



Controvérsia em Relação à Origem das Aves

Mario Arthur Favretto

Departamento de Vigilância Sanitária, Prefeitura Municipal de Campos Novos, Avenida Caetano Belincanta Neto, Campos Novos, Santa Catarina, Brasil. CEP 89620-000. E-mail: marioarthurfavretto@hotmail.com

Recebido: 20 Agosto 2017 / Aceite: 5 Setembro 2018 / Disponível online: 25 Abril 2019

Resumo

Apesar de hoje já consolidada a origem das aves a partir de Theropoda, durante os anos de 2007 a 2010, o pesquisador Maurice Pomarède tentou refutar a origem das aves a partir de dinossauros terópodes, principalmente por meio do fóssil de *Cosesaurus aviceps* (Prolacerta). Também tentou identificar diversos pontos para tentar refutar essa origem aviana, com afirmações de que o peso seria inimigo do voo, que o voo não poderia ter se originado do solo e que escamas de dinossauros não poderiam originar penas. No presente trabalho todos estes argumentos são analisados de forma a demonstrar como a origem Theropoda das aves está atualmente consolidada em bases parcimoniosas.

Palavras-chave: *Cosesaurus*, penas, peso, Theropoda.

Abstract

Despite the fact that the bird origin from Theropoda has now been consolidated between the years of 2007 and 2010, the researcher Maurice Pomarède tried to refute the origin of birds from theropod dinosaurs, mainly through the fossil of *Cosesaurus aviceps*, a prolacertid. He also tried to identify several arguments to try to refute this avian origin, with claims that the weight would be enemy of the flight, that the flight could not have originated from the ground, and that scales of dinosaurs could not originate feathers. All these arguments are analyzed in the present work in order to demonstrate how the Theropoda origin of birds is currently consolidated on a parsimonious basis.

Keywords: *Cosesaurus*, feathers, weight, Theropoda.

1. INTRODUÇÃO

Muitas características hoje atribuídas às aves, como penas e redução do tamanho corporal, originaram-se antes deste grupo em si, em diversos dinossauros terópodes. Essas alterações na forma corporal por meio de uma rápida taxa evolutiva resultaram em modificações nas proporções alométricas de terópodes, com aumento dos membros anteriores em relação ao corpo e aos membros posteriores e modificação das estruturas das penas (Dececchi, & Larsson 2013; Benson, & Choiniere, 2013; Puttick, *et al* 2014). Indicando que as pressões seletivas resultaram em uma mudança gradual e rápida culminando na origem do voo, pois tais características físicas como miniaturização e reestruturação corpórea, implicam em alterações físicas que contribuem para melhorar as habilidades aéreas de protaves e aves (Lee *et al*, 2014).

2. DISCUSSÃO

Atualmente a origem das aves deixou de ser um mistério, sendo consolidado com base nos diversos dados que a ciência

obteve em relação a este grupo ter sido originado a partir de dinossauros terópodes (Chiappe, & Witmer, 2002; Figueiredo & Cardoso, 2010; Favretto, 2010). Apesar dessa definição, alguns pesquisadores ainda discordam da origem terópoda das aves, focando mais em aspectos anatômicos e da origem das penas (Feduccia, 2016). No entanto, menos conhecida do que esta controvérsia, está a proposta por Ellenberger (1977) (Ellenberger, 1977), cuja hipótese associa a origem das aves ao prolacertideo *Cosesaurus*.

Esta hipótese encontrou um grande defensor em M. Pomarède (Pomarède, 2007 a), b), 2009, 2010), que, ao longo de vários anos, tentou divulgar a teoria de Ellenberger, tentando dar maior credibilidade às possíveis características avianas do *Cosesaurus*. Porém, a hipótese cosessauriana possui suas falhas e as afirmações feitas em sua defesa nem sempre apresentam fundamentos consistentes. No presente trabalho é realizada uma análise das afirmações feitas por Pomarède em seus vários artigos de críticas à origem terópoda das aves e de defesa do *Cosesaurus*. Em geral suas críticas

quanto à origem terópoda das aves consistem nas afirmações de que o peso é inimigo do voo, que a origem do voo por via chão-ar seria impossível e que escamas não poderiam originar penas (Pomarède, 2007 a), b), 2009, 2010).

Pomarède (2007 a), b), 2009, 2010) afirmou que o peso é inimigo do voo e isso é determinante no fato de que as primeiras aves só podiam ser as muito pequenas e com isso os paleontólogos imaginaram uma miniaturização dos dinossauros. Essa ideia parece um tanto quanto retórica; certamente o peso é um problema para o voo de um animal, mas não um impeditivo, apenas cria certas restrições quanto às capacidades e formas de voo das aves (Tobalske, 2016). Esta afirmação também poderia ser rapidamente refutada analisando espécies de outro grupo, Pterosauria. Neste grupo haviam animais com um elevado peso e tamanho, com capacidade de voo, como é o caso, por exemplo, do *Quetzalcoatlus* cuja envergadura poderia chegar a 11 m e o peso variar entre 85 e 276 kg (Sato, *et al*, 2009; Middleton & English, 2014).

Outro exemplo que demonstra que o peso apenas impõe restrições é o caso de *Argentavis magnificens*, uma ave de aproximadamente seis milhões de anos e que possuía em média 70 kg e uma envergadura de 7 m, tinha hábitos semelhantes ao *Vultur gryphus* (Chatterjee, *et al*, 2007). E também *Pelagornis* com envergadura de 6,4 m e uma ótima capacidade para voos planados (Ksepka, 2014). Desta forma, esses exemplos apresentados demonstram que para muitas das primeiras protoaves e terópodes emplumados o peso não seria uma restrição, pois possuíam um pequeno tamanho e baixo peso, caso, por exemplo, do *Archioavis* com 34 cm de comprimento, do *Juravenator* com 70 cm de comprimento (Fig. 1), do *Microraptor* com 80 cm de comprimento (Fig. 2) e do *Pedopenna* com porte maior (1 m) (Favretto, 2011).



Fig. 1. *Juravenator starki*. Ilustração: Mario Arthur Favretto.

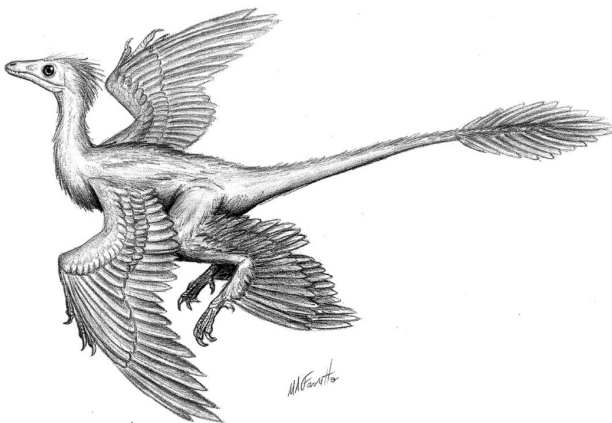


Fig. 2. *Microraptor gui*. Ilustração: Mario Arthur Favretto.

Pomarède (2010) continua sua defesa do *Cosesaurus* afirmando que a corrida não pode levar ao voo, mas também afirmou que o voo planado não era uma forma de voo inicial,

pois este seria inato. Então, como Pomarède explicaria a origem do voo?

Quando se fala em origem do voo, um argumento geral é de que faltariam forças para um animal se impulsionar a partir do solo para iniciar o voo. No entanto, aves e insetos fazem isto. Ao ser analisada a possibilidade de origem do voo a partir de um voo planado de locais com maior altura, esquece-se que esta característica dispensaria a necessidade de usar um forte impulso com os membros posteriores, pois bastaria usar a gravidade. Essa característica poderia não gerar uma pressão seletiva para um investimento energético em membros posteriores geradores de impulso inicial. Diferente de uma origem do voo a partir do solo, que demanda um forte impulso inicial, assim gerando uma pressão pelo investimento energético. Ou seja, a origem do voo em aves demandou de uma interação entre membros anteriores e posteriores, em um processo evolutivo com pressões agindo sobre diferentes partes do corpo simultaneamente (Favretto, 2010; Heers & Dial, 2015).

Essas afirmações são corroboradas por estudos de ontogenia pós-natal, como estudos realizados por Dial *et al.* (Dial, & Segre, 2008; Dial *et al*, 2006), e Heers *et al.* (Heers, *et al*, 2014; Heers *et al*, 2016) em filmagens laboratoriais de aves basais até aves derivadas para analisar os efeitos e forças aerodinâmicas envolvidos na movimentação destes animais. Esses pesquisadores demonstraram que a maioria das aves possui o bater de asas similar. Esta característica demonstra uma plesiomorfia que pode estar presente na forma aviana de voar, por meio de movimentos estereotipados que são realizados pelos filhotes de aves com suas protoasas e nos adultos com asas completas.

Estes dados são ainda parcimoniosos com diversas alterações morfológicas que ocorreram dos terópodes às aves modernas, como as alterações no carpo, crista deltopeitoral, fúrcula, protoasas, penas simétricas e ainda as modificações nos ombros para permitir a sua correta movimentação no voo (Dial, & Segre, 2008; Dial *et al*, 2006). Esses movimentos estereotipados de bater as asas ainda nos filhotes ou em aves adultas com asas rudimentares possuem uma função aerodinâmica, sendo assim, o ato de voar fica limitado apenas pelo tamanho das asas e pela força dos músculos. Desta forma, esse movimento estereotipado por meio de estruturas similares a protoasas produz uma força de auxílio na locomoção que desempenha um importante papel na geração de uma melhor *performance* aerodinâmica no deslocamento destas aves (Dial, & Segre, 2008; Dial *et al*, 2006; Heers, *et al*, 2014; Heers *et al*, 2016).

Esta melhor *performance* resulta em uma das importâncias do voo para a sobrevivência das aves; mesmo com protoasas, a movimentação dos membros anteriores cria uma força extra que auxilia na aceleração do deslocamento da ave. O mesmo podia ocorrer nas protoaves, como o *Archaeopteryx* (Fig. 3), fosse para o escape de predadores ou para a captura de presas (Dial *et al*, 2006; Heers *et al*, 2016; Burgers & Chiappe, 1999). Assim resultando em uma melhor aptidão para a sobrevivência e beneficiando as populações e espécies com estas características.

A defesa de Pomarède (Pomarède, 2010), prossegue e ele afirma que as escamas não poderiam ter resultado em penas, pois estas teriam uma origem muito profunda e complexa e isso impediria a origem das penas a partir de escamas de terópodes.

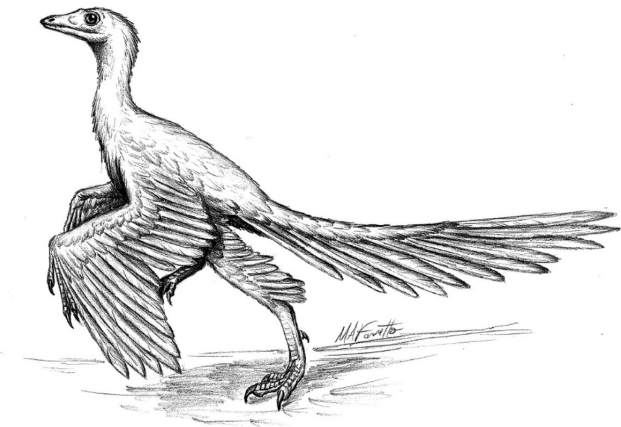


Fig. 3. *Archaeopteryx lithographica*. Ilustração: Mario Arthur Favretto.

Provavelmente o *Cosmosaurus* possuía escamas, então, com esta afirmação de Pomarède nem mesmo o prolacertídeo poderia ser ancestral das aves. No entanto, as penas são compostas por beta-queratina, e não apenas elas, mas as escamas dos atuais crocodilianos também o são. Por meio de análises genéticas nos seres vivos atuais chegou-se a conclusão de que o genoma dos primeiros archossauros possuía um grupo de genes responsáveis pela produção de beta-queratina, a proteína responsável por formar suas escamas (Harris *et al*, 2002). Entretanto, para que esses genes que formavam as escamas passassem a formar as penas, eles sofreram várias duplicações e divergência, criando novas funções aos genes e permitindo o desenvolvimento de apêndices cutâneos diferenciados como as penas (Greenwood & Sawyer, 2010; Li *et al*, 2013; Lowe *et al*, 2014). Assim, podemos afirmar que as penas se originaram de escamas em terópodes coelurosáurios, a genética complementa o registro fóssil (Harris *et al*, 2002; Lowe *et al*, 2014).

Além disso, deve-se considerar que a origem das penas não precisa estar necessariamente ligada à origem do voo, pois muitas das características de aves surgiram antes em terópodes. Esta condição indica um processo de exaptação, em que a característica surgiu evolutivamente como resultado adaptativo para uma finalidade, tornando-se “útil” para outro fim ao longo do tempo. Desta forma, as penas podem ter surgido para fins de termorregulação ou por processos de seleção sexual, já que muitas protopenas são assimétricas e não desempenhariam um importante papel em um voo enérgico, posteriormente sendo exaptadas para esta função (Lowe, *et al*, 2014; Li *et al*, 2010).

3. CONCLUSÕES

Durante muito tempo Pomarède tentou defender o *Cosmosaurus* como ancestral das aves (Favretto, 2010, 2011), mas as pesquisas indicam que este réptil, um Archosauromorpha Prolacertiforme na verdade está relacionado aos ancestrais dos Pterossauros e a outros prolacertídeos como o *Sharovipteryx* e o *Longisquama* (Crespo, 2001). E ainda não está claro se *Cosmosaurus* era arbóreo, terrestre ou semi-aquático (Paul, 2002). Considerando o *Cosmosaurus*, qual seria a vantagem para um réptil quadrúpede arbóreo desenvolver o bipedalismo? Se estando nas árvores é mais fácil manter o equilíbrio com quatro membros do que com dois e até mesmo outros grupos taxonômicos atuais que planam entre árvores não utilizam o bipedalismo (Favretto, 2010).

Por meio de dados de diferentes áreas da ciência torna-se cada vez mais robusta a teoria de origem das aves a partir de dinossauros terópodes, resultando na eliminação dos possíveis paradoxos que refutariam a mesma. Assim, atualmente tem-se um claro cenário da origem das aves, primeiramente com o bipedalismo anterior ao voo. Isto não implica que uma origem do voo também arbórea não seria possível (Favretto, 2010, 2011; Dial, 2003a, 2003b). No entanto, a origem chão-ar resulta em uma explicação para a aquisição de força suficiente para impulsionar as aves a partir do chão e não apenas usar a gravidade da queda para iniciar o voo, tal qual morcegos.

Esse cenário pode ser observado principalmente em aves basais atuais como Galliformes e Tinamiformes, em que deslocamentos para áreas de maior altura ocorrem em momentos de fuga ou busca por segurança, e a força gerada pelo bater de asas rudimentares contribui para maior quantidade de força durante o escape de predadores (Dial, 2003a, 2003b). Além disso, manter-se em um galho apenas com dois membros é difícil, a não ser que o mesmo impulso que o levou para o galho, também sirva para aliviar sua queda ou uma possível queda acidental. O fato de as aves subirem em árvores atualmente pode ser uma vantagem evolutiva que surgiu secundariamente ao voo. Enfim, mesclando os diversos conhecimentos atuais e as diversas teorias para a origem das aves, pode-se chegar a uma explicação clara do parentesco entre terópodes e aves, assim como, da origem de um grupo a partir do outro (Favretto, 2011).

4. REFERÊNCIAS

- BENSON, R. B. J., CHOINIERE, J. N. (2013), Rates of dinosaur limb evolution provide evidence for exceptional radiation in Mesozoic birds. *Proceedings of the Royal Society B*, Vol. 280, n° 1768, pp. 20131780.
- BURGERS, P., CHIAPPE, L. M. (1999), The wing of Archaeopteryx as a primary thrust generator. *Nature*, Vol. 399, n° pp. 60-62.
- CHATTERJEE, S., TEMPLIN, R. J., CAMPBELL-JR, K. E. (2007), The aerodynamics of Argentavis, the world's largest flying bird from Miocene of Argentina. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 104, n° 30, pp. 12398-12403.
- CHIAPPE, L. M., WITMER, L. M., (2002). *Mesozoic birds: above the heads of dinosaurs*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- CRESPO, E. G., (2001). *Paleo-herpetofauna de Portugal*, Museu Bocage, Lisboa.
- DECECCHI, T. A., LARSSON, H. C. E. (2013), Body and limb size dissociation at the origin of birds: uncoupling allometric constraints across a macroevolutionary transition. *Evolution*, Vol. 67, n° 9, pp. 2741-2752.
- DIAL, K. P. (2003, a), Evolution of Avian Locomotion: correlates of flight style, locomotor modules, nesting biology, body size, development, and the origin of flapping flight. *The Auk*, Vol. 120, n° 4, pp. 941-952.
- DIAL, K. P. (2003, b), Wing-assisted incline running and the evolution of flight. *Science*, Vol. 299, n° pp. 402-404.
- DIAL, K. P., JACKSON, B. E., SEGRE, P. (2008), A fundamental avian wing-stroke provides a new perspective on the evolution of flight. *Nature*, Vol. 451, n° 2, pp. 985-989.
- DIAL, K. P., RANDALL, R. J., DIAL, T. R. (2006), What use is half half a wing in the ecology and evolution of birds? *BioScience*, Vol. 56, n° 5, pp. 437-445.

- ELLENBERGER, P. (1977), Quelques precisions sur l'anatomie et la place systematique tres speciale de Cotesaurus aviceps. *Cuadernos Geologia Ibérica*, Vol. 4, nº pp. 169-168.
- FAVRETTO, M. A. (2010), Sobre a origem das aves (Theropoda: Aves): Addendum – Os membros das aves. *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 155, pp. 6-7.
- FAVRETTO, M. A. (2011), A origem das aves: uma discussão contínua. *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 159, pp. 4-6.
- FAVRETTO, M. A., (2010). *Sobre a origem das aves*, M.A. Favretto, Campos Novos.
- FEDUCCIA, A. (2016), Fantasy vs. reality: a critique of Smith *et al.*'s bird origins. *The Open Journal of Ornithology*, Vol. 9, nº pp. 14-38.
- FIGUEIREDO, S., CARDOSO, H., (2010). *A aurora dos tempos modernos: do desaparecimento dos dinossauros à gênese do homem*, Cosmos Edições, Chamusca.
- FOTH, C., TISCHLINGER, H., RAUHUT, O. W. M. (2014), New specimen of Archaeopteryx provides insights into the evolution of pennaceous feathers. *Nature*, Vol. 511, nº pp. 79-82.
- GREENWOLD, M. K., SAWYER, R. H. (2010), Genomic organization and molecular phylogenies of the beta keratin multigene family in the chicken (*Gallus gallus*) and zebra finch (*Taeniopygia guttata*): implications for feather evolution. *BMC Evolutionary Biology*, Vol. 10, nº pp. 148.
- HARRIS, M. P., FALLON, J. F., PRUM, R. O. (2002), Shh-Bmp2 Signaling Module and the Evolutionary Origin and Diversification of Feathers. *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 294, nº 2, pp. 160-176.
- HEERS, A. M., BAIER, D. B., JACKSON, B. E., DIAL, K. P. (2016), Flapping before flight: high resolution, three-dimensional skeletal kinematics of wings and legs during avian development. *Plos One*, Vol. 11, nº 4, pp. e0153446.
- HEERS, A. M., DIAL, K. P. (2015), Wings versus legs in the avian bauplan: development and evolution of alternative locomotor strategies. *Evolution*, Vol. 69, nº 2, pp. 305-320.
- HEERS, A. M., DIAL, K. P., TOBALSKE, B. W. (2014), From baby birds to feathered dinosaurs: incipient wings and the evolution of flight. *Paleobiology*, Vol. 40, nº 3, pp. 459-476.
- KSEPKA, D. T. (2014), Flight performance of the largest volant bird. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 111, nº 29, pp. 10624-10629.
- LEE, M. S. Y., CAU, A., NAISH, D., DYKE, G. J. (2014), Sustained miniaturization and anatomical innovation in the dinosaurian ancestors of birds. *Science*, Vol. 345, nº 6196, pp. 562-566.
- LI, Q., GAO, K. Q., VINTHER, J., SHAWKEY, M. D., CLARKE, J. A., D'ALBA, L., MENG, Q., BRIGGS, D. E. G., PRUM, R. O. (2010), Plumage color pattern of an extinct dinosaur. *Science*, Vol. 327, nº 5971, pp. 1369-1372.
- LI, Y. I., KONG, L., PONTING, C. P., HAERTY, W. (2013), Rapid evolution of beta-keratin genes contribute to phenotypic differences that distinguish turtles and birds from other reptiles. *Genome Biology and Evolution*, Vol. 5, nº 5, pp. 923-933.
- LOWE, C. B., CLARKE, J. A., BAKER, A. J., HAUSSLER, D., EDWARDS, S. V. (2014), Feather development genes and associated regulatory innovation predate the origin of Dinosauria. *Molecular Biology and Evolution*, Vol. 32, nº 1, pp. 23-28.
- MIDDLETON, K. M., ENGLISH, L. T. (2014), Challenges and advances in the study of pterosaur flight. *Canadian Journal of Zoology*, Vol. 92, nº 12, pp. 945-959.
- PAUL, G. S., (2002). *Dinosaurs of the Air: the evolution and loss of flight in dinosaurs and birds*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- POMARÈDE, M. (2007, a), A origem das aves; o caso Cotesaurus. *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 135, pp. 23.
- POMARÈDE, M. (2007, b), Um escândalo científico: era o Archaeopteryx uma ave? *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 140, pp. 25.
- POMARÈDE, M. (2009), As escavações de Liaoning ou uma verdade ocultada. *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 149, pp. 25.
- POMARÈDE, M. (2010), A origem das aves e confiabilidade de uma longa história. *Atualidades Ornitológicas*, Vol., nº 156, pp. 23.
- PUTTICK, M. N., THOMAS, G. H., BENTON, M. J. (2014), High rates of evolution preceded the origin of birds. *Evolution*, Vol. 68, nº 5, pp. 1497-1510.
- SATO, K., SAKAMOTO, Q. K., WATANUKI, Y., TAKAHASHI, A., KATSUMATA, N., BOST, C. A., WEIMERSKIRCH, H. (2009), Scaling of soaring seabirds and implications for flight abilities of giant pterosaurs. *Plos One*, Vol. 4, nº 4, pp. e5400.
- TOBALSKE, B. W. (2016), Evolution of avian flight: muscles and constraints on performance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 371, nº 1704, pp. 20150383.