

Anatomia dos núcleos da base de *Alouatta belzebul*

*Anatomy of the basal nuclei of *Alouatta belzebul**

Dayane Kelly Sabec-Pereira^{1,2*} , Fabiano Rodrigues de Melo³ , Fabiana Cristina Silveira Alves de Melo³ , Kleber Fernando Pereira⁴ , Valcínir Aloísio Scalla Vulcani⁵ 

¹Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil.

²Faculdade Biopark, Toledo, Paraná, Brasil

³Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

⁴Universidade Federal do Paraná (UFPR), Toledo, Paraná, Brasil

⁵Universidade Federal de Jataí (UFJ), Jataí, Goiás, Brasil.

*Correspondente: daya_ks@hotmail.com

Resumo

Os núcleos da base são corpos de neurônios, bem delimitados e com funções específicas, localizados no interior do centro medular branco do cérebro, envolvidos diretamente com o sistema motor, através de uma função moduladora dos movimentos, participando sobremaneira nos processos de planejamento e controle dos movimentos. Os estudos sobre estes núcleos em primatas são reduzidos e na espécie *Alouatta belzebul*, inexistente. O objetivo do presente estudo foi descrever a morfologia dos núcleos da base do encéfalo de *Alouatta belzebul*. Para tanto, foram utilizados dez encéfalos de *Alouatta belzebul*, machos e fêmeas, onde após a remoção e corte coronal do cérebro, realizou-se à técnica de Mayland para evidenciar os núcleos da base. Verificou-se a presença do núcleo caudado, núcleo lentiforme (este formado pelo putâmen, globo pálido medial e globo pálido lateral), claustró e substância negra, que, funcionalmente, estão relacionados com o controle motor. A substância negra faz parte do mesencéfalo e está ainda relacionada com a aprendizagem decorrentes dos efeitos da dopamina, responsável por ativar o sistema de recompensa e vício no telencéfalo e tem ainda, relação com o núcleo rubro que também é um núcleo do mesencéfalo. Em *Alouatta belzebul* o núcleo rubro está presente. Verificou-se na literatura que a degeneração de células da substância negra pode ocasionar a doença de Parkinson em *Macaca fascicularis*, e pelo fato do *Alouatta belzebul* apresentar as mesmas estruturas anatômicas dos núcleos da base do mesencéfalo de *Macaca fascicularis*, poderia ser utilizado como modelo experimental em estudos clínicos para a doença de Parkinson.

Palavras-chave: Núcleo da base; Substância negra; Putâmen; Globo pálido; bugio.

Abstract

The basal nuclei are well-defined bodies of neurons with specific functions, located inside the white medullary center of the brain, directly involved with the motor system, participating greatly in the planning and control processes of movements. Studies on these nuclei in non-human primates are small and in the *Alouatta belzebul* species, nonexistent. The aim of the present study was to describe the morphology of the nuclei at the base of the brain of *Alouatta belzebul*. Ten male and female *Alouatta belzebul* brains were used, where after removal and coronal cut of the brain, the Mayland technique was performed to show the basal nuclei. There was the presence of the caudate nucleus, lentiform nucleus (this formed by the putamen, medial globus pallidus and lateral globus pallidus), claustrum and substantia nigra, which, functionally, are related to motor control. The substantia nigra is part of the midbrain and is also related to learning resulting from the effects of dopamine, responsible for activating the reward and addiction system in the telbrain and is also related to the red nucleus, which is also a midbrain nucleus. In *Alouatta belzebul* the red nucleus is present. It was found in the literature that degeneration of substantia nigra cells can cause Parkinson's disease in *Macaca fascicularis*, and because *Alouatta belzebul* has the same anatomical structures in the basal nuclei of the base of *Macaca fascicularis*, it is suggested that studies of functional evaluation of these structures should be carried out to verify whether *Alouatta belzebul* can be used as an experimental model for Parkinson's disease.

Keywords: Basal ganglia; Substantia nigra; Putamen; Globe pale; Howler monkey.

Recebido: 18 de outubro de 2021. Aceito 12 de dezembro de 2021. Publicado: 3 de fevereiro de 2022.
www.revistas.ufg.br/vet como citar - disponível no site, na página do artigo.

Introdução

A espécie *Alouatta belzebul* é endêmica do Brasil e ocorre em uma mistura de habitats, incluindo a floresta amazônica de várzea, a floresta de várzea de Marajó e fragmentos do norte da Mata Atlântica¹. De acordo com a classificação da Lista Vermelha da Fauna Brasileira ameaçada de extinção e atualizada em 2018, a espécie

Alouatta belzebul é categorizada como vulnerável. Uma espécie está vulnerável quando as evidências disponíveis indicam que a mesma enfrenta um risco elevado de extinção na natureza em um futuro bem próximo. No caso de *Alouatta belzebul*, a classificação como vulnerável se deve ao fato de que a espécie diminuiu em pelo menos 30% nos últimos 36 anos (três gerações). Na Mata Atlântica brasileira, a subpopulação isolada está em uma

condição mais crítica, com apenas 200 indivíduos sobrevivendo em fragmentos isolados no litoral nordestino^{2,3}.

O estudo descritivo da anatomia de animais silvestres experimenta, nos dias atuais, inegável importância. A grande proximidade dos primatas não humanos com o homem permite adotá-los como modelo para pesquisas humanas em várias áreas como: anatomia, fisiologia, endocrinologia, imunologia e biotecnologia na reprodução¹. O conhecimento aprimorado da anatomia e, em particular, do sistema nervoso pode representar um fator importante para a preservação, proteção e compreensão da evolução dos primatas neotropicais^{4,5,6,7,8}.

A anatomia macroscópica serve como ferramenta de fundamental importância para a descrição de uma espécie e/ou para a comparação entre espécies que apresentem semelhanças morfológicas e a anatomia mesoscópica e microscópica a complementam, uma vez que abordam a organização e função dos tecidos. A informação morfológica sobre os núcleos da base permite a compreensão do comportamento motor e aspectos etológicos e comportamentais de diferentes espécies, bem como apoia o desenvolvimento de estratégias conservacionistas^{7,9,10}. A espécie *Alouatta belzebul* foi avaliada em outros estudos anatômicos, como na medula espinhal¹¹, vascularização do encéfalo¹², tubo digestório¹³, seios venosos da dura-máter¹⁴ e sistema reprodutor feminino¹⁵, entretanto, as ilhas de substância cinzenta (corpos celulares) no interior da substância branca do encéfalo e de extrema importância para o controle motor chamadas núcleos da base, não foram estudadas nesta espécie.

Os núcleos da base são constituídos por massas de substância cinzenta (núcleos) situadas no interior do centro branco medular do cérebro que é a substância branca do telencéfalo. Originalmente, considerava-se do ponto de vista estritamente anatômico apenas cinco núcleos: o núcleo caudado, o putâmen, o globo pálido, o corpo amigdaloide e o claustró¹⁶. Dessas estruturas, apenas duas não se relacionam diretamente com a função motora: o corpo amigdaloide (relacionado com o comportamento emocional e a memória em humanos) e o claustró (de função desconhecida, embora se especule que esteja relacionado com função visual). O putâmen e o globo pálido constituem o núcleo lentiforme e esse, juntamente com o núcleo caudado forma o chamado corpo estriado¹⁷.

No sentido funcional mais amplo, a literatura científica considera ainda como parte dos núcleos da base certas estruturas que mantêm importantes conexões e íntimas relações funcionais com os “verdadeiros” núcleos da base, a saber: a substância negra (situada no mesencéfalo), o núcleo subtalâmico (principal constituinte do subtálamo no diencéfalo) e o núcleo tegmental peduncular pontino (situado na a formação

reticular parabraquial pontina)^{18,19}. Neste estudo teve por objetivo identificar e descrever a anatomia mesoscópica dos núcleos da base do *Alouatta belzebul*.

Material e métodos

Para este estudo foram utilizados dez encéfalos de *Alouatta belzebul*, machos e fêmeas, adultos e livres de lesões, recolhidos no período de resgate e salvamento de fauna terrestre durante as atividades de implantação da Usina hidrelétrica de Belo Monte – Brasília-DF, regidos pelo processo do IBAMA nº 02001.001848/2006-75 e autorização nº 473/2014. Após o resgate, os animais foram congelados e encaminhados para o Laboratório de Anatomia Humana e Comparativa da Universidade Federal de Jataí, sendo mantidos congelados até o início do processamento. O procedimento experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Goiás (UFG) (protocolo número 083/17).

Todos os animais foram pesados e em seguida conservados em solução aquosa de formaldeído 10% por meio de injeções intramusculares, subcutâneas e intracavitárias. Os espécimes foram mantidos nessa solução por no mínimo 72h. Após o período de fixação os encéfalos foram cuidadosamente removidos do crânio, retirando a calota craniana com auxílio de uma serra oscilatória (Dremel® 3000) no sentido crânio-caudal, desde a altura do osso frontal ao occipital, de forma a manter a integridade encefálica. Os encéfalos após a retirada foram pesados em balança analítica digital (modelo EEQ9003F-B marca Edutec®) e medidos com paquímetro digital da marca MTX® e documentados com câmera digital, os mesmos foram mantidos em solução de formaldeído 10%.

Para a análise mesoscópica dos núcleos da base, realizou-se a técnica de Mayland. Como preparo, cortes frontais seriados de espessura de 10 mm do encéfalo de *Alouatta belzebul* foram realizados, apoiando-se o material sobre uma superfície plana, com auxílio de marcadores com 10 mm e lâmina com corte afiado. Foram separados 15 cortes de cada telencéfalo, colocados em água oxigenada a 10 volumes por 24 horas para clareamento e então lavagem em água corrente. A técnica descrita por Mainland²⁰ (1926) e Merini et al.,²¹ (2014) foi realizada da seguinte forma: os cortes foram submersos por 5 minutos em solução de cloreto férrico a 1%, então foram lavados em água corrente. Após essa etapa, os cortes foram submersos em uma solução de ferrocianeto de potássio a 1% até obter a coloração desejada (normalmente por cerca de 30 segundos), e lavada novamente em água corrente. Depois de coloridas, as peças foram colocadas em solução de ácido nítrico a 1% por 24 horas. Para conservação, as peças permaneceram em solução de

formol a 5%. Para a nomenclatura utilizou-se a Nomina Anatômica Veterinária (2017)²².

Resultados e discussão

Os núcleos da base observados em *Alouatta belzebul* como sendo um conjunto de núcleos subcorticais localizados na porção basilar dos hemisférios cerebrais e foram identificados como núcleo caudado, núcleo lentiforme (este formado pelo putâmen, globo pálido medial e globo pálido lateral), claustro, substância negra e núcleo subtalâmico (Figura 1 e 2).

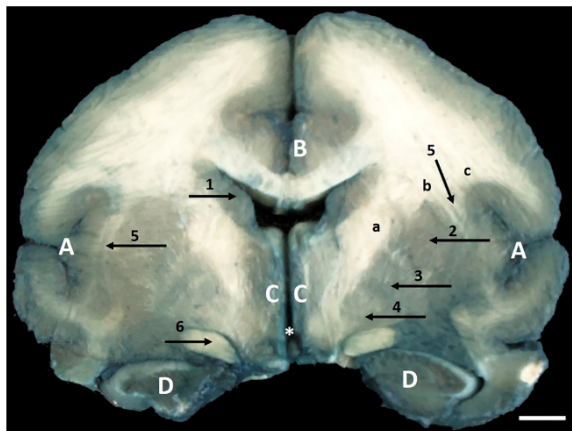


Figura 1. Vista medial em corte coronal do encéfalo de *Alouatta belzebul*. (A) Lobo da ínsula; (B) Giro do cíngulo; (C) Tálamo; (D) Hipocampo; (*) Terceiro ventrículo; (1) Núcleo caudado (corpo); (2) Putâmen; (3) Globo pálido lateral; (4) Globo pálido medial; (5) Claustro; (6) Trato óptico; (a) Cápsula interna (ramo posterior); (b) Cápsula externa; (c) Cápsula extrema. (Barra 0,5 cm).

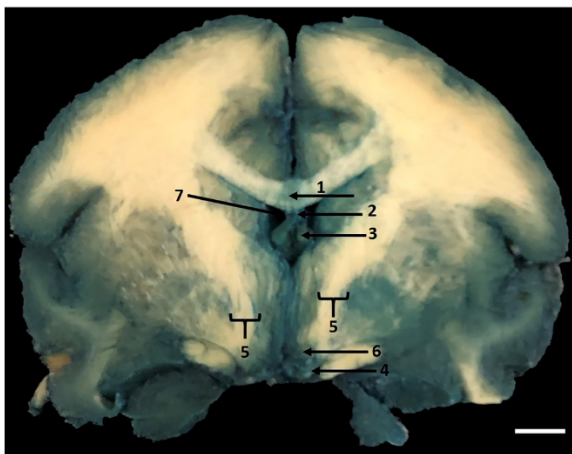


Figura 2. Vista medial em corte coronal do encéfalo de *Alouatta belzebul*. (1) Corpo caloso (tronco), (2) Septo pelúcido; (3) Fórnice (ramo); (4) Substância negra; (5) Pedúnculo cerebral; (6) núcleo rubro e (7) ventrículo lateral. (Barra 0,5cm).

O núcleo caudado do *Alouatta belzebul* apresentou-se composto de substância cinzenta, localizado junto à parede lateral dos ventrículos laterais. Este núcleo é composto por cabeça, corpo e cauda, onde a cabeça corresponde à sua porção anterior fazendo protrusão para o interior do corno anterior do ventrículo lateral, sendo delimitado lateralmente pelo putâmen e pelo braço anterior da cápsula interna. Estes achados corroboram com os dados de Watanabe e Madeira²³ (1982) e Santos²⁴ (2019) em *Sapajus libidinosus*, Geist²⁵ (1930) em Rhesus e por Machado e Haertel¹⁷ (2014) em *Homo*.

O núcleo lentiforme separa-se medialmente do núcleo caudado e do tálamo, pela cápsula interna e lateralmente do claustro, pela cápsula externa. No globo pálido em *Alouatta belzebul* foram identificadas duas porções, um globo pálido medial e um globo pálido lateral em ambos os hemisférios cerebrais, separadas pela lâmina medular interna. Esta lâmina é de difícil visualização nesta espécie. Santos²⁴ (2019) descreve que na altura do quiasma óptico em *Sapajus libidinosus*, o globo pálido foi observado bem demarcado, mas sem suas divisões. Entretanto, em cortes mais caudais foi possível constatar a divisão dois segmentos, separados pela lâmina medular, assim como em *Alouatta belzebul*. O putâmen foi o maior núcleo observado e é constituído de substância cinzenta, que contém corpos de neurônios.

Os núcleos caudado e lentiforme compõem, juntamente, o corpo estriado e que funcionalmente representa o mais importante centro da motricidade somática extrapiramidal em *Homo*^{18,19}.

No corpo estriado de primatas humanos e não-humanos, é possível identificar uma divisão em neostriado e paleostriado. O neostriado é a porção filogeneticamente mais recente e que compreende o núcleo caudado e o putâmen, isto é, a porção lateral do núcleo lentiforme e o paleostriado é a porção filogeneticamente mais antiga e que diz respeito ao globo pálido, ou seja, à porção medial do núcleo lentiforme¹⁶. Todas estas estruturas foram observadas em *Alouatta belzebul*.

O claustro em *Alouatta belzebul* é uma fina e extensa faixa de substância cinzenta onde os neurônios encontram-se conectados com o córtex cerebral, situada entre a cápsula extrema (que separa do córtex cerebral) e a cápsula externa (que separa o putâmen), duas formações de substância branca (Figura 2). Nesta espécie, a cápsula externa juntamente com o claustro e a cápsula extrema estende-se da região do centro branco medular, localizada na parte dorsal do encéfalo, e se encontram em sua extremidade ventral com o centro branco medular na região dos lobos temporais, como também foi observado e descrito por Machado e Haertel¹⁷(2014) em *Homo*, Watanabe e Madeira²³ (1982) e Santos²⁴ (2019) em *Sapajus libidinosus*, e Geist²⁵ (1930) em *Macaca mulatta*. Estudos realizados em mamíferos inferiores²⁶ revelaram que o córtex cerebral envia projeções ao claustro,

havendo em contrapartida uma intensa projeção claustrorotacional bilateralmente, embora com prevalência ipsilateral. O claustrorotacional faz ainda parte do sistema límbico, com projeções dorsolaterais para o lobo da ínsula. Esta projeção não foi encontrada em *Callithrix*²⁷.

Na face medial do telencéfalo, diencéfalo e mesencéfalo foram identificadas em *Alouatta belzebul* outras estruturas anatômicas sendo: tálamo, corpo caloso, septo pelúcido, fórnice (ramo), substância negra, pedúnculo cerebral, núcleo rubro e ventrículo lateral.

A substância negra é um núcleo subcortical relacionado tradicionalmente com os núcleos da base. É composta em *Alouatta belzebul* por neurônios pigmentados por melanina, que dão a substância negra sua coloração escura e está interconectado com as estruturas do corpo estriado (Figura 2). Tilney²⁸ (1927) identificou em *Tarsius* uma substância negra maior e difusa quando comparada a outros primatas, como espécies dos gêneros *Pan*, *Papio* e *Macaca*. O fato de ter um telencéfalo pequeno e uma grande e difusa substância negra está relacionado com o seu baixo desempenho motor. Segundo Noureldine¹⁹ (2019), em *Homo*, a substância negra está associada aos processos de aprendizagem, pois medeia a resposta cerebral a determinados estímulos. Sua função é facilitar a aprendizagem, graças aos efeitos reforçadores da dopamina e além disso, se envolve, na aprendizagem espacial. A dopamina é responsável por ativar o sistema de recompensa e vício no telencéfalo, estando relacionada com a presença do núcleo rubro. Em *Alouatta belzebul* o núcleo rubro está presente (Figura 2). Já o núcleo subtalâmico não foi observado em *Alouatta belzebul*.

A falta ou redução da dopamina afeta os movimentos do corpo decorrentes da degeneração de células da substância negra. Esta redução pode ocasionar em primatas não humanos a doença de Parkinson, conforme estudo publicado por Kikuchi et al.²⁹ (2017), que em *Macaca fascicularis* verificou técnicas de reversão do Parkinson através da introdução de células pluripotentes, induzidas para reparar a função da substância negra e núcleo rubro, alcançando resultados positivos para este primata obtivesse a recuperação de vários movimentos. Assim, acreditamos que pelo fato do *Alouatta belzebul* apresentar estas mesmas estruturas morfológicas que a *Macaca fascicularis*, poderia ser utilizado como modelo experimental em estudos clínicos para a doença de Parkinson.

Conclusão

Na análise dos núcleos da base, pouco estudado em primatas não humanos, verificou-se a presença bastante evidente do núcleo caudado, putâmen, globo pálido medial e globo pálido lateral, claustrorotacional e substância negra e que, funcionalmente, estão relacionados com o controle

motor. A substância negra está ainda relacionada com a aprendizagem decorrentes dos efeitos da dopamina, responsável por ativar o sistema de recompensa e vício no telencéfalo e tem ainda, relação com o núcleo rubro. Em *Alouatta belzebul* o núcleo rubro está presente. Verificou-se na literatura que a degeneração de células da substância negra pode ocasionar a doença de Parkinson em *Macaca fascicularis*, e pelo fato do *Alouatta belzebul* apresentar as mesmas estruturas anatômicas dos núcleos da base de *Macaca fascicularis*, poderia ser utilizado como modelo experimental em estudos clínicos para a doença de Parkinson.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Contribuições do autor

Conceituação: D.K.S. Pereira, F.R. de Melo, F. C. S. A. de Melo, K. F. Pereira, V. A. S. Vulcani; Curadoria de dados: D.K.S. Pereira; Gerenciamento do projeto: D.K.S. Pereira; Recursos: F.R. de Melo; Supervisão: V. A. S. Vulcani; Redação - rascunho original: D.K.S. Pereira, K. F. Pereira, V. A. S. Vulcani; Redação - revisão e edição: D.K.S. Pereira, K. F. Pereira, V. A. S. Vulcani.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro. Ao programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), de Goiânia, pelo apoio na infraestrutura dos laboratórios de pesquisa. Consultoria Naturae Ambiental pela concessão de material cadavérico para o desenvolvimento deste estudo.

Referências

1. Nascimento FF, Bonvicino CR, de Oliveira MM, Schneider MPC, Seuánez HN. Population Genetic Studies of *Alouatta belzebul* from the Amazonian and Atlantic Forests. *American Journal of Primatology*. 2008; 70: 423-431.
2. Valença-Montenegro, M.M., Fialho, M.S., Carvalho, A.S., Ravetta, A.L., Régis, T., de Melo, F.R., Jerusalinsky, L., Veiga, L.M., Mittermeier, R.A., Cortes-Ortiz, L. & Talebi, M. 2021. *Alouatta belzebul* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39957A190412426. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39957A190412426.en>. Downloaded on 26 September 2021.
3. ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II-Mamíferos. Available on: http://icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol2.pdf.
4. Amado LTM, Sousa GC, Silva DCO, Silva Z, Júnior RB, Neto MAF, Lizardo FB, Santos LA, Barros RAC, Santos ALQ. Anatomia da fixação proximal do músculo reto femoral em humanos, *Cebus apella* e *Alouatta guariba*. *Pubvet*. 2011; 5: 1072-1078.
5. Leonel LCPC, Lima TC, Felipe RL, Silva EM, Silva GAO, Silva DCO, Carvalho-Barros RA, Silva Z. Anatomia descritiva da traqueia do macaco-prego (*Sapajus apella*). *Biotemas*. 2013;

- 26: 179-183.
6. Mayor P, Bowler M, Lopez APC. Functional morphology of the female genital organs in the peruvian red uakari monkey (*Cacajao calvus ucayalii*). *Am. J. Primatol.* 2013; 75: 545–554.
7. Lopes GP, Brito AB, Paim FP, Santos RR. Comparative characterization of the external genitalia and reproductive tubular organs of three species of the genus *Saimiri Voigt*, 1831 (Primates: Cebidae). *Anatomia, Histologia Embryologia.* 2016; 46: 143-161.
8. Silva EV, Silva SF, Aversi-Ferreira RAGMF, Abreu T, Nishijo H, Aversi-Ferreira TA. Comparative anatomy of the pelvic nerves in bearded capuchins (*Sapajus sp.*). *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 2016; 53: 1-17.
9. Teixeira DG, Hamlett WC, Guimarães MABV, Morini AC, Araújo KPC, Cury FS, Souza AF, Vidane AS, Ambrósio CE, Miglino MA. Morphological Tools for Describing the Male External Genitalia of *Sapajus apella*. *Zoolog. Sci.* 2015; 32: 97-104.
10. Lima AR, Guimarães SB, Branco E, Giese, EG, Muniz JAPC, Ricci REG, Miglino MA. Anatomy and histology of the urinary tract in the capuchin monkey (*Sapajus apella*). *Pesq. Vet. Bras.* 2016; 36: 221-226.
11. Souza-Terra DR, Sabec-Pereira DK, Lima FC, Melo FCSA, Melo FR, Pereira KF: Anatomy of the spinal cord of *Alouatta belzebul*. *Acta Veterinaria Brasilica.* 2018; 12: 55-61.
12. Sabec-Pereira DK, Lima FC, Melo FR, Melo FCSA, Pereira KF, Vulcani VAS: Vascularization of the *Alouatta belzebul* brain base. *Pesq. Vet. Bras.* 2020; 40: 315-323.
13. Segantine ACL, Melo FCSA, Melo FR, Schell RK, Zarpelon-Schutz AC, Sabec-Pereira DK, Pereira KF. Morfologia do tubo digestório de *Alouatta belzebul*. *Research, Society and Development*, 2020; 9: e5229108930.
14. Sabec-Pereira DK, Melo FR, Melo FCSA, Pereira KF, Vulcani VAS: Anatomy of the dura mater venous sinus of *Alouatta belzebul*. *Anat Histol Embryol*, 2020; 50: 58-64.
15. Pereira ER, Pires VCMC, Fernandes RJ, Sabec-Pereira DK, Melo FR, Schell RKW, Zarpelon-Schutz AC, Pereira KF. Anatomia do sistema reprodutor feminino de *Alouatta belzebul* (Linnaeus, 1766). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2020; 72: 2101-2110.
16. Prada I. Neuroanatomia funcional em medicina veterinária com correlações clínicas. Jaboticabal: Terra Molhada; 2014.
17. Machado ABM, Haertel LM. Neuroanatomia Funcional. São Paulo: Atheneu; 2014.
18. Meneses MS. Neuroanatomia aplicada. São Paulo: Grupo Gen-Guanabara Koogan; 2016.
19. Noureldine MHA. Fundamentos da neuroanatomia: um guia clínico. Rio de Janeiro: Elsevier; 2019.
20. Mainland D. Uber makroskopische faerbung von Gehirnpriparaten mit Berlinblau. *Anat Anz.* 1926; 65: 85-88.
21. Merini TT, Krum LK, Colman J. *et al.* Comparative analysis of human brain with two different staining techniques. *UEPG Ci. Biol. Saúde.* 2014; 20: 99-104.
22. Word Association of Veterinary Anatomists: Nomina Anatomica Veterinaria. Ithaca: International Committee On Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 2017; 35-160.
23. Sociedade Brasileira de Anatomia. International Anatomical Terminology. Anatomical CdT. São Paulo: Editora Manole; 2001.
24. Watanabe L, Madeira MC. The anatomy of the brain of the tufted capuchin (*Cebus apella* LINNAEUS, 1758). *Rev. Odont. UNESP.* 1982; 11: 5–12.
25. Santos JML. Estruturação de uma plataforma de ensino referente à constituição anatômica do Sistema Nervoso Central do Macaco-prego (*Cebus apella*). São Paulo: USP. 2019; 25-85.
26. Geist FD. The brain of the Rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 1930; 50: 333-375.
27. Machado ABM. Neuroanatomia Funcional. São Paulo: Atheneu, 1993, 140-224.
28. Reser DH, Richardson KE, Montibeller MO, Zao S, Chan JMH, Soares JGM, Chaplin TA, Gattass R, Rosal MGP. Claustrum projections to prefrontal cortex in the capuchin monkey (*Cebus apella*). *Frontiers in systems neuroscience*, 2014; 8: 1–10.
29. Tilney F. The brain stem of tarsius. A critical comparison with other primates. *The Journal of Comparative Neurology*, 1927; 43: 371-432.
30. Kikuchi T, Morizane A, Doi D, Magotani H, Onoe H, Hayashi T, Mizuma H, Takara S, Takahashi R, Inoue H, Morita S, Yamamoto M, Okita K, Nakagawa M, Parmar M, Takahashi J. Human iPSC cell-derived dopaminergic neurons function in a primate Parkinson's disease model. *Nature.* 201; 548: 592–596.