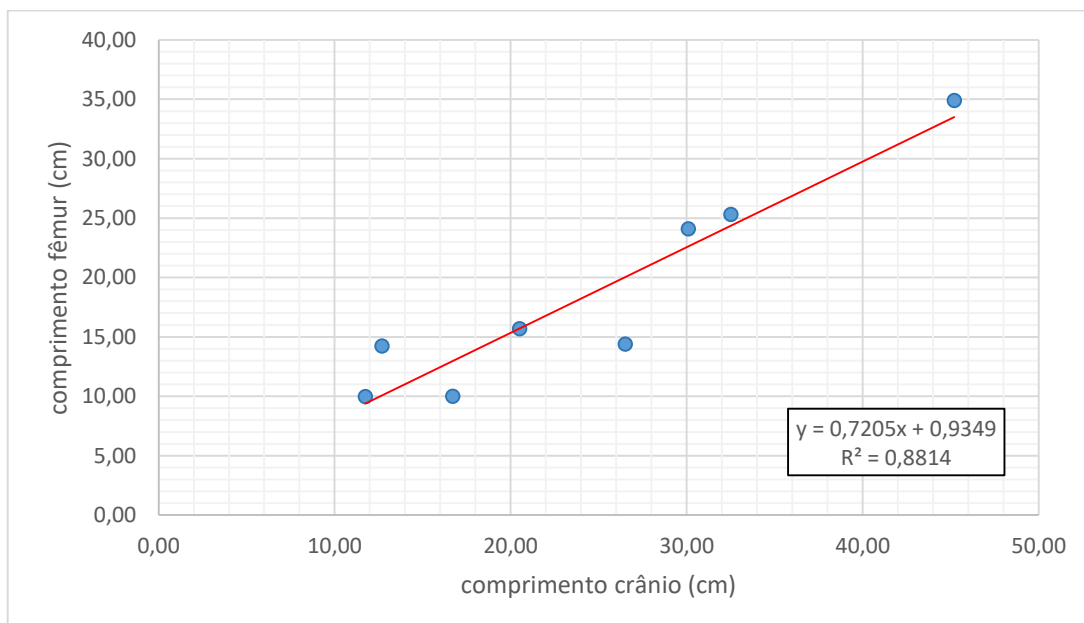


Figura 9. Gráfico mostrando a relação linear entre o comprimento do crânio e do úmero e respectiva reta ajustada. Dados das medidas disponíveis no Apêndice 1.

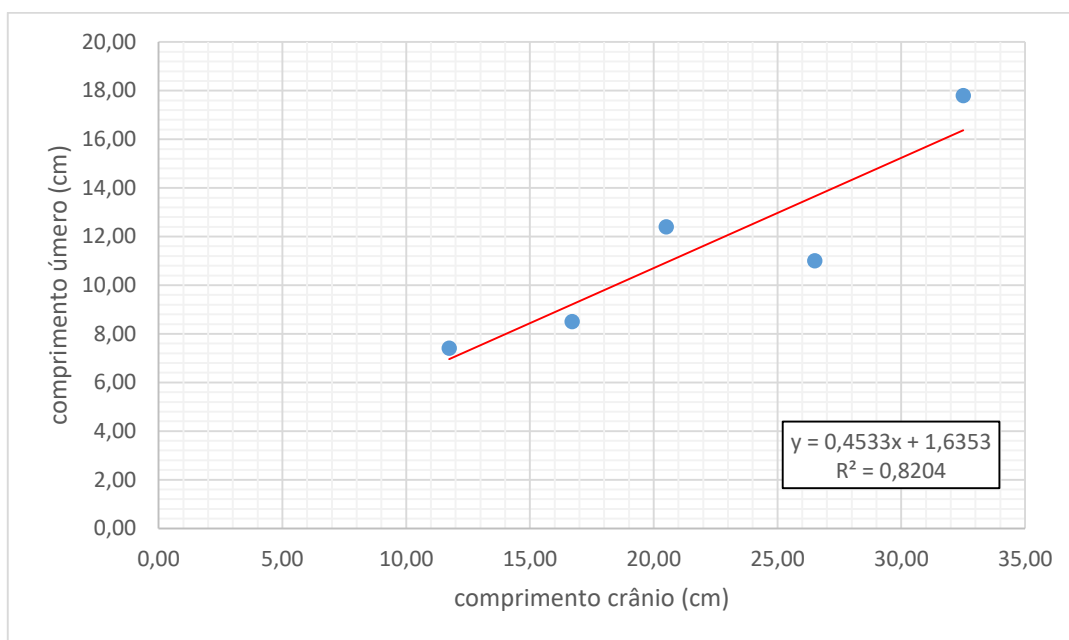
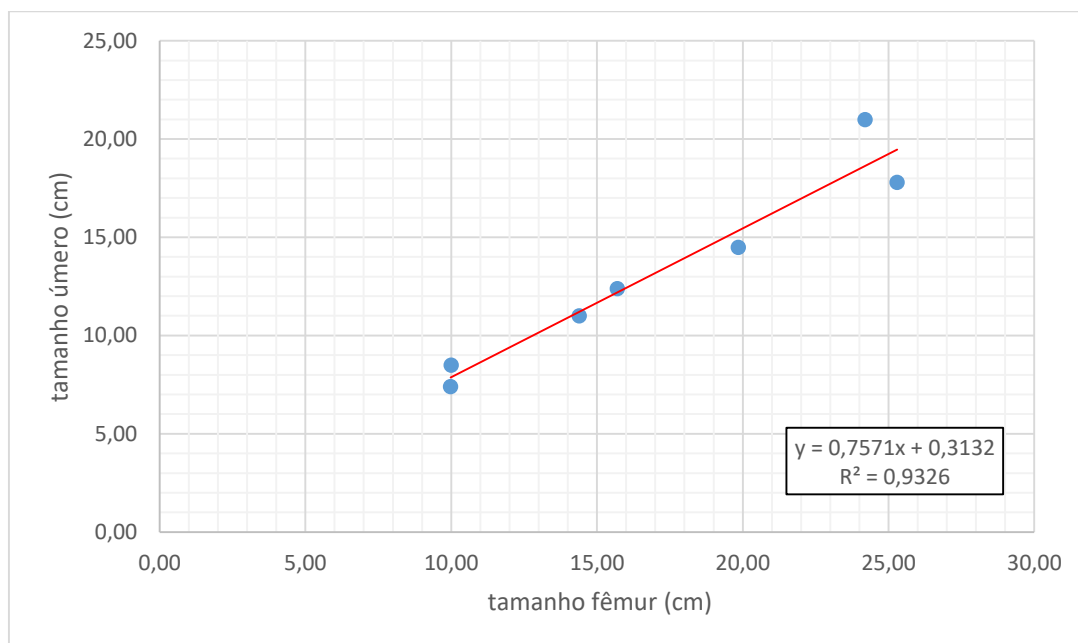


Figura 10. Gráfico mostrando a relação linear entre o comprimento do úmero e do fêmur e respectiva reta ajustada. Dados das medidas disponíveis no Apêndice 1.



6. DISCUSSÕES

Como citado anteriormente em Farlow et al. (2005) esses autores observaram que há uma forte correlação entre várias medidas lineares de ossos do esqueleto, como comprimento crânio, comprimento de fêmur e comprimento de úmero com o comprimento total. Os mesmos autores observaram também uma correlação entre essas medidas lineares e a massa corporal. Além disso, Farlow et al. (2005) observaram que essa relação é relativamente constante durante todo desenvolvimento do indivíduo, embora ocorra um crescimento alométrico entre o crânio e membros locomotores, por exemplo, esses autores perceberam que as medidas lineares apresentam uma relação que se mantém constante durante o crescimento do indivíduo. Nesse caso, esses autores estabeleceram equações com as quais é possível, a partir de um elemento isolado, como o tamanho do crânio ou do fêmur, estimar o comprimento total e a massa de um jacaré ou crocodilo vivente.

No presente estudo observa-se que algo semelhante ao reportado por Farlow et al. (2005), onde há uma forte correlação entre as medidas de comprimento de crânio, comprimento de úmero e comprimento de fêmur não só para os Baurusuchidae como para outras famílias de Notosuchia (figuras 1, 8, 9 e 10).

Os valores para a correlação (R^2) mostram, de maneira geral, que há uma correlação de aproximadamente 90% entre os valores entre fêmur-úmero, crânio-úmero e fêmur- crânio (figuras 8, 9 e 10) para os Notosuchia estudados. Destaca-se, entretanto, que o número de exemplares utilizado nesse estudo é muito menor que aquele utilizado por Farlow et al. (2005), que analisou centenas de exemplares de crocodilos recentes. Isso se deve à natureza do registro fóssil de vertebrados, onde geralmente são encontrados indivíduos incompletos ou com ossos quebrados. Dessa forma, dentre todos os fósseis disponíveis, só foi possível utilizar aqueles que apresentavam pelo menos duas medidas preservadas (fêmur/úmero, úmero/crânio, crânio/fêmur).

Devido às proporções diferentes entre as espécies de Neosuchia e Notosuchia, onde os Neosuchia apresentam hábitos aquáticos, com os membros locomotores dispostos lateralmente, pernas mais curtas e um corpo mais robusto e, portanto, com mais massa e os Notosuchia possuem pernas maiores e um

corpo proporcionalmente menor (figura 2), claramente se observa que, apesar dos dois grupos apresentarem uma correlação entre as medidas lineares, as equações obtidas por cada grupo são diferentes.

No caso de Farlow et al. (2005), a equação relacionando comprimento de crânio com comprimento de fêmur é $y=0,4642x + 14,74$ (calculada a partir dos dados brutos fornecidos pelo autor), enquanto em Notosuchia a equação correlacionando comprimento de crânio e comprimento de fêmur é $y=0,7205x + 0,9349$ (figura 8). Nesse caso, para um jacaré ou crocodilo com tamanho de fêmur de 253 mm (tamanho do fêmur de *Baurusuchidae* estudado), o tamanho do crânio calculado, a partir da equação de Farlow et al. (2005), resultaria em um comprimento de 513 mm, enquanto em um Notosuchia, usando-se a equação obtida nesse trabalho, o tamanho do crânio calculado seria de 349 mm (sendo que a medida feita no material fornece o valor de 325 mm). O mesmo ocorre para a estimativa de massa, por exemplo, visto que o fêmur dos Neosuchia é menor e a massa corpórea é maior, quando comparada a qualquer espécie de Notosuchia. Neste caso, a equação fornecida pelo Farlow et al. (2005) para a massa é $\log(M)=\log(\text{comprimento do fêmur})\times 3,33-5,72$. Neste caso, usando essa equação para o valor de comprimento de fêmur medido no exemplar de *Baurusuchus* (253mm), seria obtida uma massa de aproximadamente 191 kg para esse exemplar de *Baurusuchus*. Entretanto, o valor calculado a partir do modelo 3D para o mesmo exemplar de *Baurusuchus* varia entre 61-65kg, ou seja, cerca de três vezes menor (tabela 1).

Tabela 1. Tabela mostrando a variação dos valores utilizando as equações de Farlow et al.(2005) e os valores encontrados nesse estudo.

Estimativas de comprimento de crânio e de massa a partir do fêmur Farlow et al.(2005)	Estimativas de comprimento de crânio e de massa a partir do fêmur (nesse estudo)
513 mm ($y=0,4642x + 14,74$)	349 mm ($y=0,7205x + 0,9349$)
valor medido para o crânio 325 mm	
191 kg ($\log(M)=\log(\text{comprimento do fêmur})\times 3,33-5,72$)	61-65 kg (modelo 3D)

Infelizmente, como o material estudado só permitiu a construção de apenas um modelo 3D em EPS para um *Baurusuchus* adulto, não é possível, no momento, estabelecer equações para o cálculo de massa a partir do comprimento do fêmur ou do crânio, por exemplo. Isso somente será possível se outras estimativas de massa como as implementadas nesse trabalho forem desenvolvidas para outros exemplares de *Baurusuchus* e demais Notosuchia de tamanhos diferentes.

7. CONCLUSÕES

Assim como os Neosuchia, os Notosuchia apresentam uma relação linear entre o comprimento do crânio, úmero e fêmur. Entretanto, as equações resultantes são diferentes para esses dois grupos.

Utilizando-se a técnica de reconstrução 3D a massa de um exemplar adulto de *Baurusuchus* com comprimento de crânio de 32,5 cm, comprimento de fêmur de 25,3 cm e comprimento total de 189 cm pode ser estimada e varia entre 61 kg a 65 kg. Esses valores são aproximadamente três vezes menores do que aqueles previstos pelas equações de cálculo de massa desenvolvidas para Neosuchia e usadas atualmente para o cálculo de massa em outros grupos de crocódilomorfos.

Recomenda-se que as equações para estimativas de massa desenvolvidas para Neosuchia especificamente não sejam utilizadas para o cálculo de massa de nenhuma espécie de Notosuchia, pois os valores obtidos estarão superestimados.

8. REFERÊNCIAS

- CARVALHO, I.S.; CAMPOS, A.C.A.; NOBRE, P.H. *Baurusuchus salgadoensis*, a New Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. **Gondwana Research**, v.8, No.1, 11-30, 2005.
- COTTS, L.; PINHEIRO, A.E.P.; MARINHO, T.S.; CARVALHO, I.S.; DI DARIO, F. Postcranial skeleton of *Campinasuchus dinizi* (Crocodyloformes, Baurusuchidae) from the Upper Cretaceous of Brazil, with comments on the ontogeny and ecomorphology of species. **Cretaceous Research** 70:163-188 DOI 10.1016/j.cretres.2016.11.003, 2017.
- FARLOW, J.O.; HURLBURT, G.R.; ELSEY, R.M.; BRITTON, A.R.C. Femoral dimensions and body size of *Alligator mississippiensis*: estimating the size of extinct mesoeucrocodylians. **Journal of Vertebrate Paleontology**. 25, 354–369, 2005.
- GRIGG, G.; KIRSHNER, D. **Biology and Evolution of Crocodylians**. Comstock Publishing Associates. Ed.1. 2015.
- GODOY, O.; KRAFT, N.J.B.; LEVINE, J.M. Phylogenetic related and the determinants of competitive outcomes. **Ecology Letters**. vol.17, 2014.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm, 2001.
- IORI, F.V.; CARVALHO, I.D.S. *Morrinhosuchus luziae*, um novo Crocodylomorpha Notosuchia da Bacia Bauru, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências** 39(4):717-725 DOI 10.25249/0375-7536.2009394717725, 2009.
- IORI, F.V.; MARINHO, T.D.S.; CARVALHO, I.D.S.; CAMPOS, A.C.D.A. Taxonomic reappraisal of the sphagesaurid crocodyliform *Sphagesaurus montealtensis* from the late Cretaceous Adamantina Formation of São Paulo State, Brazil. **Zootaxa** 3686(2):183–200 DOI 10.11646/zootaxa.3686.2.4., 2013.
- KLINKHAMER, A.J.; WILHITE, D.R.; WHITE, M.A., WROE, S. Digital dissection

- and three-dimensional interactive models of limb musculature in the Australian estuarine crocodile (*Crocodylus porosus*). **PLoS ONE** 12(4):e0175079. . <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175079>. 2017.
- LEARDI, J.M.; POL, D.; GASPARINI, Z. New Patagonian baurusuchids (Crocodylomorpha; Notosuchia) from the Bajo de la Carpa Formation (Upper Cretaceous; Neuquén, Argentina): New evidences of the early sebecosuchian diversification in Gondwana. **C.R. Palevol** (2017), <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2018.02.002>
- MARTINELLI, A.G.; MARINHO, T.S.; IORI, F.V.; RIBEIRO, L.C.B. The first *Caipirasuchus* (Mesoeucrocodylia, Notosuchia) from the Late Cretaceous of Minas Gerais, Brazil: new insights on sphagesaurid anatomy and taxonomy. **PeerJ** 6:e5594; DOI 10.7717/peerj.5594., 2018.
- MCCLAIN, C.R.; BOYER, A.G. Biodiversity and body size are linked across metazoans. **Proc. R. Soc. B.** 276, 2209–2215, 2009.
- MCDONALD, R.A. Resource partitioning among British and Irish mustelids. **Journal of Animal Ecology** 71: 185-200, 2002.
- MEERS, M.B. Crocodylian forelimb musculature and its relevance to Archosauria. *wiley-liss, inc. the anatomical record* part A 274A:891-916, 2003.
- NASCIMENTO, P.M.; ZAHER, H. A new species of *Baurusuchus* (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial skeleton described for the family Baurusuchidae. **Papéis Avulsos de Zoologia** (São Paulo) 50(21):323–361 DOI 10.1590/s0031-10492010002100001, 2010.
- PETERS, R.H. The ecological implications of body size. **Cambridge University Press**, New York, 1983.
- POL, D.; NASCIMENTO, P.M.; CARVALHO, A.B.; RICCOMINI, C.; PIRES-DOMINGUES, R.A.; ZAHER, H. A new notosuchian from the Late Cretaceous of Brazil and the phylogeny of advanced notosuchians. **PLOS ONE** 9(4):e93105 DOI 10.1371/journal.pone.0093105., 2014.
- SERENO, P.C.; LARSSON, H.C.E.; SIDOR, C.A.; GADO, B. The giant

crocodyliform *Sarcosuchus* from the Cretaceous of Africa. **Science**. 294, 1516–1519, 2001.

TURNER, A.H.; SERTICH, J.J.W. Phylogenetic history of *Simosuchus clarki* (Crocodyliforms: Notosuchia) from the Late Cretaceous of Madagascar. **Journal of Vertebrate Paleontology** vol. 30 , 2010.

YOUNG, M.T.; BELL, M.A.; ANDRADE, M.B.; BRUSATTE, S.L. Body size estimation and evolution in metriorhynchid crocodylomorphs: implications for species. **Journal of Vertebrate Paleontology**. 1199–1216. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2011.00734.x>, 2011.

Apêndice 1 (medidas utilizadas para os cálculos das esquações de correlação em Notosuchia).

Táxons	Número de catálogo	crânio comprimento	mandíbula comprimento	úmero direito comprimento	fêmur direito comprimento	fêmur esquerdo comprimento	cauda comprimento	comprimento total	Referências
Baurusuchidae									
<i>Aplestosuchus sordidus</i>	LPRP/USP 0229a	31,05							Leardi et al (2017)
<i>Baurusuchus albertoi</i>	MZUSP 140-R				32,80				Cotts et al (2017)
<i>Baurusuchus pachecoi</i>	DGM	*33,00	39,60						
<i>Baurusuchus salgadoensis</i>	UFRJ-DG 417-R				30,00				Cotts et al (2017), Leardi et al (2017)
<i>Baurusuchus salgadoensis</i>	UFRJ-DG 418-R				20,00				Cotts et al (2017)
<i>Baurusuchus salgadoensis</i>	UFRJ-DG 288-R				29,60				Cotts et al (2017)
<i>Baurusuchus salgadoensis</i>	UFRJ-DG 285-R			21,00		24,20	119,00		Cotts et al (2017)
<i>Baurusuchus salgadoensis</i>	MPMA 62-0001-02	40,00	45,50						Carvalho et al. (2005)
<i>Campinasuchus dinizi</i>	CPPLIP 1237	12,69			14,30	14,20			Cotts et al (2017), Leardi et al (2017)
<i>Pissarrachampsia sera</i>	LPRP/USP 0019	*30,08				24,10			Leardi et al (2017)
<i>Stratiosuchus maxhechti</i>	DGM 1477-R	45,20	48,50		34,50	35,30			
<i>Baurusuchidae adulto</i>	FUP						85,00	189,60	observação pessoal
<i>Baurusuchidae adulto</i>	FUP	32,50		17,80	25,30				observação pessoal
<i>Baurusuchidae juvenil</i>	FUP	20,50		12,40	15,70				observação pessoal
Sphagesauridae									
<i>Caipirasuchus mineirus</i>	CPPLIP 1463	11,74	12,40	7,41	9,98				Martinelli et al (2018)
<i>Caipirasuchus paulistanus</i>	MPMA 67-0001/00	16,70		8,50	*10,00				
Peirosauridae									
<i>Montealtosuchus arrudacamposi</i>	MPMA- 16-0007/04	26,50		11,00	14,40				Carvalho et al (2007)
<i>Sebecus icaeorhinus</i>	MPEF-PV 1776			14,50	19,85				Leardi et al (2017)
Todas as medidas em centímetros									
* material incompleto									