



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

HERSON DA SILVA COSTA

MORFOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS
(Rhea americana americana LINNAEUS, 1758)

MOSSORÓ-RN
2018

HERSON DA SILVA COSTA

MORFOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS
(*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira - UFERSA

MOSSORÓ-RN
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C837m

Costa, Herson da Silva.

MORFOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758) / Herson da Silva Costa. - 2018.

101 f. : il.

Orientador: Moacir Franco de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2018.

1. Vascularização. 2. Morfometria. 3. Estereologia. 4. Aves. 5. Ratitas.
I. Oliveira, Moacir Franco de, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HERSON DA SILVA COSTA

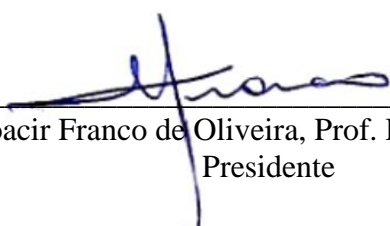
MORFOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS
(*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)

Dissertação apresentada ao Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

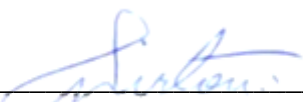
Linha de Pesquisa: Morfofisiologia e Biotecnologia Animal

Defendida em: 16/02/2018.

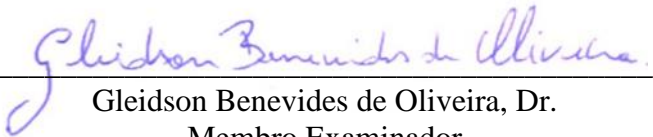
BANCA EXAMINADORA



Moacir Franco de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Wirton Peixoto Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Gleidson Benevides de Oliveira, Dr.
Membro Examinador

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HERSON DA SILVA COSTA nasceu no dia 26 de janeiro de 1988 na cidade de Mossoró-RN. cursou o ensino médio na Escola Estadual Manoel Joaquim (em Governador Dix-Sept Rosado), concluindo no ano de 2005. Em 2007, ingressou no ensino técnico em saneamento no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (CEFET-RN), atual Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), concluindo no ano de 2009. Em 2010, iniciou o ensino superior em Zootecnia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), o qual transferiu para o curso de Medicina Veterinária no ano de 2011, concluindo este curso em 2015. Ingressou em 2016 na Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), tendo realizado estágio docência na disciplina de Anatomia e Fisiologia Comparada Dos Animais Domésticos na UFERSA. Atualmente é discente (mestrado) do curso em Ciência Animal sob a orientação do prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira.

Ao meu pai, **Edilson Costa de Melo** por ter sido meu grande incentivador, com sua sabedoria e determinação, fazendo-me sentir capaz para alcançar todos os objetivos e metas.

A minha mãe, **Edileuza Maria da Silva Costa** que esteve sempre ao meu lado, com todo seu esforço, dedicação e carinho, ajudando-me a superar meus desafios.

A minha esposa, **Ana Kaline Pereira Ferreira** que esteve sempre ao meu lado, dando apoio e incentivo durante a minha jornada.

Ao meu professor orientador Prof. Dr. **Moacir Franco de Oliveira**, o qual teve paciência e humildade para me passar os ensinamentos necessários para a conclusão do meu trabalho e onde encontrei uma grande amizade.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a DEUS por me conceder saúde e sabedoria durante a longa trajetória acadêmica, onde tive a oportunidade de concluir com êxito. Deu-me ciência para respeitar os sentimentos dos animais e perceber gestos de dor em cada olhar.

À minha mãe, Edileuza Maria da Silva Costa, pelos cuidados, pelo amor e pela fé depositada em mim. Sempre ajudou em todos os momentos, deu forças para não desistir com suas sabedorias e incentivos, fazendo-me sentir capaz para finalizar todos os objetivos e metas. Amo-te mãe...

Ao meu pai, Edilson Costa de Melo, pelo seu amor, carinho e apoio, que sempre trabalhou muito nessa vida para poder contribuir com minha formação em Medicina Veterinária e sobre tudo no mestrado em Ciência Animal. Obrigado por tudo.

A minha esposa, Ana Kaline Pereira Ferreira, pela grande motivação, conselhos, paciência e apoio para contribuir em mais uma etapa da minha vida.

Ao meu orientador, Moacir Franco de Oliveira, por ter me aceitado como orientado, pelos ensinamentos, lições de vida, encorajamento, confiança a mim dada, pelas oportunidades de crescer profissionalmente e principalmente pela amizade adquirida ao longo deste longo período juntos. Muito obrigado meu amigo.

As minhas irmãs, Maria Núbia Costa e Heane Thaís da Silva Costa, pelo incentivo, fundamentais para a realização deste Curso, bem como, por toda a minha caminhada.

Aos meus dois filhotes (gatos), pela amizade verdadeira, carinho, alegria e receptividade em todos os momentos.

A Gleidson Benevides de Oliveira, pela amizade, pelo carinho, apoio sempre que precisei na vida acadêmica e por ter aceitado fazer parte da banca de defesa, momento muito especial na minha vida.

A Ferdinando Vinícius Fernandes Bezerra, pela sua disposição, dedicação e sempre prestativo em ajudar ao próximo, e também pela sua amizade. E a sua esposa, Jessiele Pereira Oliveira da Rocha e seu filho, João Vinicius da Rocha Bezerra, pela paciência em cedê-lo por muitos momentos para que ele pudesse contribuir com meus resultados.

A Carlos Eduardo Vale Rebouças, colega de estudos durante nossa passagem na Pós-Graduação e grande amigo que tive a honra de conhecer, obrigado pelo apoio e contribuição na minha dissertação.

Aos meus amigos do laboratório, André Menezes do Vale, Carlos Magno de Oliveira Júnior, Felipe Venceslau Câmara, Paulo Mateus Alves Lopes, Hélio Noberto de Araújo Júnior, André Vinícius Nunes Silva, Igor Renno Guimarães Lopes, Luã Barbalho de Macêdo e Moisés Dantas Tertulino. Muito obrigado pelo apoio.

A Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro proporcionado.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

Aos professores da UFERSA, em especial a Carlos Eduardo Bezerra de Moura, Valéria Veras de Paula, Jean Berg Alves da Silva, Jael Soares Batista, Genilson Fernandes de Queiroz, Alexandra Fernandes Pereira e aos demais que contribuíram para a minha Pós-graduação, transmitindo seus conhecimentos e experiências de vida.

Ao professor Wirton Peixoto Costa, pela disponibilidade em fazer parte da banca de defesa, momento impar na minha vida acadêmica.

Ao meu grande amigo, Radan Elvis Matias de Oliveira, pela amizade, pelos conselhos, pela paciência em todos os meus procedimentos, sempre me ensinando de forma eficiente como fazer o melhor trabalho. Muito obrigado meu amigo.

Aos funcionários do CEMAS, Antônio Almeida dos Santos, Francisco das Chagas de Souza e Manoel Messias do Santos (Cuscuz), pela contribuição nas coletas dos materiais.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse alcançar esse sonho.

“A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro”.

(Albert Einstein)

MORFOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)

COSTA, H.S. Morfologia do encéfalo de Emas (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758). 2018. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, Brasil, 2018.

RESUMO: Objetivou-se identificar macroscopicamente as regiões do encéfalo, bem como, as artérias cerebrais e o circuito arterioso cerebral, de modo a estabelecer um padrão vascular e sua sistematização, assim como, quantificar sua morfometria e estereologia. Para tanto, foram utilizados 21 encéfalos de emas, sendo 13 fêmeas e 2 machos (idades de 18 meses) e, 4 fêmeas e 2 machos (idades de 2 meses) para o estudo da vascularização e 22 encéfalos, sendo 2 fêmeas e 1 macho (1 mês), 1 fêmea e 2 machos (2 meses), 2 fêmeas e 1 macho (3, 4, 5 e 6 meses) e, 2 fêmeas e 2 machos (18 meses) para as análises de morfometria e estereologia. Os animais foram descongelados e incisados no plano sagital, na região cervical, de modo a expor a artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina a 0,9%, e logo após, perfundido com látex Neoprene 650, corado com pigmento vermelho, de forma a permitir uma melhor visualização das artérias. Já para o estudo morfométrico e estereológico, as carótidas foram canuladas e perfundidas com cerca de 5-10 ml de formaldeído a 3,7%, a fim de obter a fixação dos encéfalos. Posteriormente, as peças foram imersas em solução aquosa de formaldeído a 3,7%, durante 72 horas, e depois, iniciaram-se as dissecações e remoção dos ossos da calota craniana. Em seguida, os encéfalos foram analisados, sendo as estruturas, identificadas, mensuradas, fotografadas, esquematizadas e nominadas. Quanto à estereologia, os encéfalos foram incluídos em gelatina incolor, mantidos em refrigerador por 24 horas e, posteriormente, obteve-se cortes de 4 mm de espessura. Em seguida, foi removida a gelatina, realizada a coloração de Mainland e efetivada a quantificação do volume cerebral ($V = T \cdot a/p \cdot \sum \pi$). O encéfalo dividiu-se em: telencéfalo, diencéfalo, tronco cerebral e cerebelo e, externamente, observaram-se os bulbos olfatórios, lobos ópticos, nervos ópticos, quiasma óptico, hipófise e pineal. Já quanto ao estudo da vascularização, foram identificadas as artérias: espinhal ventral, basilar, cerebelares ventrais caudais, cerebelares ventrais médias, ramos caudais das artérias carótidas do cérebro, tectais mesencefálicas ventrais, cerebrais caudais, ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro, cerebrais médias, cerebrotmoisdais, anastomose intercerebral rostral, cerebrais rostrais, etmoidais, oftálmicas internas, inter-hemisférica, hipofisarias, tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais, pineais e ramos hemisférios dorsais. O circuito arterioso cerebral apresentou-se de forma fechada, caudalmente e rostralmente em 100% dos espécimes. O encéfalo possuiu mensurações que chegaram até 50,267 mm de comprimento, 41,855 mm de largura, 29,320 mm de altura e 21,774 g de massa. Os lobos ópticos apresentaram valores de comprimento direito (12,647 mm), comprimento esquerdo (12,355 mm), largura direita (11,470 mm), largura esquerda (10,827 mm) e, altura direita (15,495 mm) e altura esquerda (15,122 mm). Já o cerebelo apresentou valores de até 21,462 mm (comprimento), 18,207 mm (largura) e 21,487 mm (altura). Quanto a estereologia do encéfalo, este variou de 33,663 cm³ e 71,971 cm³ (idades de 1-18 meses), respectivamente.

Palavras-chave: Vascularização. Morfometria. Estereologia. Aves. Ratitas.

ABSTRACT: The objective of this study was to identify macroscopically the regions of the brain, as well as the cerebral arteries and the cerebral arterial circuit, in order to establish a vascular pattern and its systematization, as well as to quantify its morphometry and stereology. In order to do so, 21 greater rhea brains were used, 13 females and 2 males (ages 18 months) and 4 females and 2 males (ages 2 months) for the study of vascularization and 22 encephalus, 2 females and 1 male (1 month), 1 female and 2 male (2 months), 2 females and 1 male (3, 4, 5 and 6 months) and 2 females and 2 males (18 months) for morphometry and stereology analyzes. The animals were thawed and incised in the sagittal plane, in the cervical region, in order to expose the left common carotid artery, which was cannulated and the vascular system washed with 0.9% saline, and then perfused with Neoprene latex 650, stained with red pigment, in order to allow a better visualization of the arteries. For the morphometric and stereological study, the carotids were cannulated and perfused with about 5-10 ml of 3.7% formaldehyde in order to obtain the fixation of the brains. Subsequently, the pieces were immersed in aqueous solution of 3.7% formaldehyde for 72 hours, and then, dissections and removal of the bones from the skull cap were initiated. Then, the brains were analyzed, and the structures were identified, measured, photographed, schematized and nominated. As for stereology, the brains were included in colorless gelatin, held in refrigerator for 24 hours, and subsequently cut 4 mm thick. Gelatin was then removed, Mainland stained and quantification of brain volume was performed ($V = T. a / p. \Sigma \pi$). The brain was divided into: telencephalon, diencephalon, brain stem and cerebellum, and, externally, olfactory bulbs, optic lobes, optic nerves, optic chiasm, pituitary and pineal were observed. Ventral spinal, basilar, ventral cerebellar, mid-ventricular cerebellar, caudal branches of the carotid arteries of the brain, ventral mesencephalic arteries, caudal cerebral arteries, carpal arteries of the brain, middle cerebral arteries, cerebroethmoidal, rostral intercerebral anastomosis, cerebellar rostrais, ethmoidal, internal ophthalmic, interhemispheric, pituitary, dorsal mesencephalic, dorsal cerebellar, occipital, pineal and dorsal hemispherical branches. The cerebral arteriosclerotic circuit was closed, caudally and rostrally in 100% of the specimens. The brain had measurements that reached up to 50.267 mm in length, 41.855 mm in width, 29.320 mm in height and 21.774 g in mass. Optic lobes presented values of right length (12.647 mm), left length (12.355 mm), right width (11.470 mm), left width (10.827 mm) and right height (15.495 mm) and left height (15.112 mm). The cerebellum presented values of up to 21.462 mm (length), 18.207 mm (width) and 21.487 mm (height). As to the stereology of the encephalon, this varied from 33.663 cm³ and 71.971 cm³ (ages 1-18 months), respectively.

Keywords: Vascularization. Morphometry. Stereology. Birds. Ratites.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO

Figura 1 - Exemplar de ema. Fonte: arquivo pessoal (2016)..... 23

CAPÍTULO 1:

Figura 1 - Macroscopia do encéfalo de emas, fêmea jovem – corte sagital, vista ventral. Observa-se as estruturas internas, telencéfalo (TE), diencéfalo (DE), mesencéfalo (ME), nervo óptico (No), ponte (Po), medula oblonga (Mo), medula espinhal (Me), glândula pineal (Pi), glândula hipófise (H), lobo anterior do cerebelo (La), lobo médio do cerebelo (Lm), lobo posterior do cerebelo (Lp), ventrículo do cerebelo (V), vermis cerebelares (*), impressão hemisférica (1) e impressão mesencefálica (2). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017)..... 47

Figura 2 - Anatomia macroscópica do encéfalo de emas, fêmeas adultas. Em A, vista ventral onde se observa o bulbo olfatório (a), hemisférios cerebrais (b), nervos ópticos (c), quiasma óptico (d), hipófise (e), lobos ópticos (f), ponte (g), flóculos (aurícula do cerebelo) (h), medula oblonga (i), medula espinhal (j). Em B, vista dorsal, onde se evidencia a eminência sagital (a), valécula (b), fissura longitudinal do cérebro (c), hemisférios cerebrais (d), pineal (e), lobos ópticos (f), cerebelo (g). Em C, vista lateral esquerda, onde se constata o bulbo olfatório (1), hemisfério cerebral (2), fissura transversa do cérebro (3), lobo óptico (4), cerebelo (5) e tronco cerebral (6). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017)..... 48

Figura 3 - Origem vascular do encéfalo de emas. Em A, observa-se um desenho esquemático da região do pescoço, vista lateral esquerda, onde podemos constatar as artérias: carótida interna esquerda (CI), mandibular (Mand.), maxilar (Max.), tronco carotídeo cerebral (TCC), oftálmica externa (OE), carótida externa (CE), facial (Fac.), carótida do cérebro direita (CCd) e carótida do cérebro esquerda (CCe). Em B, observa-se em vista ventral (macho adulto), o momento da chegada ao encéfalo da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) (1), glândula hipófise (2), sela túrcica (3). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017)..... 49

Figura 4 - Fotomicrografia da base do encéfalo de emas, macho jovem – Vista ventral. Em detalhe, observaram-se as artérias carótidas do cérebro (1) e a anastomose intercarotídea (2). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017)..... 50

Figura 5 - Vascularização arterial da base do encéfalo em emas, fêmea adulta – Vista ventral. Em A, observamos as artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), cerebrais caudais (7), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (8), cerebrais médias (9), cerebroetmoidais (10), anastomose intercerebral rostral (CÍRCULO), cerebrais rostrais (11), etmoidal (12). Em B, um

desenho esquemático, onde se observa o padrão vascular das artérias da base do encéfalo na espécie, representada pelas artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), carótidas do cérebro (7), cerebrais caudais (8), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (9), cerebrais médias (10), oftálmicas internas (11) cerebroetmoidais (12), anastomose intercerebral rostral (13), cerebrais rostrais (14), etmoidais (15), inter-hemisférica (16), anastomose intercarotídea (CABEÇA DE SETA), hipofisarias (*) e glândula hipófise (H). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....

51

Figura 6 - Comportamento da artéria basilar e artérias cerebelares caudais em emas (fêmeas adultas) – Vista ventral. Em A, o padrão vascular encontrado, onde se observa a artéria basilar sinuosa (BS), artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso sinuoso. Em B, variação anatômica, evidenciando a artéria basilar retilínea (BR), artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso oblíquo. Em C, D e E, constatam-se outras variações anatômicas, onde se observam uma estrutura circular compondo a artéria basilar, com medidas de comprimento e largura de: 1,78 mm e 1,06 mm, 2,40 mm e 1,62 mm e, 2,60 mm e 1,69 mm, respectivamente, e ainda variações na artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2), sendo observadas diferenças na origem entre as duas artérias de 2,05 mm (percurso oblíquo), 0,79 mm (percurso oblíquo) e 0,72 mm (percurso retilíneo), respectivamente. Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....

52

Figura 7 - Vascularização do encéfalo de emas, fêmea adulta – Vista dorsal. Em A, observaram-se as artérias: tectal mesencefálica dorsal direita (1) e esquerda (2), cerebelares dorsais (3), lobos ópticos (Lo), cerebelo (C). Em B, evidenciaram-se as artérias: pineal direita (1) e esquerda (2), ramos hemisféricos occipitais direitos (3) e esquerdos (4). Em C, constataram-se as artérias: inter-hemisférica (*), ramos hemisféricos dorsais direitos (1) e esquerdos (2), hemisférios cerebrais (Hc). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....

54

CAPÍTULO 2:

Figura 1 - Procedimento estereológico utilizado em emas. Em A, observa-se o encefalótomo graduado para proceder aos cortes de 4 mm de espessura nos encéfalos. Em B, evidencia-se a solução de Mainland, composta de cloreto férrico III a 1% (1), ferrocianeto de potássio a 1% (2), ácido nítrico a 1% (3). Em C, constata-se a obtenção de pontos para cálculo de volume do encéfalo a partir do grid de pontos. Barra = 1 cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....

65

Figura 2 - Estruturas do encéfalo de emas, fêmea (6 meses). Em A, observou-se em vista ventral, as regiões: bulbos olfatórios (cabeça de seta), hemisférios cerebrais (1), nervos ópticos (*), lobos ópticos (2), glândula hipófise (círculo), tronco cerebral (3), medula espinhal (4). Em B, evidenciaram-se em vista dorsal, as estruturas: hemisférios cerebrais (1), glândula pineal

	(círculo), lobos ópticos (2), cerebelo (3). Em C, constataram-se em vista lateral esquerda, as regiões: bulbos olfatórios (*), hemisfério cerebral (1), lobo óptico (2), cerebelo (3), tronco cerebral (4). Barra = 1 cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....	66
Figura 3 -	Morfometria do encéfalo em relação a variável “idade”. Em A, B, C e D, observam-se as mensurações de comprimento, largura, altura e massa em função da idade animal. Letras diferentes indicam diferenças significativas, $p < 0,05$	68
Figura 4 -	Morfometria dos lobos ópticos (direito e esquerdo), em relação ao fator “idades” de emas. Em A, B e C podemos observar as medidas de comprimento, largura e altura em função das idades dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$	70
Figura 5 -	Morfometria dos lobos ópticos (direito e esquerdo) em relação do fator “sexo” de emas. Em A, B e C podemos observar as medidas de comprimento, largura e altura em função das idades dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$	71
Figura 6 -	Análise da interação “sexo/idade” de emas dos lobos ópticos (direito e esquerdo). Em A, B, C, D, E e F, constatam-se as medidas de comprimento, largura e altura, direito e esquerdo, respectivamente, em função da interação “sexo/idade” dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$, entre os sexos da mesma idade.....	71
Figura 7 -	Técnica de Mainland e cortes transversais no encéfalo de emas, fêmea (5 meses). Em A, B, C, D, E, F, G, pode-se observar as regiões internas do encéfalo como: os hemisférios cerebrais (Hc), os ventrículos laterais (SETAS), substância cinzenta (*) e substância branca (**), trato óptico (To), cerebelo (C) e lobos ópticos (Lo), tronco cerebral (Tc) e, medula espinhal (CABEÇA DE SETA). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).....	74

LISTA DE GRÁFICO

CAPÍTULO 2:

Gráfico 1 – Estereologia do encéfalo em relação à “idade” de emas. Observam-se os volumes dos encéfalos pós-fixado e corrigido. Percentual de retração = $\frac{\text{Comprimento inicial} - \text{Comprimento final}}{\text{Comprimento inicial}} \times 100$	76
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2:

Tabela 1 -	Morfometria do encéfalo em relação ao “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.....	67
Tabela 2 -	Morfometria do encéfalo em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm), altura (mm) e massa (g).....	67
Tabela 3 -	Morfometria do cerebelo em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros.....	68
Tabela 4 -	Morfometria do cerebelo quanto à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).....	69
Tabela 5 -	Morfometria do cerebelo em função da variável “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão, em milímetros.....	69
Tabela 6 -	Análise da hipófise em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros.....	72
Tabela 7 -	Análise da hipófise em relação ao “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.....	72
Tabela 8 -	Morfometria da hipófise em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).....	72
Tabela 9 -	Análise morfométrica da pineal, em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros da média \pm erro padrão.....	73
Tabela 10 -	Morfometria da pineal em relação a variável “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.....	73
Tabela 11 -	Análise da pineal em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).....	73
Tabela 12 -	Análise estereológica das estruturas cerebrais em relação à “idade” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3) dos hemisférios cerebrais (HC), trato óptico (TO), lobo óptico (LO), cerebelo (C) e tronco cerebral (TC).....	75
Tabela 13 -	Estereologia das estruturas cerebrais em relação ao “sexo” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3).....	75

Tabela 14 -	Análise estereológica das estruturas cerebrais em relação à interação “sexo/idade” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3) dos hemisférios cerebrais (HC), trato óptico (TO), lobo óptico (LO), cerebelo (C) e tronco cerebral (TC).....	75
Tabela 15 -	Análise estereológica do encéfalo em relação ao “sexo” de emas. Medidas de média \pm erro padrão.....	77
Tabela 16 -	Estereologia do encéfalo em relação à interação “sexo/idade” de emas. Avaliações encéfalo pós-fixado (Enc. PF) e encéfalo corrigido (Enc.C).....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMAS	Centro de Multiplicação de Animais Silvestres
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
TE	Telencéfalo
DE	Diencefalo
ME	Mesencefalo
No	Nervo Óptico
Po	Ponte
Mo	Medula Oblonga
Me	Medula Espinhal
Tc	Tronco Cerebral
C	Cerebelo
Pi	Glândula Pineal
H	Glândula Hipófise
To	Trato Óptico
Lo	Lobos Ópticos
Hc	Hemisférios Cerebrais
La	Lobo Anterior do Cerebelo
Lm	Lobo Médio do Cerebelo
Lp	Lobo Posterior do Cerebelo
V	Ventrículo do Cerebelo
CI	Carótida Interna Esquerda
Mand	Mandibular
Max	Maxilar
TCC	Tronco Carotídeo Cerebral
OE	Oftálmica Externa
CE	Carótida Externa
Fac	Facial
CCd	Carótida do Cérebro Direita
CCe	Carótida do Cérebro Esquerda

BS	Basilar Sinuosa
BR	Basilar Retilínea
V	Volume
T	Espessura
a/p	Área associada a cada ponto
$\sum pi$	Somatório dos pontos
CLO	Comprimento do Lobo Óptico
LLO	Largura do Lobo Óptico
ALO	Altura do Lobo Óptico
CC	Comprimento do Cerebelo
LC	Largura do Cerebelo
AL	Altura do Cerebelo
CH	Comprimento da Hipófise
LH	Largura da Hipófise
CP	Comprimento da Pineal
LP	Largura da Pineal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1 EMA (<i>Rhea americana</i>)	27
2.2 ESTRUTURAS MACROSCÓPICAS DO ENCÉFALO	28
2.3 VASCULARIZAÇÃO DO ENCÉFALO DE AVES	29
2.4 MORFOMETRIA DO ENCÉFALO	31
2.5 ESTEREOLOGIA DO ENCÉFALO EM DIFERENTES ANIMAIS	32
3 OBJETIVOS	35
3.1 OBJETIVO GERAL.....	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
REFERÊNCIAS	37
4 CAPÍTULO 1 – ANATOMIA MACROSCÓPICA E VASCULARIZAÇÃO DO ENCÉFALO EM EMAS (<i>Rhea americana americana</i> LINNAEUS, 1758).....	42
4.1 RESUMO	42
4.2 INTRODUÇÃO.....	43
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.3.1 Local do Experimento	44
4.3.2 Animais e Técnica Anatômica.....	44
4.3.3 Análise dos Resultados e Avaliação Estatística	45
4.4 RESULTADOS	45
4.5 DISCUSSÃO.....	55
4.6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	58
5 CAPÍTULO 2 – MORFOMETRIA E ESTEREOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS (<i>Rhea americana americana</i> LINNAEUS, 1758).....	61
5.1 RESUMO	61
5.2 INTRODUÇÃO.....	62
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
5.3.1 Animais e Comissão de Ética	63
5.3.2 Morfometria.....	64
5.3.3 Inclusão em Gelatina, Técnica de Mainland e Estereologia.....	64

5.3.4 Análise Estatística	65
5.4 RESULTADOS	65
5.5 DISCUSSÃO	77
5.6 CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS	80
ANEXOS	82



INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A classe Aves é um dos táxons mais expressivos da Zoologia, devido à quantidade de indivíduos, a beleza e canto dos mesmos. São animais vertebrados, de tamanhos variados e caracterizados por apresentar: epiderme recoberta por penas, apêndices torácicos modificados para voo, bico córneo e ossos pneumáticos (DYCE; SACK; WENSING, 2010).

Nesse contexto, destaca-se a ema (*Rhea americana americana*), uma ave pernalta de grande porte, pertencente à ordem Rheiformes, família Rheidae e estando inserida no grupo das Ratitas, devido sua inaptidão para o voo (DE CICCIO, 2001) (Figura 1). Sendo encontrada no Brasil, especificamente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (SICK, 1985). No Nordeste é encontrada de forma esporádica em alguns criadores científicos ou conservacionistas. Possui grande adaptabilidade reprodutiva em cativeiro, característica, que lhes tem atribuído importância econômica, dada a possibilidade de fornecer produtos e subprodutos de excelente qualidade, como carne, óleo, couro, ovos, penas, fígado e extrato de proteína (MELLO, 1987).

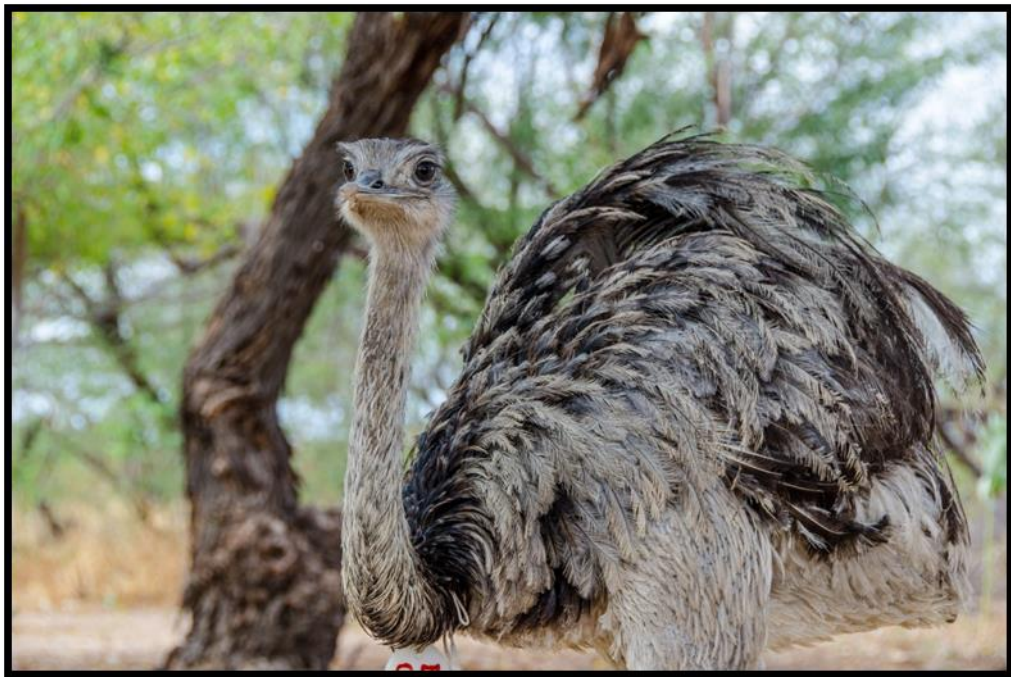


Figura 1- Exemplar de ema. Fonte: arquivo pessoal (2016).

De acordo com Giannoni (1996), devido os longos períodos de estiagem, esta ave tem sofrido ameaça de extinção, mas também devido à caça de subsistência e pela substituição da vegetação nativa por culturas e pastos. Atualmente a espécie possui classificação NT (quase ameaçada de extinção) (IUCN, 2017). Assim, tais aspectos têm despertado o interesse

conservacionista para preservação da espécie, fato que tem provocado a necessidade em entender sobre sua morfologia, contribuindo assim com informações que auxiliem seu manejo reprodutivo e sanitário em cativeiro.

Nesse aspecto, a literatura aborda várias pesquisas relacionadas à sua morfologia, como trabalhos referentes ao sistema reprodutor masculino e cloaca (SANTOS et al., 2011), ao aparelho digestório (RODRIGUES et al., 2012), a vascularização arterial da bolsa cloacal (OLIVEIRA et al., 2016) e aos ramos colaterais do arco aórtico (COSTA et al., 2017). No entanto, informações sobre o encéfalo, órgão importante no controle dos diversos sistemas corpóreos, ainda não foram relatados.

Os primeiros trabalhos com informação na literatura sobre a anatomia do sistema nervoso tiveram caráter evolutivo e foram desenvolvidos por De Vriese (1905), em mamíferos, os quais trouxeram importantes contribuições sobre a filogênese, pois abordam sobre os padrões e as variações das artérias encefálicas, bem como, sobre a classificação da irrigação da base do encéfalo, que pode ser de três tipos. O tipo I, como sendo aquele que ocorre exclusivamente via sistema carótico. O tipo II, como o modelo em que os sistemas carótico e vertebrobasilar estão envolvidos e o do tipo III, no qual participa da irrigação da base do encéfalo, exclusivamente, o sistema vertebrobasilar.

Com base nesses estudos, a literatura fornece vários trabalhos sobre a vascularização da base do encéfalo, a exemplo dos relatos em galinhas d'angola (CROWE; CROWE, 1979), gaivota prateada (MIDTGARD, 1984), flamingo (HOLLIDAY et al., 2006), avestruz (NAZER; CAMPOS, 2011), peru (CARVALHO; CAMPOS, 2011), e em *Gallus gallus* (CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995). Quanto a morfometria do encéfalo, são evidenciados trabalhos em avestruz (PENG et al., 2010; MARQUES et al., 2013), comparativo entre aves (GARAMSZEGI; EENS, 2004) e comparação entre sexos em codornas (*Coturnix japonica*) (ADKINS-REGAN; WATSON, 1990). Já se tratando de informações sobre estereologia, são citados experimentos comparativos entre periquito (*Melopsittacus undulatus*) e codorna (*Colinus virgianus*) (STRIEDTER; CHARVET, 2008), bem como, entre cordeiros, ratos e galinhas (SAHIN et al., 2001).

Dessa forma, considerando aspectos como a importância econômica, conservacionista e científica que a espécie representa e, aliada a ausência de trabalhos envolvendo a morfologia do encéfalo desses animais, este estudo teve como finalidade obter informações acerca da macroscopia, vascularização, morfometria e estereologia, visando definir o modelo vascular cerebral para a espécie de modo a fornecer subsídios de interesse biológico, clínico, cirúrgico

ou mesmo de caráter anatomopatológico, importantes para estabelecer aspectos comportamentais e zootécnicos condicionantes à domesticação da espécie.



REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EMA (*Rhea americana*)

A ema pertence ao Filo Chordata, Classe Aves, à Ordem Rheiformes e à família Rheidae (DE CICCO, 2001). Está inserida no grupo das Ratitas, aves representadas no continente africano pelo avestruz (*Struthio*), na Austrália pelo casuar (*Casuarius*) e emu (*Dromaius*) e na Nova Zelândia pelo kiwi (*Apteryx*) (SICK, 1985; GIANNONI, 1996), que possuem como características importantes do ponto de vista taxonômico o fato de possuírem músculos peitorais pouco desenvolvidos, a quilha está ausente no osso esterno, não apresentarem aptidões para o voo, apresentarem capacidade de separação de urina e fezes e ainda a ausência da glândula uropigiana (FOWLER, 1991).

Stewart (1999) relata a existência de dois gêneros: *Pterocnemia* e *Rhea*, no entanto o Brasil há registro apenas do gênero *Rhea*, que possui uma única espécie, a *Rhea americana*, e engloba cinco subespécies representadas por:

- 1 *Rhea americana albescens* (lynch; Arribálzaga; Holmberg, 1878), ocorrendo no nordeste e leste da Argentina;
- 2 *Rhea americana intermedia* (Rothschild; Chubb, 1914), presente no sudeste do Brasil e Uruguai;
- 3 *Rhea americana americana* (Linnaeus, 1758), distribuindo-se desde o nordeste ao sudeste do Brasil;
- 4 *Rhea americana nobilis* (Brodkorb, 1939), existindo apenas no leste do Paraguai;
- 5 *Rhea americana araneipes* (Brodkorb, 1938), encontrado no oeste do Paraguai, leste da Bolívia e sudeste do Brasil.

Sick (1985) reporta que a ema é a maior e mais pesada ave brasileira, possuindo uma altura variando entre 134-170 cm em estação e seu peso podendo atingir 34,4 kg no macho e 32 kg na fêmea. Sendo ainda o macho diferenciado da fêmea por serem maiores e apresentarem um colar de penas escuras na base do pescoço (OLSON, 1983). Esta espécie é muitas vezes confundida com o avestruz (*Struthio camelus*) devido ao fato de possuírem características morfológicas, bioquímicas, genéticas e comportamentais muito semelhantes, a qual é atribuída a uma origem comum entre as duas com separação ocorrida acerca de 80

milhões de anos, no período mesozóico, quando se completou a divisão das placas tectônicas, que deram origem à América do Sul e à África (DANI et al., 1993). Ressaltando-se que embora sejam semelhantes, são diferenciadas principalmente, pelo tamanho e número de dedos, já que, o avestruz é maior e possui apenas dois dedos em cada membro, enquanto a ema possui três (MENDES, 1985).

2.2 ESTRUTURAS MACROSCÓPICAS DO ENCÉFALO

No que diz respeito à anatomia encefálica no avestruz, Marques et al. (2013) descrevem que o encéfalo é composto pelo telencéfalo, diencéfalo e o mesencéfalo, sendo o telencéfalo o segmento mais proeminente, encobrindo completamente o diencéfalo e o mesencéfalo em vista dorsal. O mesmo ainda é composto por dois hemisférios cerebrais que são separados pela fissura interhemisférica e duas estruturas denominadas de eminência sagital, o qual se encontra lateralmente próximas, a duas depressões denominadas de valécula telencefálica. Já Martin et al. (2007), em estudos realizados no encéfalo de kiwi, descrevem que o mesmo apresenta uma redução da eminência sagital e ausência da valécula telencefálica, atribuído talvez pelo seu habitat noturno e tal característica influenciado na morfologia do encéfalo.

Em diferentes espécies de répteis juvenis (*Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis*, *Phrynosoma geoffroanus*, *Melanosuchus niger*, *Bothrops jararaca* e *Salvator merianae*) e ovos de *P. expansa* incubados artificialmente até o estágio 25, Reis (2017) relata que o encéfalo desses animais apresentou-se com aspecto liso (tipo lisencéfalo), composto pelas estruturas: bulbos olfatórios, hemisférios cerebrais, diencéfalo, mesencéfalo, cerebelo, ponte e bulbo.

Peng et al. (2010) estudando avestruzes, afirmam que a extremidade anterior e inferior do telencéfalo apresenta uma dilatação proeminente pontiaguda contínua denominada de lobo óptico. Em kiwi (MARTIN et al., 2007), descreveram a presença do lobo óptico, como uma estrutura de tamanho reduzido, em função dessas aves possuírem hábitos noturnos, comportamento que levou a uma evolução regressiva adaptativa impulsionada pela baixa taxa relativa de ganho de informação visual, aliado aos baixos níveis de luz em seu habitat terrestre, resultando em evolução de características táteis e olfativas.

Marques et al. (2013) ao pesquisarem o *Struthio Camelus*, afirmaram que ventralmente ao diencéfalo, são nítidos a presença de estruturas como túber cinéreo, glândula hipófise, quiasma óptico e o nervo óptico. Este se apresentou bastante evidente e em grande tamanho, refletindo em grande apuração visual, já que essas aves possuem hábitos diurnos. Já, King e

Mclelland (1984) em estudos realizados em espécies de falcões, corvos e em aves noturnas, observaram que o nervo óptico foi particularmente grande nas duas primeiras espécies e, pequeno nas aves noturnas.

Em *Gallus gallus domesticus* (NICKEL; SCHUMMER; SEIFERLE, 1977) ao pesquisarem a anatomia encefálica, identificaram a glândula pineal com formato cônico, situada no espaço triangular delimitados pelos hemisférios cerebrais e o cerebelo. Já em avestruzes, Marques et al. (2013), descrevem que dorsalmente ao diencéfalo, encontra-se a glândula pineal possuindo morfologia ovalada.

Quanto ao bulbo olfatório, estudos realizados em aves domésticas (NICKEL; SCHUMMER; SEIFERLE, 1977) e em kiwi (MARTIN et al., 2007), citam que esta estrutura se apresenta, com baixo grau de desenvolvimento em aves domésticas e com maior desenvolvimento em kiwi. Já em *Struthio Camelus*, Marques et al. (2013) descrevem que na superfície dorsoventral do telencéfalo podem ser vistas duas dilatações alongadas e contínuas com o trato olfatório, denominadas de bulbo olfatório.

Em aves domésticas (MESSER, 1958) e no galo (PAL; CHOWDHURY; GHOSH, 2003) relatam-se que caudalmente aos hemisférios cerebrais e dorsalmente a medula oblonga e ponte, encontra-se o cerebelo. Em avestruzes, Marques et al. (2013) reportaram a presença de uma protuberância sagital denominada de corpo cerebelar ou vermis e, um pequeno flóculo que projeta-se lateralmente, em ambos os antímeros. Já Craigie (1930), trabalhando com o encéfalo de kiwi, identificou que o corpo cerebelar foi separado por estruturas denominadas de lobos: anterior, médio e posterior, a partir de um corte sagital.

2.3 VASCULARIZAÇÃO DO ENCÉFALO DE AVES

Nazer e Campos (2011) e Carvalho e Campos (2011) estudando a sistematização das artérias encefálicas em avestruzes e peru, respectivamente, citam que a artéria carótida interna (direita e esquerda), emergi na cavidade craniana, na parte caudal da sela túrcica, passando-se a se chamar de artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) e convergem-se rostromedialmente formando uma anastomose intercarotídea de calibre considerável.

Baumel (1981), Campos (1987) e Campos, Ferreira e Marrone (1995) ao pesquisarem a vascularização encefálica de *Gallus gallus*, afirmam que a artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) seguem rostromedialmente no canal carotídeo e, ao chegar na base do encéfalo,

próximo a hipófise, as duas artérias unem-se colateralmente através da anastomose intercarotídea transversal.

Em *Gallus gallus* (WESTPFAHL, 1961; SCHWARZE; SCHRODER, 1970; CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995), gaivota prateada (MIDTGARD, 1984) e em galinha d'angola (CROWE; CROWE, 1979), observaram que à artéria oftálmica interna, surgiu da artéria carótida do cérebro, onde a mesma deixa a calota craniana junto com o nervo óptico. Em avestruzes, Nazer e Campos (2011), reportaram que a artéria oftálmica interna tem origem da artéria carótida do cérebro, ventrorostralmente, logo após a anastomose intercarotídea.

De Vriese (1905) e Campos, Ferreira e Marrone (1995) ao pesquisarem a espécie *Gallus gallus*, afirmam que a artéria carótida do cérebro emite ao lado da hipófise, dois ramos, um rostral e outro caudal, em ambos os antímeros. Em *Gallus gallus domesticus*, Kitoh (1962), descreve que o ramo caudal da artéria carótida do cérebro, direito e esquerdo, diferem consideravelmente de tamanho, sendo que, o ramo de maior calibre (direito) origina a artéria tectal mesencefálica ventral e continua-se como a artéria basilar, enquanto no antímero oposto (esquerdo), o ramo origina apenas a artéria tectal mesencefálica ventral.

Nazer e Campos (2011), em trabalhos com avestruz, descrevem que o ramo caudal direito da artéria carótida do cérebro, origina colateralmente a artéria tectal mesencefálica ventral, e continua-se como artéria basilar. Enquanto no antímero esquerdo, a artéria tectal mesencefálica ventral tem origem a partir do ramo caudal, porém nos casos em que este ramo era vestigial, a artéria tectal mesencefálica ventral originava-se a partir da própria artéria carótida do cérebro.

De acordo com Westpfahl (1961) e Campos (1987) em estudos com *Gallus gallus*, a artéria basilar projeta-se caudalmente, na fissura mediana ventral e emite as artérias cerebelar ventral caudal (direita e esquerda) e cerebelar ventral rostral (direita e esquerda). No avestruz (NAZER; CAMPOS, 2011) verificaram que a artéria basilar projeta-se caudalmente na fissura mediana ventral e emite a artéria cerebelar ventral caudal (direita e esquerda), e algumas vezes origina a artéria cerebelar ventral caudal acessória direita.

Em relação à artéria espinhal ventral, Richards (1967) ao trabalhar com *Gallus gallus*, constatou a presença de um vaso único ou duplo, originado a partir da artéria cerebelar ventral caudal. Já Nazer e Campos (2011) em avestruzes, inferem que a artéria espinhal ventral apresenta-se como a porção terminal da artéria basilar, sendo um vaso de pequeno calibre que seguiu no sentido caudal, percorrendo a fissura mediana ventral da medula espinhal, a partir do forame magno.

No que diz respeito ao ramo rostral da artéria carótida do cérebro, estudos realizados em *Gallus gallus* (BAUMEL, 1981; KING; MCLELLAND, 1981; CAMPOS, 1987; CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995), citaram que o mesmo surge na altura do túber cinéreo, como um vaso de grosso calibre, que projeta-se laterorostralmente até alcançar a fissura transversa do cérebro e, ainda apresenta como ramos colaterais, a artéria cerebral caudal e a artéria cerebral média e, como ramo terminal à artéria cerebroetmoidal.

Em galinha d'angola (CROWE; CROWE, 1979), gaivota prateada (MIDTGARD, 1984) e flamingo (HOLLIDAY et al., 2006), o ramo rostral da artéria carótida do cérebro, dá origem rostralmente as artérias cerebral caudal, cerebral média, cerebral rostral e etmoidal.

Se tratando da vascularização da região dorsal do encéfalo, Nazer e Campos (2014) e, Carvalho e Campos (2014) ao se referirem em espécies de avestruz e peru, respectivamente, relataram que as artérias cerebrais médias originaram os ramos hemisféricos laterais que chegaram até o dorso encefálico, já as artérias cerebrais caudais deram origem aos ramos: tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais, pineais, inter-hemisférica e ramos hemisféricos dorsais, os quais irrigaram a região dorsal do cérebro.

No que se refere ao circuito arterioso cerebral, Nazer e Campos (2011) ao pesquisar o avestruz, inferem que o mesmo é aberto rostralmente, enquanto caudalmente encontrou-se fechado em 20% e aberto em 80% dos animais estudados, em uma amostra de 30 animais. Além disto, informam que o encéfalo é irrigado apenas pelo sistema carótico (Tipo I). Já Carvalho e Campos (2011), em pesquisas com perus, constataram que o circuito arterioso cerebral é aberto tanto, rostral como caudalmente e que o suprimento de sangue cerebral dar-se exclusivamente pelo sistema carótico (Tipo I).

2.4 MORFOMETRIA DO ENCÉFALO

Mlíkovský (1989) ao pesquisar diferentes táxons de aves, cita para o inhambu sabiá (*Crypturellus soui*) e inhambu guaçu (*Crypturellus obsoletus*), valores de peso encefálico de 1,9 g e 3,3 g, respectivamente, enquanto no grupo das Ratitas, estes observam peso encefálico de 19,2 g para o nandu de darwin (*Rhea pennata*), 41,9 g para avestruz (*Struthio camelus*), 24,9 g para o emu (*Dromaius novaehollandiae*), 31,5 g para o casuar do sul (*Casuarus casuaris*), 24,5 g para o casuar anão (*Casuarus bennetti*), 32,0 g para o casuar do norte (*Casuarus unappendiculatus*), 42,1 g para o moa (*Dinornis novaezealandiae*), 11,3 g para o kiwi (*Apteryx australis*) e 7,0 g para o Kiwi (*Apteryx owenii*).

Adkins-Regan e Watson (1990), ao realizarem experimentação comparativa entre machos e fêmeas de codornas (*Coturnix japonica*), citam mensurações quanto à média \pm erro padrão da média igual a 205 ± 4 g e 220 ± 7 g para peso corporal, 903 ± 23 mg e 874 ± 5 mg para peso do encéfalo e $13,1 \pm 0,2$ mm e $12,9 \pm 0,2$ mm para largura do cérebro perfundidos. Já Peng et al. (2010) ao analisar encéfalos de avestruzes, mensuraram média \pm erro padrão e encontraram resultados de $26,34 \pm 0,073$ g referente ao peso do encéfalo, $59,26 \pm 0,020$ mm para o comprimento do encéfalo, $42,30 \pm 0,025$ mm para largura do encéfalo, $14,18 \pm 0,02$ mm para o comprimento do lobo óptico, $12,23 \pm 0,011$ mm para a largura do lobo óptico, $18,66 \pm 0,015$ mm para o comprimento da medula oblonga, $16,60 \pm 0,009$ mm para a largura da medula oblonga, $24,36 \pm 0,015$ mm para o comprimento do cerebelo, $18,42 \pm 0,010$ mm para a largura do cerebelo, $6,38 \pm 0,009$ mm para o comprimento da hipófise e $6,30 \pm 0,015$ mm para a largura da hipófise.

Em *Gallus gallus domesticus*, Nickel, Schummer e Seiferle (1977) e no avestruz, Marques et al. (2013) ao pesquisarem a anatomia encefálica, descrevem para glândula pineal, valores de 3,5 mm de comprimento e 2,0 mm de largura e, 6 mm de comprimento e 3 mm de espessura (altura), respectivamente.

Em equinos mestiços, Moraes et al. (2014), descrevem sobre mensurações comparativas referente a média \pm erro padrão da média em centímetros, entre os sexos, os quais resultaram para os machos, um comprimento do hemisfério direito de $9,165 \pm 0,3814$, hemisfério esquerdo de $9,187 \pm 0,3227$, altura do hemisfério direito de $6,033 \pm 0,1817$, altura do hemisfério esquerdo de $5,869 \pm 0,1863$, largura do hemisfério direito de $3,768 \pm 0,2009$, largura do hemisfério esquerdo de $3,856 \pm 0,1970$, comprimento do cerebelo de $4,255 \pm 0,1541$, largura do cerebelo de $5,091 \pm 0,1854$ e comprimento da artéria basilar de $3,629 \pm 0,1550$. Em fêmeas, os autores relatam um comprimento do hemisfério direito de $9,269 \pm 0,2015$, comprimento do hemisfério esquerdo de $9,408 \pm 0,2034$, altura do hemisfério direito de $5,889 \pm 0,1506$, altura do hemisfério esquerdo de $5,803 \pm 0,1276$, largura do hemisfério direito de $4,345 \pm 0,1370$, largura do hemisfério esquerdo de $4,343 \pm 0,07935$, comprimento do cerebelo de $4,691 \pm 0,1201$, largura do cerebelo de $5,541 \pm 0,1321$ e comprimento da artéria basilar de $4,423 \pm 0,1990$.

2.5 ESTEREOLOGIA DO ENCÉFALO EM DIFERENTES ANIMAIS

Em estudos envolvendo estereologia do encéfalo em embriões de periquito (idades variando 4-25 dias) e perdiz-da-virgínia (idades variando 4-23 dias), Striedter e Charvet (2008) descrevem segundo o método de Cavalieri, os volumes absolutos (mm^3) de 1,38 – 397,16 e 1,75 – 341,66 para o encéfalo, 0,33 – 243,51 e 0,29 – 141,17 para o telencéfalo, 0,34 – 20,07 e 0,24 – 24,17 para a medula oblonga, 0,17 – 24,48 e 0,44 – 55,15 para o trato óptico, respectivamente. Já Boire e Baron (1994), em estudo comparativo, descrevem para a espécie *Columba livia* valores em mm^3 de 1245,72 para telencéfalo, 113,16 para diencéfalo, 172,32 para mesencéfalo, 193,69 para trato óptico, 377,93 para cerebelo, 143,13 para mielencéfalo, enquanto para as espécies *Meleagris gallopavo* e *Anas platyrhynchos* relatam mensurações para o telencéfalo de 3764,53 e 4115,75, diencéfalo de 338,83 e 214,98, mesencéfalo de 679,81 e 278,04, trato óptico de 771,13 e 272,58, cerebelo de 1192,96 e 549,10 e mielencéfalo de 749,12 e 440,29, respectivamente.

Garamszegi e Eens (2004) ao trabalharem comparativamente, avaliaram a capacidade de memória espacial sobre o armazenamento de alimento em diversos ambientes, sendo considerado o não armazenamento, pouco e muito armazenamento, e assim fizeram correlação com as estruturas encefálicas, os quais descreveram valores para hipocampo e telencéfalo de 5 mm^3 e $183,7 \text{ mm}^3$ para aves mandarim (*Taeniopygia guttata*), $12,8 \text{ mm}^3$ e $278,6 \text{ mm}^3$ para o chickadee preto (*Poecile atricapillus*) e de $34,2 \text{ mm}^3$ e 537 mm^3 para a trepadeira-azul (*Sitta europaea*), respectivamente. Estes autores concluíram que existe uma correlação positiva entre o armazenamento espacial de alimento e a evolução das estruturas encefálicas.

Em trabalhos envolvendo estereologia interespecífico (SAHIN et al., 2001) descreveram medidas de volumes cerebrais médios \pm desvio padrão de $37,74 \pm 0,78 \text{ cm}^3$ para cordeiros, $598,95 \pm 10,59 \text{ mm}^3$ para ratos e $730,38 \pm 17,35 \text{ mm}^3$ para galinhas, sendo observado ainda, uma diferença significativa entre sexos de cordeiros e galinhas, com achados maiores para machos, de $40,03 \pm 1,3 \text{ cm}^3$ e $759,91 \pm 24,62 \text{ mm}^3$ e, menores nas fêmeas, de $36,13 \pm 0,79 \text{ cm}^3$ e $689,03 \pm 17,0 \text{ mm}^3$, respectivamente.



OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Descrever a morfologia do encéfalo de emas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar as estruturas macroscópicas do encéfalo;
- b) Descrever as artérias do encéfalo, quanto à origem e distribuição;
- c) Descrever o padrão de comportamento anatômico para o circuito arterioso cerebral;
- d) Descrever o tipo de irrigação presente na base do encéfalo para a espécie;
- e) Realizar a morfometria do encéfalo, lobo óptico, cerebelo e glândulas pineal e hipófise; e
- f) Realizar a estereologia no encéfalo.



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ADKINS-REGAN, E.; WATSON, J. T. Sexual dimorphism in the avian brain is not limited to the song system of songbirds: a morphometric analysis of the brain of the quail (*Coturnix japonica*). **Brain research**, v. 514, n. 2, p. 320-326, 1990.
- BAUMEL, J. J. Coração e vasos sanguíneos das aves. **In:** GETTY, R. Sisson/ Grossman anatomia dos animais domésticos. 5.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, v.2. p. 1842 – 1869, 1981.
- BOIRE, D.; BARON, G. Allometric comparison of brain and main brain subdivisions in birds. **Journal of Brain Research**, v. 35, n. 1, p. 49-66, 1994.
- CAMPOS, R. **Contribuição ao estudo do comportamento das artérias carótidas na base do encéfalo em *Gallus gallus***. 1987. 101f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária e Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. 1987.
- CAMPOS, R.; FERREIRA, N.; MARRONE, A.C.H. A systematic study of encephalic blood supply in *Gallus gallus*. **Journal of Anatomy and Embryology**. 100(2): 111-121. 1995.
- CARVALHO, A. D.; CAMPOS, R. A systematic study of the brain base arteries in the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 31(Supl 1): 39-46. 2011.
- CARVALHO, A. D.; CAMPOS, R. Systematization, distribution and territory of the caudal cerebral artery on the brain's surface of the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 34(10): 1029-1036, 2014.
- COSTA, H. S.; OLIVEIRA, R. E. M.; BEZERRA, F. V. F.; CÂMARA, F. V.; OLIVEIRA, G. B.; MOURA, C. E. B.; OLIVEIRA, M. F. Collateral branches of the aortic arch in the greater rhea (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 2, p. 354-363, 2017.
- CRAIGIE, E. H. Studies on the brain of the kiwi (*Apteryx australis*). **Journal of Comparative Neurology**, v. 49, n. 2, p. 223-357, 1930.
- CROWE, T.M.; CROWE, A.A. Anatomy of the vascular system of the head and neck of the helmeted guinea fowl *Numida meleagris*. **Journal of Zoology**. 188(2): 221-233. 1979.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, 834p.
- DANI, S.; ANDRADE, M. A.; AZEREDO, R.; SILVA, E. A.; SILVEIRA, J. A. **A ema (*Rhea americana*): biologia, manejo e conservação**. Belo Horizonte, MG: Fundação Acangaú, 1993. 136p.
- DE CICCIO, L. H. S. **Saúde animal. Ema. Ela é criada pelo pai**. 2001. Disponível em: <<http://www.saudeanimal.com.br/extinto25/html>>. Acesso em: 22 de abril de 2017.

DE VRIESE, B. Sur la signification morphologique des artères cérébrales. **Archives de Biologie, Liège**, v.21, p.357-457, 1905.

FOWLER, M. E. Comparative clinical anatomy of ratites. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 22, p. 204-227, 1991.

GARAMSZEGI, L. Z.; EENS, M. The evolution of hippocampus volume and brain size in relation to food hoarding in birds. **Ecology Letters**, v. 7, n. 12, p. 1216-1224, 2004.

GIANNONI, M. L. **Emas e Avestruzes - uma alternativa para o produtor rural**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 49 p.

HOLLIDAY, C. M.; RIDGELY, R. C.; BALANOFF, A. M.; WITMER, L. M. Cephalic vascular anatomy in Flamingos (*Phoenicopterus ruber*) based on novel vascular injection and computed tomographic imaging analyses. **The Anatomical Record Part A**, v. 288, p. 1031 – 1041, 2006.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2017-3. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/full/22678073/0>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.

KING, A. S.; MCLELLAND, J. Form and function in birds. **London Academic Press.**, 1981.

KING, A. S.; MCLELLAND, J. Birds Their Structure and Function, 2nd ed. **The Pitman Press**, Great Britain. 218–220, 1984.

KITOH, J. Comparative and topographical anatomy of the fowl. XII. Observation on the arteries with their anastomoses in and around the brain in the fowl. (in japanese). **Jap. J. vet. Sci.**, 24: 141-150, 1962.

MARQUES, K.V; BANDEIRA, R.; SAVIANI, G.; MARQUES, V. B.; VERAS, M. M. Estudo anatômico do encéfalo de avestruz (*Struthio Camelus*). **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 7, Ed. 230, Art. 1521, Abril, 2013.

MARTIN, G. R.; WILSON, K. J.; WILD, J. M.; PARSONS, S.; KUBKE, M. F.; CORFIELD, J. Kiwi Forego Vision in the Guidance of Their Nocturnal Activities. **Plos One** 2(2), 2007.

MORAES, S. O. S.; GOMES, M. S.; SCHERER, P. O.; FIGUEIREDO, M. A. Morfometria do encéfalo e formação do circuito arterial em equinos mestiços. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 330-338, 2014.

MENDES, B.V. **Alternativas tecnológicas para a agropecuária do semi-árido**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1985. v. 1. 171 p.

MELLO, N. H. A ficha do bicho – Ema. **Globo Rural**, n. 5, p. 56-60, 1987.

MESSER, H. M. The Nervous System. **In: An Introduction to veterinary Anatomy**. The Macmillan Company, New York : pp 374-380, 1958.

- MIDTGARD, U. The blood vascular system in the head of the herring gull (*Larus argentatus*). **Journal of Morphology**.179(2): 135-152, 1984.
- MLIKOVSKÝ, J. Brain size in birds: 1. Tinamiformes through Ciconiiformes. **Věst. cs. Spolec Zool**, v. 53, p. 200-213, 1989.
- NAZER, M. B.; CAMPOS, R. Systematization of the brain base arteries in ostrich (*Struthio camelus*). **Brazilian Journal of Morphological Science**. 28(4): 268-274, 2011.
- NAZER, M.; CAMPOS, R. Systematization, Description, and Territory of the Caudal Cerebral Artery in Surface of the Brain of the Ostrich (*Struthio camelus*). **The Anatomical Record**. 297:1523–1531, 2014.
- NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. **Anatomy of the domestic Birds**. Hamburg: Parey, p.115-127, 1977.
- OLIVEIRA, R. E. M.; OLIVEIRA, G. B.; BEZERRA, F. V. F.; CÂMARA, F. V.; COSTA, H. S.; SILVA, A. V. N.; ARAÚJO JÚNIOR, H. N.; OLIVEIRA, M. F. Arterial vascularization of the cloacal bursa of greater Rhea, *Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 691-698, May/June. 2016.
- OLSON, S. L. Lessons from a flightless Ibis. **Natural History**, v. 92, p. 40-41, 1983.
- PAL, B.; CHOWDHURY, S.; GHOSH, R. K. Comparative Anatomical Study of the Cerebellum of Man and Fowl. **J Anat. Soc. India** 52(1) 32-37, 2003.
- PENG, K. M.; FENG, Y.; ZHANG, G.; LIU, H.; SONG, H. Anatomical study of the brain of the African ostrich. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 34, n.3, p. 235-241, 2010.
- REIS, L. T. M. **Estudo Morfológico do Encéfalo de Répteis (Chordata: Reptilia)**. 2017. 96 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- RICHARDS, S. A. Anatomy of the arteries of the head in the domestic fowl. **J. Zool. Lond.**, 152: 221-234, 1967.
- RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, G. B.; SILVA, R. S. B., TIVANE, C.; ALBUQUERQUE, J. F. G.; MIGLINO, M. A.; OLIVEIRA, M. F. Macroscopia e topografia do aparelho digestório de emas (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 7, p. 681-686, 2012.
- SANTOS, T. C.; SOUSA, J. A.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. M.; PARIZZI, R. C.; MIGLINO, M. A. Morfologia dos órgãos genitais masculinos e da cloaca da ema (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 430-440, 2011.
- SAHIN, B.; ASLAN, H.; UNAL, B.; CANAN, S.; BILGIC, S.; KAPLAN, S.; TUMKAYA, L. Brain volumes of the lamb, rat and bird do not show hemispheric asymmetry: a stereological study. **Image Analysis & Stereology**, v. 20, n. 1, p. 9-13, 2001.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Brasília: [s.n.], 1985. V. 1, 482 p.

STRIEDTER, G. F.; CHARVET, C. J. Developmental origins of species differences in telencephalon and tectum size: morphometric comparisons between a parakeet (*Melopsittacus undulatus*) and a quail (*Colinus virginianus*). **Journal of Comparative Neurology**, v. 507, n. 5, p. 1663-1675, 2008.

STEWART, J. Ratites. **In:** RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON, L. R. Avian Medicine: Principles and application. Ed. H B D International, Incorporated, 1999. 1384 p. p. 1285-1290.

SCHWARZE, E.; SCHRODER, E. Compêndio de anatomia veterinária – anatomia de las aves. **Zaragoza**, Acribia, 1970.

WESTPFAHL, V. Das arterien system des haushuhnes (*Gallus domesticus*). **Wiss. Z. Humboldt** – Univ. Berl., Math – Nat. R., 10: 93-124, 1961.



PRODUÇÃO TÉCNICA

4 CAPÍTULO 1 – ANATOMIA MACROSCÓPICA E VASCULARIZAÇÃO DO ENCÉFALO EM EMAS (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)

4.1 RESUMO

As emas (*Rhea americana americana*) são aves silvestres pertencentes ao grupo das Ratitas, importantes do ponto de vista científico, dada sua adaptabilidade em cativeiro e interesse zootécnico. Considerando que informações sobre sua morfologia são importantes para viabilização da domesticação da espécie, objetivou-se, neste estudo, identificar macroscopicamente as regiões do encéfalo, bem como, as artérias cerebrais e o circuito arterioso cerebral, de modo a estabelecer o padrão e sistematização vascular cerebral. Foram utilizados 21 encéfalos de emas, jovens e adultas de ambos os sexos, os quais vieram a óbito por causas naturais e foram conservados em freezer. Os exemplares foram descongelados e incisados no plano sagital, na região cervical, de modo a permitir a exposição da artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina a 0,9%, e logo após, perfundido com látex Neoprene 650, corado com pigmento vermelho, de forma a permitir a adequada visualização das artérias. Posteriormente, os animais foram fixados em solução aquosa de formaldeído a 3,7%, durante 72 horas, e em seguida, iniciaram-se as dissecações e remoção dos ossos da calota craniana. Os encéfalos foram analisados, sendo as estruturas, identificadas, fotografadas, esquematizadas e nominadas. Foram ainda, realizadas mensurações morfométricas nas artérias basilar e cerebelares ventrais caudais, sendo tomados valores de comprimento e largura em milímetros com auxílio de um paquímetro digital. O encéfalo divide-se em: telencefalo, diencéfalo, tronco cerebral e cerebelo, podendo ser observado externamente, às estruturas: bulbos olfatórios, lobos ópticos, nervos ópticos, quiasma óptico, hipófise e pineal. Já quanto ao estudo da vascularização, esta foi desempenhada pelas seguintes artérias: espinhal ventral, basilar, cerebelares ventrais caudais, cerebelares ventrais médias, ramos caudais das artérias carótidas do cérebro, tectais mesencefálicas ventrais, cerebrais caudais, ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro, cerebrais médias, cerebroetmoidais, anastomose intercerebral rostral, cerebrais rostrais, etmoidais, oftálmicas internas, inter-hemisférica, hipofisárias, tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais, pineais e ramos hemisféricos dorsais. O circuito arterioso cerebral apresentou-se de forma fechada, em 100% das amostras, caudalmente e rostralmente, sendo composto pelas artérias: basilar, ramos caudais da carótida

do cérebro, ramos rostrais da carótida do cérebro, cerebroetmoidais e anastomose intercerebral rostral. Conclui-se que a anatomia macroscópica do encéfalo de emas foi semelhante ao observado ao de avestruzes, possuindo ainda uma vascularização encefálica do tipo I, devido receber contribuição apenas do sistema carotídeo.

Palavras-chave: Artérias. Cérebro. Circuito arterioso. Morfometria, Ratitas.

4.2 INTRODUÇÃO

A ema é uma ave pertencente à família Rheidae, estando inserida no grupo das Ratitas, dada sua incapacidade para voar (DE CICCIO, 2001). Possui distribuição no Brasil, sendo encontrada nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (SICK, 1985). Esta espécie é dotada de grande importância científica e em virtude de sua adaptabilidade em cativeiro, tem sido utilizada em estudos relacionados à morfologia, contribuindo assim para seu manejo zootécnico e sanitário (MELLO, 1987).

Nesse raciocínio, são descritos na literatura várias pesquisas que dizem respeito a sua morfologia, como por exemplo, trabalhos relacionados à vascularização arterial da bolsa cloacal (OLIVEIRA et al., 2016) e aos ramos colaterais do arco aórtico (COSTA et al., 2017), todavia, a literatura ainda carece de informações a cerca do encéfalo, órgão de suma importância para o animal, já que regula diversas funções nos sistemas corpóreos.

Quanto a estudos com encéfalo, estes tiveram início em pesquisas realizadas por De Vriese (1905), em mamíferos. Este pesquisador trouxe importantes considerações sobre a filogenia ao descrever os padrões e as variações das artérias encefálicas, bem como, classificou a irrigação da base do encéfalo, em três tipos, sendo o tipo I, ocorrendo exclusivamente via sistema carótico, tipo II, quando ocorrem pelos sistemas carótico e vertebrobasilar e do tipo III, quando ocorre exclusivamente via sistema vertebrobasilar.

Lindemann (1994) ao pesquisar o gambá, relatou ainda, que a irrigação do encéfalo é de suma importância para o desenvolvimento do próprio sistema nervoso central, contribuindo para o funcionamento de estruturas vitais, como os hemisférios cerebrais, bulbos olfatórios, trato óptico, hipófise, lobos ópticos, pineal, cerebelo e tronco cerebral.

Em animais domésticos, observaram que as artérias cerebrais que penetram na massa cerebral, dificilmente se anastomosam, o que pode promover ou facilitar a ocorrência de acidente vascular cerebral. No entanto, identificou uma estrutura denominada de circuito

arterioso cerebral, que consiste numa via vascular que estabiliza o fluxo sanguíneo cerebral, quando os principais vasos condutores falham, podendo assim debelar tal enfermidade. Vale ressaltar a grande variabilidade na sua anatomia, com assimetria frequente, sendo uma configuração ideal vista em uma minoria dos casos, o que implica diretamente na eficiência vascular diante da patologia (ASHWINI; SHUBHA; JAYANTHI, 2008; KONIG; LIEBICH, 2011).

Nesse aspecto, a literatura fornece vários estudos sobre as estruturas macroscópicas e vascularização do encéfalo, como relatos em galinhas d'angola (CROWE; CROWE, 1979), gaivota prateada (MIDTGARD, 1984), flamingo (HOLLIDAY et al., 2006), avestruz (NAZER; CAMPOS, 2011; NAZER; CAMPOS, 2014), peru (CARVALHO; CAMPOS, 2011; CARVALHO; CAMPOS, 2014), e em *Gallus gallus* (CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995).

Assim, levando em consideração à importância científica, zootécnica, conservacionista e econômica da espécie, bem como, a ausência de trabalhos com morfologia envolvendo estruturas encefálicas, especialmente aqueles relacionados com sua anatomia macroscópica e vascularização, objetivou-se, identificar macroscopicamente as regiões do encéfalo, bem como, as artérias cerebrais e o circuito arterioso cerebral, de modo a identificar possíveis variações na irrigação arterial, para descrever seu padrão vascular e sistematização. Tais resultados poderão ser úteis para o estudo anatomopatológico da espécie, como também auxiliar pesquisas na área clínica e cirúrgica envolvendo o encéfalo e suas diversas patologias.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Local do Experimento

A experimentação ocorreu no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, registrado junto ao IBAMA como criadouro científico (Registro nº 1478912). O mesmo ocupa uma área de 20 ha e localiza-se entre as coordenadas geográficas 5° 11'S e 37° 20'W Gr, com altitude ao redor de 16 m acima do nível do mar. O experimento foi aprovado pelo ICMBio (nº 53573-2) e CEUA conforme processo nº 23091.010469/2016-03.

4.3.2 Animais e Técnica Anatômica

Foram utilizados 15 encéfalos de emas adultas (18 meses), sendo 13 fêmeas e 2 machos e, 5 jovens (2 meses), sendo 3 fêmeas e 2 machos para o estudo da vascularização arterial do encéfalo e, 1 encéfalo (2 meses, fêmea) foi utilizado para analisar sua morfologia interna, totalizando 21 amostras. Estes animais vieram a óbito por causas naturais e foram conservados em freezer, inteiros quando jovens e a porção cabeça/pescoço quando adultos no CEMAS. Para a experimentação os animais foram descongelados e incisados no plano sagital, na região cervical, para exposição da artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina a 0,9%, e logo após, perfundido com látex Neoprene 650 (Du Pont do Brasil S.A.), corado com pigmento vermelho (Globo S.A. Tintas e Pigmentos), de forma a permitir visualização adequada das artérias do encéfalo. Posteriormente, as peças foram fixadas em solução aquosa de formaldeído a 3,7%, por 72 horas, e posteriormente realizaram-se as dissecações tendo o tecido cutâneo da cabeça sido rebatido, com posterior remoção dos ossos da calota craniana, com auxílio de uma serra oscilatória da marca DREMEL[®] 3000.

4.3.3 Análise dos Resultados e Avaliação Estatística

Os encéfalos foram removidos e analisados pela superfície ventral, medial, lateral e dorsal utilizando quando necessário, uma lupa da marca (ZEISS - 10x), sendo as estruturas, identificadas, fotografadas (NIKON D5300), esquematizadas e nominadas segundo nomenclatura adotada pelo Handbook of Avian Anatomy: Nomina Anatomica Avium (1993). Realizou-se ainda, mensurações morfométricas da irrigação encefálica, sendo tomados valores de comprimento e largura em milímetros com auxílio de um paquímetro digital (MITUTOYO[®]). Posteriormente, os resultados foram comparados com a literatura referente a estudos com aves domésticas e silvestres, sendo os mesmos expressos com base em anatomia descritiva e avaliados com base no cálculo de percentagem simples.

4.4 RESULTADOS

Macroscopicamente, o encéfalo de emas dividiu-se nas estruturas: telencéfalo, diencéfalo, mesencéfalo, cerebelo, ponte, medula oblonga e medula espinhal, no sentido rostrocaudal (Figura 1). Quanto ao telencéfalo, este se apresentou desenvolvido, e com forma arredondada e do tipo lisencéfalo, uma vez que não apresenta giros encefálicos, sendo

composto pelos hemisférios cerebrais, o qual encobriu completamente o diencéfalo e o mesencéfalo em vista dorsal (Figura 2B). Os hemisférios cerebrais, por sua vez, encontram-se separados, dorsalmente, pela fissura longitudinal do cérebro, sendo verificadas ainda, lateralmente, duas eminências sagitais (elevações) e duas valéculas (depressões) (Figura 2B). Na extremidade caudolateral dos hemisférios cerebrais, destaca-se os lobos ópticos (direito e esquerdo), bem desenvolvidos, delimitados pela fissura transversa do cérebro. Já na extremidade rostral dos hemisférios cerebrais, observa-se duas dilatações, correspondentes ao bulbo olfatório (Figura 2C).

Caracterizada a região de telencéfalo, procedeu-se a descrição da região do diencéfalo. Esta região dispõe-se medianamente no encéfalo e, ventralmente pode ser observada: glândula hipófise, quiasma óptico e nervo óptico, sendo este último bastante desenvolvido na espécie e dorsalmente constatou-se a presença da glândula pineal ou epífise (Figura 2). Já na região caudal do encéfalo, observou-se o tronco cerebral, composto pelo mesencéfalo, ponte e medula oblonga, não existindo um limite nítido entre estas estruturas na ema (Figura 1).

Caudalmente aos hemisférios cerebrais observou-se o cerebelo, sendo uma região bastante desenvolvida na espécie, e composto de três lobos, anterior, médio e posterior, separados pelos ventrículos. Cada lobo por sua vez, foi composto pelos vermis cerebelares, sendo ainda observado as impressões: hemisférica e mesencefálica (Figura 1).

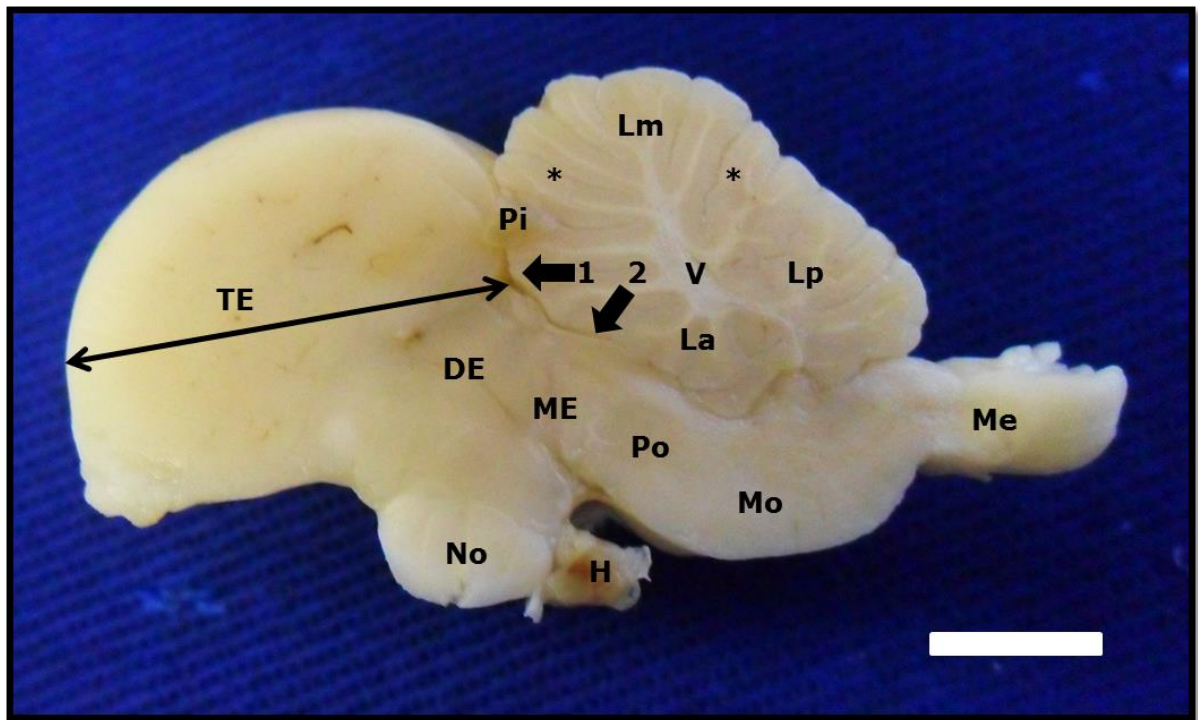


Figura 1 – Macroscopia do encéfalo de emas, fêmea jovem – corte sagital, vista ventral. Observa-se as estruturas internas, telencéfalo (TE), diencéfalo (DE), mesencéfalo (ME), nervo óptico (No), ponte (Po), medula oblonga (Mo), medula espinhal (Me), glândula pineal (Pi), glândula hipófise (H), lobo anterior do cerebelo (La), lobo médio do cerebelo (Lm), lobo posterior do cerebelo (Lp), ventrículo do cerebelo (V), vermis cerebelares (*), impressão hemisférica (1) e impressão mesencefálica (2). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

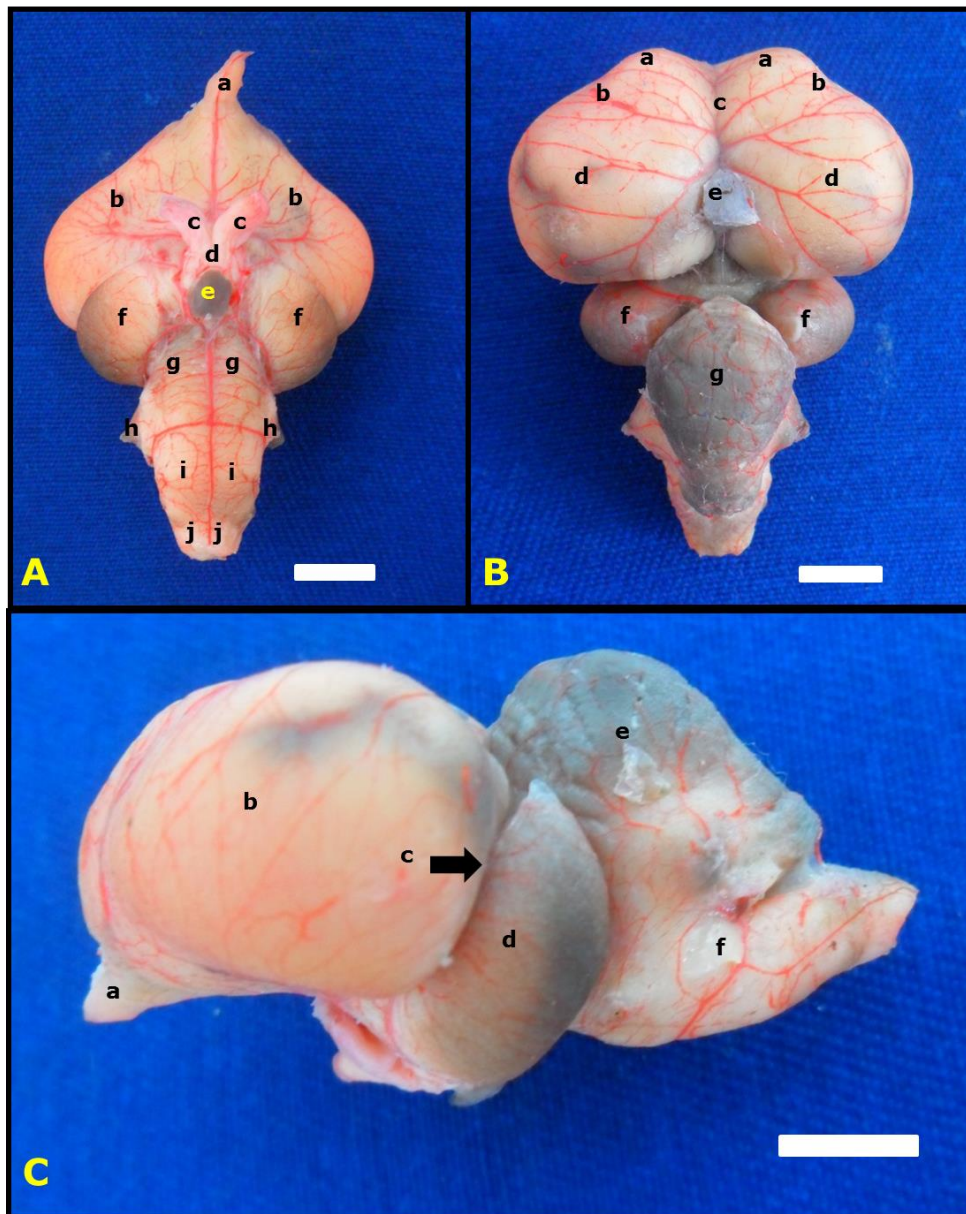


Figura 2 – Anatomia macroscópica do encéfalo de emas, fêmeas adultas. Em (A), vista ventral onde se observa o bulbo olfatório (a), hemisférios cerebrais (b), nervos ópticos (c), quiasma óptico (d), hipófise (e), lobos ópticos (f), ponte (g), flóculos (aurícula do cerebelo) (h), medula oblonga (i), medula espinhal (j). Em (B), vista dorsal, onde se evidencia a eminência sagital (a), valécula (b), fissura longitudinal do cérebro (c), hemisférios cerebrais (d), pineal (e), lobos ópticos (f), cerebelo (g). Em (C), vista lateral esquerda, onde se constata o bulbo olfatório (a), hemisfério cerebral (b), fissura transversa do cérebro (c), lobo óptico (d), cerebelo (e) e tronco cerebral (f). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Em emas, a irrigação do encéfalo foi originada a partir da artéria carótida interna esquerda, o qual deu origem a um tronco carotídeo cerebral, na região do pescoço e, logo após bifurcou-se, dando origem à artéria carótida do cérebro (esquerda e direita), na base do encéfalo sendo a única fonte responsável pela irrigação encefálica nessa espécie, permitindo inferir que esta é classificada como do tipo I (Figura 3).

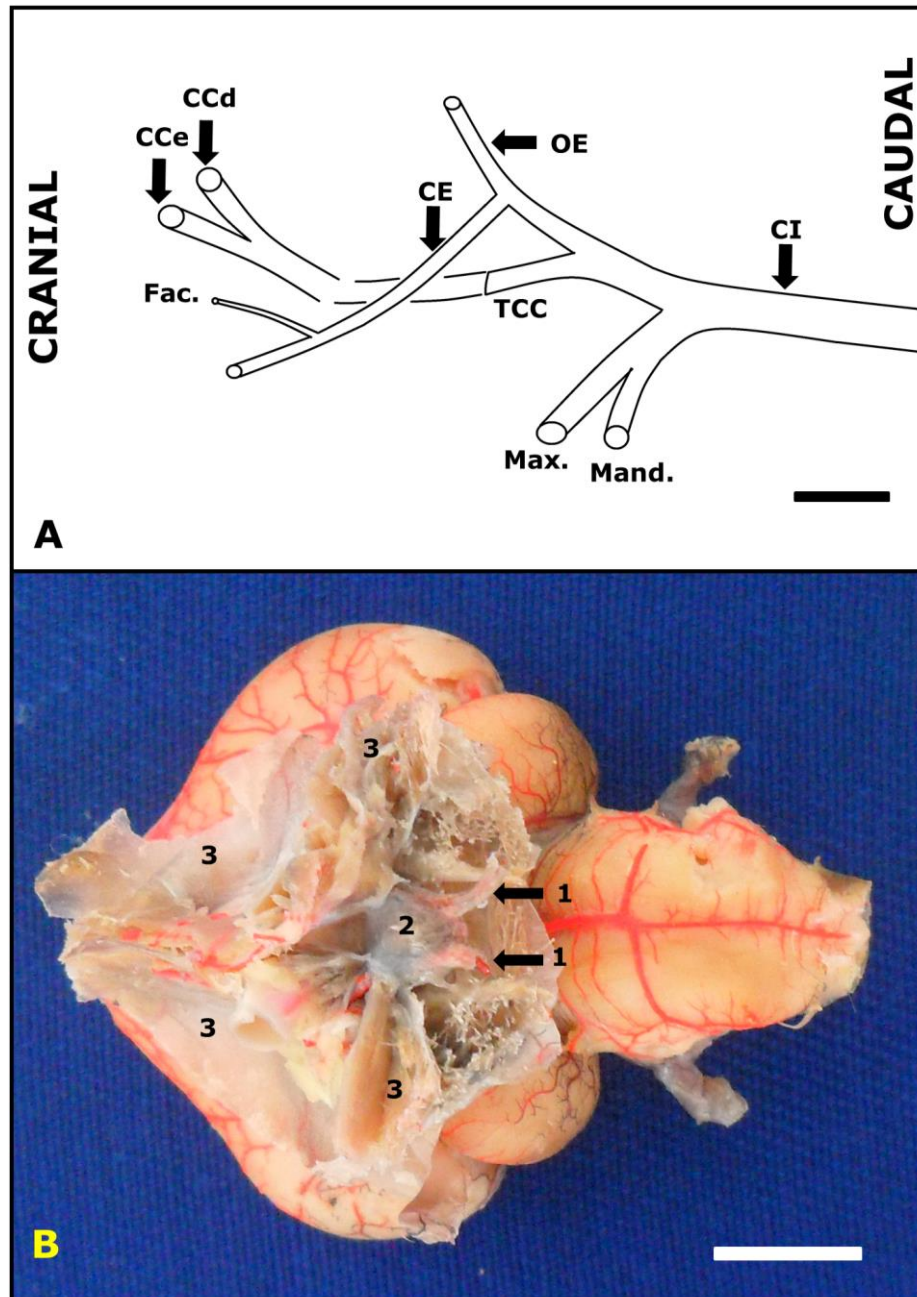


Figura 3 – Origem vascular do encéfalo de emas. Em (A), observa-se um desenho esquemático da região do pescoço, vista lateral esquerda, onde podemos constatar as artérias: carótida interna esquerda (CI), mandibular (Mand.), maxilar (Max.), tronco carotídeo cerebral (TCC), oftálmica externa (OE), carótida externa (CE), facial (Fac.), carótida do cérebro direita (CCd) e carótida do cérebro esquerda (CCe). Em (B), observa-se em vista ventral (macho adulto), o momento da chegada ao encéfalo da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) (1), glândula hipófise (2), sela túrcica (3). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Logo após as artérias carótidas do cérebro (direita e esquerda) inserirem-se na base do encéfalo, verificou-se em todos os animais amostrados a presença de uma comunicação entre as duas carótidas, o que representa uma anastomose intercarotídea, característica importante para distribuição sanguínea em ambos os antímeros (Figura 4).

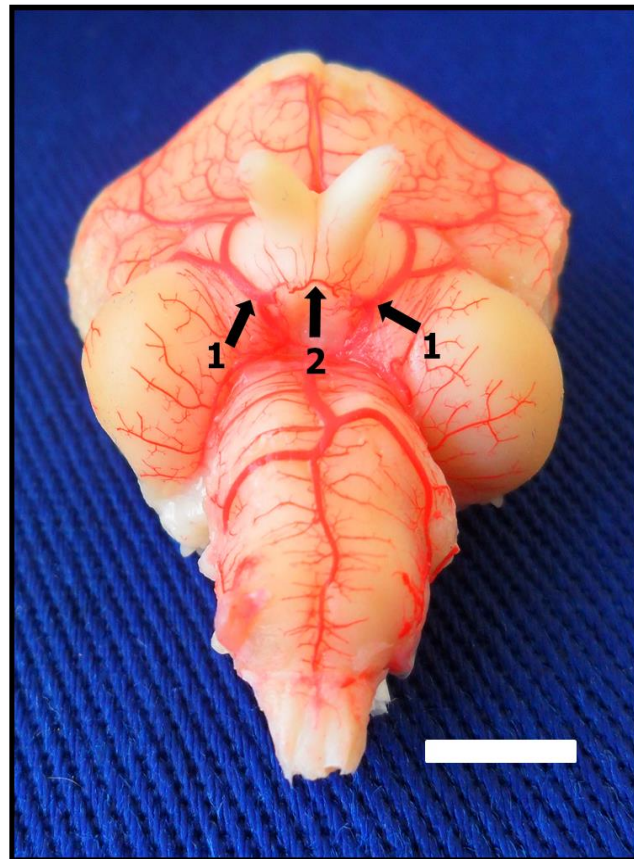


Figura 4 – Fotomacrografia da base do encéfalo de emas, macho jovem – Vista ventral. Em detalhe, observaram-se as artérias carótidas do cérebro (1) e a anastomose intercarotídea (2). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

As artérias carótidas do cérebro emitiram dois ramos, em 100% dos espécimes. O ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) apresentou-se bem desenvolvido em ambos os antímeros, sendo responsáveis por originarem as artérias: hipofisárias, tectais mesencefálicas ventrais e basilar. Já o ramo rostral da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda), bem desenvolvido, seguiu na altura do quiasma óptico e projetou-se laterorostralmente, até alcançar a fissura transversa do cérebro, entre o lobo óptico e o hemisfério cerebral. Neste local emitiu colateralmente, a artéria cerebral caudal (direita e esquerda) e em seguida, rostralmente, a artéria cerebral média (direita e esquerda) e a artéria oftálmica interna (direita e esquerda), finalizando medialmente seu trajeto como seu ramo terminal, deu origem a artéria cerebroetmoidal (direita e esquerda) (Figura 5).

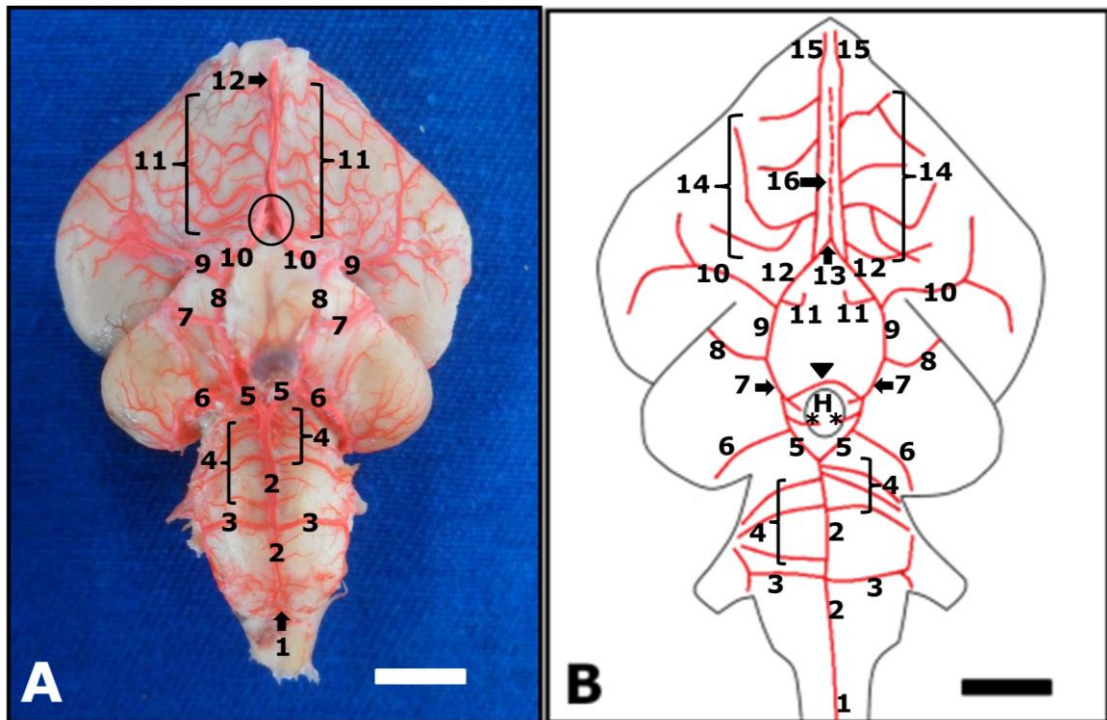


Figura 5 – Vascularização arterial da base do encéfalo em emas, fêmea adulta – Vista ventral. Em A, observa-se as artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), cerebrais caudais (7), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (8), cerebrais médias (9), cerebroetmoidais (10), anastomose intercerebral rostral (CÍRCULO), cerebrais rostrais (11), etmoidal (12). Em B, um desenho esquemático, onde se observa o padrão vascular das artérias da base do encéfalo na espécie, representada pelas artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), carótidas do cérebro (7), cerebrais caudais (8), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (9), cerebrais médias (10), oftálmicas internas (11) cerebroetmoidais (12), anastomose intercerebral rostral (13), cerebrais rostrais (14), etmoidais (15), inter-hemisférica (16), anastomose intercarotídea (CABEÇA DE SETA), hipofisárias (*) e glândula hipófise (H). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Na região mediana do encéfalo, constatou-se a irrigação da glândula endócrina hipofisária, sendo desempenhada pela artéria hipofisária (direita e esquerda), que por sua vez, foram oriundas do ramo caudal da artéria carótida do cérebro, em ambos os antímeros (Figura 5B). Em seguida, observaram-se as artérias tectais mesencefálicas ventrais (direita e esquerda), esta esteve presente em todos os animais e foi originada a partir do ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda), de forma colateral, o qual se projetou lateralmente no interior da fissura entre o lobo óptico e o tronco cerebral, sendo responsável por vascularizar estas estruturas (Figura 5B).

No sentido caudal, evidenciou-se à artéria basilar, bem desenvolvida em 100 % das amostras, sendo oriunda a partir do ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) e projetou-se caudalmente, na fissura mediana ventral, onde emitiu as artérias

cerebelares ventrais médias e cerebelares ventrais caudais, em ambos os antímeros. Logo depois, a basilar continuou-se como um vaso de fino calibre que ao abandonar a cavidade craniana através do forame magno, originou a artéria espinhal ventral, na região de medula espinhal. Quanto à sua morfologia, foram encontrados diferentes arranjos, ou seja, em quinze encéfalos seguiu trajeto sinuoso (Figura 6A), em dois encéfalos, a artéria basilar possuiu comportamento retilíneo (Figura 6B), e em três encéfalos foram evidenciados uma estrutura circular de tamanhos diferentes compondo a própria artéria basilar (Figura 6C, D e E).

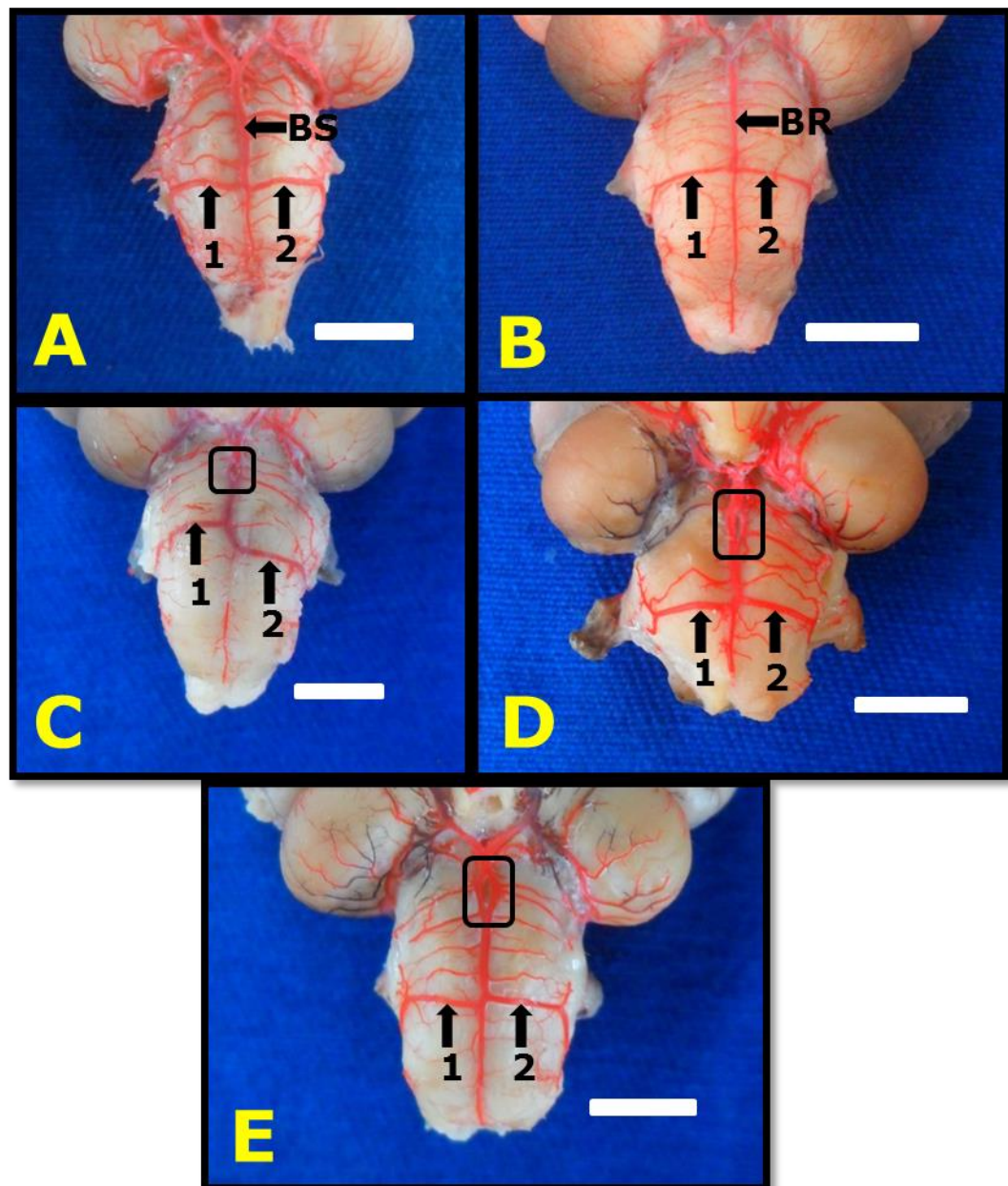


Figura 6 – Comportamento da artéria basilar e artérias cerebelares caudais em emas (fêmeas adultas) – Vista ventral. Em A, o padrão vascular encontrado, onde se observa a artéria basilar sinuosa (BS), artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso sinuoso. Em B, variação anatômica, evidenciando a artéria basilar retilínea (BR), artérias cerebelares caudais direita

(1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso oblíquo. Em C, D e E, constatam-se outras variações anatômicas, onde se observam uma estrutura circular compondo a artéria basilar, com medidas de comprimento e largura de: 1,78 mm e 1,06 mm, 2,40 mm e 1,62 mm e, 2,60 mm e 1,69 mm, respectivamente, e ainda variações na artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2), sendo observadas diferenças na origem entre as duas artérias de 2,05 mm (percurso oblíquo), 0,79 mm (percurso oblíquo) e 0,72 mm (percurso retilíneo), respectivamente. Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Colateralmente a artéria basilar, surgiram as artérias cerebelares ventrais médias (direita e esquerda) na altura da ponte, totalizando três vasos, em ambos os antímeros. Após sua emissão estes vasos projetaram-se lateralmente até alcançar a região mediana do cerebelo e assim, sendo responsável pela irrigação de tal região (Figura 5B). Em seguida, observaram-se as artérias cerebelares ventrais caudais (direita e esquerda), os quais foram ramos simétricos colaterais da artéria basilar e projetou-se lateralmente como um vaso único e sinuoso, sofrendo bifurcação no final do seu percurso, indo vascularizar a região caudal do cerebelo em 75 % dos encéfalos (Figura 6A). Foi visto ainda, algumas diferenças quanto a sua origem e percurso, ou seja, em 10 % dos encéfalos, as artérias cerebelares ventrais caudais (direita e esquerda) foram emitidas exatamente na mesma altura e seguiu percurso oblíquo (Figura 6B), em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (2,05 mm) e seguiu percurso oblíquo (Figura 6C), em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (0,79 mm) e seguiu percurso oblíquo (Figura 6D) e em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (0,72 mm) e seguiu percurso retilíneo (Figura 6E).

Se referindo à artéria espinhal ventral, esta foi à continuação da artéria basilar, sendo um vaso único e de calibre fino, o qual percorreu trajeto no sentido caudal pela fissura mediana ventral da medula espinhal, a partir do forame magno, em 100% dos animais estudados (Figura 5B).

Já no sentido rostral, observaram-se as artérias cerebrais caudais (direita e esquerda), originadas colateralmente a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, sendo um vaso de calibre bem desenvolvido, o qual seguiu de forma oblíqua em direção à fissura transversa do cérebro, próximo aos hemisférios cerebrais e lobos ópticos, sendo de suma importância na emissão de algumas artérias que se dirigiram até a região dorsal do encéfalo como: tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais e pineais, que por sua vez, foram responsáveis pela vascularização das regiões: lobos ópticos, cerebelo, hemisférios cerebrais (lobo occipital) e glândula pineal, respectivamente (Figura 7A, B).

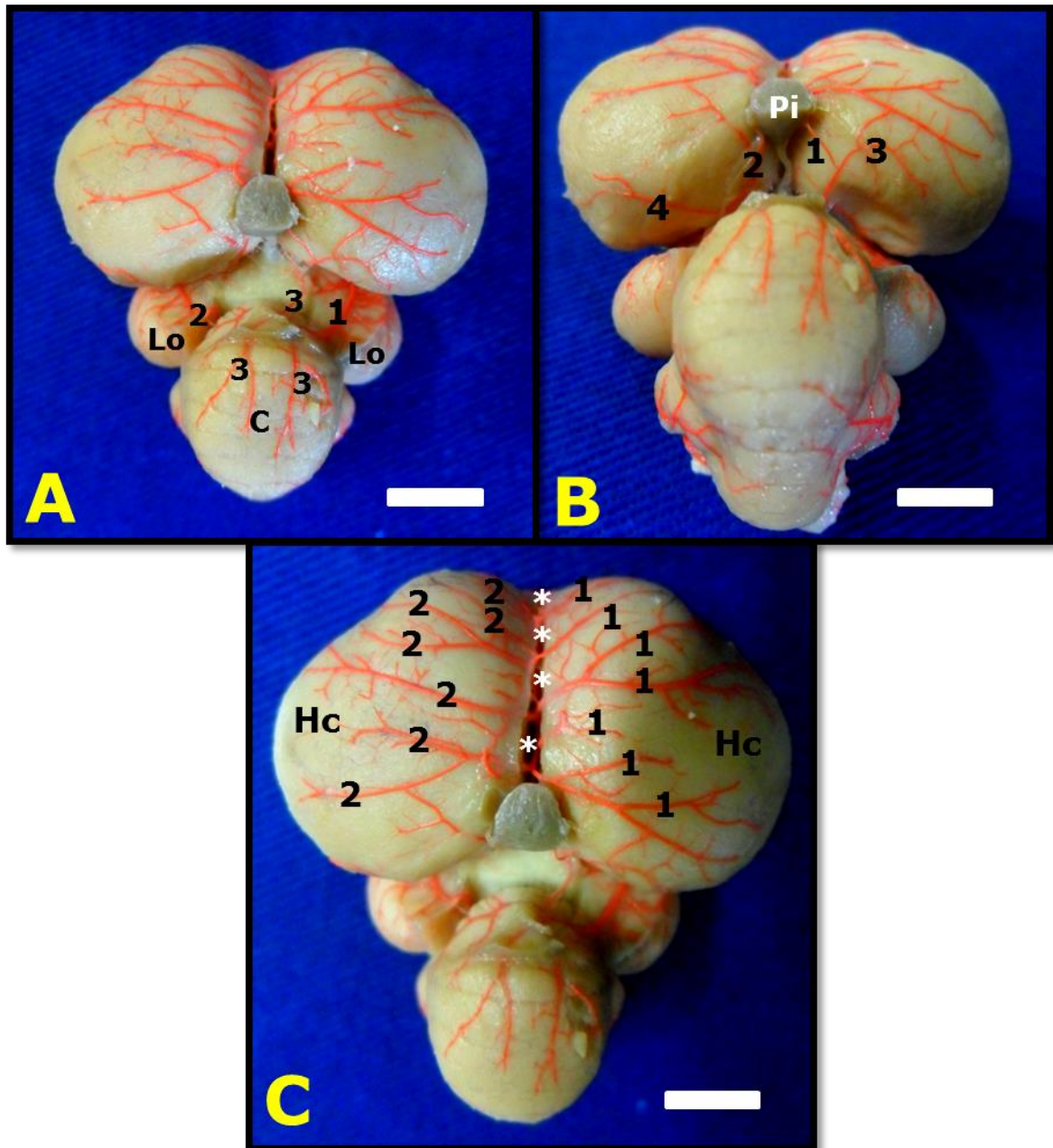


Figura 7 – Vascularização do encéfalo de emas, fêmea adulta – Vista dorsal. Em A, observaram-se as artérias: tectal mesencéflica dorsal direita (1) e esquerda (2), cerebelares dorsais (3), lobos ópticos (Lo), cerebelo (C). Em B, evidenciaram-se as artérias: pineal direita (1) e esquerda (2), ramos hemisféricos occipitais direitos (3) e esquerdos (4). Em C, constataram-se as artérias: inter-hemisférica (*), ramos hemisféricos dorsais direitos (1) e esquerdos (2), hemisférios cerebrais (Hc). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Em seguida, evidenciaram-se as artérias cerebrais médias (direita e esquerda), a qual foi oriunda do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, de forma colateral, única e bem desenvolvida, em 100 % dos encéfalos (Figura 5). Esta artéria projetou-se lateralmente, alcançando a face convexa do hemisfério cerebral, o qual emitiu em seu trajeto inúmeros ramos responsáveis pela vascularização de grande parte dos hemisférios cerebrais. Logo após,

observou-se a emissão da artéria oftálmica interna (direita e esquerda), a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, o qual se projetou rostralmente e abandonou a cavidade craniana, indo vascularizar o interior da cavidade orbitária através do forame óptico (Figura 5B).

Por fim, o ramo rostral da artéria carótida do cérebro, curvou-se medialmente, formando seu ramo terminal, as artérias cerebroetmoidais (direita e esquerda) (Figura 5). Em seguida, após percorrer curto trajeto, estas artérias se uniram através da anastomose intercerebral rostral (Figura 5), e depois, emitiu medianamente a artéria inter-hemisférica, que deu origem aos ramos hemisféricos dorsais (Figura 7C). Já laterorostralmente, as cerebroetmoidais emitiram as artérias cerebrais rostrais, em ambos os antímeros e finalizou dando origem as artérias etmoidais, pelo qual adentrou o forame olfatório, percorrendo a lâmina crivosa etmoidal, indo distribuir-se na cavidade nasal (Figura 5).

O circuito arterioso cerebral de emas apresentou-se completo e fechado, caudalmente e rostralmente em 100% dos espécimes analisados, sendo composto pelas artérias: basilar, ramos caudais da carótida do cérebro, ramos rostrais da carótida do cérebro, cerebroetmoidais e anastomose intercerebral rostral (Figura 5B).

4.5 DISCUSSÃO

A classificação do encéfalo quanto à presença ou não de giros é uma característica associada a aspectos evolutivos entre os vertebrados, sendo o encéfalo considerado lisencéfalo ou girencéfalo, quando não apresenta ou apresenta sulcos e circunvoluções, respectivamente. Em emas, o telencéfalo, apresentou-se bastante desenvolvido, com forma relativamente arredondada e com ausência de sulcos e circunvoluções no córtex o que permitiu que fosse classificado como do tipo lisencéfalo. Além disto, os hemisférios cerebrais encobriam completamente o diencéfalo e o mesencéfalo em vista dorsal, caracterizando assim a maior parte do encéfalo. Tais achados se assemelham ao descrito para o avestruz por Marques et al. (2013) e ao descrito em estudo comparativo entre kiwi, emu, coruja e pombo, realizado por Martin et al. (2007), embora destacam-se nestes últimos, diferentes tamanhos/formas de desenvolvimento do telencéfalo. Dessa forma, vale ressaltar a importante função que o telencéfalo desempenha nesses animais, caracterizado pelo controle dos movimentos, sendo que, embora não possuam giros encefálicos, o que na teoria deprecia tal função, houve de fato

uma adaptação evolutiva ao longo dos anos que acarretou numa estrutura mais desenvolvida, fato este observado na ema.

No presente estudo, foi evidenciado na extremidade caudolateral dos hemisférios cerebrais, que os lobos ópticos, apresentaram-se bem desenvolvidos, em ambos antímeros. Da mesma forma do observado por Peng et al. (2010) e Gupta et al. (2016), respectivamente, estudando avestruzes e frangos, onde afirmam que os lobos ópticos se mostraram bastantes proeminentes. Diferentemente do constatado neste estudo e nos achados de Peng et al. (2010) e Gupta et al. (2016), em pesquisas com coruja e kiwi, Martin et al. (2007), refere-se a presença do lobo óptico, como uma estrutura de tamanho reduzido e muito reduzido, respectivamente, sobre o qual os autores justificam que este achado se deve ao fato desses animais serem de habitat noturno, o que implicou em regressão evolutiva adaptativa impulsionada pela baixa taxa relativa de ganho de informação visual, aliado aos baixos níveis de luz, resultando em evolução de características táteis e olfativas.

Foi visto ainda, em emas, que os nervos ópticos se mostraram bem desenvolvidos, achado semelhante do observado por Marques et al. (2013) trabalhando com avestruz, o qual relatou que esta estrutura se apresentou bastante evidente e em grande tamanho. Já, King e McLelland (1984) em estudos realizados em espécies de falcões, corvos e em aves noturnas, observaram que o nervo óptico foi particularmente grande nos falcões e corvos e, pequeno nas aves noturnas. Estes achados inferem a importância do nervo óptico, estando diretamente relacionado com a apuração visual, fato este observado no presente estudo.

Quanto ao cerebelo, na ema esta estrutura localizou-se caudalmente aos hemisférios cerebrais, sendo bastante desenvolvida e composto de três lobos ou vermis, anterior, médio e posterior e separados pelo ventrículo. Os resultados deste estudo corroboraram com pesquisas realizadas por Marques et al. (2013) em avestruzes, os quais reportaram a presença de uma protuberância sagital, bem desenvolvida, denominada de corpo cerebelar ou vermis. Porém diferem daqueles relatados para kiwis por Martin et al. (2007), pois estes afirmaram que esses animais possuem cerebelo de tamanho reduzido.

Quanto à vascularização do encéfalo, em emas, foi visto que as artérias carótidas do cérebro se uniram através da anastomose intercarotídea. Este comportamento também foi observado em *Gallus gallus* e avestruzes, em trabalhos realizados por Campos (1987) e Campos et al. (1995) e Nazer e Campos (2011), respectivamente. A existência dessa estrutura em aves, talvez seja explicada pela ausência da contribuição das artérias vertebrais, que pode

ter levado estes animais a desenvolverem a estrutura, de modo a garantir a irrigação em ambos os antímeros.

No que tange a artéria basilar, esta se mostrou bem desenvolvida em 100 % dos espécimes estudados, sendo oriunda a partir dos ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (direita e esquerda) e projetou-se caudalmente, na fissura mediana ventral com diferentes arranjos, ou seja, com trajeto sinuoso, retilíneo e apresentando uma estrutura circular possuindo três diferentes tamanhos. Este arranjo vascular diferem dos achados observados por Nazer e Campos (2011) em pesquisas com avestruz, os qual relataram que a artéria basilar surgiu em algumas amostras como um vaso duplo.

No que se refere às artérias cerebelares ventrais caudais, observou-se em emas, que estes vasos foram ramos colaterais da artéria basilar e projetaram-se como um vaso único, sinuoso e na mesma altura, em 75 % dos espécimes, sendo ainda observadas algumas variações, ou seja, em 10 % dos encéfalos, as artérias cerebelares ventrais caudais (direta e esquerda) foram emitidas na mesma altura e seguiu percurso oblíquo, em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (2,05 mm) e seguiu percurso oblíquo, em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (0,79 mm) e seguiu percurso oblíquo e em 5 % dos encéfalos as cerebelares ventrais caudais foram emitidas em alturas diferentes (0,72 mm) e seguiu percurso retilíneo. Nossos achados distam do observado em *Gallus gallus* (CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995), os quais relataram que a artéria cerebelar ventral caudal esteve presente e única em 100% dos achados à direita, enquanto à esquerda foi única em 96,7% e dupla em 3,3%.

Em emas, a artérias cerebrais caudais surgiram a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, em ambos os antímeros, sendo bem desenvolvido na espécie, o qual seguiu trajeto pela fissura transversa do cérebro e emitiram algumas artérias que se dirigiram até a região dorsal do encéfalo como: tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais e pineais. Nossos achados se assemelham ao descrito por Nazer e Campos (2014) e, Carvalho e Campos (2014) ao estudarem, os ramos oriundos das artérias cerebrais caudais em avestruz e peru, respectivamente.

No presente estudo, foi visto que as artérias cerebroetmoidais se uniram através da anastomose intercerebral rostral e, logo após, emitiu medianamente a artéria inter-hemisférica, que por sua vez, deu origem aos ramos hemisféricos dorsais. Tais achados para emas se mostraram diferentes do observado para avestruzes (NAZER; CAMPOS, 2014) e peru

(CARVALHO; CAMPOS, 2014), cujos autores descreveram que a artéria inter-hemisférica foi oriunda da artéria cerebral caudal.

Em relação ao circuito arterioso cerebral de emas, este se apresentou completo e fechado, caudalmente e rostralmente em 100% dos espécimes analisados, sendo composto pelas artérias: basilar, ramos caudais da carótida do cérebro, ramos rostrais da carótida do cérebro, cerebrotoidais e anastomose intercerebral rostral. Nossos resultados foram de encontro ao relatado por Nazer e Campos (2011) ao pesquisar o avestruz, em que observaram um comportamento aberto rostralmente, enquanto caudalmente era fechado em 20% dos casos (6 animais) e aberto em 80% (24 animais). Diferentemente ainda, do relatado para *Gallus gallus* (CAMPOS, 1987; CAMPOS; FERREIRA; MARRONE, 1995), onde citam que o circuito arterioso cerebral foi 100% fechado caudalmente e 100% aberto rostralmente. Diferem ainda do descrito em gaviota prateada (MIDTGARD, 1984) e peru (CARVALHO; CAMPOS, 2011), em que os autores relataram que o circuito arterioso cerebral foi sempre aberto, rostralmente e caudalmente, respectivamente. Dessa forma, é nitida a variação que ocorre quanto ao comportamento anatômico do circuito arterioso cerebral, ressalta-se que em ambas as aves, constataram a existência da anastomose intercarotídea, e talvez a influência de tal estrutura tenha contribuído para os diferentes modelos de evolução vascular.

4.6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, concluímos que a irrigação encefálica de emas, vem de alguma forma se adaptando ao longo dos anos, a exemplo do que ocorre com o comportamento do circuito arterioso cerebral, que foi completo e fechado, rostralmente e caudalmente em 100 % dos animais, sendo este diferente do encontrado para outras aves, inclusive as do grupo ratitas. Esse fato talvez seja explicado pela presença da anastomose intercarotídea que ocorre entre as duas artérias carótidas do cérebro e como consequência tenha evoluído de tal maneira para diferentes modelos de comportamento na irrigação arterial.

REFERÊNCIAS

- ASHWINI, C. A.; SHUBHA, R.; JAYANTHI, K. S. Comparative anatomy of the circle of Willis in man, cow, sheep, goat, and pig. **Neuroanatomy**, v. 7, p. 54–65, 2008.
- BAUMEL, J. J. **Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium**. 2 Ed. Cambridge: Nuttall Ornithological Club., p. 464-467, 1993.

- CAMPOS, R. **Contribuição ao estudo do comportamento das artérias carótidas na base do encéfalo em *Gallus gallus***. 1987. 101f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária e Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. 1987.
- CAMPOS, R.; FERREIRA, N.; MARRONE, A.C.H. A systematic study of encephalic blood supply in *Gallus gallus*. **Journal of Anatomy and Embryology**. 100(2): 111-121. 1995.
- CARVALHO, A. D.; CAMPOS, R. A systematic study of the brain base arteries in the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 31(Suppl 1): 39-46. 2011.
- CARVALHO, A. D.; CAMPOS, R. Systematization, distribution and territory of the caudal cerebral artery on the brain's surface of the turkey (*Meleagris gallopavo*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 34(10): 1029-1036, 2014.
- COSTA, H. S.; OLIVEIRA, R. E. M.; BEZERRA, F. V. F.; CÂMARA, F. V.; OLIVEIRA, G. B.; MOURA, C. E. B.; OLIVEIRA, M. F. Collateral branches of the aortic arch in the greater rhea (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 2, p. 354-363, 2017.
- CROWE, T.M.; CROWE, A.A. Anatomy of the vascular system of the head and neck of the helmeted guinea fowl *Numida meleagris*. **Journal of Zoology**. 188(2): 221-233. 1979.
- DE CICCIO, L. H. S. **Saúde animal. Ema. Ela é criada pelo pai**. 2001. Disponível em: <<http://www.saudeanimal.com.br/extinto25/html>>. Acesso em: 22 de abril de 2017.
- DE VRIESE, B. Sur la signification morphologique des artères cérébrales. **Archives de Biologie, Liège**, v.21, p.357-457, 1905.
- GUPTA, S. K.; BEHERA, K.; PRADHAN, C. R.; MANDAL, A. K.; SETHY, K.; BEHERA, D.; SHINDE, K. P. Studies of the macroscopic and microscopic morphology (hippocampus) of brain in Vencobb broiler. **Veterinary World**, v.9, n.5, p. 507-511, 2016.
- HOLLIDAY, C. M.; RIDGELY, R. C.; BALANOFF, A. M.; WITMER, L. M. Cephalic vascular anatomy in Flamingos (*Phoenicopterus ruber*) based on novel vascular injection and computed tomographic imaging analyses. **The Anatomical Record Part A**, v. 288, p. 1031 – 1041, 2006.
- KING, A. S.; MCLELLAND, J. Birds Their Structure and Function, 2nd ed. **The Pitman Press**, Great Britain. 218–220, 1984.
- KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos Animais domésticos: texto e atlas colorido**. Porto Alegre, Artmed. 788 p., 2011.
- LINDEMANN, T. **Sistematização das artérias na base do encéfalo em *Didelphis albiventris* (gambá)**. 1994. 134f. Dissertação (Mestrado em Anatomia) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

- MARQUES, K.V; BANDEIRA, R.; SAVIANI, G.; MARQUES, V. B.; VERAS, M. M. Estudo anatômico do encéfalo de avestruz (*Struthio Camelus*). **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 7, Ed. 230, Art. 1521, Abril, 2013.
- MARTIN, G. R.; WILSON, K. J.; WILD, J. M.; PARSONS, S.; KUBKE, M. F.; CORFIELD, J. Kiwi Forego Vision in the Guidance of Their Nocturnal Activities. **Plos One** 2(2), 2007.
- MELLO, N. H. A ficha do bicho – Ema. **Globo Rural**, n. 5, p. 56-60, 1987.
- MIDTGARD, U. The blood vascular system in the head of the herring gull (*Larus argentatus*). **Journal of Morphology**.179(2): 135-152, 1984.
- NAZER, M. B.; CAMPOS, R. Systematization of the brain base arteries in ostrich (*Struthio camelus*). **Brazilian Journal of Morphological Science**. 28(4): 268-274, 2011.
- NAZER, M.; CAMPOS, R. Systematization, Description, and Territory of the Caudal Cerebral Artery in Surface of the Brain of the Ostrich (*Struthio camelus*). **The Anatomical Record**. 297:1523–1531, 2014.
- OLIVEIRA, R. E. M.; OLIVEIRA, G. B.; BEZERRA, F. V. F.; CÂMARA, F. V.; COSTA, H. S.; SILVA, A. V. N.; ARAÚJO JÚNIOR, H. N.; OLIVEIRA, M. F. Arterial vascularization of the cloacal bursa of greater Rhea, *Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 691-698, May/June. 2016.
- PENG, K. M.; FENG, Y.; ZHANG, G.; LIU, H.; SONG, H. Anatomical study of the brain of the African ostrich. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 34, n.3, p. 235-241, 2010.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Brasília: [s.n.], 1985. V. 1, 482 p.

5 CAPÍTULO 2 – MORFOMETRIA E ESTEREOLOGIA DO ENCÉFALO DE EMAS (*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)

5.1 RESUMO

A ema é uma ave pertencente à família Rheidae, podendo ser encontrada nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Dotada de grande importância econômica, essa espécie têm despertado o interesse dos pesquisadores relacionados à sua morfologia, com o intuito de contribuir com sua conservação e manejo. Assim, objetivou-se realizar a morfometria e estereologia do encéfalo e seus componentes: hemisférios cerebrais, trato óptico, lobos ópticos, cerebelo e tronco cerebral. Para isso, foram utilizados 22 encéfalos de emas, sendo filhotes, jovens e adultas, ambos os sexos, que vieram a óbito por causas naturais e encontravam-se congelados em freezer no CEMAS/UFERSA. Os animais foram descongelados e incisados no plano sagital, na região cervical, para exposição da artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina e logo após, perfundido com formaldeído a 3,7%, a fim de obter a fixação dos encéfalos. Posteriormente, os espécimes foram mantidos em solução aquosa de formaldeído a 3,7%, durante 48 horas, e depois, iniciaram-se as dissecações e remoção dos ossos da calota craniana. Em seguida, os encéfalos foram mensurados quanto à massa (g), largura (mm), comprimento (mm) e altura (mm). Os lobos ópticos e cerebelo mensurados quanto à largura (mm), comprimento (mm) e altura (mm), e as glândulas hipófise e pineal, tomados valores de largura (mm) e comprimento (mm). Quanto à estereologia, os encéfalos foram incluídos em gelatina incolor, e depois, foram mantidos em refrigerador por 24 horas. Posteriormente, procedeu-se os cortes de 4 mm de espessura, com auxílio de um encefalótomo graduado, sendo logo após, os cortes mergulhados individualmente em água morna. Em seguida estes, foram separados, identificados em casseter e mantidos em formaldeído a 3,7% por 24 horas. Depois, procedeu-se a coloração de Mainland, através de soluções de cloreto férrico III a 1%, ferrocianeto de potássio a 1% e ácido nítrico a 1%. Os cortes foram mantidos em solução de formaldeído a 3,7%. Foi utilizado o método de Cavalieri de modo a quantificar o volume do encéfalo pela seguinte fórmula: $V = T \cdot a/p \cdot \sum p_i$. Quanto à morfometria, o encéfalo apresentou-se com 50,267 mm de comprimento, 41,855 mm de largura, 29,320 mm de altura e 21,774 g de massa. Em relação aos componentes do encéfalo, verificou-se que o lobo óptico direito apresentou 12,647 de comprimento, 11,470 de largura e 15,495 de altura, já o lobo óptico

esquerdo foi igual a 12,355 de comprimento, 10,827 de largura e 15,122 de altura. O cerebelo observou-se valores que chegaram até 21,462 mm de comprimento, 18,207 mm de largura e 21,487 mm de altura. Se tratando da estereologia do encéfalo, este variou de 33,663 cm³ e 71,971 cm³, para as idades de 1 mês e 18 meses, respectivamente. Com base nos resultados, conclui-se que os dados relacionados aos hemisférios cerebrais, lobos ópticos e cerebelo, possuem grandes indícios de evolução, a exemplos de serem lisencéfalo, porém aumentado de tamanho como forma de adaptação. Assim infere-se que a espécie possui grande apuração visual e de equilíbrio, já que são aves tidas como corredoras.

Palavras-chave: Encéfalo, morfometria, estereologia, ratitas.

5.2 INTRODUÇÃO

A ema (*Rhea americana americana*), uma ave de grande porte, pertencente à ordem Rheiformes, estando inserida no grupo das Ratitas, devido sua inaptidão para o voo (DE CICCIO, 2001), podendo ser encontrada no Brasil, especificamente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (SICK, 1985). Essa espécie possui grande adaptabilidade reprodutiva em cativeiro, o que tem atribuído um importante papel econômico, em virtude da geração de produtos e subprodutos de excelente qualidade, como carne, óleo, couro, ovos, penas, fígado e extrato de proteína (MELLO, 1987).

Além disso, Giannoni (1996) enfatiza que os longos períodos de estiagem, à caça para subsistência, assim como, a substituição da vegetação nativa por culturas e pastos exóticos, tem implicado em eminente ameaça de extinção, diante disso, despertou-se o interesse conservacionista para preservação da espécie, assim como, dos pesquisadores científicos, pela necessidade em entender sobre sua morfologia, podendo assim contribuir com informações que auxiliem seu manejo reprodutivo em cativeiro.

Nesse contexto, a literatura aborda varias pesquisas relacionadas à sua morfologia, como trabalhos referentes ao sistema reprodutor masculino e cloaca (SANTOS et al., 2011) e ao sistema digestório (RODRIGUES et al., 2012). No entanto, informações a cerca do encéfalo ainda são inexistentes, sendo importante o seu estudo, uma vez que, este possui um papel primordial no controle dos diversos sistemas corpóreos, necessitando assim de maiores investigações.

Em relação ao encéfalo, a literatura fornece estudos que dizem respeito a sua morfometria, como relatos em avestruz (PENG et al., 2010; MARQUES et al., 2013), comparativo entre aves (GARAMSZEGI; EENS, 2004) e comparação entre sexos em codornas (*Coturnix japonica*) (ADKINS-REGAN; WATSON, 1990). Já se tratando da estereologia, são descritos experimentos comparativos entre periquito (*Melopsittacus undulatus*) e codorna (*Colinus virginianus*) (STRIEDTER; CHARVET, 2008), bem como, entre cordeiros, ratos e galinhas (SAHIN et al., 2001).

Dessa forma, devido às importâncias econômica e conservacionista que a espécie representa, aliada a escassez de trabalhos envolvendo a morfologia do encéfalo de emas, objetivou-se assim, realizar a morfometria e estereologia do encéfalo e seus componentes, hemisférios cerebrais, trato óptico, lobos ópticos, cerebelo e tronco cerebral, de modo que os resultados proporcionem o enriquecimento de sua biologia, o qual proporcionará um melhor entendimento das funções desempenhadas pelo animal, como também, auxiliar ornitólogos em estudos com taxonomia envolvendo aspectos comparativos entre taxons.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 Animais e Comissão de Ética

Foram utilizados 22 encéfalos de emas, sendo 2 fêmeas e 1 macho (1 mês), 1 fêmea e 2 machos (2 meses), 2 fêmeas e 1 macho (3, 4, 5 e 6 meses) e, 2 fêmeas e 2 machos (18 meses), que vieram a óbito por causas naturais e encontravam-se congelados em freezer no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os animais foram descongelados e incisados no plano sagital, na região cervical, para exposição da artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina a 0,9%, e logo após, perfundido com cerca de 5-10 ml de formaldeído a 3,7%, para fixação dos encéfalos. Posteriormente, estes foram mantidos em solução aquosa de formaldeído a 3,7%, durante 72 horas e, em seguida iniciaram-se as dissecações sendo o tecido cutâneo da cabeça rebatido, com posterior remoção dos ossos do crânio com auxílio de uma serra oscilatória da marca DREMEL[®] 3000. Os encéfalos foram fotomacrografados para auxiliar a exposição dos resultados (Nikon D5300). A experimentação foi aprovada pelo ICMBio (nº 53573-2) e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFERSA (Processo nº 23091.010469/2016-03).

5.3.2 Morfometria

Para esta análise, os encéfalos foram mensurados quanto à massa (g), com auxílio de balança analítica (MARTE[®]) e ainda quanto à largura (mm), comprimento (mm) e espessura (mm) com auxílio de um paquímetro digital (MITUTOYO[®]). Quanto aos lobos ópticos e cerebelo foram obtidas medidas de largura (mm), comprimento (mm) e altura (mm). E as glândulas endócrinas hipófise e pineal, obtidos valores de largura (mm) e comprimento (mm).

5.3.3 Inclusão em Gelatina, Técnica de Mainland e Estereologia

Após realizado os experimentos para morfometria os encéfalos foram lavados em água corrente e depois incluídos em caixas (6x6 cm) contendo gelatina incolor na proporção de 2,5 pacotes (30 gramas) em 500 ml de água, que eram mantidas em refrigerador por 24 horas, a fim de obter a consistência ideal para os cortes. Após polimerização da gelatina, foram obtidos cortes de 4 mm de espessura dos encéfalos, com auxílio de um encefalótomo graduado (Figura 1). Estes eram mergulhados individualmente em água morna, para favorecer a retirada de parte da gelatina e logo após, foram colocados em casseter, identificados e mantidos em formaldeído a 3,7% por 24 horas, de modo a garantir a total retirada da gelatina. Completada às 24 horas, os cortes foram lavados em água corrente e em seguida corados segundo a técnica de Mainland (RODRIGUES, 2010), que consiste em repouso dos cortes por 3 minutos em cloreto férrico III a 1%, lavagem em água corrente, mergulho em ferrocianeto de potássio a 1%, lavagem em água corrente e repouso por 24 horas em ácido nítrico a 1% (Figura 1). Em seguida foram mantidos em solução de formaldeído a 3,7%. Esta coloração teve como objetivo diferenciar substância cinza da substância branca, bem como, identificar determinadas regiões do encéfalo.

A experimentação estereológica foi realizada segundo o método de Cavalieri (CAVALIERI, 1635). Para tanto, um grid de pontos (Figura 1) foi colocado sobre cada corte de 4 milímetros de espessura do encéfalo, o qual resultou no somatório de pontos de todas as fatias do encéfalo, que após obtidos, utilizou-se a seguinte fórmula de quantificação volumétrica, $V = T \cdot a/p \cdot \sum p_i$, onde: $V =$ Volume (mm^3), $T =$ espessura dos cortes (mm), $a/p =$ área associada a cada ponto (mm^2), $\sum p_i =$ somatório dos pontos. Dessa forma, obtiveram-se o volume de cada região do encéfalo (hemisférios cerebrais, trato óptico, lobos ópticos, cerebelo e troco cerebral), bem como o volume do encéfalo.

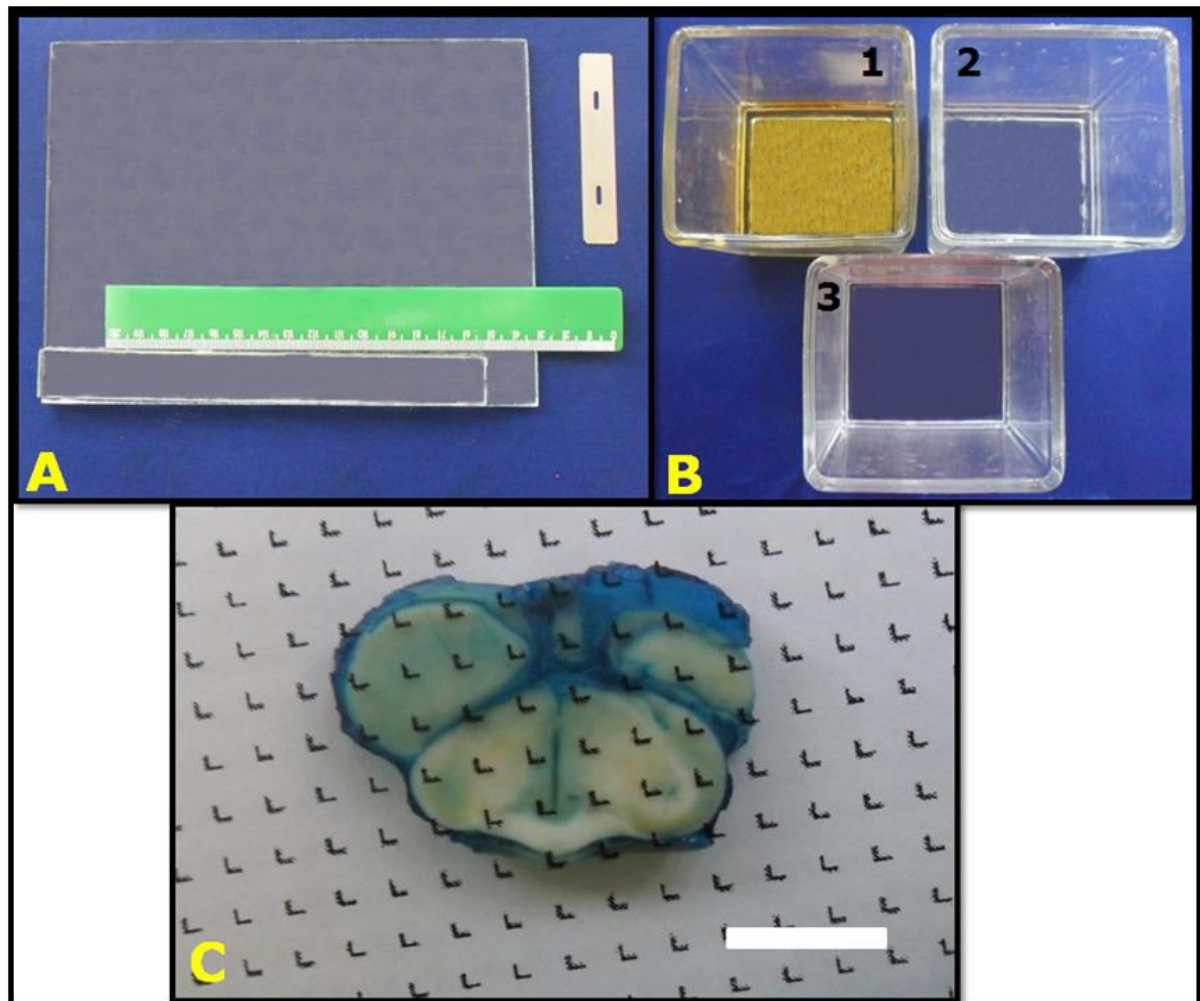


Figura 1 – Procedimento estereológico utilizado em emas. Em A, observa-se o encefalótomo graduado para proceder aos cortes de 4 mm de espessura nos encéfalos. Em B, evidencia-se a solução de Mainland, composta de cloreto férrico III a 1% (1), ferrocianeto de potássio a 1% (2), ácido nítrico a 1% (3). Em C, constata-se a obtenção de pontos para cálculo de volume do encéfalo a partir do grid de pontos. Barra = 1 cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

5.3.4 Análise Estatística

Os dados de morfometria e estereologia foram submetidos ao teste de Tukey-Kramer para comparação entre médias, utilizando para isso o software Statistical Analysis System (SAS, 1999. User's guide, version 8. SAS Institute, Cary). Os resultados foram estatisticamente diferentes considerando $p < 0,05$.

5.4 RESULTADOS

O encéfalo de emas apresentou-se do tipo lisencéfalo, bem desenvolvido, sendo composto pelas estruturas: tronco cerebral, cerebelo, lobos ópticos, hemisférios cerebrais e bulbos olfatórios. Além disso, observou-se a glândula hipófise, presente na base do encéfalo, situada abaixo dos nervos ópticos, com forma arredonda e coloração cinza clara, já na região dorsal do encéfalo, evidenciou-se a glândula pineal, com forma triangular, cor cinza escura e disposta caudalmente aos hemisférios cerebrais (Figura 2).

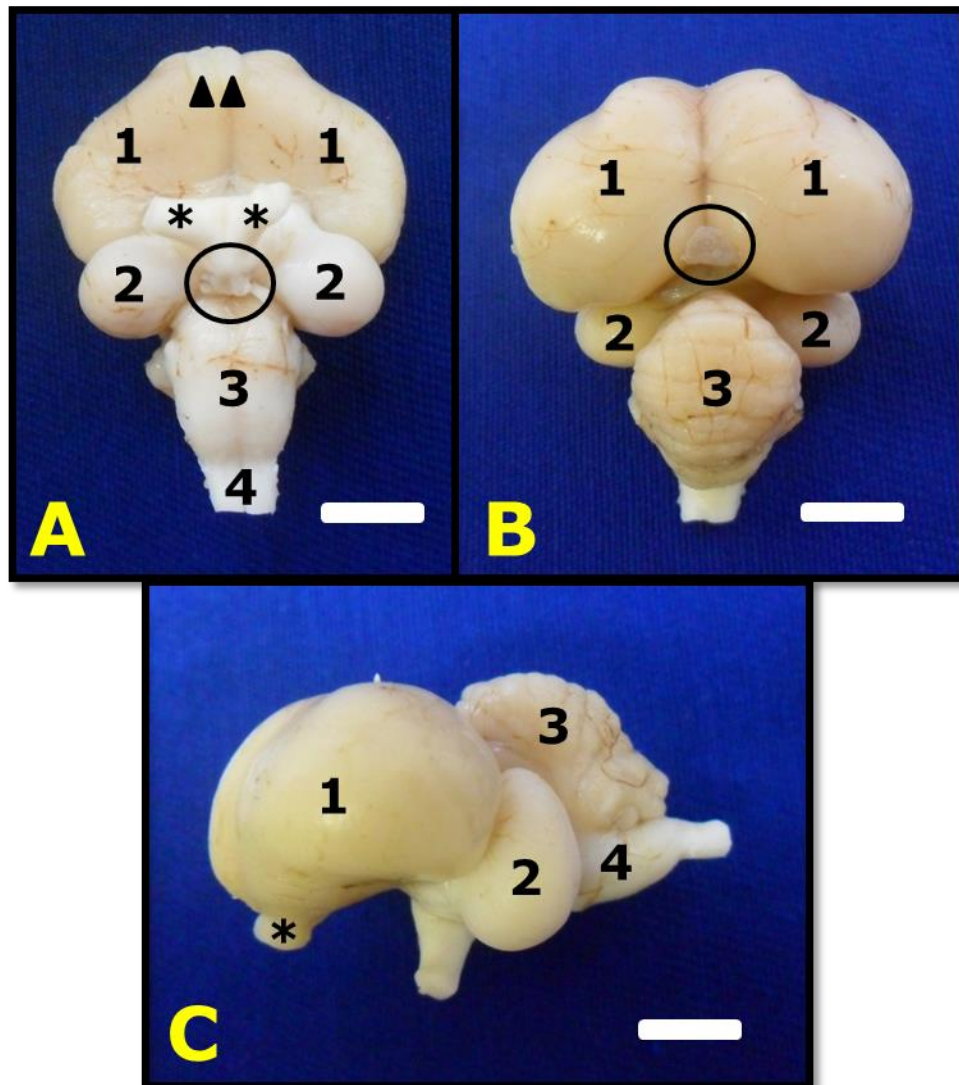


Figura 2 – Estruturas do encéfalo de emas, fêmea (6 meses). Em A, observou-se em vista ventral, as regiões: bulbos olfatórios (cabeça de seta), hemisférios cerebrais (1), nervos ópticos (*), lobos ópticos (2), glândula hipófise (círculo), tronco cerebral (3), medula espinhal (4). Em B, evidenciaram-se em vista dorsal, as estruturas: hemisférios cerebrais (1), glândula pineal (círculo), lobos ópticos (2), cerebelo (3). Em C, constataram-se em vista lateral esquerda, as regiões: bulbos olfatórios (*), hemisfério cerebral (1), lobo óptico (2), cerebelo (3), tronco cerebral (4). Barra = 1 cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Quanto à morfometria do encéfalo de emas, foram mensurados valores médios \pm erro padrão do comprimento (mm), largura (mm), altura (mm) e peso (g). Estes dados foram

avaliados de acordo com as variáveis (idade, sexo e sexo/idade). Assim, em relação ao “sexo” as medidas de comprimento (mm) e massa (g) foram de $39,915 \pm 0,734$ e $12,629 \pm 0,377$, respectivamente, sendo maiores para machos (Tabela 1). Da mesma forma, a interação “sexo/idade”, observou-se achados maiores para os machos com 18 meses, sendo encontrados $55,255 \pm 1,534$ de comprimento e $24,675 \pm 0,789$ de massa (Tabela 2).

Tabela 1 – Morfometria do encéfalo em relação ao “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.

Sexo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Massa (g)
Fêmea	$36,659 \pm 0,626^b$	$30,900 \pm 0,577^a$	$23,159 \pm 0,759^a$	$10,581 \pm 0,322^b$
Macho	$39,915 \pm 0,734^a$	$32,551 \pm 0,677^a$	$23,470 \pm 0,890^a$	$12,629 \pm 0,377^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Tabela 2 – Morfometria do encéfalo em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm), altura (mm) e massa (g).

Sexo	Análises	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
F	Comp. \pm EP	$29,863 \pm 1,252^a$	$34,062 \pm 1,085^a$	$37,432 \pm 1,085^a$	$45,280 \pm 1,534^b$
M	Comp. \pm EP	$30,556 \pm 1,252^a$	$35,460 \pm 1,534^a$	$38,390 \pm 1,534^a$	$55,255 \pm 1,534^a$
F	Larg. \pm EP	$25,753 \pm 1,155^a$	$26,717 \pm 1,001^a$	$30,715 \pm 1,001^a$	$40,415 \pm 1,415^a$
M	Larg. \pm EP	$27,450 \pm 1,555^a$	$28,900 \pm 1,415^a$	$30,560 \pm 1,415^a$	$43,295 \pm 1,415^a$
F	Alt. \pm EP	$20,606 \pm 1,519^a$	$22,880 \pm 1,315^a$	$22,360 \pm 1,315^a$	$26,790 \pm 1,860^a$
M	Alt. \pm EP	$19,933 \pm 1,519^a$	$20,015 \pm 1,860^a$	$22,085 \pm 1,860^a$	$31,850 \pm 1,860^a$
F	Mas. \pm EP	$5,754 \pm 0,644^a$	$7,656 \pm 0,557^a$	$10,040 \pm 0,557^a$	$18,874 \pm 0,789^b$
M	Mas. \pm EP	$6,754 \pm 0,644^a$	$8,365 \pm 0,789^a$	$10,724 \pm 0,789^a$	$24,675 \pm 0,789^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Em relação a variável “idade”, observou-se para o encéfalo que as mensurações aumentaram com o avanço da idade, sendo maiores nos animais adultos (18 meses), ou seja, valores chegaram até $50,267 \pm 1,085$ de comprimento, $41,855 \pm 1,001$ de largura, $29,320 \pm 1,315$ de altura e $21,774 \pm 0,557$ de massa (Figura 3).

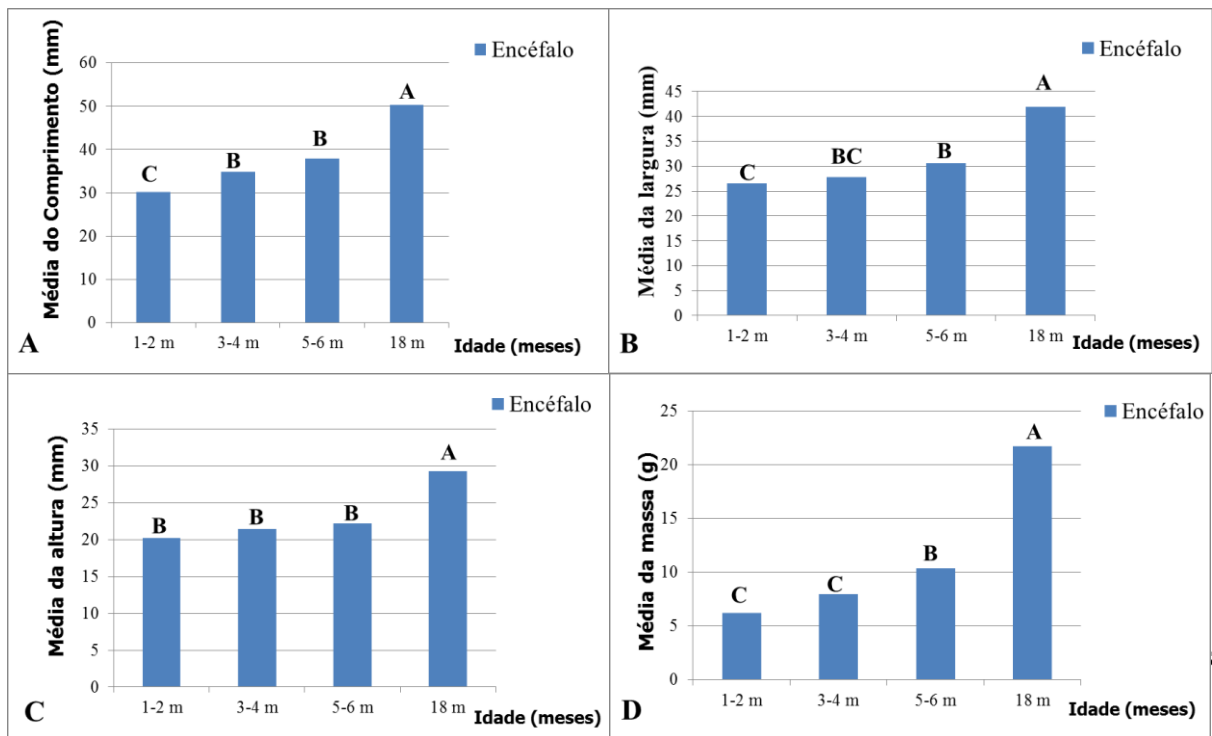


Figura 3 – Morfometria do encéfalo em relação a variável “idade”. Em A, B, C e D, observam-se as mensurações de comprimento, largura, altura e massa em função da idade animal. Letras diferentes indicam diferenças significativas, $p < 0,05$.

Quanto às estruturas que compõem o encéfalo, verificou-se que o cerebelo foi uma região bem proeminente, onde se observou um aumento com o avanço da idade, sendo mais expressivo nos animais adultos (18 meses), com achados de $21,462 \pm 0,363$ de comprimento, $18,207 \pm 0,692$ de largura e $21,487 \pm 1,070$ de altura (Tabela 3). Foi visto ainda, que a interação “sexo/idade”, revelou-se para animais jovens (5 e 6 meses), valores de comprimento igual a $17,992 \pm 0,363$ para fêmeas e de $14,630 \pm 0,513$ para machos, sendo maiores nas fêmeas (Tabela 4). No entanto, em relação ao “sexo” não se evidenciou diferença estatística, entre os animais (Tabela 5).

Tabela 3- Morfometria do cerebelo em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros.

Idade (meses)	Comprimento \pm erro padrão	Largura \pm erro padrão	Altura \pm erro padrão
1-2 m	$14,570 \pm 0,296^c$	$14,056 \pm 0,565^b$	$12,831 \pm 0,874^b$
3-4 m	$16,277 \pm 0,314^b$	$14,071 \pm 0,599^b$	$13,566 \pm 0,927^b$
5-6 m	$16,311 \pm 0,314^b$	$15,070 \pm 0,599^b$	$13,510 \pm 0,927^b$
18 m	$21,462 \pm 0,363^a$	$18,207 \pm 0,692^a$	$21,487 \pm 1,070^a$

Letras diferentes na coluna indicam resultados estatisticamente diferentes, $p < 0,05$.

Tabela 4 – Morfometria do cerebelo quanto à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).

Sexo	Análises	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
F	Comp. \pm EP	14,046 \pm 0,419 ^a	16,450 \pm 0,363 ^a	17,992 \pm 0,363 ^a	20,370 \pm 0,513 ^a
M	Comp. \pm EP	15,093 \pm 0,419 ^a	16,105 \pm 0,513 ^a	14,630 \pm 0,513 ^b	22,555 \pm 0,513 ^a
F	Larg. \pm EP	14,166 \pm 0,799 ^a	14,947 \pm 0,692 ^a	15,085 \pm 0,692 ^a	16,070 \pm 0,979 ^a
M	Larg. \pm EP	13,946 \pm 0,799 ^a	13,195 \pm 0,979 ^a	15,055 \pm 0,979 ^a	20,345 \pm 0,979 ^a
F	Alt. \pm EP	12,463 \pm 1,236 ^a	14,752 \pm 1,070 ^a	13,375 \pm 1,070 ^a	18,745 \pm 1,514 ^a
M	Alt. \pm EP	13,200 \pm 1,236 ^a	12,380 \pm 1,514 ^a	13,645 \pm 1,514 ^a	24,230 \pm 1,514 ^a

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Tabela 5 – Morfometria do cerebelo em função da variável “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão, em milímetros.

Sexo	Comprimento	Largura	Altura
Fêmea	17,214 \pm 0,209 ^a	15,067 \pm 0,399 ^a	14,833 \pm 0,618 ^a
Macho	17,095 \pm 0,245 ^a	15,635 \pm 0,468 ^a	15,863 \pm 0,725 ^a

Letras iguais na mesma coluna indicam resultados estatisticamente iguais, $p < 0,05$.

Observou-se ainda, os lobos ópticos bem desenvolvidos, os quais aumentaram em relação ao avanço da idade, sendo maior aos 18 meses. O lobo óptico direito apresentou comprimento direito igual a 12,647 \pm 0,410 mm, largura direita de 11,470 \pm 0,326 mm e altura direita de 15,495 \pm 0,492 mm, já o lobo óptico esquerdo observou-se mensurações de comprimento esquerdo igual a 12,355 \pm 0,501 mm, largura esquerda 10,827 \pm 0,391 mm e altura esquerda 15,122 \pm 0,440 mm (Figura 4).

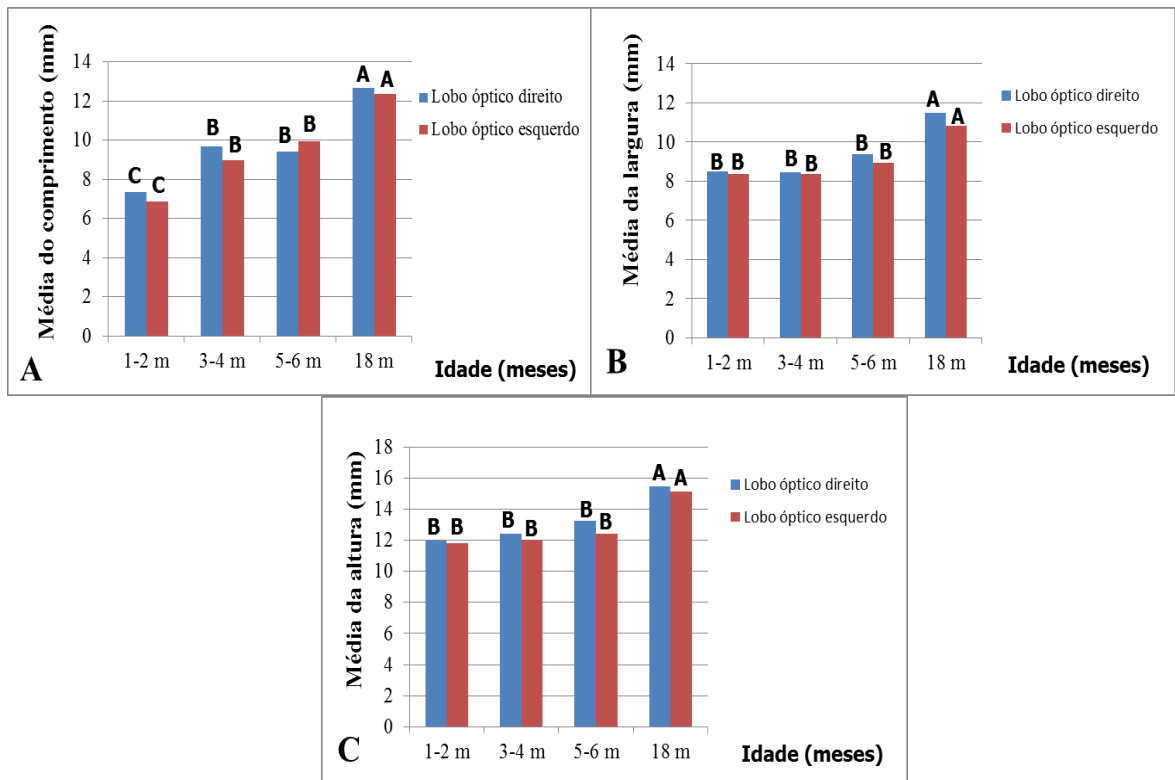


Figura 4- Morfometria dos lobos ópticos (direito e esquerdo), em relação ao fator “idades” de emas. Em A, B e C podemos observar as medidas de comprimento, largura e altura em função das idades dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$.

Em relação a variável “sexo”, foi visto que os lobos ópticos apresentaram valores maiores para os machos, em ambos antímeros, sendo encontrados valores para o lobo óptico direito de até $10,229 \pm 0,278$ para comprimento. Enquanto para o lobo óptico esquerdo foi observado mensurações de comprimento igual a $10,155 \pm 0,339$ (Figura 5).

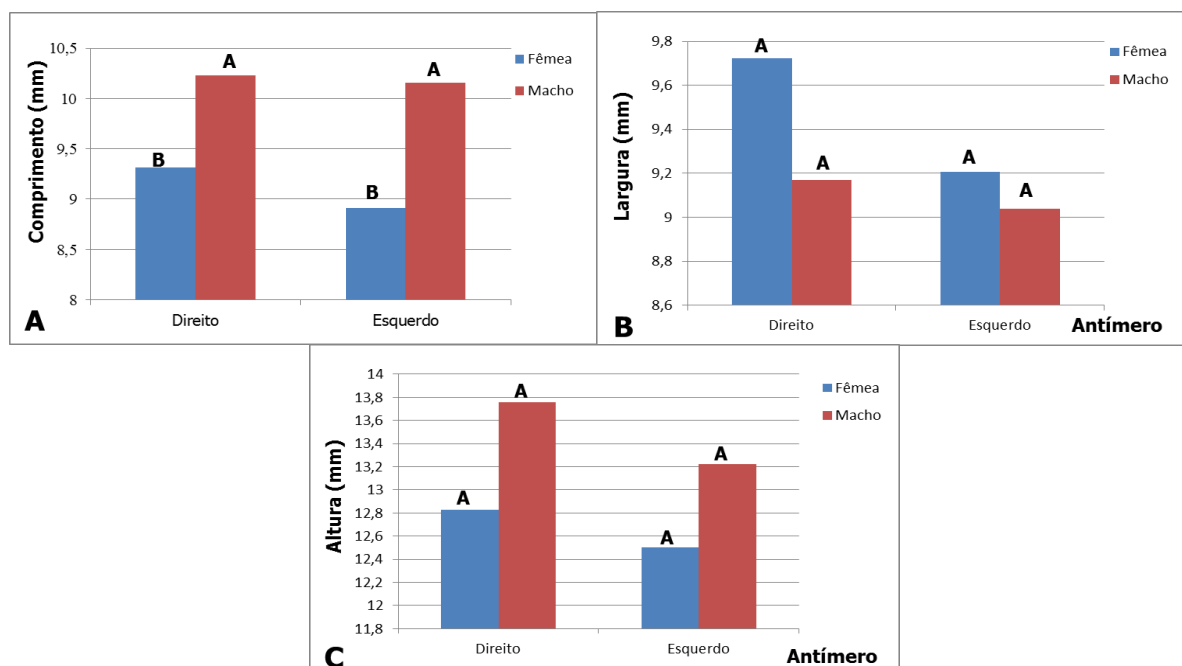


Figura 5- Morfometria dos lobos ópticos (direito e esquerdo) em relação do fator “sexo” de emas. Em A, B e C podemos observar as medidas de comprimento, largura e altura em função das idades dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$.

Da mesma forma, constatou-se que o lobo óptico direito em relação à interação “sexo/idade”, demonstraram valores maiores para machos de 18 meses, sendo encontrado um quantitativo de $14,420 \pm 0,580$ para seu comprimento e $17,260 \pm 0,696$ para sua altura (Figura 6).

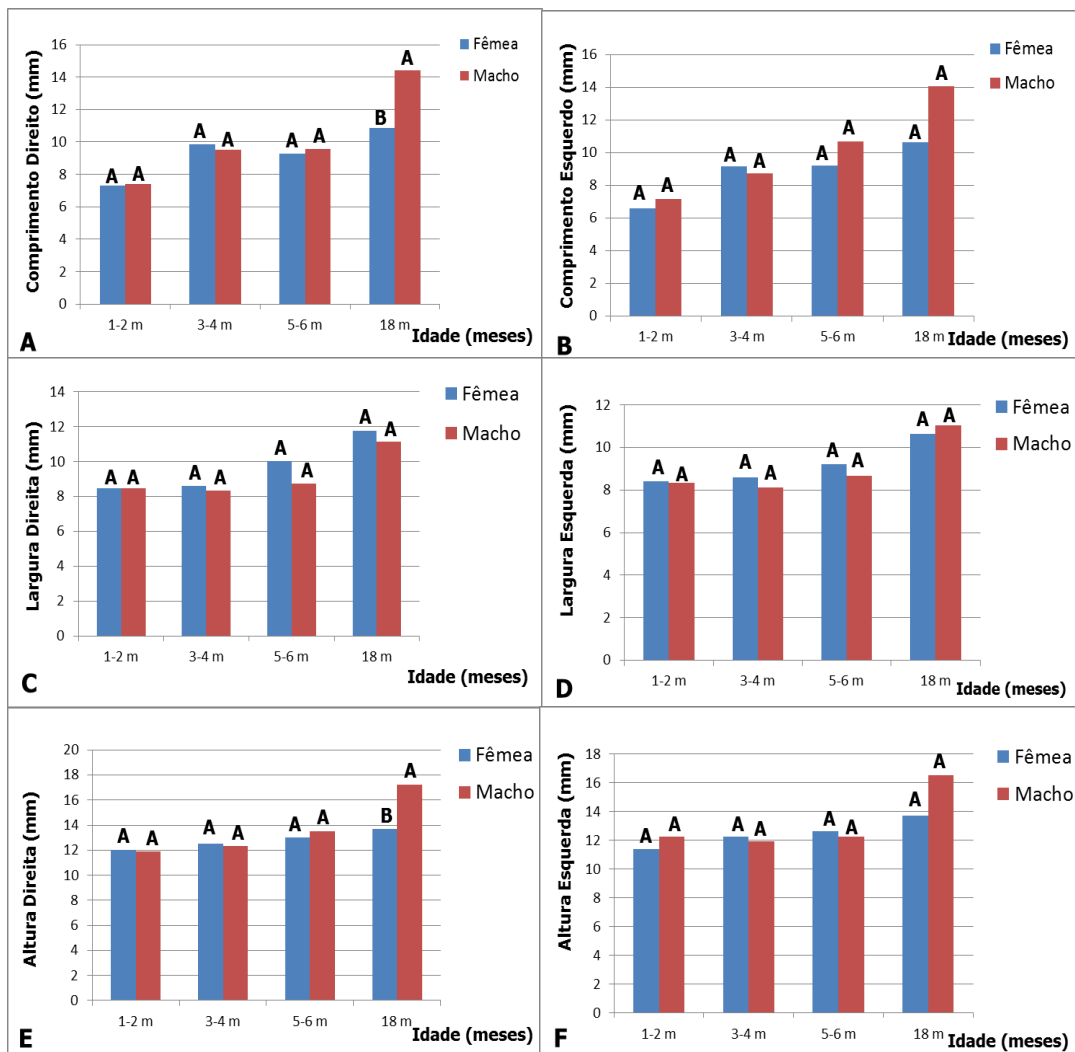


Figura 6- Análise da interação “sexo/idade” de emas dos lobos ópticos (direito e esquerdo). Em A, B, C, D, E e F, constatam-se as medidas de comprimento, largura e altura, direito e esquerdo, respectivamente, em função da interação “sexo/idade” dos animais. Letras diferentes indicam resultados diferentes estatisticamente, $p < 0,05$, entre os sexos da mesma idade.

Quanto às glândulas endócrinas, na ema, evidenciou-se que a hipófise no que diz respeito à “idade”, observou-se que houve um aumento com o avanço da idade, sendo maior

nos adultos (18 meses), com mensurações de comprimento igual a $6,142 \pm 0,326$, largura de $5,672 \pm 0,292$ e altura de $4,440 \pm 0,131$ (Tabela 6).

Tabela 6- Análise da hipófise em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros.

Idade (meses)	Comprimento \pm erro padrão	Largura \pm erro padrão	Altura \pm erro padrão
1-2 m	$2,198 \pm 0,266^c$	$2,708 \pm 0,238^c$	$2,351 \pm 0,107^b$
3-4 m	$3,298 \pm 0,282^{bc}$	$3,732 \pm 0,253^b$	$2,648 \pm 0,113^b$
5-6 m	$3,390 \pm 0,282^b$	$3,601 \pm 0,253^{bc}$	$2,438 \pm 0,113^b$
18 m	$6,142 \pm 0,326^a$	$5,672 \pm 0,292^a$	$4,440 \pm 0,131^a$

Letras diferentes na coluna indicam resultados estatisticamente diferentes, $p < 0,05$.

Em relação a variável “sexo”, verificou-se na hipófise que houve diferença na mensuração altura (mm), sendo maior no macho com valores de $3,197 \pm 0,089$ (Tabela 7). Ainda foi visto que a interação sexo/idade revelou diferenças apenas para idade (18 meses), sendo maiores para machos nas mensurações de comprimento ($7,520 \pm 0,461$) e altura ($5,060 \pm 0,186$) (Tabela 8).

Tabela 7 – Análise da hipófise em relação ao “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.

Sexo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Fêmea	$3,521 \pm 0,188^a$	$3,864 \pm 0,168^a$	$2,741 \pm 0,075^b$
Macho	$3,993 \pm 0,220^a$	$3,992 \pm 0,198^a$	$3,197 \pm 0,089^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Tabela 8 – Morfometria da hipófise em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).

Sexo	Análises	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
F	Comp. \pm EP	$2,286 \pm 0,376^a$	$3,557 \pm 0,326^a$	$3,475 \pm 0,326^a$	$4,765 \pm 0,461^b$
M	Comp. \pm EP	$2,110 \pm 0,376^a$	$3,040 \pm 0,461^a$	$3,305 \pm 0,461^a$	$7,520 \pm 0,461^a$
F	Larg. \pm EP	$2,800 \pm 0,337^a$	$3,975 \pm 0,292^a$	$3,547 \pm 0,292^a$	$5,135 \pm 0,413^a$
M	Larg. \pm EP	$2,616 \pm 0,337^a$	$3,490 \pm 0,413^a$	$3,655 \pm 0,413^a$	$6,210 \pm 0,413^a$
F	Alt. \pm EP	$2,226 \pm 0,151^a$	$2,727 \pm 0,131^a$	$2,192 \pm 0,131^a$	$3,820 \pm 0,186^b$
M	Alt. \pm EP	$2,476 \pm 0,151^a$	$2,570 \pm 0,186^a$	$2,685 \pm 0,186^a$	$5,060 \pm 0,186^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Ainda se tratando das glândulas endócrinas, evidenciou-se que pineal aumentou com o avanço da idade, sendo maior para adultos (18 meses), com valores de $6,247 \pm 0,233$ (comprimento), $7,190 \pm 0,573$ (largura) e $4,700 \pm 0,268$ (altura) (Tabela 9). Da mesma forma, ao avaliar a variável “sexo”, observou-se um valor maior para machos, sendo encontrado um comprimento de $4,083 \pm 0,158$ (Tabela 10). Constatou-se ainda, que a interação “sexo/idade”, revelou achado maior para machos de 18 meses, com comprimento igual a $7,930 \pm 0,330$ (Tabela 11).

Tabela 9- Análise morfométrica da pineal, em relação à “idade” de emas, medidas em milímetros da média \pm erro padrão.

Idade (meses)	Comprimento	Largura	Altura
1-2 m	$2,476 \pm 0,190^b$	$4,803 \pm 0,468^b$	$3,108 \pm 0,219^c$
3-4 m	$2,915 \pm 0,202^b$	$4,290 \pm 0,496^b$	$3,848 \pm 0,232^{ac}$
5-6 m	$2,731 \pm 0,202^b$	$3,810 \pm 0,496^b$	$3,413 \pm 0,232^{bc}$
18 m	$6,247 \pm 0,233^a$	$7,190 \pm 0,573^a$	$4,700 \pm 0,268^a$

Letras diferentes na coluna indicam resultados estatisticamente diferentes, $p < 0,05$.

Tabela 10 – Morfometria da pineal em relação a variável “sexo” de emas. Valores de média \pm erro padrão.

Sexo	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Fêmea	$3,101 \pm 0,134^b$	$4,675 \pm 0,331^a$	$3,731 \pm 0,154^a$
Macho	$4,083 \pm 0,158^a$	$5,371 \pm 0,388^a$	$3,803 \pm 0,181^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Tabela 11 – Análise da pineal em relação à interação “sexo/idade” de emas. Valores de média \pm erro padrão (EP) do comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm).

Sexo	Análises	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
F	Comp. \pm EP	$2,303 \pm 0,269^a$	$2,786 \pm 0,233^a$	$2,752 \pm 0,233^a$	$4,565 \pm 0,330^b$
M	Comp. \pm EP	$2,650 \pm 0,269^a$	$3,045 \pm 0,330^a$	$2,710 \pm 0,330^a$	$7,930 \pm 0,330^a$
F	Larg. \pm EP	$4,466 \pm 0,662^a$	$5,060 \pm 0,573^a$	$3,880 \pm 0,573^a$	$5,295 \pm 0,811^a$
M	Larg. \pm EP	$5,140 \pm 0,662^a$	$3,520 \pm 0,811^a$	$3,740 \pm 0,811^a$	$9,085 \pm 0,811^a$
F	Alt. \pm EP	$3,156 \pm 0,309^a$	$3,677 \pm 0,268^a$	$3,582 \pm 0,268^a$	$4,510 \pm 0,379^a$
M	Alt. \pm EP	$3,060 \pm 0,309^a$	$4,020 \pm 0,379^a$	$3,245 \pm 0,379^a$	$4,890 \pm 0,379^a$

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Se tratando da estereologia do encéfalo, em emas observaram-se a partir dos cortes seriados e coloração, a identificação de regiões internas no encéfalo, como os hemisférios cerebrais, trato óptico, cerebelo, lobos ópticos e tronco cerebral, e, ainda a diferenciação entre as substâncias branca e cinzenta, bem como a presença dos ventrículos laterais, localizados nos hemisférios cerebrais (Figura 7).

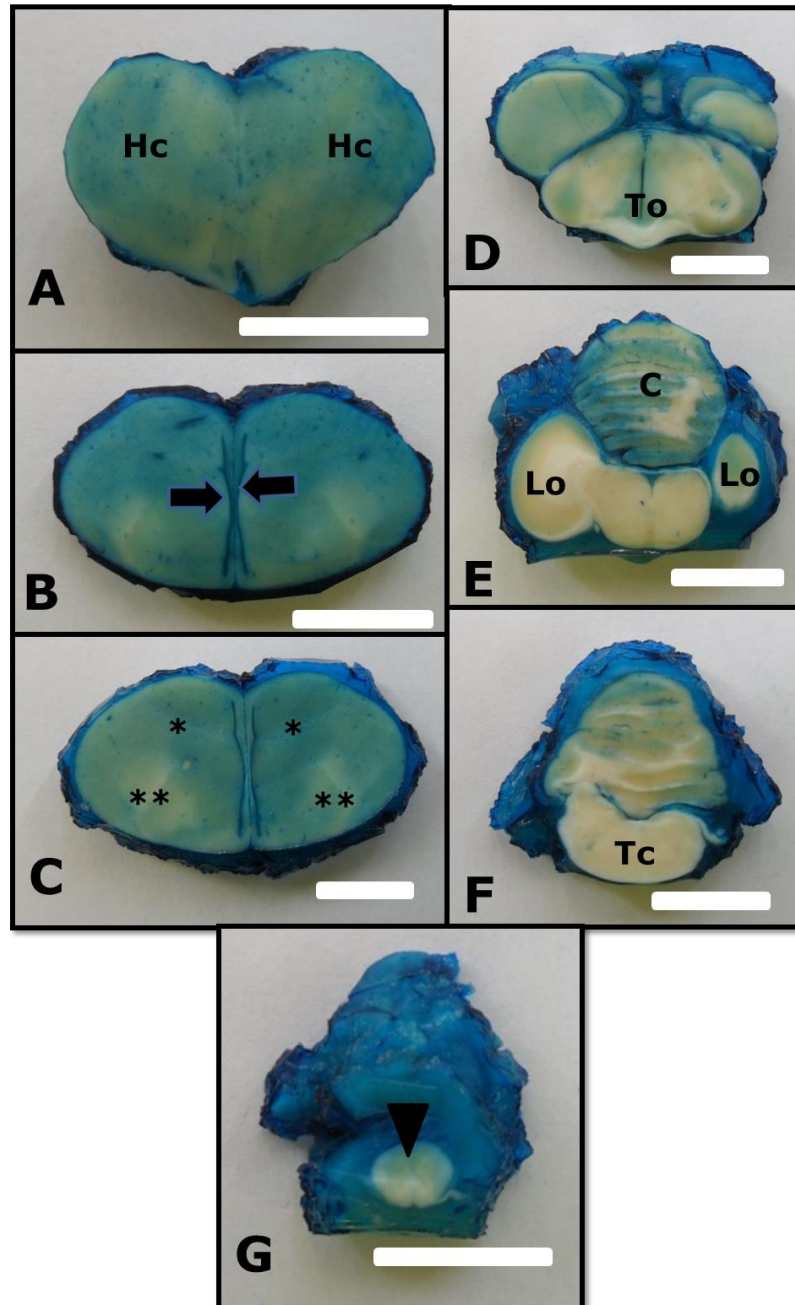


Figura 7 – Técnica de Mainland e cortes transversais no encéfalo de emas, fêmea (5 meses). Em A, B, C, D, E, F, G, pode-se observar as regiões internas do encéfalo como: os hemisférios cerebrais (Hc), os ventrículos laterais (SETAS), substância cinzenta (*) e substância branca (**), trato óptico (To), cerebelo (C) e lobos ópticos (Lo), tronco cerebral (Tc) e, medula espinhal (CABEÇA DE SETA). Barra = 1cm. Fonte: arquivo pessoal (2017).

Após a obtenção dos cortes seriados e coloração, procedeu-se a análise estereológica (volumétrica) de acordo com a “idade, sexo e sexo/idade”, o qual se chamou atenção para a variável “idade”, sendo encontrados valores maiores para adultos (18 meses), ou seja, $43,416 \pm 2,058 \text{ cm}^3$ (hemisférios cerebrais) e $12,555 \pm 0,777 \text{ cm}^3$ (cerebelo) (Tabela 12). Já em relação às variáveis “sexo e sexo/idade” não houve diferença significativa entre os animais (Tabela 13 e 14).

Tabela 12- Análise estereológica das estruturas cerebrais em relação à “idade” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3) dos hemisférios cerebrais (HC), trato óptico (TO), lobo óptico (LO), cerebelo (C) e tronco cerebral (TC).

Estruturas	Idade (meses)			
	1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
HC	$18,252 \pm 1,680^b$	$18,549 \pm 1,782^b$	$21,249 \pm 1,782^b$	$43,416 \pm 2,058^a$
TO	$2,754 \pm 0,614^a$	$3,240 \pm 0,652^a$	$3,523 \pm 0,652^a$	$3,564 \pm 0,753^a$
LO	$4,914 \pm 0,817^a$	$4,171 \pm 0,867^a$	$5,710 \pm 0,867^a$	$6,885 \pm 1,001^a$
C	$4,968 \pm 0,634^b$	$4,495 \pm 0,673^b$	$6,723 \pm 0,673^b$	$12,555 \pm 0,777^a$
TC	$2,376 \pm 0,702^a$	$2,916 \pm 0,745^a$	$4,185 \pm 0,745^a$	$4,698 \pm 0,860^a$

Letras diferentes na linha indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Tabela 13- Estereologia das estruturas cerebrais em relação ao “sexo” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3).

Estruturas	Fêmea	Macho
Hemisférios cerebrais	$23,557 \pm 1,188^a$	$27,175 \pm 1,393^a$
Trato óptico	$2,882 \pm 0,434^a$	$3,658 \pm 0,509^a$
Lobo óptico	$5,791 \pm 0,578^a$	$5,049 \pm 0,678^a$
Cerebelo	$6,986 \pm 0,448^a$	$7,384 \pm 0,526^a$
Tronco cerebral	$3,037 \pm 0,497^a$	$4,050 \pm 0,582^a$

Letras iguais na mesma linha indicam resultados estatisticamente iguais, $p < 0,05$.

Tabela 14- Análise estereológica das estruturas cerebrais em relação à interação “sexo/idade” de emas. Medidas de média \pm erro padrão (cm^3) dos hemisférios cerebrais (HC), trato óptico (TO), lobo óptico (LO), cerebelo (C) e tronco cerebral (TC).

Sexo	Estruturas	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
Fêmea	HC	$16,740 \pm 2,377^a$	$17,334 \pm 2,058^a$	$22,248 \pm 2,058^a$	$37,908 \pm 2,911^a$
Macho	HC	$19,764 \pm 2,377^a$	$19,764 \pm 2,911^a$	$20,250 \pm 2,911^a$	$48,924 \pm 2,911^a$
Fêmea	TO	$2,700 \pm 0,869^a$	$2,592 \pm 0,753^a$	$3,645 \pm 0,753^a$	$2,592 \pm 1,065^a$

Macho	TO	2,808 ± 0,869 ^a	3,888 ± 1,065 ^a	3,402 ± 1,065 ^a	4,536 ± 1,065 ^a
Fêmea	LO	4,860 ± 1,156 ^a	5,265 ± 1,001 ^a	5,589 ± 1,001 ^a	7,452 ± 1,416 ^a
Macho	LO	4,968 ± 1,156 ^a	3,078 ± 1,416 ^a	5,832 ± 1,416 ^a	6,318 ± 1,416 ^a
Fêmea	C	3,888 ± 0,897 ^a	5,427 ± 0,777 ^a	7,452 ± 0,777 ^a	11,178 ± 1,099 ^a
Macho	C	6,048 ± 0,897 ^a	3,564 ± 1,099 ^a	5,994 ± 1,099 ^a	13,932 ± 1,099 ^a
Fêmea	TC	2,808 ± 0,994 ^a	2,430 ± 0,860 ^a	3,348 ± 0,860 ^a	3,564 ± 1,217 ^a
Macho	TC	1,944 ± 0,994 ^a	3,402 ± 1,217 ^a	5,022 ± 1,217 ^a	5,832 ± 1,217 ^a

Letras iguais na mesma linha indicam resultados estatisticamente iguais, $p < 0,05$.

Quanto à estereologia do encéfalo de emas, este foi quantificado pelo somatório das estruturas encefálicas, sendo encontrado o volume do encéfalo pós-fixado e através do percentual de retração (1,012%) encontrou-se o volume do encéfalo corrigido. Dessa forma, foi visto que se tratando da variável “idade”, houve aumento significativo na idade 18 meses, cujos valores encontrados foram $71,118 \pm 4,126$ (encéfalo pós-fixado) e $71,971 \pm 4,175$ (encéfalo corrigido) (Gráfico 1). Em relação às variáveis “sexo” e interação “sexo/idade” não houve diferenças estatísticas entre os achados (Tabela 15 e 16).

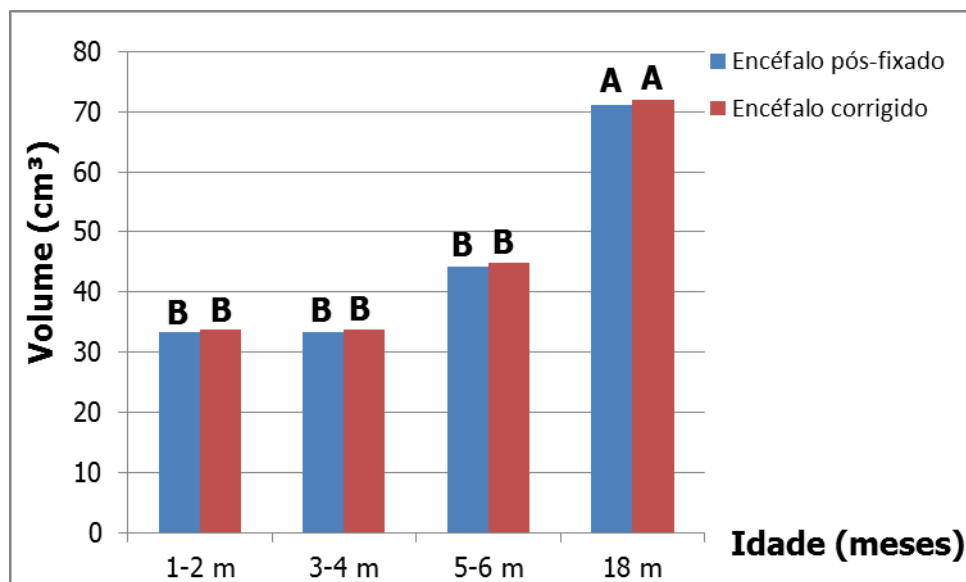


Gráfico 1- Estereologia do encéfalo em relação à “idade” de emas. Observam-se os volumes dos encéfalos pós-fixado e corrigido. Percentual de retração = $\frac{\text{Comprimento inicial} - \text{Comprimento final}}{\text{Comprimento inicial}} \times 100$.

Tabela 15 – Análise estereológica do encéfalo em relação ao “sexo” de emas. Medidas de média \pm erro padrão.

Sexo	Encéfalo pós-fixado (cm ³)	Encéfalo corrigido (cm ³)
Fêmea	43,713 \pm 2,382 ^a	44,237 \pm 2,410 ^a
Macho	47,317 \pm 2,793 ^a	47,885 \pm 2,827 ^a

Letras iguais na mesma coluna indicam resultados estatisticamente iguais, $p < 0,05$.

Tabela 16 – Estereologia do encéfalo em relação à interação “sexo/idade” de emas. Avaliações encéfalo pós-fixado (Enc. PF) e encéfalo corrigido (Enc. C).

Sexo	Análises (cm ³)	Idade (meses)			
		1 – 2	3 – 4	5 – 6	18
F	Enc. PF	30,996 \pm 4,764 ^a	33,048 \pm 4,126 ^a	48,114 \pm 4,126 ^a	62,694 \pm 5,835 ^a
M	Enc. PF	35,532 \pm 4,764 ^a	33,696 \pm 5,835 ^a	40,500 \pm 5,835 ^a	79,542 \pm 5,835 ^a
F	Enc. C	31,367 \pm 4,821 ^a	33,444 \pm 4,175 ^a	48,69 \pm 4,175 ^a	63,446 \pm 5,905 ^a
M	Enc. C	35,958 \pm 4,821 ^a	34,100 \pm 5,905 ^a	40,985 \pm 5,905 ^a	80,496 \pm 5,905 ^a

Letras iguais na mesma coluna indicam resultados estatisticamente iguais, $p < 0,05$.

5.5 DISCUSSÃO

Em relação à morfometria, foi visto que o encéfalo de emas apresentou medidas de peso (g) igual a 6,254 e 21,774, para as idades (1-18 meses), respectivamente. Em estudos desenvolvidos por Mlíkovský (1989) com nandu de darwin (*Rhea pennata*), kiwi (*Apteryx australis*), Kiwi (*Apteryx owenii*) e outras espécies de aves, descreve que o peso do encéfalo é de 19,2 g e de 11,3 g e de 7,0 g, respectivamente. O autor não faz referência às idades ou peso corporal desses animais, fato que dificulta a comparação com nossos achados. Observou-se que ocorre um aumento progressivo da massa encefálica em função do crescimento do animal, que se estabiliza após o animal atingir a fase adulta. Outro aspecto a ser considerado é o tamanho do encéfalo em função do porte do animal, por exemplo, Mlíkovský (1989) cita que o peso do encéfalo em avestruz, emu, casuar do sul, casuar anão, casuar do norte e moa, foram de 41,9g, 24,9g, 31,5g, 24,5g, 32,0g, 42,1g, respectivamente, onde se verifica que nestes animais a massa cerebral é superior aos achados para emas, o que estaria associado ao fato de que estes são de maior porte quando comparados aos de emas.

Quanto às medidas de comprimento e largura dos encéfalos de emas, observou-se, que a média do comprimento foi de 30,210 mm (1 mês) e 50,267 mm (18 meses), já a largura foi de 26,601 mm e 41,855 mm, para as idades de 1-18 meses, respectivamente. Estudo diferente foi

descrito por Peng et al. (2010), em avestruzes, onde relataram média de 59,26 mm para o comprimento do encéfalo e 42,30 mm para largura do encéfalo. É preciso destacar que tais medidas em ambas as espécies estão associadas à massa corpórea das espécies.

Em relação às estruturas que compõem o encéfalo, chamou-se a atenção para duas regiões na ema, os lobos ópticos, com valores referentes à média do comprimento que variaram entre 6,866 mm e 12,647 mm (1-18 meses), já a largura encontrou-se uma variação de 8,370 mm e 11,470 mm. Enquanto o cerebelo obteve-se valores que variaram entre 14,570 mm e 21,462 mm para comprimento e, de 14,056 mm e 18,207 mm para largura. Os valores máximos obtidos para emas são inferiores aos definidos por Peng et al. (2010) ao analisar encéfalos de avestruzes, que estaria associado ao menor porte das emas em relação aos avestruzes, onde as médias de comprimento e largura do lobo óptico foram de 14,18 mm e 12,23 mm, respectivamente. Já o cerebelo, teve média de 24,36 mm e 18,42 mm para seu comprimento e largura. Os achados expressivos encontrados tanto em emas como em avestruzes estariam associados às funções apuradas de visão e equilíbrio que estas espécies possuem.

Quanto às observações realizadas na glândula hipófise verificou-se que a média do comprimento da mesma variou entre 2,198 mm e 6,142 mm, enquanto a largura variou entre 2,708 mm e 5,672 mm. Diferentemente do encontrado no presente estudo, foi descrito por Peng et al. (2010) com a hipófise de avestruz, tendo relatado valores médios (6,38 mm para o comprimento e 6,30 mm para sua largura), muito próximos aos valores máximos encontrados para emas, todavia maiores, o que poderia estar indicando que o tamanho da mesma não estaria associado ao tamanho da massa encefálica do animal, já que as emas são aves de menor porte e possuem massa cerebral menor cerca de 52% que a de avestruz, embora o autor não tenha especificado as idades dos animais pesquisados.

Em emas, a glândula pineal apresentou valores médios de comprimento que variou de 2,476 mm e 6,247 mm e, de 4,803 mm e 7,190 mm para largura, nas idades 1-18 meses. Já em estudos relacionados à glândula pineal, em *Gallus gallus domesticus* descritos por Nickel, Schummer e Seiferle (1977), descrevem valores de 3,5 mm e 2,0 mm para o comprimento e largura, respectivamente, sendo que em emas, estes valores foram mais expressivos, talvez pela diferença no porte animal.

No que diz respeito à estereologia das estruturas que compõem o encéfalo, em emas encontraram-se os seguintes valores para idades 1-18 meses, 18,252 cm³ e 43,416 cm³ para hemisférios cerebrais, 2,754 cm³ e 3,564 cm³ para o trato óptico, 4,914 cm³ e 6,885 cm³ para

os lobos ópticos, 4,968 cm³ e 12,555 cm³ para o cerebelo e, 2,376 cm³ e 4,698 cm³ para o tronco cerebral, respectivamente. Tais resultados diferiram dos estudos realizados por Striedter e Charvet (2008) ao trabalhar com embriões de periquito (idade 25 dias) e perdiz-da- Virgínia (idade 23 dias), onde descreveram volumes (cm³) de 0,243 e 0,141 para os hemisférios cerebrais e, 0,024 e 0,055 para o trato óptico, respectivamente. Distam ainda, as pesquisas realizadas por Garamszegi e Eens (2004), em aves mandarim, chickadee preto e trepadeira-azul, os quais revelaram valores para hemisférios cerebrais (cm³) igual a 0,012, 0,278 e 0,012, respectivamente. Importante destacar que tais diferenças são claras devido a influência das idades e porte dos animais.

No tocante a estereologia do encéfalo de emas, verificou-se que a média do volume para as idades 1-18 meses, foram de 33,663 cm³ e de 71,971 cm³ para o encéfalo corrigido (real), respectivamente. Discordando assim, dos estudos realizados por Striedter e Charvet (2008) ao trabalhar com embriões de periquito (idade 25 dias) e perdiz-da- Virgínia (idade 23 dias), onde descreveram volumes de 0,397 cm³ e 0,341 cm³ para o encéfalo, respectivamente. Já Sahin et al. (2001), em pesquisas com encéfalos de cordeiro, rato e galinhas, onde relataram volumes cerebrais de 37,740 cm³, 0,598 cm³ e 0,730 cm³, respectivamente, discordando em parte (rato e galinhas) em comparação aos resultados do presente estudo.

5.6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, conclui-se que o encéfalo de emas foi composto pelo tronco cerebral, cerebelo, lobos ópticos, hemisférios cerebrais e bulbos olfatórios. O encéfalo apresentou mensurações de até 50,267 mm (comprimento), 41,855 mm (largura), 29,320 mm (altura), 21,774 g (massa) e variação de 33,663 cm³ a 71,971 cm³, para as idades de 1 mês e 18 meses, respectivamente.

Quanto às estruturas componentes, observaram-se a partir da morfometria, que os lobos ópticos e o cerebelo foram bem desenvolvidos na espécie, inferindo que essas aves possuem grande acuidade visual e de equilíbrio. Enquanto a estereologia revelou que os hemisférios cerebrais de emas são as regiões mais desenvolvidas do encéfalo, com variação de 18,252 cm³ e 43,416 cm³ (1-18 meses).

REFERÊNCIAS

- ADKINS-REGAN, E.; WATSON, J. T. Sexual dimorphism in the avian brain is not limited to the song system of songbirds: a morphometric analysis of the brain of the quail (*Coturnix japonica*). **Brain research**, v. 514, n. 2, p. 320-326, 1990.
- CAVALIERI, B. Geometria Indivisibilium Continuorum. Typis Clementis Bonoiae. Reprinted in 1966 as Geometris degli Indivisibili. **Torino: Union Tipografico-Editrice, Torinese**, 1635.
- DE CICCO, L. H. S. **Saúde animal. Ema. Ela é criada pelo pai**. 2001. Disponível em: <<http://www.saudeanimal.com.br/extinto25/html>>. Acesso em: 22 de abril de 2017.
- GARAMSZEGI, L. Z.; EENS, M. The evolution of hippocampus volume and brain size in relation to food hoarding in birds. **Ecology Letters**, v. 7, n. 12, p. 1216-1224, 2004.
- GIANNONI, M. L. **Emas e Avestruzes - uma alternativa para o produtor rural**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 49 p.
- MARQUES, K.V; BANDEIRA, R.; SAVIANI, G.; MARQUES, V. B.; VERAS, M. M. Estudo anatômico do encéfalo de avestruz (*Struthio Camelus*). **PUBVET**, Londrina, V. 7, N. 7, Ed. 230, Art. 1521, Abril, 2013.
- MELLO, N. H. A ficha do bicho – Ema. **Globo Rural**, n. 5, p. 56-60, 1987.
- MLÍKOVSKÝ, J. Brain size in birds: 1. Tinamiformes through Ciconiiformes. **Vést. cs. Spolec Zool**, v. 53, p. 200-213, 1989.
- NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. **Anatomy of the domestic Birds**. Hamburg: Parey, p.115-127, 1977.
- PENG, K. M.; FENG, Y.; ZHANG, G.; LIU, H.; SONG, H. Anatomical study of the brain of the African ostrich. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 34, n.3, p. 235-241, 2010.
- RODRIGUES, H. Técnicas anatômicas. Vitória. 4 ED. GM gráfica e editora, 2010. 270p.
- RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, G. B.; SILVA, R. S. B., TIVANE, C.; ALBUQUERQUE, J. F. G.; MIGLINO, M. A.; OLIVEIRA, M. F. Macroscopia e topografia do aparelho digestório de emas (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 7, p. 681-686, 2012.
- SAHIN, B.; ASLAN, H.; UNAL, B.; CANAN, S.; BILGIC, S.; KAPLAN, S.; TUMKAYA, L. Brain volumes of the lamb, rat and bird do not show hemispheric asymmetry: a stereological study. **Image Analysis & Stereology**, v. 20, n. 1, p. 9-13, 2001.
- SANTOS, T. C.; SOUSA, J. A.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. M.; PARIZZI, R. C.; MIGLINO, M. A. Morfologia dos órgãos genitais masculinos e da cloaca da ema (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 430-440, 2011.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Brasília: [s.n.], 1985. V. 1, 482 p.

STRIEDTER, G. F.; CHARVET, C. J. Developmental origins of species differences in telencephalon and tectum size: morphometric comparisons between a parakeet (*Melopsittacus undulatus*) and a quail (*Colinus virgianus*). **Journal of Comparative Neurology**, v. 507, n. 5, p. 1663-1675, 2008.

ANEXOS

**ANEXO A - SISTEMA DE AUTORIZAÇÃO E INFORMAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE (ICMBio)**

**ANEXO B - PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS
(CEUA/UFERSA)**

ANEXO C – ARTIGO SUBMETIDO

ANEXO A



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

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 53573-2	Data da Emissão: 26/04/2017 19:13	Data para Revalidação*: 26/05/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: HERSON DA SILVA COSTA	CPF: 014.109.504-09
Título do Projeto: MORFOLOGIA DA BASE DO ENCÉFALO DE EMAS (Rhea americana americana Linnaeus, 1758)	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO	CNPJ: 24.529.265/0001-40

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Revisão de literatura	05/2016	12/2016
2	Coleta de material para macroscópica e microscopia de luz	08/2016	12/2016
3	Análise e documentação da macroscopia	12/2016	02/2017
4	Processamento de material para microscopia de luz	02/2017	04/2017
5	Análise e documentação do material processado (microscopia de luz)	04/2017	07/2017
6	Redação da dissertação de mestrado	07/2017	12/2017
7	Redação e submissão de artigos científicos	12/2017	02/2018
8	Defesa da dissertação	02/2018	02/2018

Observações e ressalvas

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

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	GLEIDSON BENEVIDES DE OLIVEIRA	Colaborador	013.586.734-70	2329578 SSP-RN	Brasileira
2	RADAN ELVIS MATIAS DE OLIVEIRA	Colaborador	076.974.554-71	2411987 SSP-RN	Brasileira

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	MOSSORO	RN	Centro de Multiplicação de Animais Silvestres	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa n° 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 11479719



Página 1/3



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

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 53573-2	Data da Emissão: 26/04/2017 19:13	Data para Revalidação*: 26/05/2018
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: HERSON DA SILVA COSTA	CPF: 014.109.504-09
Título do Projeto: MORFOLOGIA DA BASE DO ENCÉFALO DE EMAS (Rhea americana americana Linnaeus, 1758)	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO	CNPJ: 24.529.265/0001-40

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Rhea americana

Material e métodos

1	Amostras biológicas (Aves)	Animal encontrado morto ou partes (carcaça)/osso/pele
2	Método de captura/coleta (Aves)	Outros métodos de captura/coleta(Manual)
3	Método de marcação (Aves)	Colar

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO	criadouro científico

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

Código de autenticação: 11479719



Página 2/3

ANEXO B



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

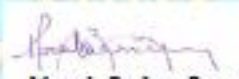
Mossoró, 06 de dezembro de 2016.



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Morfologia do encéfalo de emas", protocolo n. 23091.010469/2016-03 sob a responsabilidade de Moacir Franco de Oliveira. – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da lei 11794 de 8 de outubro de 2009 e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido –UFERSA em reunião de 05/12/2016

<i>Vigência do projeto</i>	<i>Janeiro de 2017 a Março de 2017</i>
<i>Espécie/Inibição</i>	<i>Emas (Rhea americana)</i>
<i>N. de Animais</i>	<i>10 animais vivos e 22 animais post-mortem</i>
<i>Periodade</i>	<i>Jovens e adultos</i>
<i>Sexo</i>	<i>ambos</i>
<i>Origem</i>	<i>Centro de Multiplicação de Animais Silvestres – CEMAS-UFERSA</i>



Marcelo Barbosa Bezerra
Presidente CEUA-UFERSA

ANEXO C

Acta Scientiae Veterinariae

RESEARCH ARTICLE

Anatomia Macroscópica e Vascularização do Encéfalo de Emas**(*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)*****Macroscopic Anatomy and Brain Vascularization in the Greater Rhea****(*Rhea americana americana* LINNAEUS, 1758)***

Herson da Silva Costa¹, Hélio Noberto de Araújo Júnior¹, Ferdinando Vinicius Fernandes Bezerra¹, Carlos Eduardo Vale Rebouças¹, Danilo José Ayres de Menezes², Carlos Eduardo Bezerra de Moura¹ & Moacir Franco de Oliveira¹

*Artigo baseado em uma dissertação no cumprimento parcial dos requisitos para o Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), Mossoró, RN, Brazil.¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brazil. ²Departamento de Morfologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). CORRESPONDENCE: H.S. Costa [herson-costa@hotmail.com - Tel.: +55 (84) 3317-8381]. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), UFERSA. Av. Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. CEP 59.625-900 Mossoró, RN, Brazil.

ABSTRACT

Background: The *Rhea americana americana* is a wild bird belonging to the group of Ratites, and is important from the scientific point of view given their adaptability to captivity. Considering that information about its morphology is important for the viability of domesticating the species, the aim of this study was to macroscopically identify the brain regions, as well as the cerebral arteries and the cerebral arterial circuit in order to establish the cerebral vascular pattern and systematization.

Materials, Methods & Results: 21 brains from young and adult Greater Rheas of both sexes were used from animals that had died due to natural causes and were then kept in a freezer. The specimens were thawed and incised in the cervical region to allow exposure of the left common carotid artery, which was cannulated. The vascular system was rinsed with 0.9% saline solution, then perfused with latex Neoprene 650 and stained with red pigment. The animals were subsequently fixed in 3.7% aqueous formaldehyde solution for 72 hours, and then they were dissected by removing the bones from the skull cap. The brains were analyzed, and the structures were identified, photographed, schematized and denominated. Morphometric measurements were performed on the basilar and cerebellar ventral caudal arteries, recording the values of length and width in millimeters with the aid of a digital caliper. The brain was divided into: telencephalon, diencephalon, brainstem and cerebellum; while externally, the observed structures are: olfactory bulbs, optical lobes, optic nerves, optic chiasm, pituitary and pineal glands. Vascularization was performed by the following arteries: ventral spinal artery, basilar artery, ventricular cerebellar arteries, medium ventricular cerebellar arteries, caudal branches of the carotid arteries of the brain, ventral mesencephalic artery, cerebral caudal arteries, rostral branches of the carotid arteries of the brain, middle cerebral arteries, cerebroethmoidal arteries, rostral intercerebral anastomosis, rostral cerebral arteries, ethmoidal arteries, internal ophthalmic arteries, inter-hemispheric artery, pituitary arteries, dorsal mesencephalic tectal arteries, dorsal cerebellar arteries, occipital, pineal and

dorsal hemispherical branches. The cerebral arterial circuit was both caudally and rostrally closed in 100.0% of the samples, being composed of the arteries: basilar artery, caudal branches of the carotid brain, rostral branches of the brain carotid, cerebroethmoidal arteries and rostral intercerebral anastomosis.

Discussion: Encephalon classification regarding the presence or absence of gyri is a characteristic associated to evolutionary aspects among vertebrates, being respectively considered as liencephalon or girenencephalus when it presents or does not present convolutions. In Greater Rheas, the telencephalon was quite developed, with a relatively rounded shape and the absence of sulci and convolutions in the cortex, which allowed it to be classified as a liencephalon. Such findings resemble those described for the ostrich and in a comparative study involving kiwis, emus, owls and pigeons, although different sizes and forms of telencephalon development were observed in the latter. Regarding the cerebral arterial circuit, this structure in Rheas was complete and both caudally and rostrally closed in 100.0% of the specimens. Our findings differ from those observed for ostriches, in which a rostrally open behavior has been described, while it is caudally closed in 20.0% of cases and opened in 80.0%. Regarding the vascular type of the brain, in the Rhea it was observed that there was only contribution of the carotid system, similar to that found for birds such as ostriches and turkeys which confer a type I encephalic vascularization.

Keywords: arteries, brain, arterial circuit, morphometry, ratites.

Descritores: artérias, cérebro, circuito arterioso, morfometria, ratitas.

INTRODUÇÃO

A ema é uma ave pertencente ao grupo das Ratitas, dada sua incapacidade para voar [5]. Possui distribuição nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil [14], sendo dotada de grande importância científica, devido sua notável adaptabilidade em cativeiro. Tal

característica têm favorecido os estudos relacionados à sua morfologia, em especial, os que envolvem o encéfalo, órgão muito importante por atuar na regulação nos diversos sistemas do organismo, além disso, ainda carece de informações na literatura a esse aspecto, sendo tal investigação de suma importância para auxiliar seu manejo zootécnico e sanitário [10].

Assim, estudos com encéfalo tiveram início em pesquisas realizadas em mamíferos por [6], o qual trouxe importantes considerações sobre a filogenia ao descrever os padrões das artérias encefálicas, bem como, classificou a irrigação da base do encéfalo, em três tipos, sendo o tipo I, ocorrendo exclusivamente via sistema carótico, tipo II, quando ocorrem pelos sistemas carótico e vertebrobasilar e do tipo III, quando ocorre exclusivamente via sistema vertebrobasilar.

Assim, levando em consideração à importância científica e mesmo econômica da espécie, bem como, pela ausência de trabalhos envolvendo a morfologia do encéfalo de emas, objetivou-se então, identificar macroscopicamente as regiões do encéfalo, assim como, as artérias cerebrais e o circuito arterioso cerebral, de modo a estabelecer seu padrão vascular e sistematização. Tais resultados poderão ser úteis para o estudo anatomopatológico da espécie, como também auxiliar pesquisas na área clínica e cirúrgica envolvendo o encéfalo e suas diversas patologias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Foram utilizados 15 encéfalos de emas adultas (18 meses), sendo 13 fêmeas e 2 machos e, 5 jovens (2 meses), sendo 3 fêmeas e 2 machos para o estudo da vascularização arterial do encéfalo e, 1 encéfalo (2 meses, fêmea) foi utilizado para analisar sua morfologia interna, totalizando 21 amostras. Estes animais vieram a óbito por causas naturais e foram conservados em freezer, inteiros quando jovens e a porção cabeça/pescoço quando adultos no

Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais conforme processo nº 23091.010469/2016-03.

Técnica anatômica

Os animais foram descongelados e incisados na região cervical, para exposição da artéria carótida comum esquerda, a qual foi canulada e o sistema vascular lavado com solução salina a 0.9%, e logo após, perfundido com látex Neoprene 650¹, corado com pigmento vermelho². Depois, as peças foram fixadas em solução aquosa de formaldeído a 3.7%, por 72 horas, e posteriormente realizaram-se as dissecações com remoção dos ossos da calota craniana, com auxílio de uma serra oscilatória da marca DREMEL[®] 3000.

Análise das estruturas

Os encéfalos foram removidos e analisados pela superfície ventral, lateral e dorsal utilizando quando necessário, uma lupa da marca (ZEISS - 10x), sendo as estruturas, identificadas, fotografadas, esquematizadas e nominadas de acordo com a nomenclatura adotada pela [1]. Realizou-se ainda, a morfometria das artérias, sendo tomados valores de comprimento e largura em milímetros com auxílio de um paquímetro digital (MITUTOYO[®]).

Análise estatística

A análise baseou-se no cálculo de porcentagem simples, sendo os resultados expostos com base na anatomia descritiva e comparados com a literatura referente a estudos com aves domésticas e silvestres.

RESULTADOS

O encéfalo de emas dividiu-se em: telencéfalo, diencéfalo, mesencéfalo, cerebelo, ponte, medula oblonga, conectando-se a medula espinhal (Figura 1). O telencéfalo se apresentou bastante desenvolvido, com forma arredondada e do tipo lisencéfalo, uma vez que

não apresentou sulcos e circunvoluções, sendo composto pelos hemisférios cerebrais (Figura 2B). Os hemisférios cerebrais, por sua vez, encontraram-se separados pela fissura longitudinal do cérebro, sendo verificadas ainda, duas eminências sagitais (elevações) e duas valéculas (depressões) (Figura 2B). Na extremidade caudolateral dos hemisférios cerebrais, destacaram-se os lobos ópticos (direito e esquerdo), bem desenvolvidos, delimitados pela fissura transversa do cérebro. Já na extremidade rostral dos hemisférios cerebrais, observaram-se os bulbos olfatórios (direito e esquerdo) (Figura 2C). Quanto ao diencéfalo, esta estrutura esteve presente na região média do encéfalo, podendo observar, ventralmente as estruturas: glândula hipófise, quiasma óptico e nervo óptico, já dorsalmente, constatou-se a glândula pineal (Figura 2). Na região caudal do encéfalo, observou-se o tronco cerebral, composto pelo mesencéfalo, ponte e medula oblonga (Figura 1). Dorsalmente ao tronco cerebral, observou-se o cerebelo, muito desenvolvido e composto de três lobos (anterior, médio e posterior), separados pelo ventrículo. Cada lobo por sua vez, foi composto pelos vermis cerebelares, sendo ainda observado as impressões: hemisférica e mesencefálica (Figura 1).

Figura 1

Figura 2

Em ambas, a irrigação do encéfalo foi originada a partir da artéria carótida interna esquerda, o qual deu origem a um tronco carotídeo cerebral e, logo após bifurcou-se, dando origem à artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) na base do encéfalo, sendo esta a única fonte responsável pela irrigação encefálica, e assim sendo classificada como do tipo I (Figura 3). Foi visto ainda, em 100.0% das amostras, uma comunicação entre as duas carótidas, denominada de anastomose intercarótica, característica importante na distribuição sanguínea em ambos os antímeros (Figura 4).

Figura 3

Figura 4

As artérias carótidas do cérebro emitiram dois ramos, em 100.0% dos espécimes. O ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda), os quais foram responsáveis por originarem as artérias: hipofisárias, tectais mesencefálicas ventrais e basilar, que por sua vez, foram importantes na vascularização da glândula hipófise, lobos ópticos e tronco cerebral, respectivamente. Já o ramo rostral da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) seguiu na altura do quiasma óptico e neste local emitiu colateralmente, a artéria cerebral caudal (direita e esquerda) e, em seguida, a artéria cerebral média (direita e esquerda) e a artéria oftálmica interna (direita e esquerda). Finalizou-se medialmente seu trajeto como seu ramo terminal, a artéria cerebroetmoidal (direita e esquerda) (Figura 5).

Figura 5

No sentido caudal, evidenciou-se à artéria basilar, em 100.0% das peças, sendo oriunda a partir do ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) e projetando-se na fissura mediana ventral, onde emitiu as artérias cerebelares ventrais médias e cerebelares ventrais caudais, em ambos os antímeros. Logo depois, a basilar abandonou a cavidade craniana através do forame magno e originou a artéria espinhal ventral, na região de medula espinhal, sendo responsável por irrigar esta região (Figura 5B). Quanto à morfologia da basilar, encontraram-se diferentes arranjos, em 15 encéfalos observou-se um trajeto sinuoso (Figura 6A), em 2 encéfalos um trajeto retilíneo (Figura 6B) e em 3 encéfalos evidenciou-se uma estrutura circular com diferentes tamanhos (Figura 6C, D e E).

Figura 6

Colateralmente a artéria basilar surgiu à artéria cerebelar ventral média (direita e esquerda) na altura da ponte, totalizando três vasos. Após sua emissão, estes vasos projetaram-se até alcançar a região mediana do cerebelo e assim foram responsáveis pela sua irrigação (Figura 5B). Em seguida, observou-se a artéria cerebelar ventral caudal (direita e esquerda), os quais foram ramos simétricos colaterais da artéria basilar e projetou-se como um

vaso único e sinuoso, indo vascularizar a região caudal do cerebelo, observada em 15 encéfalos (Figura 6A). Foi visto ainda, algumas diferenças quanto a sua origem e percurso, ou seja, em 2 encéfalos foi emitida na mesma altura e seguiu percurso oblíquo (Figura 6B), em 1 encéfalo surgiu em alturas diferentes (2.05 mm) e percurso oblíquo (Figura 6C), em 1 encéfalo foi emitida em alturas diferentes (0.79 mm) e percurso oblíquo (Figura 6D) e em 1 encéfalo surgiu em alturas diferentes (0.72 mm) e percurso retilíneo (Figura 6E).

Já no sentido rostral, observou-se a artéria cerebral caudal (direita e esquerda), originada colateralmente a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, o qual seguiu de forma oblíqua em direção à fissura transversa do cérebro, sendo importante na emissão de algumas artérias que se dirigiram até a região dorsal do encéfalo como: tectais mesencefálicas dorsais, cerebelaes dorsais, ramos hemisféricos occipitais e pineais, que por sua vez, foram responsáveis pela vascularização das regiões: lobos ópticos, cerebelo, hemisférios cerebrais e glândula pineal, respectivamente (Figura 7A, B).

Figura 7

Em seguida, evidenciou-se a artéria cerebral média (direita e esquerda), oriunda a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, de forma colateral e única em 100.0% dos encéfalos (Figura 5). Esta artéria se projetou até a face convexa do hemisfério cerebral, o qual emitiu vários ramos que foram responsáveis pela sua vascularização. Logo após, observou-se a emissão da artéria oftálmica interna (direita e esquerda), a partir do ramo rostral da artéria carótida do cérebro, o qual se projetou rostralmente e abandonou a cavidade craniana, indo vascularizar o interior da cavidade orbitária através do forame óptico (Figura 5B). Por fim, o ramo rostral da artéria carótida do cérebro, curvou-se medialmente dando origem ao seu ramo terminal, a artéria cerebroetmoidal (direita e esquerda) (Figura 5). Esta, após percorrer curto trajeto, se uniram através da anastomose intercerebral rostral (Figura 5), logo após, emitiu medianamente a artéria inter-hemisférica, que por sua vez, deu origem aos ramos

hemisféricos dorsais (Figura 7C). Já láterorostralmente, as cerebroetmoidais emitiram as artérias cerebrais rostrais, em ambos os antímeros e, finalizou dando origem as artérias etmoidais, pelo qual adentrou o forame olfatório e percorreu a lâmina crivosa etmoidal, indo distribuir-se na cavidade nasal (Figura 5).

O circuito arterioso cerebral de emas apresentou-se completo e fechado, caudalmente e rostralmente em 100.0% dos espécimes, sendo composto pelas artérias: basilar, ramos caudais da carótida do cérebro, ramos rostrais da carótida do cérebro, cerebroetmoidais e anastomose intercerebral rostral (Figura 5B).

DISCUSSÃO

A classificação do encéfalo quanto à presença ou não de giros é uma característica associada a aspectos evolutivos entre os vertebrados, sendo o encéfalo considerado lisencéfalo ou girencéfalo, quando não apresenta ou apresenta circunvoluções, respectivamente. Em emas, o telencéfalo, apresentou-se bastante desenvolvido, com forma relativamente arredondada e com ausência de circunvoluções no córtex o que permitiu que fosse classificado como do tipo lisencéfalo. Além disto, os hemisférios cerebrais encobriam completamente o diencéfalo e o mesencéfalo em vista dorsal, caracterizando assim a maior parte do encéfalo. Tais achados se assemelharam ao descrito para o avestruz [8] e ao relatado em estudo comparativo entre kiwi, emu, coruja e pombo [9], embora destaquem-se nestes últimos, diferentes tamanhos e formas de desenvolvimento do telencéfalo.

Quanto ao cerebelo, na ema esta estrutura localizou-se caudalmente aos hemisférios cerebrais, sendo bastante desenvolvida e composta de três lobos, anterior, médio e posterior. Tais achados corroboraram com pesquisas realizadas em avestruzes [8], os quais reportaram a presença desta estrutura sendo bem desenvolvida. Diferentemente dos nossos achados, foi descrito em kiwis [9], pois estes animais possuem cerebelo de tamanho reduzido.

No presente estudo, evidenciou-se na extremidade caudolateral dos hemisférios cerebrais, que os lobos ópticos, apresentaram-se bem desenvolvidos, em ambos antímeros, semelhante ao observado em avestruzes [13] e frangos [7]. Resultado diferente ao encontrado em pesquisas com corujas e kiwis [9], onde descreveram o lobo óptico em tamanho reduzido e muito reduzido, respectivamente, sobre o qual os autores justificam que se deve ao fato desses animais serem de habitat noturno, o que implicou em regressão dessa estrutura impulsionada pelos baixos níveis de luz.

Quanto à vascularização do encéfalo, em emas, foi visto que as artérias carótidas do cérebro se uniram através da anastomose intercarótica, semelhantemente ao observado em *Gallus gallus* [2,3] e avestruzes [12]. A existência dessa estrutura, em aves, talvez seja explicada pela ausência da contribuição das artérias vertebrais, que pode ter levado estes animais a desenvolverem tal estrutura, de modo a garantir a irrigação em ambos os antímeros.

No que tange a artéria basilar, esta se mostrou bem desenvolvida em 100.0% dos espécimes, sendo oriunda a partir do ramo caudal da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) e projetou-se caudalmente, na fissura mediana ventral com diferentes arranjos, ou seja, com trajeto sinuoso, retilíneo e apresentando uma estrutura circular possuindo três diferentes tamanhos. Este arranjo vascular difere do observado em avestruz [12], em que a artéria basilar surgiu em alguns exemplares como um vaso duplo.

No que se refere às artérias cerebelares ventrais caudais, observou-se no presente estudo, que estes vasos foram emitidos a partir da artéria basilar, com diferentes arranjos, ou seja, projetaram-se como vaso único, sinuoso e na mesma altura em 75.0% dos espécimes, na mesma altura e percurso oblíquo em 10.0% encéfalos, em alturas diferentes (2.05 mm) e percurso oblíquo em 5.0% encéfalo, em alturas diferentes (0.79 mm) e percurso oblíquo em 5.0% encéfalo e, em alturas diferentes (0.72 mm) e percurso retilíneo em 5.0% encéfalo. Nossos achados diferiram do observado em *Gallus gallus* [3], os quais relataram que a artéria

cerebelar ventral caudal esteve presente e única em 100.0% dos achados à direita, enquanto à esquerda foi única em 96.7% e dupla em 3.3%.

Em relação ao circuito arterioso cerebral de emas, este se apresentou completo e fechado, caudalmente e rostralmente em 100.0% dos animais. Nossos resultados foram de encontro ao relatado em avestruz [12], o qual se observou um comportamento aberto rostralmente, enquanto caudalmente foi fechado em 20.0% dos casos (6 animais) e aberto em 80.0% (24 animais). Diferentemente ainda, do observado em *Gallus gallus* [2,3], onde o circuito arterioso cerebral foi 100.0% fechado caudalmente e 100.0% aberto rostralmente. Dista ainda, o descrito para gaivota prateada [11] e peru [4], os quais descreveram um comportamento sempre aberto, rostralmente e caudalmente, respectivamente.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, concluímos que o encéfalo de emas apresentou-se internamente dividido em: telencefalo, diencéfalo, tronco cerebral e cerebelo, podendo ser observado ainda, externamente, às estruturas: bulbos olfatórios, lobos ópticos, nervos ópticos, quiasma óptico, hipófise e pineal.

Quanto à vascularização arterial do encéfalo, esta foi desempenhada pelas seguintes artérias: espinhal ventral, basilar, cerebelares ventrais caudais, cerebelares ventrais médias, ramos caudais das artérias carótidas do cérebro, tectais mesencefálicas ventrais, cerebrais caudais, ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro, cerebrais médias, cerebroetmoidais, anastomose intercerebral rostral, cerebrais rostrais, etmoidais, oftálmicas internas, inter-hemisférica, hipofisarias, tectais mesencefálicas dorsais, cerebelares dorsais, ramos hemisféricos occipitais, pineais e ramos hemisféricos dorsais. Já o circuito arterioso da espécie, foi visto um comportamento completo e fechado, em 100.0% das amostras, caudalmente e rostralmente.

MANUFACTURERS

¹Du Pont do Brasil S.A. São Paulo, SP, Brazil.

²Globo S.A. Tintas e Pigmentos. São Paulo, SP, Brazil.

Ethical approval. Esta pesquisa foi realizada após avaliação e aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com protocolo nº 23091.010469/2016-03.

Declaration of interest. The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of paper.

REFERÊNCIAS

- 1 Baumel J.J. 1993.** *Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium*. 2nd edn. Cambridge: Nuttall Ornithological Club, 779p.
- 2 Campos R. 1987.** Contribuição ao estudo do comportamento das artérias carótidas na base do encéfalo em *Gallus gallus*. 101f. São Paulo, SP. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária e Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.
- 3 Campos R., Ferreira N. & Marrone A.C.H. 1995.** A sistematic study of encephalic blood supply in *Gallus gallus*. *Journal of Anatomy and Embryology*. 100(2): 111-121.
- 4 Carvalho A.D. & Campos R. 2011.** A systematic study of the brain base arteries in the turkey (*Meleagris gallopavo*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 31(1): 39-46.
- 5 De Cicco L.H.S. 2001.** Ema – Ela é criada pelo pai. 2001. Disponível em: < <http://www.saudeanimal.com.br/2015/11/30/ema-ela-e-criada-pelo-pai/> >. Acesso em: 22 de abril de 2017.
- 6 De Vriese B. 1905.** Sur la signification morphologique des artères cérébrales. *Archives de Biologie*. 21: 357-457.

- 7 Gupta S.K., Behera K., Pradhan C.R., Mandal A.K., Sethy K., Behera D. & Shinde K.P. 2016.** Studies of the macroscopic and microscopic morphology (hippocampus) of brain in Vencobb broiler. *Veterinary World*. 9(5): 507-511.
- 8 Marques K.V., Bandeira R., Saviani G., Marques V.B. & Veras M.M. 2013.** Estudo anatômico do encéfalo de avestruz (*Struthio Camelus*). *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*. 7(7): 1-16.
- 9 Martin G.R., Wilson K.J., Wild J.M., Parsons S., Kubke M.F. & Corfield J. 2007.** Kiwi forego vision in the guidance of their nocturnal activities. *Plos One*. 2(2): 1-6.
- 10 Mello N.H. 1987.** A ficha do bicho – Ema. *Globo Rural*. 5: 56-60.
- 11 Midtgard U. 1984.** The blood vascular system in the head of the herring gull (*Larus argentatus*). *Journal of Morphology*. 179(2): 135-152.
- 12 Nazer M.B. & Campos R. 2011.** Systematization of the brain base arteries in ostrich (*Struthio camelus*). *Brazilian Journal of Morphological Science*. 28(4): 268-274.
- 13 Peng K.M., Feng Y., Zhang G., Liu H. & Song H. 2010.** Anatomical study of the brain of the African ostrich. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 34(3): 235-241.
- 14 Sick H. 1985.** *Ornitologia brasileira*, v. 1-2. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 482 p.

FIGURE LEGENDS

Figura 1. Macroscopia interna do encéfalo de emas, fêmea jovem – corte sagital. Observa-se as estruturas internas, telencéfalo (TE), diencéfalo (DE), mesencéfalo (ME), nervo óptico (No), ponte (Po), medula oblonga (Mo), medula espinhal (Me), glândula pineal (Pi), glândula hipófise (H), lobo anterior do cerebelo (La), lobo médio do cerebelo (Lm), lobo posterior do cerebelo (Lp), ventrículo do cerebelo (V), vermis cerebelares (*), impressão hemisférica (1) e impressão mesencefálica (2). Barra= 1cm.

Figura 2. Anatomia macroscópica do encéfalo de emas, fêmeas adultas. Em (A), vista ventral onde se observa o bulbo olfatório (a), hemisférios cerebrais (b), nervos ópticos (c), quiasma óptico (d), hipófise (e), lobos ópticos (f), ponte (g), flóculos (aurícula do cerebelo) (h), medula oblonga (i), medula espinhal (j). Em (B), vista dorsal, onde se evidencia a eminência sagital (a), valécula (b), fissura longitudinal do cérebro (c), hemisférios cerebrais (d), pineal (e), lobos ópticos (f), cerebelo (g). Em (C), vista lateral esquerda, onde se constata o bulbo olfatório (1), hemisfério cerebral (2), fissura transversa do cérebro (3), lobo óptico (4), cerebelo (5) e tronco cerebral (6). Barra= 1cm.

Figura 3. Origem vascular do encéfalo de emas. Em (A), observa-se um desenho esquemático da região do pescoço, vista lateral esquerda, onde podemos constatar as artérias: carótida interna esquerda (CI), mandibular (Mand.), maxilar (Max.), tronco carotídeo cerebral (TCC), oftálmica externa (OE), carótida externa (CE), facial (Fac.), carótida do cérebro direita (CCd) e carótida do cérebro esquerda (CCe). Em (B), observa-se em vista ventral (macho adulto), o momento da chegada ao encéfalo da artéria carótida do cérebro (direita e esquerda) (1), glândula hipófise (2), sela túrcica (3). Barra= 1cm.

Figura 4. Fotomacrografia da base do encéfalo de emas, macho jovem – Vista ventral. Em detalhe, observa-se as artérias carótidas do cérebro (1) e a anastomose intercarótida (2). Barra= 1cm.

Figura 5. Vascularização arterial da base do encéfalo em emas, fêmea adulta – Vista ventral. Em A, observa-se as artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), cerebrais caudais (7), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (8), cerebrais médias (9), cerebroetmoidais (10), anastomose intercerebral rostral (círculo), cerebrais rostrais (11), etmoidal (12). Em B, um desenho esquemático, onde se observa o padrão vascular das artérias da base do encéfalo na espécie, representada pelas

artérias: espinhal ventral (1), basilar (2), cerebelares ventrais caudais (3), cerebelares ventrais médias (4), ramos caudais das artérias carótidas do cérebro (5), tectais mesencefálicas ventrais (6), carótidas do cérebro (7), cerebrais caudais (8), ramos rostrais das artérias carótidas do cérebro (9), cerebrais médias (10), oftálmicas internas (11) cerebroetmoidais (12), anastomose intercerebral rostral (13), cerebrais rostrais (14), etmoidais (15), inter-hemisférica (16), anastomose intercarotídea (cabeça de seta), hipofisarias (*) e glândula hipófise (H). Barra= 1cm.

Figura 6. Comportamento da artéria basilar e artérias cerebelares caudais em emas (fêmeas adultas) – Vista ventral. Em A, o padrão vascular encontrado, onde se observa a artéria basilar sinuosa (BS), artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso sinuoso. Em B, variação anatômica, evidenciando a artéria basilar retilínea (BR), artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2) com mesma origem e percurso oblíquo. Em C, D e E, constata-se outras variações anatômicas, onde se observam uma estrutura circular compondo a artéria basilar, com medidas de comprimento e largura de: 1.78 mm e 1.06 mm, 2.40 mm e 1.62 mm e, 2.60 mm e 1.69 mm, respectivamente, e ainda variações na artéria cerebelar caudal direita (1) e esquerda (2), sendo observadas diferenças na origem entre as duas artérias de 2.05 mm (percurso oblíquo), 0.79 mm (percurso oblíquo) e 0.72 mm (percurso retilíneo), respectivamente. Barra= 1cm.

Figura 7. Vascularização do encéfalo de emas, fêmea adulta – Vista dorsal. Em A, observaram-se as artérias: tectal mesencefálica dorsal direita (1) e esquerda (2), cerebelares dorsais (3), lobos ópticos (Lo), cerebelo (C). Em B, evidenciaram-se as artérias: pineal direita (1) e esquerda (2), ramos hemisféricos occipitais direitos (3) e esquerdos (4). Em C, constataram-se as artérias: inter-hemisférica (*), ramos hemisféricos dorsais direitos (1) e esquerdos (2), hemisférios cerebrais (Hc). Barra= 1cm.