




# Anatomia macro- e microscópica do encéfalo do calango (*Tropidurus torquatus*) (WIED, 1820)

## Macro- and microscopic brain anatomy of the amazon lava lizard (*Tropidurus torquatus*) (WIED, 1820)

Letícia Menezes Freitas<sup>1\*</sup> , Juliana Flávia Ferreira e Silva Paranaíba<sup>2</sup> , Fabiano Campos Lima<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Jataí (UFJ), Jataí, Goiás, Brasil

\*Autor correspondente: [lmf\\_716@hotmail.com](mailto:lmf_716@hotmail.com)

### Resumo

Os répteis têm um papel fundamental para a compreensão da independência reprodutiva da água que surgiu nos amniotas. Várias adaptações ocorreram, inclusive em padrões e comportamentos locomotores, e o sistema nervoso se adaptou a esses novos hábitos. Descrevemos a anatomia macroscópica e a citoarquitetura do encéfalo do calango (*Tropidurus torquatus*), um lagarto abundante na América do Sul. Quinze espécimes foram capturados, eutanasiados e seus encéfalos dissecados, oito destes foram processados e corados em hematoxilina-eosina. As principais áreas do cérebro são o telencéfalo e o diencéfalo, na parte anterior do encéfalo, teto e tegmento, no mesencéfalo e bulbo e cerebelo, na parte posterior do encéfalo. Os bulbos olfatórios principais e acessórios são as estruturas mais rostrais do cérebro e são compostos por seis camadas. Os hemisférios cerebrais compõem o telencéfalo e são divididos em pálio e subpálio. Os córtices medial, dorsomedial, lateral e dorsal fazem parte do pálio. Estriado, pálido e septo compõem o subpálio. O diencéfalo é composto pelo tálamo, epitálamo e hipotálamo. O mesencéfalo possui um tegmento ventral, composto de torus semicircularis e um tecto óptico dorsal com 14 camadas. A maior parte da parte posterior do encéfalo é composta pelo bulbo, e o cerebelo surge como uma projeção dessa estrutura, em formato plano, com três camadas. Em geral, o encéfalo de *Tropidurus torquatus* se assemelha ao de outros lagartos, com suas próprias adaptações.

**Palavras-chave:** histologia; lagarto; morfologia; réptil; sistema nervoso.

### Abstract

Reptiles have a key role in understanding amniotes' reproductive independence of water. Many adaptations arose, including in locomotor patterns and behaviours, and the nervous system adapted to those new habits. We have described the macroscopic anatomy and cytoarchitecture of the Amazon Lava Lizard brain (*Tropidurus torquatus*), an abundant lizard in South America. Fifteen specimens were captured, euthanized and their brains were dissected, eight of these were processed and stained in haematoxylin-eosin. Their main areas of the brain are the telencephalon and diencephalon, in the forebrain, tectum and tegmentum, in the midbrain and bulbota and cerebellum, in the hindbrain. The main and accessory olfactory bulbs are the most rostral structure of the brain and are composed of six layers. Brain hemispheres compose the telencephalon and are divided in pallium and subpallium. Medial, dorsomedial, lateral and dorsal cortices are part of the pallium. Striatum, pallidum and septum compose the subpallium. The diencephalon is composed of thalamus, epithalamus and hypothalamus. The midbrain has a ventral tegmentum, composed of torus semicircularis and a dorsal 14 layered optic tectum. Most part of the hindbrain is composed of the bulbo, and the cerebellum arises from it, forming a three-layered plate like structure. In general, the brain of *Tropidurus torquatus* resembles those of other lizards, with its own adaptations.

**Keywords:** histology; lizard; morphology; reptile; nervous system.

## 1. Introdução

Embriões de répteis apresentam membrana amniótica, uma adaptação que surgiu com a independência da água na reprodução. Porém essa característica não é a única associada à transição da água para a terra que aconteceu nos tetrápodes. Adaptações no crânio para acomodar diferenças na audição, alimentação e outros comportamentos, assim como membros especializados para sustentar o corpo na terra, foram algumas das mudanças que ocorreram, com alterações equivalentes no sistema nervoso<sup>(1)</sup>.

A sobrevivência e reprodução de organismos no ambiente em que vivem é importante para o sucesso de uma espécie e o sistema nervoso coordena as atividades para atingir esses objetivos. Os encéfalos de mamíferos e répteis

compartilham ancestrais e vários atributos funcionais e, como o cérebro dos répteis é mais simples, pode fornecer um auxílio inestimável para decifrar as questões da neurociência moderna<sup>(2)</sup>.

Lagartos têm sido identificados como organismos modelo para vários tipos de estudos devido à sua fácil observação, captura e manipulação. Uma dessas espécies, o calango (*Tropidurus torquatus*) (Wied, 1820) tem sido explorada em diversos estudos, incluindo estudos de temperatura<sup>(3)</sup>, dieta<sup>(4)</sup>, reprodução<sup>(5)</sup> e desenvolvimento embrionário<sup>(6)</sup>. Seus exemplares são extremamente abundantes, distribuindo-se do Brasil à Argentina, com ciclo reprodutivo sazonal na estação chuvosa. A espécie é diurna e habita preferencialmente ambientes abertos, alimentando-se

Recebido: 19 de setembro de 2022, Aceito: 17 de outubro de 2022. Publicado: 5 de janeiro de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

de invertebrados, flores e frutos<sup>(3,5)</sup>.

Nosso objetivo foi descrever a anatomia macroscópica e a citoarquitetura do encéfalo de *T. torquatus*, destacando suas principais regiões e estruturas.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1. Análise macroscópica

Esta pesquisa foi amparada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade do Brasil (SISBIO), protocolo número - SISBIO 61909-1 e pelo comitê de ética da Universidade Federal de Goiás (Universidade Federal de Goiás – UFG / Jataí), protocolo número - CEUA 013/18, sendo que ambos permitiram a coleta, transporte e cuidado dos animais.

Quinze espécimes juvenis e adultos de *T. torquatus* foram utilizados. Animais de ambos os sexos foram coletados com laço na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí. Foram sacrificados com dose letal intraperitoneal de cloridrato de bupivacaína (100 mg/kg) e dissecados com o auxílio de pinça, tesoura e microscópio de dissecação<sup>(7)</sup>. A pele da cabeça foi removida, seguida da remoção dos olhos e músculos ao redor do encéfalo. Em seguida, foram extraídos os ossos que protegem o encéfalo e a dura-máter, expondo-o. Finalmente, o encéfalo foi cuidadosamente removido da caixa cerebral remanescente, seccionado na medula espinal e fixado em formol 10% por 2 semanas. A terminologia para as áreas e estruturas foi utilizada de acordo com a Nomina Anatomica Veterinaria<sup>(9)</sup>, Wright et al.<sup>(8)</sup> e Naumann et al.<sup>(2)</sup>, para o encéfalo de répteis.

### 2.2. Análise histológica

Oito encéfalos foram corados com hematoxilina-eosina (HE). O material foi desidratado em série de álcool 100% (5 banhos de 50 min cada), seguido de imersão em xilol (2 banhos de 50 min cada) e inclusão em parafina (3

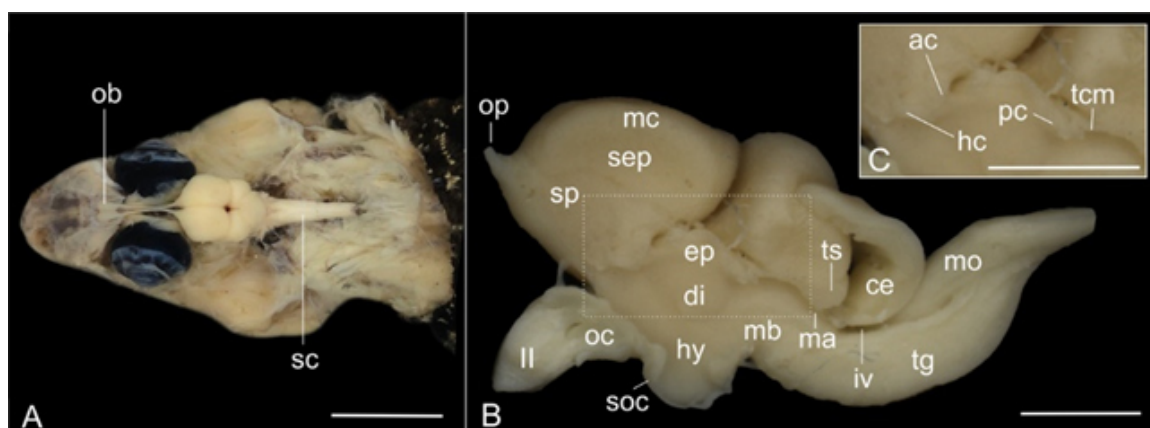
banhos de 50 min cada). Os encéfalos foram incluídos em três planos (sagital, frontal e transversal) e depois seccionados com micrótomo a 5 µm. Para o protocolo de coloração, a parafina foi derretida em incubadora (1 hora) e a parafina restante foi removida com xilol (2 banhos de 20 min cada). Em seguida, o material foi passado por uma série de soluções de álcool (100, 90, 70 e 50%, 5 min cada) e lavado em água destilada (10 min) antes da coloração com hematoxilina (5 min). Em seguida, foi submetido a água corrente (10 min) e contra corado com eosina (4 min). Então foi feita a desidratação em álcool 70% (5 imersões rápidas), álcool 80% (1 min), álcool 90% (2 min), álcool 100% (5 min) e por fim submerso em xilol (2 banhos de 5 min cada) e montado com entelan.

### 2.3. Captura e processamento de imagens

A morfologia macroscópica externa e a topografia do encéfalo foram descritas e documentadas com um microscópio de dissecação (Leica ICC50 HD®). As imagens histológicas foram analisadas e fotografadas em microscópio óptico (LEICA DM750®) com câmera embutida (LEICA ICC50 HD®), com objetivas de 4x (0,10), 10x (0,22), 20x (0,40) e 40x (0,65). Após a captura, as imagens macro e microscópicas foram processadas usando o software Afinity Photo® v1.5.2.69 para mesclar fotos contínuas da mesma região, Adobe Photoshop CS6® v13.0 para processamento de fundo e ajuste de tom e luz e CorelDRAW X7® v17.1.0.572 para montar as pranchas de imagens e apontar estruturas.

## 3. Resultados e discussão

O encéfalo de *T. torquatus* se apresentou lisencéfalo e se estendeu do bulbo até os bulbos olfatórios. Seu limite caudal era a medula espinal, definido pelo forame magno e seu limite rostral pelas cápsulas olfatórias (Fig. 1A). Os bulbos olfatórios localizaram-se rostralmente aos olhos,



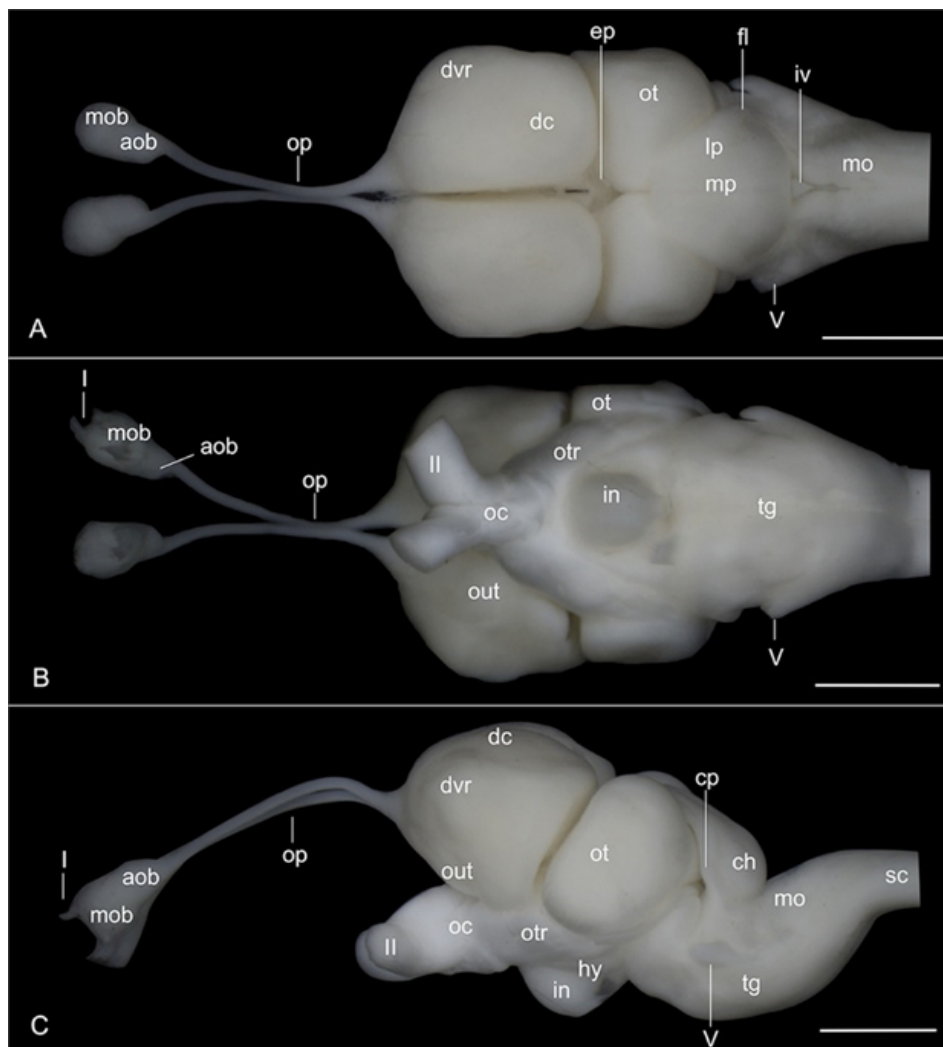
**Figura 1.** A – Topografia do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. B – Anatomia macroscópica do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. C – detalhe da foto B. A – vista dorsal; B, C – vista medial. ÍNDICE de estruturas: ac – comissura anterior; ce – cerebelo; di – diencefalo; ep – epitálamo; hc – comissura hipocampal; hy – hipotálamo; II – nervo óptico; iv – quarto ventrículo; ma – aqueduto mesencefálico; mb – mesencefalo; mc – córtex medial; mo – bulbo; ob – bulbo olfatório; oc – quiasma óptico; op – pedúnculo olfatório; pc – comissura posterior; sc – medula espinal; sep – septo; soc – comissura supraóptica; sp – subpálio; tcm – comissura tectal; tg – tegmento; ts – toro semicircular. Escala (A): 2 cm; (B, C): 5 mm.

sendo conectados ao encéfalo pelos pedúnculos olfatórios. O encéfalo é composto por encéfalo anterior (telencéfalo e diencefalo), mesencéfalo (teto e tegmento) e encéfalo posterior (bulbo e cerebelo) (Fig. 1B, 2, 5-7). Essas divisões são encontradas nos répteis em geral, porém cada espécie apresenta suas próprias adaptações, conforme será apresentado a seguir<sup>(2, 10, 11)</sup>.

Um sistema de ventrículos se apresentou associado a cada região do cérebro, e seu epêndima formou a camada mais interna em todas as regiões contendo ventrículos (Fig. 3, 4). O plexo coróide localizou-se no interior dos ventrículos (Fig. 4D). Apenas duas meninges estavam presentes cobrindo o encéfalo, pia e dura-máter, e estas estavam intimamente associadas ao sistema ventricular.

### 3.1. Bulbos olfatórios

Nervos olfatórios penetraram a superfície ventromedial dos bulbos olfatórios principais e acessórios de *T. torquatus*, procedentes da cápsula nasal e do órgão vomeronasal, respectivamente, característica presente em lagartos<sup>(8, 12-14)</sup>. Em geral, os bulbos olfatórios são descritos como pequenos e ovais ou piriformes, como foi observado em *T. torquatus* e também descrito anteriormente em *Anolis garmani*, *Anolis grahami*, *Anolis lineatopus*, *Chameleon Vulgaris*, *Tupinambis teguixin* (= *Tupinambis nigropunctatus*) e *Salvator merianae* (= *Tupinambis teguixin*)<sup>(11, 12, 15-17)</sup>. Eles se apresentaram mais triangulares em *Iguana iguana iguana*<sup>(13)</sup>.



**Figura 2.** Anatomia macroscópica do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. A – vista dorsal; B – vista ventral; C – vista lateral esquerda. ÍNDICE de estruturas: aob – bulbo olfatório acessório; ch – hemisfério cerebelar; cp – pedúnculo cerebelar; dc – córtex dorsal; dvr – crista ventricular dorsal; ep – epitálamo; f – f óculo; hy – hipotálamo; I – nervo olfatório; II – infundíbulo; iv – quarto ventrículo; lp – parte lateral do hemisfério cerebelar; mo – bulbo; mob – bulbo olfatório principal; op – parte mediana do hemisfério cerebelar; oc – quiasma óptico; op – pedúnculo olfatório; ot – teto óptico; otr – trato óptico; out – tubérculo olfatório; sc – medula espinal; tg – tegmento; V – nervo trigêmeo. Escala: 5 mm.



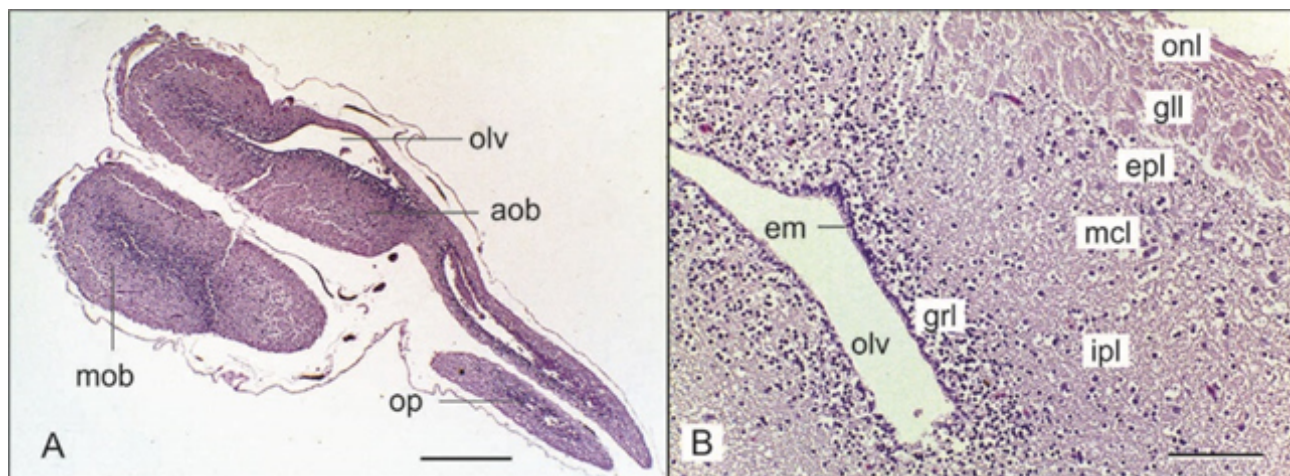
Bulbos olfatórios são divididos em principais (rostrais) e acessórios (caudomediais) em *T. torquatus*, como foi visto em *A. garmani*, *A. grahami*, *A. lineatopus*, *Gekko gecko*, *I. iguana iguana* e *Podarcis hispanica*<sup>(13-14, 18)</sup>. Os bulbos olfatórios acessórios em *G. gecko* eram mais delgados e mais distintos dos bulbos principais do que em *T. torquatus*, assim como em *A. garmani*, *A. grahami*, *A. lineatopus*, *Gekko gecko*, *I. iguana iguana* e *Podarcis hispanica*<sup>(18)</sup>.

Em *T. torquatus*, as fibras olfatórias se dirigiram aos hemisférios cerebrais através de pedúnculos olfatórios delgados, longos e cilíndricos, que adentraram os hemisférios cerebrais próximo às suas extremidades rostrais, sendo que algumas de suas fibras se dirigiram aos tubérculos olfatórios, conforme descrito em outros lagartos (*A. garmani*, *A. grahami*, *A. lineatopus*, *C. Vulgaris*, *G. gecko*, *I. iguana iguana*, *P. hispanica* e *T. teguixin*)<sup>(12-18)</sup>.

Em *T. torquatus*, os pedúnculos olfatórios tornaram-se mais espessos à medida que chegavam aos hemisférios cerebrais (Fig. 2), o que também foi observado em *G. gecko*, *I. iguana iguana* e *T. teguixin*<sup>(13, 15, 18)</sup> e essa estrutura pareceu ser significativamente mais

delgada em *A. garmani*<sup>(12)</sup>. Ventrículos olfatórios estavam presentes e conectados aos ventrículos laterais em *T. torquatus*, conforme relatado em *G. gecko* e *I. iguana iguana*<sup>(13, 18)</sup>. Embora não existam informações para a maioria das espécies, Shanklin<sup>(17)</sup> notou a ausência de ventrículo olfatório em *C. Vulgaris*.

Microscopicamente em *T. torquatus*, ambos bulbos olfatórios apresentaram seis camadas: camada dos nervos olfatórios, glomerular, plexiforme externa, de células mitrais, plexiforme interna e granular. No bulbo principal as camadas localizaram-se concentricamente ao redor do ventrículo, enquanto no acessório localizaram-se principalmente na parede medial porque o ventrículo localizava-se lateralmente a ele (fig. 3). Isso é semelhante ao observado em *A. garmani*, *A. grahami*, *A. lineatopus* e *P. hispanica*<sup>(12, 14)</sup> e distinto dos achados em *I. iguana iguana*, em que apenas três camadas celulares foram descritas: camada granular externa, mitral e granular interna<sup>(13)</sup> e em *C. Vulgaris*, onde as células são pouco diferenciadas e se parecem com células granulares, sem distinção<sup>(17)</sup>. Essa divergência pode ter ocorrido devido a diferentes métodos de coloração, que podem não ter detalhado a citoarquitetura do bulbo olfatório nessas espécies.

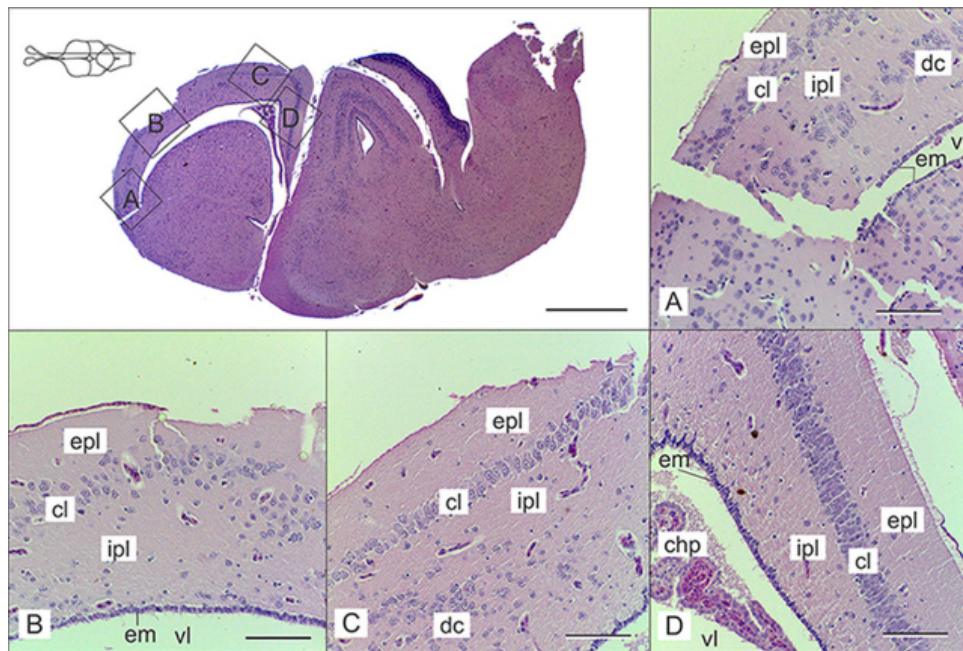


**Figura 3.** Bulbo olfatório de *Tropidurus torquatus*. Seções frontais, coloração HE. ÍNDICE de estruturas: aob – bulbo olfatório acessório; em – epêndima; epl – camada plexiforme externa; gll – camada glomerular; grl – camada granular; ipl – camada plexiforme interna; mcl – camada de células mitrais; mob – bulbo olfatório principal; olv – ventrículo olfatório; onl – camada do nervo olfatório; op – pedúnculo olfatório. Escala (A): 500 µm; (B): 100 µm.

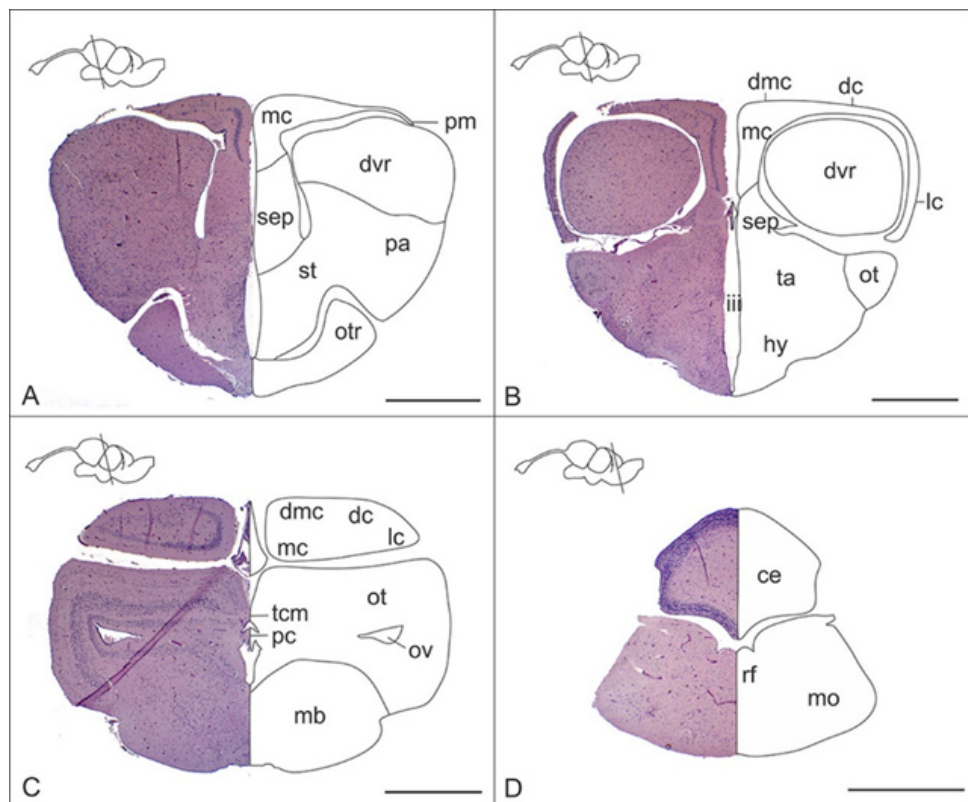
### 3.2. Telencéfalo

Macroscopicamente, os hemisférios cerebrais de *T. torquatus* apresentaram formato cordiforme (como em *A. garmani*, *Ctenophorus decresii*, *G. gecko*, *I. iguana iguana*, *P. hispanica*, *T. teguixin* e *S. merianae*) e se apresentaram visualmente maiores que os tetos ópticos, que possuíam formato oval. Os hemisférios cerebrais em

répteis são compostos por um pálio superficial e um subpálio<sup>(11-14, 16, 18-20)</sup>. O componente palial de *T. torquatus* foi composto pelos córtices medial, dorsomedial, lateral e dorsal, e pela crista ventricular dorsal, localizada ventrolateralmente. O córtex dorsomedial era contínuo com o córtex medial, mas suas células eram maiores e menos compactadas.



**Figura 4.** Córtices de *Tropidurus torquatus*. Seções sagitais. A – córtex lateral; B – córtex dorsal; C – córtex dorsomedial; D – córtex medial. ÍNDICE de estruturas: chp – plexo coróide; cl – camada celular; dc – córtex dorsal; em – epêndima; epl – camada plexiforme externa; ipl – camada plexiforme interna; lv – ventrículo lateral. Escala: 100 µm.



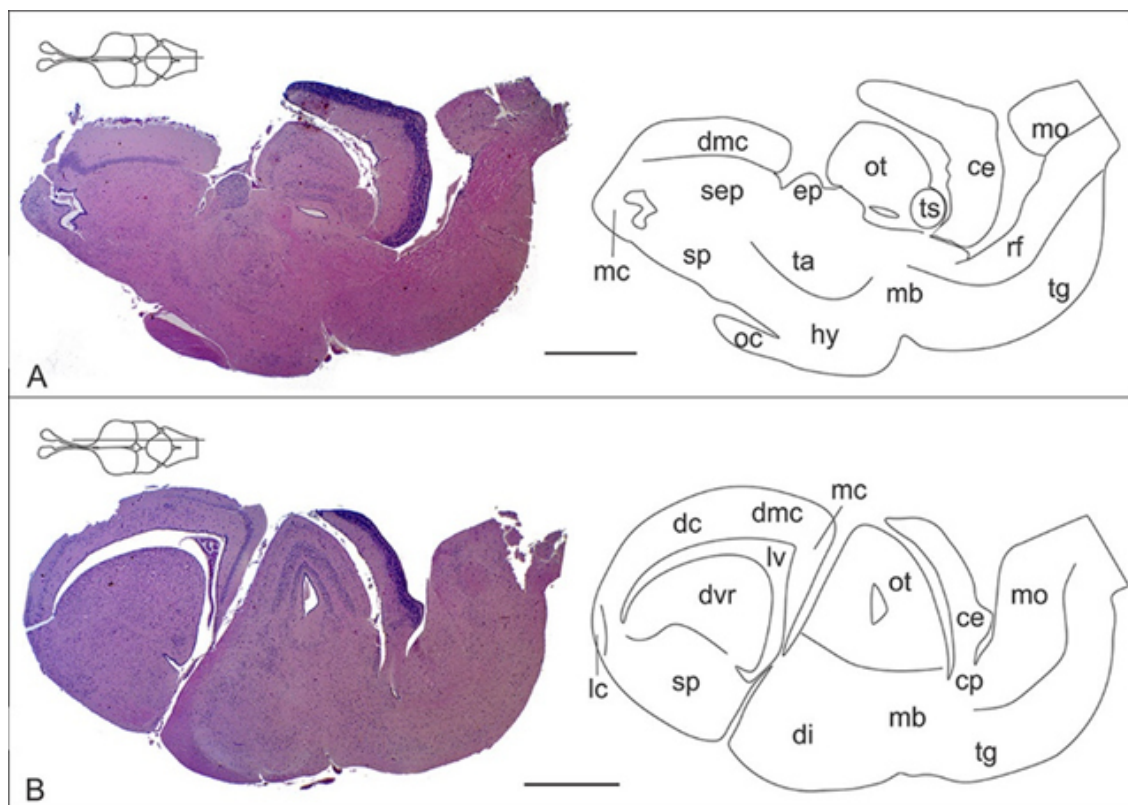
**Figura 5.** Seções transversais e esquema do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. Coloração HE. ÍNDICE de estruturas: ce – cerebelo; dc – córtex dorsal; di – diencéfalo; dmc – córtex medial dorsal; dvr – crista ventricular dorsal; ep – epitálamo; hy – hipotálamo; lc – córtex lateral; lv – ventrículo lateral; mb – mesencéfalo; mc – córtex medial; mo – bulbo; oc – quiasma óptico; ot – teto óptico; pa – pálido; pm – membrana palial; rf – formação reticular; sep – septo; sp – subpálio; st – corpo estriado; ta – tálamo; tg – tegmento; st – toro semicircular. Escala: 1 mm.



Três camadas compunham os córtices de *T. torquatus*, as camadas plexiforme externa e interna possuíam células escassas e entre elas havia uma camada de células organizadas. Esta disposição também foi relatada em *A. garmani*, *A. grahami*, *A. lineatopus*, *C. Vulgaris*, *C. decresii*, *G. gecko*, *I. iguana iguana*, *T. teguixin* e *S. merianae*<sup>(8, 12, 13, 16-23)</sup>. O córtex dorsal de *T. torquatus* apresentou uma camada celular menos organizada e foi parcialmente sobreposto pelos córtices dorsomedial e lateral (Fig. 4), enquanto em *C. decresii*, o córtex lateral apresentou a camada plexiforme mais indistinta<sup>(19)</sup>. Em *G. gecko* e *T. teguixin*, a camada

plexiforme interna foi descrita como uma camada subcortical de células dispersas e f bras<sup>(18, 23)</sup>, porém não observamos uma camada de f bra distinta em *T. torquatus*.

Uma distinção clara entre as partes rostral e caudal da crista ventricular dorsal não foi visível com a coloração de H.E., e essa estrutura se apresentou com células uniformemente distribuídas em *T. torquatus* (Fig. 5-7). Algumas partes da crista ventricular dorsal eram cobertas pelos córtices, porém suas partes laterais estavam cobertas por uma camada de pia-máter e epêndima chamada de membrana palial (Fig. 5A), o que também foi encontrado em *A. garmani*, *A. grahami* e *A. lineatopus*<sup>(12)</sup>.

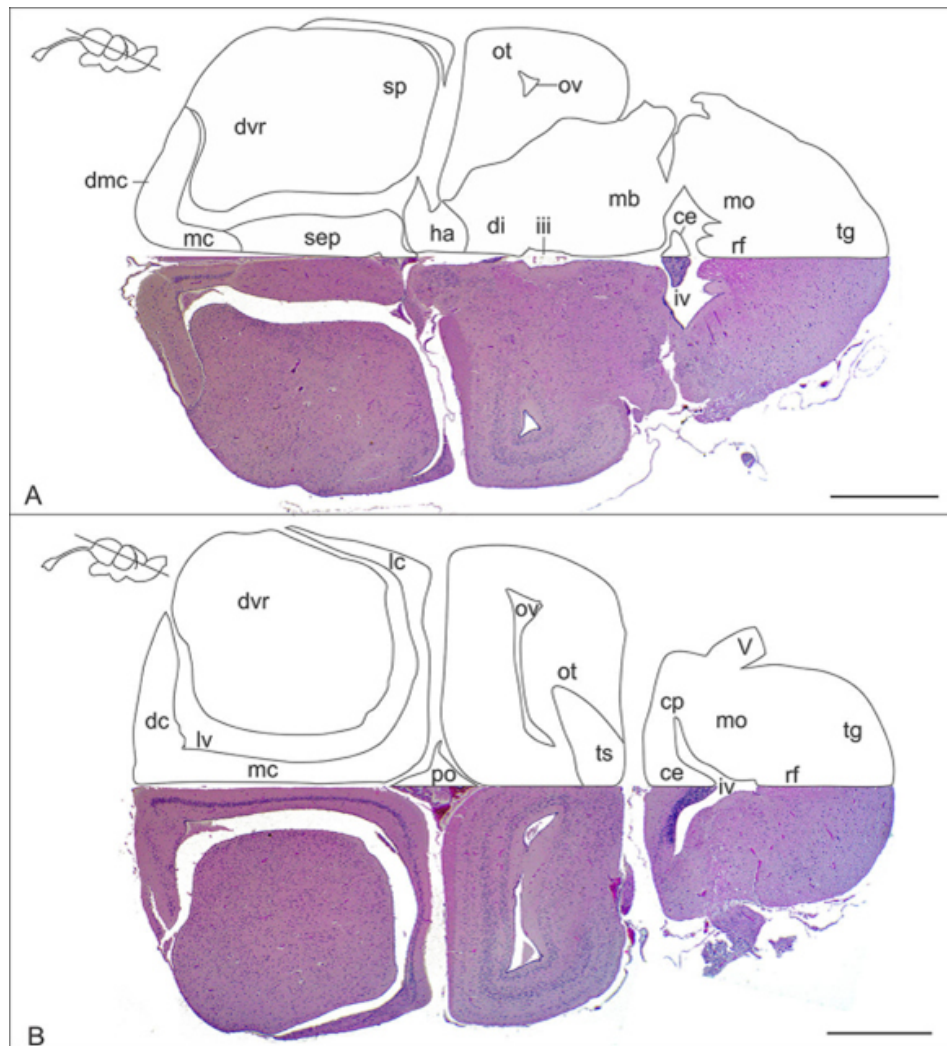


**Figura 6.** Seções sagitais e esquema do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. Coloração HE. ÍNDICE de estruturas: ce – cerebelo; dc – córtex dorsal; dmc – córtex medial dorsal; dvr – crista ventricular dorsal; hy – hipotálamo; lc – córtex lateral; mb – mesencéfalo; mc – córtex medial; mo – bulbo; ot – teto óptico; rf – formação reticular; sep – septo; sp – subpálio; ta – tálamo; tcm – comissura tectal. Escala: 1 mm.

O subpálio foi formado por septo, estriado e pálido, dos quais o septo localizava-se medialmente entre o córtex medial e o estriado. O complexo amigdalóide foi identificado no subpálio de *G. Gecko*<sup>(18)</sup>, mas não foi possível distingui-lo em *T. torquatus*. O ventrículo lateral é associado ao telencéfalo e estava localizado entre os córtices e a crista ventricular dorsal em *T. torquatus* (Fig. 5). As comissuras hipocampal e anterior cruzam os hemisférios e foram identificadas em *T. torquatus* (Fig. 1C).

### 3.3. Diencéfalo

Quatro regiões compunham o diencéfalo em *T. torquatus*: epitálamo, tálamo dorsal, tálamo ventral e hipotálamo, como em *C. Vulgaris*, *G. gecko* e *T. teguixin*<sup>(15, 17, 21)</sup>. O diencéfalo é associado ao terceiro ventrículo (Fig. 5-7), que é mediano localizado entre os dois lados do diencéfalo, em *T. torquatus*. O diencéfalo era quase totalmente recoberto pelos hemisférios em vista dorsal, sendo que apenas parte do epitálamo estava



**Figura 7.** Seções frontais e esquema do encéfalo de *Tropidurus torquatus*. Coloração HE. ÍNDICE de estruturas: ce – cerebelo; cp – pedúnculo cerebelar; dc – córtex dorsal; di – diencefalo; dmc – córtex medial dorsal; dvr – crista ventricular dorsal; ha – habênula; iii – terceiro ventrículo; iv – quarto ventrículo; lc – córtex lateral; lv – ventrículo lateral; mb – mesencéfalo; mc – córtex medial; mo – bulbo; ot – teto óptico; ov – ventrículo óptico; po – órgão pineal; rf – formação reticular; sep – septo; sp – subpálio; tg – tegmento; ts – toro semicircular. Escala: 1 mm.

exposta (Fig. 2A).

A habênula compunha a maior parte do epitálamo de *T. torquatus*, da qual algumas fibras cruzavam o encéfalo na comissura habenular. Algumas estruturas do complexo pineal eram projetadas a partir do epitálamo: órgão pineal, saco dorsal, paráfise e olho parietal (Fig. 8). O órgão pineal era ovalado em *T. torquatus* e triangular em *S. merianae*<sup>(11)</sup>. A área pré-tectal situa-se na transição do diencefalo e do mesencéfalo<sup>(15, 17, 21)</sup> e não foi distinguida em *T. torquatus*.

O tálamo só era visível em corte sagital. Em sua parte dorsal, foi identificada a comissura posterior em *T. torquatus* (Fig. 1C, 5C). A maior parte do diencefalo era composta pelo hipotálamo, parte do qual era visível na face ventral, o proeminente infundíbulo localizava-se medialmente nesta região. Também, ventralmente, nervos

óticos espessos se cruzavam no quiasma óptico e entravam no encéfalo através de tratos ópticos, circundando o infundíbulo, onde a hipófise se conecta ao encéfalo (Fig. 2). Uma comissura supra-óptica estava presente ventralmente no hipotálamo, caudal ao quiasma óptico (Fig. 1B), o que está de acordo com a literatura<sup>(15, 17, 21)</sup>.

### 3.4. Mesencéfalo

Teto mesencefálico e tegmento compunham o mesencéfalo. O tegmento era localizado ventralmente, contínuo com o encéfalo posterior. O teto era composto por teto óptico e toro semicircular (Fig. 5-7). Macroscopicamente, o teto óptico era ovalado, notavelmente menor que os hemisférios cerebrais e parcialmente coberto pelo cerebelo (também descrito em

*S. merianae*<sup>(11)</sup>), já o toro semicircular era uma estrutura pequena e mediana, localizada caudoventralmente ao teto óptico, completamente coberta pelo cerebelo (Fig. 1B, 2).

O toro semicircular possuía formato de funil e era maior em sua parte medial, sendo que ambos os antímeros eram parcialmente fundidos na linha sagital. Af nava-se gradualmente à medida que se estendia lateralmente em *T. torquatus*, como também observado em *Gallotia galloti* e *T. teguixin*<sup>(24, 25)</sup>. Um feixe de f bras cruzava ambas as partes do teto formando a comissura tectal (Fig. 1C, 5C). O aqueduto cerebral passava pelo mesencéfalo em direção ao quarto ventrículo (Fig. 1B).

O teto óptico tinha 14 camadas a partir do ventrículo, podendo ser organizado em seis estratos em *T. torquatus* (Fig. 9), como também observado em *C. decresii*, *I. iguana iguana* e *T. teguixin*<sup>(19, 26, 27)</sup>. Essa organização foi descrita pela primeira vez por Ramón, conforme demonstrado por Huber & Crosby<sup>(28)</sup>: stratum fibrosum periventriculare [ependyma / zona epitelial (1); zona molecular (2)], stratum griseum periventriculare [zona celular (3); zona molecular (4); zona celular (5)], stratum album centrale [zona de f bra central (6)], stratum griseum centrale [zona celular central (7)], stratum fibrosum e griseum superficiale [zona celular (8); zona molecular (9); zona celular (10); zona molecular (11); zona celular e de f bra óptica (12); zona molecular (13)] e stratum opticum [zona de f bra óptica (14)]. Em *T. torquatus*, a camada 7 era mais espessa do que as outras camadas de células e a camada 6 era a camada fibrosa mais larga. A camada 14 era mais espessa rostralmente e as camadas 7-11 eram mais esparsas, com uma organização menos distinta do que em *I. iguana iguana*<sup>(27)</sup>.

### 3.5. Encéfalo posterior

Bulbo e cerebelo compunham o encéfalo posterior. O tegmento do bulbo, em sua parte ventral, era contínuo com o tegmento do mesencéfalo. A formação reticular compunha uma estrutura distinta do tegmento devido ao

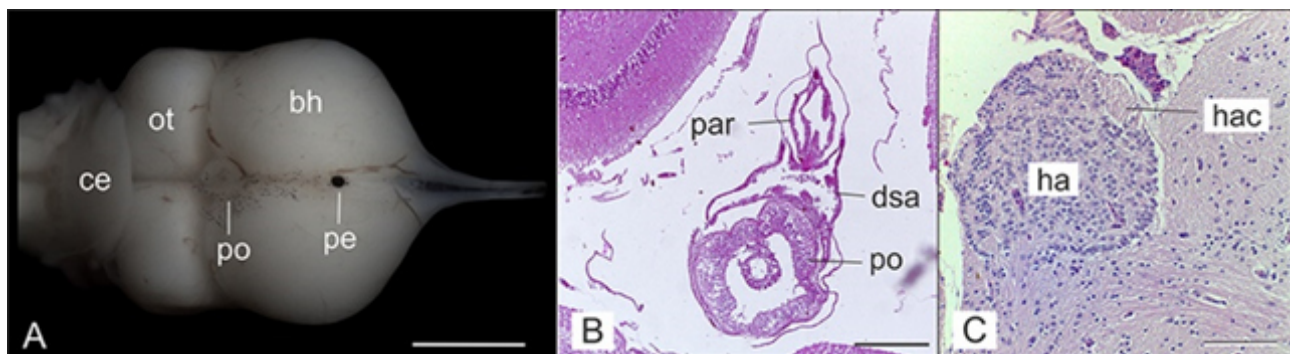
seu aspecto de f bras soltas (Fig. 6). O bulbo se apresentou largo lateral-lateralmente, afunilando-se caudalmente conforme chegava na medula espinal, que também se apresentava maior rostralmente. Lateralmente, o bulbo tinha uma aparência curva e várias raízes de nervos projetavam-se de sua superfície lateral e ventral.

Parte da fossa rombóide era visível dorsalmente no bulbo, sendo recoberta rostralmente pelo cerebelo, e composta pelo quarto ventrículo, com o plexo coróide cobrindo ela (f g. 2). A fossa rombóide apresentou formato triangular em *T. torquatus* e se mostrou mais semelhante entre *I. iguana iguana*, *S. merianae*<sup>(11, 13)</sup> e *T. torquatus*. Em *A. garmani*, *G. gecko* e *T. teguixin*<sup>(12, 16, 18)</sup> era mais longa (caudo-caudalmente) e mais cilíndrica que em *T. torquatus*, e era oblíqua em *Anniella nigra*, coberta principalmente por raízes nervosas, sendo visível apenas uma fenda vertical em vista dorsal<sup>(29)</sup>.

Em *T. torquatus*, o cerebelo surgia da parte dorsorostral do bulbo, conectado a ele através do pedúnculo cerebelar (Fig. 10B). Apresentou formato laminar curvado rostralmente (Fig. 2). Era dividido em dois f óculos laterais (também observado em *S. merianae*<sup>(11)</sup>) e seus hemisférios com apresentaram uma parte mediana e duas laterais (Fig. 10A).

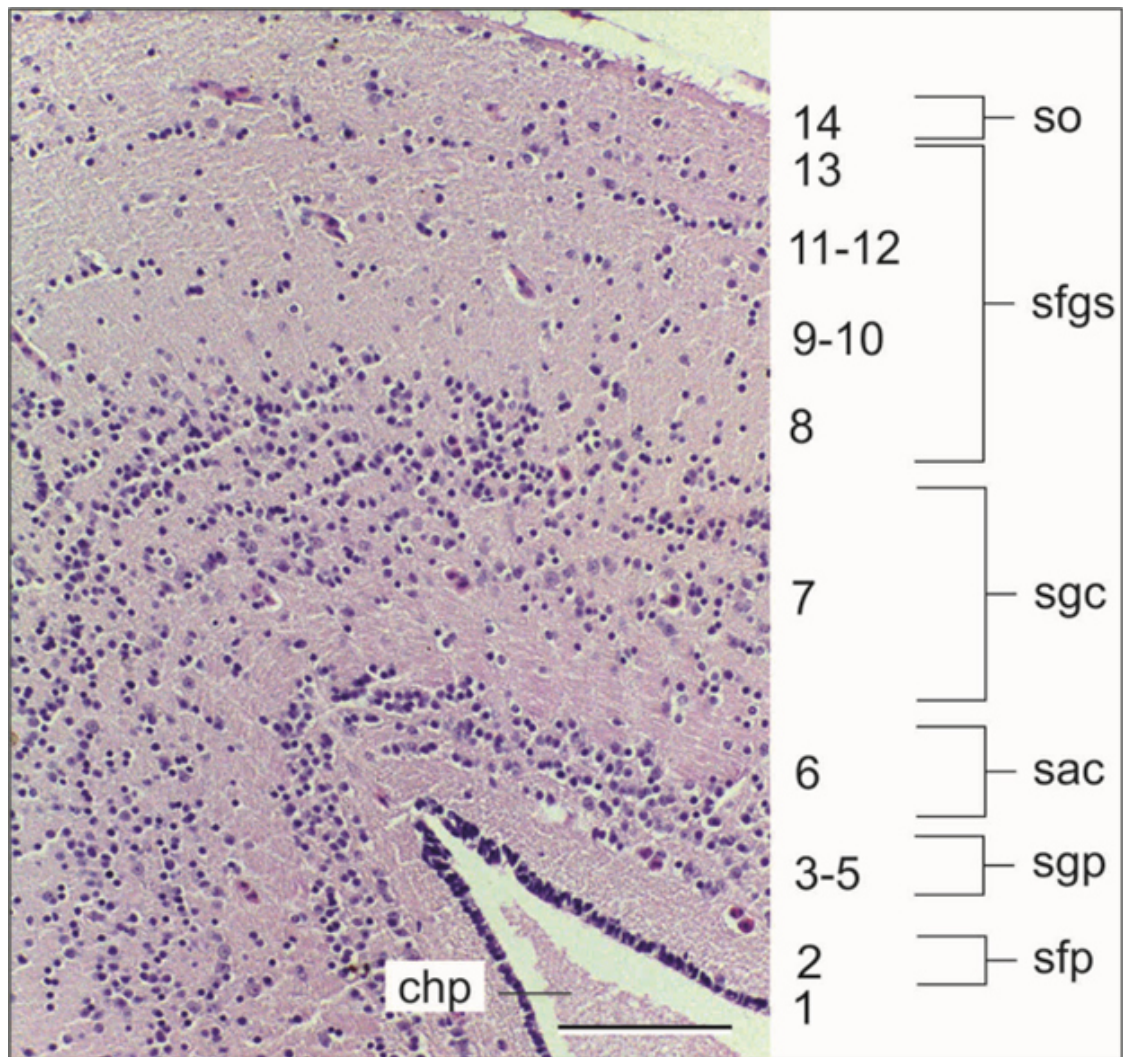
O cerebelo laminar curvava-se e cobria o teto óptico, característica compartilhada por outros lagartos, incluindo *A. garmani*, *C. decresii*, *I. iguana iguana*, *Phrynosoma douglasii*, *T. teguixin*, *S. merianae*, *Sceloporus biserialis* e *Sceloporus graciosus*<sup>(11-13, 15, 16, 19, 27, 29)</sup>. No entanto, nos lagartos *G. gecko* e *P. hispanica*, o cerebelo não cobria o teto óptico e se mostrou ligeiramente curvado para trás em *G. gecko* e menor em *P. hispanica* (17, 18).

No lagarto *A. nigra*, um lagarto sem membros, o cerebelo possuía tamanho pequeno comparado ao resto do encéfalo. Era quase oculto, situado em uma depressão formada pelo mesencéfalo, bulbo e raízes nervosas. O cerebelo de *Gerrhonotus principis* apresentou características interessantes. Em vista dorsal apresentou

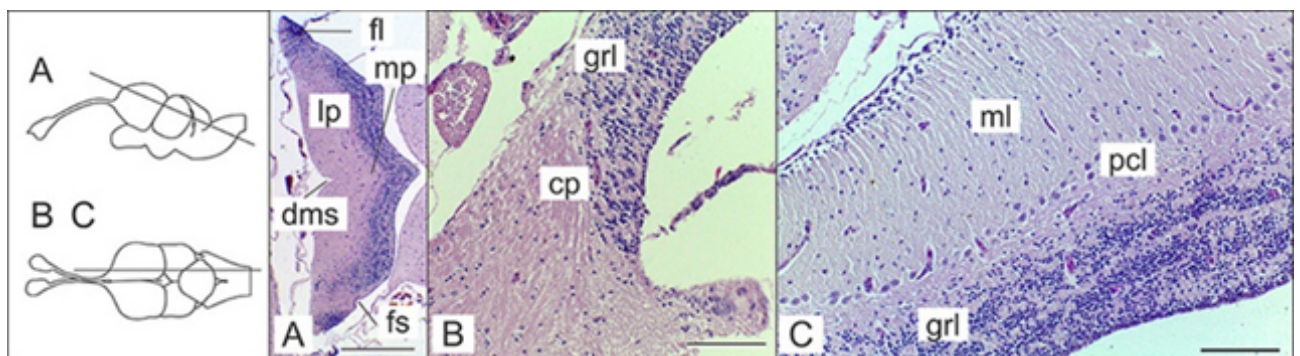


**Figura 8.** Epitálamo de *Tropidurus torquatus* e estruturas associadas. A – vista dorsal do encéfalo; B – secção frontal do complexo pineal -; C – secção sagital da habênula. ÍNDICE de estruturas: bh – hemisfério cerebral; ce – cerebelo; dsa – saco dorsal; ha – habênula; hac – comissura habenular; ot – teto óptico; par – paráf se; pe – olho parietal; po – órgão pineal. Escala (A): 5 mm; (B): 200 µm; (C): 100 µm.





**Figura 9.** Teto óptico de *Tropidurus torquatus*. Secção sagital. Números representam camadas. ÍNDICE de estruturas: 1-14 – camadas; sac – stratum album centrale; sfgs – estrato f broso e griseum superf ciale; sfp – estrato f broso periventricular; sgc – statum griseum centrale; sgp – stratum griseum periventriculare; so – estrato óptico; Escala: 100 µm.



**Figura 10.** Cerebelo de *Tropidurus torquatus*. A – secção frontal; B, C – secções sagitais. ÍNDICE de estruturas: cp – pedúnculo cerebelar; dms – sulco mediano dorsal; f – fóculo; fs – sulco f ocular; grl – camada glanular; lp – parte lateral do hemisfério cerebelar; ml – camada molecular; pf – parte mediana do hemisfério cerebelar; pcl – camada de células de purkinje. Escala (A): 500 µm; (B, C): 100 µm.

forma triangular e sua parte mediana tinha uma estrutura semelhante a uma língua projetando-se para trás, seguindo o contorno da fossa romboide. As partes laterais eram curvadas para frente, semelhante ao cerebelo de outros lagartos mencionados acima<sup>(29)</sup>.

O córtex cerebelar em *T. torquatus* era composto por três camadas: granular, células de Purkinje e molecular. A camada mais externa e dorsocaudal era a granular, composta por células granulares pequenas e densamente compactadas e células de Golgi maiores. A camada molecular era a mais ventrorostral e interna, com a presença de muitos dendritos das células adjacentes de Purkinje e axônios das células granulares, e algumas células em cesto e estreladas. A camada de células de Purkinje localizava-se entre as outras duas camadas, formada por uma única linha de células (Fig. 10C). Essas camadas e células foram muito semelhantes às encontradas em *C. decresii*, *C. vulgaris*, *P. douglasii*, *S. biseriatus* e *S. graciosus*<sup>(17, 19, 29)</sup>.

In *A. nigra*, the layers were more similar to that of anurans, with the granular layer located ventrocaudally and the molecular layer dorsorostrally. The Purkinje cell layer was also formed by a single line of cells. The median part of the cerebellum of *G. principis* presented the granular layer ventrocaudally, similar to *A. nigra*, while it bended rostrally as it extended laterally, like that of most lizards (e.g. *T. torquatus*). The author proposed that this lateral part is what predominated in other lizards with the common conformation to the cerebellum<sup>(29)</sup>.

Em *A. nigra*, as camadas eram mais semelhantes às de anuros, com a camada granular localizada ventrocaudalmente e a camada molecular dorsorostralmente. A camada de células de Purkinje também era formada por uma única linha de células. A parte mediana do cerebelo de *G. principis* apresentou a camada granular ventrocaudalmente, semelhante a *A. nigra*, porém se dobrava rostralmente e se estendia lateralmente, como na maioria dos lagartos (por exemplo, *T. torquatus*). O autor propôs que essa parte lateral é a que predomina em outros lagartos com conformação comum no cerebelo<sup>(29)</sup>.

#### 4. Conclusão

De modo geral, o encéfalo de *Tropidurus torquatus* se mostrou semelhante ao de outras espécies de lagartos, cada qual com suas adaptações para viver no ambiente em que estão inseridos. Uma larga parte do encéfalo de *Tropidurus torquatus* possuía áreas dedicadas ao processamento de estímulos olfatórios e visuais, necessários para sobreviver, forragear e caçar presas ou se esconder de predadores.

#### Conf ito de interesses

Os autores declaram não haver conf ito de interesses neste artigo.

#### Contribuições do autor

*Conceituação*: L. M. Freitas e F. C. Lima. *Curadoria de dados*: L. M. Freitas, J. F. F. S. Paranaíba e F. C. Lima. *Análise formal*: L. M. Freitas, J. F. F. S. Paranaíba e F. C. Lima. *Redação (esboço original)*: L. M. Freitas. *Redação (revisão e edição)*: L. M. Freitas.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) [bolsa número 201810267000852] e Coordenação de Pesquisa e Inovação da Universidade Federal de Jataí (COPI) [008/2019]. Agradecemos a Finep pelo auxílio MCT/Finep/Ação Transversal - Novos Campi - 05/2016. Agradecemos aos Laboratórios de Anatomia Humana e Comparada, Morfofisiologia e de Pesquisas Médicas da Universidade Federal de Goiás.

#### Referências

- Shedlock AM, Edwards SV. Amniotes (amniota). In: Hedges SB, Kumar S (eds.). The timetree of life. Oxford: Oxford University Press; 2009. p. 375-379.
- Naumann RK, Ondracek JM, Reiter S, Shein-Idelson M, Tosches MA, Yamawaki TM, Laurent G. The reptilian brain. *Current Biology*. 2015;25(8):R317-R321.
- Kiefer MC, Van Sluys M, Rocha CF. Body temperatures of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: Do body temperatures vary along their geographic range? *Journal of Thermal Biology*. 2005;30:449-456.
- Siqueira CDC, Kiefer MC, Sluys MV, Rocha CFD. Plant consumption in coastal populations of the lizard *Tropidurus torquatus* (Reptilia: Squamata: Tropiduridae): how do herbivory rates vary along their geographic range? *Journal of Natural History*. 2010;45:171-182.
- Ortiz MA, Boretto JM, Piantoni C, Álvarez BB, Iburgüen-goytía NR. Reproductive biology of the Amazon Lava Lizard (*Tropidurus torquatus*) from the Wet Chaco of Corrientes (Argentina): congeneric comparisons of ecotypic and interspecific variations. *Canadian Journal of Zoology*. 2014;92:643-655.
- Py Daniel TR, De Lima AKS, Lima FC, Pic Taylor A, Rodrigues RPJ, Sebben A. A Staging Table of Post Ovipositional Development for the South American Collared Lizard *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae). *The Anatomical Record*. 2017;300:277-290.
- Hoops D. A perfusion protocol for lizards, including a method for brain removal. *MethodsX*. 2015;2:165-173.
- Wright KP, et al. E. In: Binder MD, Hirokawa N, Windhorst U. (eds.) *Encyclopedia of Neuroscience*. Berlin: Springer; 2008. p. 1029-1548.
- World Association of Veterinary Anatomists. *Nomina anatomica veterinaria*. 6<sup>th</sup> ed. Columbia: International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature; 2017. 160 p.
- Senn DG. Embryonic development of the central nervous system. In: Gans C (ed.). *Biology of the Reptilia*, Volume 9. Neurology A. London: Academic Press; 1979. p. 173-244.
- Reis LTMD. Estudo morfológico do encéfalo de répteis (Chordata: Reptilia) (Doctoral dissertation). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

12. Armstrong JA, Gamble HJ, Goldby F. Observations on the olfactory apparatus and the telencephalon of *Anolis*, a microsome lizard. *Journal of anatomy*. 1953;87:288-307.
13. Northcutt RG. Architectonic studies of the telencephalon of *Iguana iguana*. *Journal of Comparative Neurology*. 1967;130:109-147.
14. Llahi S, García Verdugo JM. Neuronal organization of the accessory olfactory bulb of the lizard *Podarcis hispanica*: Golgi study. *Journal of Morphology*. 1989;202:13-28.
15. Cruce JAF. A cytoarchitectonic study of the diencephalon of the tegu lizard, *Tupinambis nigropunctatus*. *Journal of Comparative Neurology*. 1974;153:215-238.
16. Curwen AO. The telencephalon of *Tupinambis nigropunctatus*. I. Medial and cortical areas. *Journal of Comparative Neurology*. 1937;66:375-404.
17. Shanklin WM. The central nervous system of *Chameleon vulgaris*. *Acta zoologica*. 1930;11:425-490.
18. Smeets WJ, Hoogland PV, Lohman AH. A forebrain atlas of the lizard *Gekko gecko*. *Journal of Comparative Neurology*. 1986;254:1-19.
19. Hoops D, et al. A 3D MRI based atlas of a lizard brain. *Journal of Comparative Neurology*. 2018;526(16):2511-2547.
20. Lohman AHM, Van Woerden-Verkley I. Further studies on the cortical connections of the Tegu lizard. *Brain research*. 1976;103:9-28.
21. Bruce LL, Butler AB. Telencephalic connections in lizards. I. Projections to cortex. *Journal of Comparative Neurology*. 1984;229:585-601.
22. Butler AB. Telencephalon of the lizard *Gekko gecko* (Linnaeus): some connections of the cortex and dorsal ventricular ridge. *Brain, Behavior and Evolution*. 1976;13:396-417.
23. Lohman AHM, Mentink GM. Some cortical connections of the tegu lizard (*Tupinambis teguixin*). *Brain research*. 1972;45:325-344.
24. Browner RH, Rubinson K. The cytoarchitecture of the torus semicircularis in the Tegu lizard, *Tupinambis nigropunctatus*. *Journal of Comparative Neurology*. 1977;176:539-557.
25. Díaz C, Yanes C, Trujillo CM, Puelles L. Cytoarchitectonic subdivisions in the subtectal midbrain of the lizard *Gallotia galoti*. *Journal of Neurocytology*. 2000;29:569-593.
26. Butler AB, Ebbesson SO. A Golgi study of the optic tectum of the Tegu lizard, *Tupinambis nigropunctatus*. *Journal of Morphology*. 1975;146:215-227.
27. Foster RE, Hall WC. The connections and laminar organization of the optic tectum in a reptile (*Iguana iguana*). *Journal of Comparative Neurology*. 1975;163:397-425.
28. Huber G, Crosby EC. The reptilian optic tectum. *Journal of Comparative Neurology*. 1933;57:57-163.
29. Larsell O. The cerebellum of reptiles: lizards and snake. *Journal of Comparative Neurology*. 1926;41:59-94.