



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

**ANÁLISE HISTOMORFOMÉTRICA DO OLHO DE *Phyllostomus
discolor* E *Myotis nigricans* (MAMMALIA: CHIROPTERA)**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

**ANÁLISE HISTOMORFOMÉTRICA DO OLHO DE *Phyllostomus
discolor* E *Myotis nigricans* (MAMMALIA: CHIROPTERA)**

Trabalho de Conclusão de Curso –
TCC apresentado ao Curso de
Graduação em Licenciatura em
Ciências Biológicas como requisito
para incremento da Disciplina Eletiva
do Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas

Autor: Erivaldo Alves Antonio

Orientadora: Dra. Katharine Raquel Pereira dos Santos

Co – orientadora: Msc. Maria Juliana Gomes Arandas

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2015

Catálogo na Fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Giane da Paz Ferreira Silva, CRB4: 977

A635a Antonio, Eivaldo Alves.

Análise histomorfológica do olho de *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans* (Mammalia: Chiroptera). / Eivaldo Alves Antonio. Vitória de Santo Antão: O Autor, 2015.

50 folhas.

Orientador: Katharine Raquel Pereira dos Santos.

Co-Orientador: Maria Juliana Gomes Arandas.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Licenciatura em Ciências Biológicas, 2015.

Inclui bibliografia.

1. Morcegos. 2. Globo ocular. 3. Morfologia. 4. Onívoro. 5. Insetívoro. I. Santos. Katharine Raquel Pereira dos (Orientadora). II. Arandas, Maria Juliana Gomes (Co-orientadora). III. Título.

599.4 CDD (23.ed.)

BIBCAV/UFPE-068/2015

FOLHA DE APROVAÇÃO**ERIVALDO ALVES ANTONIO****ANÁLISE HISTOMORFOMÉTRICA DO OLHO DE *Phyllostomus discolor* E *Myotis nigricans* (MAMMALIA: CHIROPTERA)**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao Curso de Graduação em
Licenciatura em Ciências Biológicas como
requisito para incremento da Disciplina
Eletiva do Curso de Licenciatura em
Ciências Biológicas

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Katharine Raquel Pereira dos Santos (Orientadora)

Msc. Maria Juliana Gomes Arandas (Co-orientadora)

Prof. Dr. Francisco Carlos Amanajás de Aguiar Júnior

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2015

“A Deus, aos meus Pais e a meu irmão, por sempre estarem ao meu lado apoiando-me nas minhas decisões. Sem vocês nada disso seria possível. Tenho muito orgulho em ter vocês como minha família”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que é a fonte inesgotável da fé para a existência de muitos. O qual em momentos difíceis e de fraqueza eu tenho buscado nele a sabedoria, fé e força de revigoramento para continuar trilhando a vida em todos os seus aspectos.

Aos meus pais, Edivaldo Sebastião e Marinalva Alves que sempre me apoiaram e são os meus pilares de vida. Devo tudo a vocês pelo fato de não ter faltado nada para mim, desde coisas materiais a valores, que são essenciais para minha formação como cidadão e serei multiplicador da sabedoria que vocês me ensinam diariamente, objetivando e direcionando meu papel nessa vida.

A meu irmão, Erinaldo Alves que sempre me ajudou de diversas formas, apoiou e estimulou a não desistir dos meus objetivos de vida. A todos meus familiares, que me estimularam a não desistir e sempre ir em busca dos meus sonhos e objetivos, em especial a minha querida avó paterna Maria Alaide (*in memoriam*) que sempre teve orgulho e acreditou no meu potencial e ela faz uma extrema falta para mim.

A minha querida orientadora Katharine Santos, que é a minha maior referência como profissional e pessoa nesse mundo acadêmico a qual me acolheu como um diamante em bruto a ser polido para a pesquisa. Além disso, ela é uma verdadeira amiga e sempre esteve presente quando precisei de qualquer coisa, a orientação dela foi essencial para a minha formação.

A Juliana Arandas, minha co-orientadora, além de tudo minha amiga. Ela esteve presente desde o começo na minha trajetória acadêmica e sua colaboração foi imprescindível para a execução desse trabalho. Ela sempre me incentivou e acreditou em mim. Eu sou extremamente grato por sua dedicação, amizade e alegria que contagia a todos que convivem com ela.

Ao professor Francisco Amanajás, pela orientação na realização da morfometria e pela ajuda na estatística do presente trabalho. Além disso, admiro a sua extrema competência e inteligência do qual o tenho como uma grande referência.

Aos amigos e companheiros de pesquisa do Laboratório de Biotecnologia e Fármacos da UFPE/CAV: Nivaldo Bernardo, Ketsia Sabrina, Eveline Alves, Fabricya Roberta, Ricardo Sérgio, Wanessa Botelho, André Pedroso e Dayane Freitas, que me proporcionaram momentos descontraídos que jamais serão esquecidos. Todos os bons momentos compartilhados não seriam os mesmos sem vocês.

A Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Centro Acadêmico de Vitória – CAV, que ao longo de toda a graduação, tornou-se minha segunda residência, constituindo uma verdadeira família, da qual me orgulho ter feito/fazer parte.

A todos os meus professores da UFPE/CAV que contribuíram para minha formação durante a graduação.

Aos amigos e colegas da turma 2009.2 – 2013.1 Ciências Biológicas/Licenciatura. Também a turma 2011.2 que me acolheu com muito carinho. Posso afirmar que tive privilégio em estudar com vocês. E sim, eu viveria tudo novamente.

Aos morcegos que ao longo de todo o tempo de pesquisa, constituíram meu objeto de estudo, em especial as espécies *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans*.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Centro Acadêmico de Vitória (CAV), que permitiu a realização deste trabalho.

A todos os meus professores da UFPE/CAV que contribuíram para minha formação durante a graduação.

A todos, que de alguma forma colaboraram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

Muito obrigado a todos!

“Por que você quer tanto isso? Porque disseram que eu não conseguiria.”

— Homens de Honra.

Lista de Figuras

Páginas

- Figura 1:** Fotomicrografia do globo ocular de *Phyllostomus discolor*. 1: túnica fibrosa; 2: túnica vascular; 3: retina; 4: cristalino; 5: nervo óptico. Coloração H.E. $\pm 40x$ 30
- Figura 2:** Fotomicrografia do globo ocular de *Myotis nigricans*. 1: túnica fibrosa; 2: túnica vascular; 3: retina; 4: cristalino. Coloração H.E. $\pm 40x$ 30
- Figura 3:** Fotomicrografia do globo ocular de *P. discolor*. 1: córnea; 2: esclera; 3: coróide; 4: corpo ciliar; 5: íris; 6: retina; 7: cristalino; 8: câmara anterior; 9: câmara posterior; 10: câmara postrema ou corpo vítreo; seta: processo ciliar; cabeça de seta: transição esclerocorneal. Coloração H.E. $\pm 40x$ 30
- Figura 4:** Fotomicrografia do globo ocular de *M. nigricans* 1: córnea; 2: esclera; cabeça de seta: transição esclerocorneal. Coloração H.E. $\pm 40x$ 30
- Figura 5:** Fotomicrografia da túnica fibrosa do globo ocular de *P. discolor*. (A - esclera, aumento $\pm 400x$). 1: tecido conjuntivo fibroso; 2: coróide; seta preta: fibras colágenas; Cabeça de setas: fibroblastos. (B – região anterior da córnea, aumento $\pm 1000x$). 3: epitélio anterior; 4: estroma; seta preta: fibras colágenas; cabeça de setas: fibroblastos. (C- região posterior da córnea, aumento $\pm 1000x$). Seta vermelha: epitélio posterior; seta azul: membrana de Descemet. Coloração H.E. 31
- Figura 6:** Fotomicrografia da córnea de *M. nigricans*. 1: epitélio anterior; 2: estroma; cabeça de seta: membrana de descemet; seta azul: fibroblato. Coloração H.E $\pm 400x$ **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 7:** Fotomicrografia da transição esclerocorneal de *M. nigricans*. 1: córnea; 2: esclera; asterisco: rede trabecular. Coloração H.E $\pm 400x$ **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8:** Fotomicrografia do globo ocular de *P. discolor* com enfoque na túnica vascular. 1: coróide; 2: corpo ciliar; seta: processo ciliar; 3: íris. Coloração H.E $\pm 40x$ **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 9:** Fotomicrografia do globo ocular de *M. nigricans* com enfoque na túnica vascular. Seta verde: coróide. Coloração H.E $\pm 100x$ **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 11:** (A – Fotomicrografia da região posterior do globo ocular de *P. discolor*. 1: nervo óptico; 2: disco óptico; 3: retina; 4: esclera; 5: coróide; 6: cristalino. $\pm 100x$). (B – Fotomicrografia da região anterior do cristalino. 7: fibras do cristalino; seta azul: cápsula do cristalino; seta vermelha: epitélio subcapsular. $\pm 400x$). Notar que não existe na região posterior do olho o epitélio subcapsular. Coloração H.E. 36
- Figura 12:** Fotomicrografia da retina de *P. discolor*. 1: coróide; seta verde: epitélio pigmentar; estrela: fotorreceptores; 2 : camada de fotorreceptores; seta azul: membrana limitante externa; 3: camada nuclear externa; 4: camada plexiforme externa; 5: camada nuclear interna; 6: camada plexiforme interna; 7: camada de células ganglionares; seta vermelha: camada de fibras do nervo óptico; 8: corpo vítreo. Coloração H.E. $\pm 400x$ 36
- Figura 13:** Fotomicrografia da retina de *M. nigricans*. Seta vermelha: células ganglionares; seta verde: epitélio pigmentar da retina. Coloração H.E $\pm 400x$ **Erro! Indicador não definido.**

Lista de Tabelas**Páginas**

Tabela 1: Comparação das médias dos parâmetros calculadas para análises histomorfométricas entre *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans*. n = número total; mm = milímetro; mm² = milímetro quadrado; mm³ = milímetro cúbico; μ = micrômetro; D.P = desvio padrão; EPR* = epitélio pigmentar da retina. **Erro! Indicador não definido.**

Tabela 2: Médias proporcionais entre esclera e córnea de *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans*. mm = milímetro; D.P = desvio padrão **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAV: Centro Acadêmico de Vitória.

HE: Hematoxilina e Eosina.

IBAMA: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis.

NBF: Formalina Neutra Tamponada.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco.

C: Perímetro

π : Pi

r: Raio

mm: Milímetro

mm²: Milímetro quadrado

mm³: Milímetro ao cubo

D: Diâmetro

A: Área da esfera

r²: Raio ao quadrado

V: Volume

r³: Raio ao cubo

D.P: Desvio padrão

FC: Frequência constante

FM: Frequência modulada

SUMÁRIO

	Página
REVISÃO DE LITERATURA	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
ARTIGO A SER SUBMETIDO NA REVISTA CIÊNCIA ANIMAL BRASILEIRA.....	22
RESUMO	23
ABSTRACT	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	40
CONCLUSÕES.....	40
ANEXO – NORMAS EDITORIAIS E DE SUBMISSÃO NA REVISTA CIÊNCIA ANIMALBRASILEIRA.....	41

REVISÃO DE LITERATURA

Os morcegos pertencem à ordem Chiroptera constituindo um dos grupos de mamíferos mais diversificados no mundo tanto em número de espécie quanto em diversidade ecológica. Além disso, eles são os únicos mamíferos a apresentarem adaptações morfológicas para a realização do voo verdadeiro. Os morcegos representam a segunda maior ordem de mamíferos, compreendendo 18 famílias, 202 gêneros e aproximadamente 1.116 espécies (GARDNER, 2008; SIMMONS, 2005). Tradicionalmente, essa ordem é dividida na subordem Megachiroptera e na subordem Microchiroptera. A primeira, conhecidos também como raposas voadoras, é encontrada exclusivamente no velho mundo e compreende uma única família (Pteropodidae), enquanto a segunda está amplamente distribuída por todo globo, compreendendo 17 famílias, Rhinolophidae, Hipposideridae, Megadermatidae, Rhinopomatidae, Craseonycteridae, Emballonuridae, Nycteridae, Myzopodidae, Mystacinidae, Phyllostomidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Furipteridae, Thyropteridae, Natalidae, Molossidae, Vespertilionidae (NOWAK, 1994; SIMMONS, 2005). Porém, foi estabelecida uma nova classificação filogenética na qual a ordem Chiroptera é dividida na subordem Yinpterochiroptera a qual contém as famílias (Pteropodidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Megadermatidae, Craseonycteridae e Rhinopomatidae) e na subordem Yangochiroptera a qual agrupa todas as outras 12 famílias. (TEELING *et al.*, 2000; TEELING, 2009; PERACCHI *et al.*, 2011). Com relação às famílias de morcegos existentes, relata-se a ocorrência de nove famílias no Brasil, sendo elas: Emballonuridae, Phyllostomidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Frupteridae, Thyropteridae, Natalidae, Molossidae e Vespertilionidae (PAGLIA *et al.*, 2012; REIS *et al.*, 2007).

Os morcegos pertencentes à subordem Yangochiroptera apresentam um tamanho relativamente pequeno se comparados aos grandes morcegos frugívoros do velho mundo e mostram uma notável variedade no uso de habitat, comportamento, morfologia e dieta (NOWAK, 1994). Os morcegos dessa subordem apresentam a maior diversidade de morcegos e a maior variedade de hábitos alimentares (PERACCHI *et al.*, 2011). Dentre os hábitos alimentares, podemos

destacar a nectarivoria, insetivoria, carnivoria, piscivoria, frugivoria, onivoria e hematofagia (GARDNER, 1977; FERRAREZZI E GIMENEZ, 1996).

Os quirópteros executam um papel importantíssimo para a manutenção do equilíbrio ecológico. Os morcegos frugívoros são excelentes dispersores de sementes e os nectarívoros atuam como polinizadores de flores, o qual ambos desempenham uma função de moduladores da flora (FLEMING, 1988; FENTON *et al.*, 1992; SAZIMA *et al.*, 1982; GARCIA *et al.*, 2000) As espécies insetívoras controlam populações de insetos e as espécies carnívoras se alimentam principalmente de pequenos vertebrados mantendo o equilíbrio populacional de suas presas (PERACCHI *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2007). Todavia, os morcegos hematófagos se alimentam exclusivamente de sangue de outros vertebrados, o qual apresenta uma importância médica-sanitária, sendo este um importante vetor do vírus rábico(UIEDA *et al.*, 1996; GOODWIN e GREENHALL, 1961).

Essa grande variedade de requisitos ecológicos exigiu, da maioria dos morcegos, o desenvolvimento de um sofisticado sistema de ecolocalização que permite explorar o ambiente durante o período de atividade noturna Todos os morcegos da subordem Yangochiroptera e os da superfamília Rhinolophoidea pertencentes à subordem Yinpterochiroptera se orientam acusticamente pela informação contida no eco do som emitido através da laringe (GARDNER, 1977; NOWAK. 1994; TEELING, 2009). Contudo, mesmo possuindo um complexo sistema de ecolocalização, os morcegos não descartam o uso da visão (RYDELL e EKLÖF, 2003).

A espécie *Phyllostomus discolor* (Wagner, 1843) pertencente à família Phyllostomidae sendo classificada como onívora, explorando principalmente frutos, néctar, partes florais e insetos (FERRAREZZI e GIMENEZ, 1996; GARDNER, 1977). A espécie *P. discolor* apresenta um tamanho médio com comprimento cabeça-corpo variando entre 6,6 e 9,7 cm e peso entre 26 e 51 g (REIS *et al.*, 2007; SIMMONS, 2005). O sistema de ecolocalização de *P. discolor* apresenta características intermediárias dos pulsos dos frugívoros e nectarívoros, com os insetívoros e carnívoros da família, utilizando ainda os sentidos da olfação e principalmente da visão para obtenção dos recursos alimentares (GOULD, 1997; KOAY *et al.*, 2002).

A espécie *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) pertence à família Vespertilionidae sendo classificada como insetívora aéreo de florestas e clareiras, com certa variação na captura de presas (PERACCHI *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2007). A espécie *M. nigricans* é considerada uma espécie pequena com comprimento cabeça-corpo entorno de 3,8 a 4,9 cm e peso entre 3 a 5,5 g (REIS *et al.*, 2007; SIMMONS, 2005). O seu sistema de ecolocalização intercala pulsos de frequência constante (FC) e frequência modulada (FM), os quais são utilizados em combinação para detectar, classificar e localizar o alimento, visto que capturam insetos em pleno voo (NEUWEILER, 2000).

A ecolocalização a curtas distâncias geralmente apresenta informações detalhadas sobre a presa ou obstáculos mais do que a visão (SUTHERS e WALLIS, 1970; PETTIGREW *et al.*, 1988; EKLÖF e JONES, 2003). Por esta razão, que a visão é utilizada principalmente para a detecção de pontos de referências, tais como, evitar obstáculos, localização de abrigos, percepção de formas e captura de presas (EKLÖF e JONES, 2003; GRIFFIN, 1970; CHASE, 1981). Nessas situações existe a precedência da visão sobre o sonar. Também, quando se deslocam por longas distâncias, por exemplo, durante a migração sazonal e na locomoção entre os locais de alimentação (RYDELL e EKLÖF, 2003; SUTHERS e WALLIS, 1970). A migração a longas distâncias é guiada por outros sentidos, incluindo a visão (EKLÖF e JONES, 2003; CHASE, 1981). A visão é importante no comportamento de fuga e na detecção de predadores (CHASE, 1981). Algumas espécies de morcegos têm padrões distintos de pele que podem servir como sinais de reconhecimento visual (FENTON, 2001). A visão tem grande importância para o forrageamento, especialmente para os morcegos frugívoros e nectarívoros, que podem fazer uso das diferenças no brilho e na composição espectral para encontrar diferentes itens alimentares (RYDELL e EKLÖF, 2003; RUCZYNSKI *et al.*, 2011). Além disso, existe uma relação entre os picos de atividade noturna e as estratégias alimentares com as habilidades visuais dos morcegos (CHASE, 1981).

O globo ocular caracteriza-se por ser um órgão fotossensível que permite detectar a luz e transformar essa percepção em impulsos elétricos. O olho é constituído por três túnicas dispostas concêntricamente: a camada externa, formada

pela esclera e pela córnea; a camada média ou túnica vascular, constituída pelo coróide, pelo corpo ciliar e pela íris; e a camada interna ou retina, que se comunica com o cérebro pelo nervo óptico. Além desses envoltórios, o olho apresenta o cristalino ou lente, uma estrutura biconvexa transparente que é mantida em posição graças a um ligamento circular, a zônula ciliar, que se insere sobre um espessamento da camada média o corpo ciliar. O olho também apresenta três compartimentos, à câmara anterior, situada entre a íris e a córnea; a câmara posterior, entre a íris e o cristalino; e o espaço vítreo, situado atrás do cristalino e circundado pela retina. (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013; SCHIMIDT-NIELSEN, 2002; GUYTON e HALL, 2006).

Os olhos dos tradicionalmente chamados microquirópteros são moldados por condições noturnas em que eles têm grandes superfícies de córnea e cristalino, em relação ao tamanho do olho. SUTHERS e WALLIS (1970) determinaram alguns padrões morfométricos para os olhos de *Myotis sodalis* com 1,68 mm de diâmetro, *Carollia perspicillata* com 2,62 mm de diâmetro ocular e os olhos de *Phyllostomus hastatus* com 3,94 mm de diâmetro. Foi verificado o ângulo de curvatura da córnea para *M. sodalis* com 146° de curvatura, *C. perspicillata* com 176° de curvatura e *P. hastatus* com 164° de curvatura. Também estabeleceram a proporção de quanto o cristalino ocupa no interior dentro do globo ocular dividindo o valor do diâmetro do cristalino pelo diâmetro do olho. Com isso, para *P. discolor* o cristalino ocupa cerca de 65% do total do globo ocular e para *M. nigricans* o cristalino ocupa cerca de 60% do espaço interior do olho. Eles calcularam a proporção do cristalino em relação ao olho para *M. sodalis* que o cristalino ocupa 36% do interior do olho, *C. perspicillata* que o cristalino ocupa 49% do globo ocular e *P. hastatus* o qual o cristalino representa 49% do total do olho. Os olhos desses animais também têm relativamente grandes campos receptores, que lhes dão poder de reunir uma boa quantidade de luz em detrimento da acuidade visual, ou seja, a capacidade de resolver bem os detalhes espaciais. (SUTHERS, 1970; SUTHERS e WALLIS, 1970; NEUWEILER, 2000). O globo ocular destes morcegos é primeiramente adaptado para funcionar em níveis baixos de luz. Isto leva a desvantagem de uma pobre capacidade relativa para resolver bem os detalhes espaciais (acuidade). A capacidade de resolução espacial pode ser estimada tanto anatomicamente, pelo cálculo da densidade de células ganglionares da retina ou por testes de resposta

optomotor (PETTIGREW *et al.*, 1988; MARKS, 1980; HEFFNER *et al.*, 2001; NEUWEILER). Foi verificado que a espécie *Pteropus giganteus* possui uma *area centralis* na retina, com densidade de células ganglionares de 10.000/mm², comparada à de apenas 1.200/mm² na periferia (PEDLER e TILLEY, 1969). Já para a espécie *Rhinolophus rouxi* (Rhinolophidae) apresenta apenas 4.500 células, distribuídos em uma área retiniana de 4 mm², enquanto a *Macroderma gigas* (Megadermatidae) possui de 100 a 120 mil células ganglionares, distribuídos sobre uma área de 80 mm² na retina (PETTIGREW *et al.*, 1988).

Em geral, frugívoros e nectarívoros têm olhos maiores com melhor poder de resolução visual e bulbos olfativos alargados em comparação com espécies insetívoras (JOLICOEUR e BARON, 1980; BARTON e HARVEY, 2000), além de perceberem e responderem mais facilmente a diferentes padrões de orientação através da visão. Estes indícios sugerem que a visão talvez possa desempenhar um importante papel nesses morcegos do que na maioria dos insetívoros (EKLÖF e JONES, 2003). Embora estes dados revelem a importância da visão para os morcegos, poucos estudos tratam da caracterização morfológica dos olhos para esses animais.

A visão é de grande significância para os morcegos e entender o papel do sistema visual desses animais principalmente associado ao hábito alimentar está diretamente relacionado à manutenção da vida desses morcegos.

REFERÊNCIAS

- BARTON, R. A.; HARVEY, P. H. Mosaic evolution of brain structure in mammals. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1055-1058, 2000.
- CHASE, Julia. Visually guided escape responses of microchiropteran bats. **Animal Behaviour**, v. 29, n. 3, p. 708-713, 1981.
- EKLÖF, J.; JONES, G. Use of vision in prey detection by brown long-eared bats, *Plecotus auritus*. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 5, p. 949-953, 2003.

FENTON, M.B. **Bats, revised edition**. Ontario, Canada: Fitzhenry and Whiteside; 2001. 224p.

FENTON, M.B.; ACHARYA, L.; AUDET, D.; HICKEY, M.B.C.; MERRIMAN, C.; OBRIST, M.K.; SYME, D.M.; ADKINS, B. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. **Biotropica**. v. 24, n.3. p. 440-446, 1992.

FERRAREZZI, H.; GIMENEZ, E. D. A. Systematic patterns and the evolution of feeding habits in Chiroptera (Archonta: Mammalia). **Journal of Comparative Biology**, v. 1, n. 3, p. 75-94, 1996.

FERRAREZZI, H.; GIMENEZ, E. do A. Systematic patterns and the evolution of feeding habits in Chiroptera (Archonta: Mammalia). **Journal of Comparative Biology**, v. 1, n. 3, p. 75-94, 1996.

FLEMING, T. H. **The short-tailed fruit bat: a study in plant animal interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1988, 365p.

GARCIA, Q.S.; REZENDE, J.L.P.; AGUIAR, L.M.S. (2000). Seed dispersal by bats in a disturbed area of Southeastern Brazil. **Rev. Biol. Trop**, v. 48, n.1, p.125-128.

GARDNER, A. L. Feeding habits. In: BAKER, R. J.; JONES, J. K.; CARTER, D. C. (Eds) **Biology of Bats of The New World Family Phyllostomidae**. Lubock, Texas: Special Publications of Museum Texas Tech University, 1977, p. 293-350.

GARDNER, A.L. Order Chiroptera. In: GARDNER A.L. (eds) **Mammals of South America (Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats)**. Chicago and London: The University of Chicago Press. 2008, v1, 669 p.

GOODWIN, G.G.; GREENHALL, A.M. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. **Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.**, v.122, n.3, p.187-302, 1961.

GOULD, E. Echolocation and Communication. In: Baker, R. J.; Jones-Junior, K. J.; Carter, D. C. (ed.) **Biology of Bats of the New World Family Phyllostomatidae**.

Part II. Special Publications the Museum Texas Tech University, Texas. 1997. p. 247-279.

GRIFFIN, D. R. Migration and homing of bats. In: WIMSATT, W. A. (Ed). **Biology of Bats**. New York: Academic Press, 1970. p. 233-264.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier; 2006. 1115 p.

HEFFNER, R. S.; KOAY, G.; HEFFNER, H. E. Sound localization in a new-world frugivorous bat, *Artibeus jamaicensis*: acuity, use of binaural cues, and relationship to vision. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, n. 1, p. 412-421, 2001.

JOLICOEUR, P.; BARON, G. Brain center correlations among Chiroptera. **Brain, behavior and evolution**, v. 17, n. 6, p. 419-431, 1980.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Sistemas fotorreceptor e audiorreceptor. In: _____. **Histologia Básica**, 12^a Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2013, p. 447-465.

KOAY, G.; BITTER, K.S.; HEFFNER, H.E.; HEFFNER, R. S. Hearing in American leaf-nosed bats. I: *Phyllostomus hastatus*. **Hearing research**, v. 171, n. 1, p. 96-102, 2002.

MARKS, J. M. **Retinal ganglion cell topography in bats**. [dissertation]. Bloomington:Indiana University. 1980.

NEUWEILER, G. Vision, olfaction and taste. In: Neuweiler G. **The Biology of Bats**. New York: Oxford University Press; 2000. p 210-233.

NOWAK, R.M. **Walker's bats of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 1994, 287p.

PAGLIA, A.P.; FONSECA, G.A.B.; RYLANDS, A.B.; HERRMANN, G.; AGUIAR, L.M.S.; CHIARELLO, A.G.; LEITE, Y.L.R.; COSTA, L.P.; SICILIANO. S.; KIERULFF,M.C.M.; MENDES, S.L.; TAVARES, V.C.; MITTERMEIER, R.A.; PATTON, J.L. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. **Occasional Papers in**

Conservation Biology, Conservation International, Arlington,VA, n.6,2ª Edição. 2012, 76 p.

PERACCHI, A. L. *et al.* Ordem Chiroptera. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Eds). **Mamíferos do Brasil**. Londrina, Paraná: Universidade Estadual de Londrina. 2011, 2 ed, p. 155-234.

PEDLER, C.; TILLEY, R. The retina of a fruit bat (*Pteropus giganteus*). **Vision research**, v. 9, n. 8, p. 909-922, 1969.

PETTIGREW, J.D.; DREHER, B.; HOPKINS, C.S.; MCCALL, M.J.; BROWN, M. Peak Density and Distribution of Ganglion Cells in the Retinae of Microchiropteran Bats: Implications for Visual Acuity (Part 2 of 2). **Brain, behavior and evolution**, v. 32, n. 1, p. 48-56, 1988.

REIS, N. R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P (Eds). **Morcegos do Brasil**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. 253 p.

RUCZYNSKI, I; SZARLIK, A; SIEMERS, B. M. Conspicuous visual cues can help bats to find tree cavities. **Acta Chiropterologica**, v. 13, n. 2, p. 385-389, 2011.

RYDELL, J.; EKLÖF, J. Vision complements echolocation in an aerial-hawking bat. **Naturwissenschaften**, v. 90, n. 10, p. 481-483, 2003.

SAZIMA, M.; FABIÁN, M.E.; SAZIMA, I. Polinização de *Luehea speciosa* (Tiliaceae) por *Glossophaga soricina* (Chiroptera, Phyllostomidae). **Rev. Bras. Biol**, v.42, n.3, p.505-513, 1982.

SCHIMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. 5ª ed. São Paulo: Editora Santos, 2002. 611p.

SIMMONS, N.B. Ordem Chiroptera. In: WILSON, D. E.; REEDER, D. M. (Eds). **Mammal Species of the World: a taxonomic and geographic reference**. 3 ed. V.1. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005, p.312 – 529.

SUTHERS, R. A. Vision, olfaction and taste. In: **Biology of Bats** Vol. II. WIMSATT, W. A. (ed.). New York: Academic Press; 1970. p 265-281.

SUTHERS, R. A.; WALLIS, N. E. Optics of the eyes of echolocating bats. **Vision research**, v. 10, n. 11, p. 1165-1173, 1970.

TEELING, E. C. *et al.* Molecular evidence regarding the origin of echolocation and flight in bats. **Nature**, v. 403, n. 6766, p. 188-192, 2000.

TEELING, E. C. Hear, hear: the convergent evolution of echolocation in bats? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 7, p. 351-354, 2009.

UIEDA, W; HAYASHI, M.M; GOMES, L.H; SILVA, M.M.S.Espécies de quirópteros diagnosticados com raiva no Brasil. **Boletim do instituto Pasteur**, v.1, p, 17-35, 1996.

**ARTIGO A SER SUBMETIDO NA REVISTA CIÊNCIA ANIMAL
BRASILEIRA**

ANÁLISE HISTOMORFOMÉTRICA DO OLHO DE *Phyllostomus discolor* E *Myotis nigricans* (MAMMALIA: CHIROPTERA)

Resumo:

Phyllostomus discolor é classificada como onívora e *Myotis nigricans* é classificado como insetívoro. Ambas utilizam a ecolocalização e a visão como principais sentidos. O trabalho comparou os globos oculares dos morcegos *P. discolor* e *M. nigricans* através de análises histomorfométricas. 10 pares de olhos de *P. discolor* e 6 pares de olhos de *M. nigricans* foram analisados através de microscopia de luz. Os olhos de *P. discolor* e *M. nigricans* apresenta uma morfologia para o ambiente noturno. Todos os valores obtidos foram significativamente maiores para *p. discolor*, com exceção da espessura da coróide que foi maior para *M. nigricans*. A córnea ocupa aproximadamente 45% para ambas as espécies, coróide altamente pigmentada, corpo ciliar desenvolvido devido ao grande cristalino, que para *P. discolor* ocupa 65% do volume do olho e para *M. nigricans* representa 60%. A íris acompanha a extensão da córnea, câmaras anterior e posterior grandes e pequeno corpo vítreo. Retina apresentou as 10 camadas. Onde, *P. discolor* possui 3948 células ganglionares/mm² o qual possui uma acuidade visual melhor que *M. nigricans* que tem 2368 células ganglionares/mm². Essas diferenças estão relacionadas à ecolocalização, itens alimentares e tamanhos corpóreos.

Palavras-chave: morcegos; globo ocular; morfologia; onívoro; insetívoro.

HISTOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE EYE OF *Phyllostomus discolor* AND *Myotis nigricans* (MAMMALIA: CHIROPTERA)

Abstract:

Phyllostomus discolor is classified as omnivorous and *Myotis nigricans* is classified as insectivorous. Both species use the echolocation and the vision as their main sense. This study compared the eyeballs of the bats *P. discolor* and *M. nigricans* by histomorphometric analysis. 10 pairs of eyes from *P. discolor* and 6 pairs of eyes from *M. nigricans* were analysed by light microscopy. The eyes of *P. discolor* and *M. nigricans* shows their morphology for nocturnal environment. All results obtained were significantly higher to *P. discolor*, except the thickness of choroid layer which was lesser to *M. nigricans*. The cornea occupies 45% for both, the choroid is highly pigmented, ciliary body developed due to the large lens, that for *P. discolor* holds 65% of eye volume and for *M. nigricans* represents 60%. Iris follows the extension of the cornea, the anterior and posterior chambers are large and a small vitreous body. The Retina presented the 10 layers. Where, *P. discolor* has 3948 ganglion cells/mm² that presents a better visual acuity than *M. migricans* that has 2368 ganglion cells/mm². These differences are related to echolocation, food items and body sizes.

Keywords: bats; eyeball; morphology; omnivorous; insectivorous.

Introdução

Os morcegos pertencem à ordem Chiroptera constituindo um dos grupos de mamíferos mais diversificados no mundo tanto em número de espécie quanto em diversidade ecológica⁽¹⁾. Os quirópteros mostram uma notável variedade no uso de habitat, morfologia, comportamento e dieta⁽²⁾ além de executarem papéis importantíssimos para a manutenção do equilíbrio ecológico, dentre esses, eles atuam como dispersores de sementes, polinizadores de flores e controladores populacionais de insetos^(3,4,5,6).

Essa grande variedade de requisitos ecológicos exigiu, da maioria dos morcegos, o desenvolvimento de um sofisticado sistema de ecolocalização que permite explorar o ambiente durante o período de atividade noturna. Todos os morcegos da subordem Yangochiroptera e os da superfamília Rhinolophoidea pertencentes à subordem Yinpterochiroptera se orientam acusticamente pela informação contida no eco do som emitido através da laringe^(7,8,9). Contudo, mesmo possuindo um complexo sistema de ecolocalização, os morcegos não descartam o uso da visão⁽¹⁰⁾.

A espécie *Phyllostomus discolor* (Wagner, 1843) pertencente à família Phyllostomidae sendo classificada como onívora, explorando principalmente frutos, néctar, partes florais e insetos^(7,11). O sistema de ecolocalização de *P. discolor* apresenta características intermediárias dos pulsos dos frugívoros e nectarívoros e, com os insetívoros e carnívoros da família, utilizando ainda os sentidos da olfação e principalmente da visão para obtenção dos recursos alimentares^(12,13).

A espécie *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) pertence à família Vespertilionidae sendo classificada como insetívora aérea de florestas e clareiras, com certa variação na captura de presas^(6,14). O seu sistema de ecolocalização intercala pulsos de frequência constante (FC) e frequência modulada (FM), os quais são utilizados em combinação para detectar, classificar e localizar o alimento, visto que capturam insetos em pleno voo⁽¹⁵⁾.

A ecolocalização a curta distâncias geralmente apresenta informações detalhadas sobre a presa ou obstáculos mais do que a visão^(16,17,18). Por esta razão, que a visão é utilizada principalmente para a detecção de pontos de referências, tais como, evitar obstáculos, localização de abrigos, percepção de formas e captura de presas^(18,19,20). Nessas situações existe a precedência da visão sobre o sonar. Também, quando se deslocam por longas distâncias, por exemplo, durante a migração sazonal e na locomoção entre os locais de alimentação^(10,16). A migração a longas distâncias é guiada por outros sentidos, incluindo a visão^(18,20). A visão é importante no comportamento de fuga e na detecção de predadores⁽²⁰⁾.

Algumas espécies de morcegos têm padrões distintos de pele que podem servir como sinais de reconhecimento visual⁽²¹⁾.

A visão tem grande importância para o forrageamento, especialmente para os morcegos frugívoros e nectarívoros, que podem fazer uso das diferenças no brilho e na composição espectral para encontrar diferentes itens alimentares^(10,22). Além disso, existe uma relação entre os picos de atividade noturna e as estratégias alimentares com as habilidades visuais dos morcegos⁽²⁰⁾.

O globo ocular de mamíferos caracteriza-se por ser um órgão fotossensível que permite detectar a luz e transformar essa percepção em impulsos elétricos. O olho é constituído por três túnicas dispostas concêntricamente: a camada externa, formada pela esclera e pela córnea; a camada média ou túnica vascular, constituída pelo coróide, pelo corpo ciliar e pela íris; e a camada interna ou retina, que se comunica com o cérebro pelo nervo óptico. Além desses envoltórios, o olho apresenta o cristalino ou lente, uma estrutura biconvexa transparente que é mantida em posição graças a um ligamento circular, a zônula ciliar, que se insere sobre um espessamento da camada média o corpo ciliar. O olho também apresenta três compartimentos, à câmara anterior, situada entre a íris e a córnea; a câmara posterior, entre a íris e o cristalino; e o espaço vítreo, situado atrás do cristalino e circundado pela retina^(23,24,25).

Os olhos dos tradicionalmente chamados microquirópteros são moldados por condições noturnas em que eles têm grandes superfícies de córnea e cristalino, em relação ao tamanho do olho. Eles também têm relativamente grandes campos receptores, que lhes dão poder de reunir uma boa quantidade de luz em detrimento da acuidade visual, ou seja, a capacidade de resolver bem os detalhes espaciais^(16,26). O globo ocular destes morcegos é primeiramente adaptado para funcionar em níveis baixos de luz. Isto leva a desvantagem de uma pobre capacidade relativa para resolver bem os detalhes espaciais (acuidade). A capacidade de resolução espacial pode ser estimada tanto anatomicamente, pelo cálculo da densidade de células ganglionares da retina ou por testes de resposta optomotor^(17,27,28).

Em geral, frugívoros e nectarívoros têm olhos maiores com melhor poder de resolução visual e bulbos olfativos alargados em comparação com espécies insetívoras^(29,30), além de perceberem e responderem mais facilmente a diferentes padrões de orientação através da visão. Estes indícios sugerem que a visão talvez possa desempenhar um importante papel nesses morcegos do que na maioria dos insetívoros⁽¹⁸⁾. Embora estes dados revelem a importância da visão para os morcegos, poucos estudos tratam da caracterização morfológica

dos olhos em especial para a família Phyllostomidae e principalmente para a família Vespertilionidae.

A visão é de grande significância para os morcegos e entender o papel do sistema visual desses animais principalmente associado ao hábito alimentar está diretamente relacionado à manutenção da vida desses morcegos. Considerando os poucos estudos que abordam as características morfológicas do globo ocular em morcegos, este trabalho se propôs a realizar uma análise e comparação histomorfométrica do globo ocular entre uma espécie onívora (*P. discolor*) e uma espécie insetívora (*M. nigricans*) relacionando a morfologia dos olhos ao hábito noturno e suas estratégias alimentares.

Material e Métodos

Para a realização desse estudo foram utilizados materiais de coleção o qual esses morcegos se encontram conservados em etanol a 70% e estão depositados temporariamente no Laboratório de Biotecnologia e Fármacos da Universidade Federal de Pernambuco UFPE, Centro Acadêmico de Vitória – CAV. Esses morcegos foram coletados em fragmentos florestais de Mata Atlântica pertencentes à Usina Trapiche situada no Município de Sirinhaém (Latitude: 08°35'27"S e Longitude: 35°06'58"W) litoral sul do estado de Pernambuco conforme a autorização N° 16301-1 do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). A pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE com o seguinte número de protocolo: 23076.040931/2014-76.

Foram selecionados 10 pares de olhos de 10 indivíduos da espécie *P. discolor* e 6 pares de olhos de 6 indivíduos da espécie de *M. nigricans*. Os globos oculares dos espécimes foram obtidos a partir da remoção dos crânios. Após, os olhos foram extraídos da órbita e para isso foram realizadas incisões com bisturi e tesoura na gordura periorbital fazendo com que os olhos fossem separados dos músculos extrínsecos do globo ocular e da própria gordura periorbital, preservando também a maior parte possível do nervo óptico. Após a remoção os olhos, eles foram fixados em formalina a 10% neutra tamponada (NBF). Posteriormente, processado no Laboratório de Biotecnologia e Fármacos – CAV/UFPE, seguindo a técnica histológica de rotina⁽³¹⁾. Os olhos foram incluídos em blocos de parafina e cortados com 4µm de espessura em cortes seriados. Em seguida, corados por Hematoxilina e Eosina. As lâminas obtidas foram analisadas através de microscopia de luz.

Para a obtenção das fotomicrografias foi utilizado um microscópio óptico (Nikon E-200) acoplado a um sistema digital de captura (Moticam 2300) de 3.0 megapixels, o qual foram obtidas fotomicrografias através do programa *ScopePhoto* nos aumentos totais de 40x, 100x e 400x. Para as mensurações morfométricas foi utilizado *software ImageJ* versão 1.44 (*Research Services Branch, U.S. National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA*). Portanto, foram analisados e comparados às espessuras (μm) das túnicas que constituem os olhos (fibrosa, vascular e nervosa), perímetro (mm), diâmetro (mm), área (mm^2) e volume (mm^3) do globo ocular, perímetro (mm), diâmetro (mm), área (mm^2) e volume (mm^3) do cristalino, perímetro da esclera (mm), perímetro da córnea (mm) e contagem de células ganglionares na retina. O *software ImageJ* determinou os perímetro e espessuras dos parâmetros analisados. Porém, para a determinação do diâmetro tanto do globo ocular quanto do cristalino, primeiramente descobriu-se o raio através do perímetro pela seguinte fórmula matemática:

$$C = 2 * \pi * r$$

Onde, C = perímetro; $\pi = 3,14$ e r = raio.

Logo, foi usado o valor do raio para determinar o diâmetro do globo ocular e do cristalino através da seguinte fórmula matemática:

$$D = 2 * r$$

Onde, D = diâmetro; r = raio.

Em seguida, foi determinada a área do globo ocular e do cristalino, considerando-os como uma esfera, para isso foi usado a seguinte fórmula geométrica:

$$A = 4 * \pi * r^2$$

Onde, A = área da esfera; $\pi = 3,14$; r^2 = raio ao quadrado.

Por último, foi estabelecido o volume do globo ocular e o volume do cristalino, considerando-os como uma esfera, pela seguinte fórmula geométrica:

$$V = 4/3 * \pi * r^3$$

Onde, V = volume; $\pi = 3,14$; r^3 = raio ao cubo.

Para isso, dez campos de cada parâmetro nos cortes histológicos de cada olho de todos os espécimes foram escolhidos para a análise e foram estabelecidos na mesma área localizada num plano sagital mediano dos olhos.

Os percentuais obtidos das médias nos parâmetros analisados nos olhos foram submetidos ao teste *t* e à análise de variância (ANOVA) do *software SPSS (Statistical Package of the Social Sciences, SPSS Inc. Chicago, EUA)* versão 15.0, em que os valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Resultados e Discussão

Os resultados revelaram que o globo ocular de *Phyllostomus discolor* e de *Myotis nigricans* apresentam todos os componentes morfológicos encontrados nos olhos dos mamíferos (Figura 1 e Figura 2). Porém, apresentam algumas características morfológicas peculiares relacionado ao hábito noturno do animal, necessárias para a refração dos raios luminosos sob baixa intensidade de luz. Foram observadas as três túnicas ou camadas dispostas concentricamente, a lente ou cristalino e o sistema de câmaras, onde diferem significativamente entre as duas espécies em tamanho e volume, o qual estas foram calculadas e os resultados estão apresentados na (Tabela 1). Também pode-se afirmar que eles diferem em relação a sua capacidade de acuidade visual devido a diferença do número de células ganglionares por área na retina. Todos os valores obtidos para cada parâmetro calculado foram significativamente maiores ($p < 0,001$) para *p. discolor* em comparação com *M. nigricans*, com exceção da espessura da coróide a qual foi maior ($p = 0,001$) para *M. nigricans*. A descrição e morfometria para ambas as espécies estão apresentados abaixo.

Tabela 1: Comparação das médias dos parâmetros calculadas para análises histomorfométricas entre *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans*. n = número total; mm = milímetro; mm² = milímetro quadrado; mm³ = milímetro cúbico; μ = micrômetro; D.P = desvio padrão; EPR* = epitélio pigmentar da retina.

	<i>P. discolor</i>	<i>M. nigricans</i>	Valor de p
Perímetro do olho (mm ± D.P)	9,88 ± 0,52	3,35 ± 0,25	<0,001
Diâmetro do olho (mm ± D.P)	3,14 ± 0,16	1,06 ± 0,08	<0,001
Área do olho (mm² ± D.P)	31,22 ± 3,11	3,61 ± 0,54	<0,001
Volume do olho (mm³ ± D.P)	16,47 ± 2,34	0,65 ± 0,14	<0,001
Perímetro do cristalino (mm ± D.P)	6,45 ± 0,31	2,03 ± 0,10	<0,001
Diâmetro do cristalino (mm ± D.P)	2,05 ± 0,09	0,64 ± 0,03	<0,001
Área do cristalino (mm² ± D.P)	13,30 ± 1,25	1,32 ± 0,13	<0,001
Volume do cristalino (mm³ ± D.P)	4,48 ± 0,63	0,14 ± 0,02	<0,001
Espessura da córnea (μm ± D.P)	41,80 ± 2,48	8,24 ± 1,17	<0,001
Espessura da esclera (μm ± D.P)	58,19 ± 7,82	17,62 ± 0,82	<0,001

Espessura da coróide com o EPR* ($\mu\text{m} \pm \text{D.P}$)	34,00 \pm 3,43	35,56 \pm 2,59	=0,001
Espessura da retina ($\mu\text{m} \pm \text{D.P}$)	102,14 \pm 5,04	67,69 \pm 11,79	<0,001
Nº de células ganglionares (n \pm D.P)	18,56 \pm 2,13	11,13 \pm 2,64	<0,001

Os resultados calculados mostram que o olho de *P. discolor* a maioria das variáveis é no mínimo três vezes maior do que em *M. nigricans*, observado também por Jolicoeur, Baron⁽²⁹⁾ onde dizem que frugívoros e nectarívoros têm olhos maiores e com melhor poder de resolução visual em comparação com espécies insetívoras. Isso pode ser evidenciado pelos resultados obtidos onde o perímetro total do olho para *P. discolor* foi 9,88 mm e diâmetro de 3,14 mm, com uma área considerando o olho como uma esfera de 31,22 mm² e o volume do total do olho de 16,47 mm³. Em contraste os resultados obtidos para *M. nigricans* foi um perímetro do olho de 3,35 mm e diâmetro de 1,06 mm, área do olho de 3,61 mm² e volume total do olho de 0,65 mm³. Esses valores diferem significativamente em comparação com o tamanho dos olhos das raposas voadoras do velho mundo o qual a espécie *Pteropus giganteus* possuem grandes olhos com cerca de 12 mm de diâmetro⁽¹⁵⁾. Já Suthers, Wallis⁽¹⁶⁾ determinaram alguns padrões morfométricos para os olhos de *Myotis sodalis* com 1,68 mm de diâmetro, *Carollia perspicillata* com 2,62 mm de diâmetro ocular e os olhos de *Phyllostomus hastatus* com 3,94 mm de diâmetro. Quando comparados os diâmetros totais das espécies microquirópteras abordadas verifica-se que o tamanho do olho está relacionado às famílias a qual esses animais são representantes, no caso *M. nigricans* e *M. sodalis* e (Vespertilionidae) com menores tamanhos e *C. perspicillata*, *P. discolor* e *P. hastatus* (Phyllostomidae) com olhos significativamente maiores. O tamanho dos olhos está também relacionado com o tamanho corpóreo desses animais, onde, *P. discolor* apresenta um tamanho médio com comprimento cabeça-corpo variando entre 6,6 e 9,7 cm e peso entre 26 e 51 g e *M. nigricans* é considerada uma espécie pequena com comprimento cabeça-corpo entorno de 3,8 a 4,9 cm e peso entre 3 a 5,5 g^(1,6). Assim como está diretamente relacionada com a diferença de frequências na atividade da ecolocalização exercida por esses animais e conseqüentemente aos diferentes itens alimentares consumidos por essas espécies^(12,13,20). De acordo com Altringham, Fenton⁽³²⁾ os morcegos frugívoros da família Phyllostomidae tendem a apresentar olhos de tamanho consideravelmente maiores dentro desse táxon.

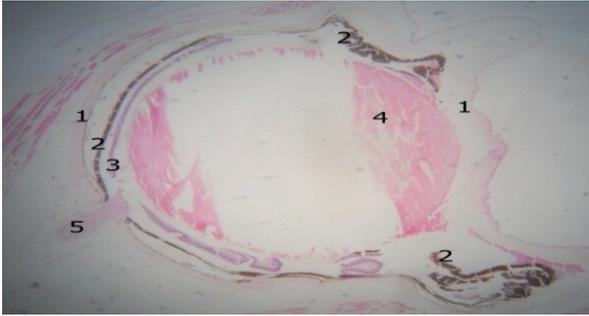


Figura 1: Fotomicrografia do globo ocular de *Phyllostomus discolor*. 1: túnica fibrosa; 2: túnica vascular; 3: retina; 4: cristalino; 5: nervo óptico. Coloração H.E. \pm 40x

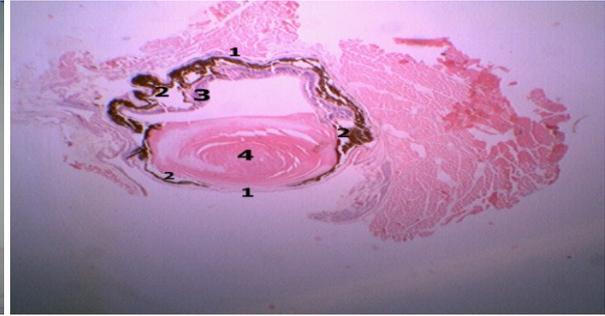


Figura 2: Fotomicrografia do globo ocular de *Myotis nigricans*. 1: túnica fibrosa; 2: túnica vascular; 3: retina; 4: cristalino. Coloração H.E. \pm 40x

A túnica fibrosa, a camada mais externa do globo ocular, é formada pela esclera e pela córnea. Para *P. discolor* a esclera ocupa 55% de extensão localizada na região posterior do globo ocular (Figura 3), ou seja, a área da túnica fibrosa que está no interior da órbita craniana, formada por tecido conjuntivo denso modelado rico em fibras colágenas que se entrecruzam paralelamente, alternando-se com fibroblastos alongados (Figura 5A) sendo 3,3 vezes mais espessa do que a esclera de *M. nigricans*. A esclera é quase destituída de vasos sanguíneos. Na região posterior do olho, a esclera se prolonga e reveste externamente o nervo óptico (Figura 1) sendo denominada por alguns autores como dura-máter. Os outros 45% restante anteriormente da túnica fibrosa é formada pela córnea transparente, sendo esta mais espessa que a esclera. Para *M. nigricans* a esclera ocupa 54% apresentando as mesmas estruturas que *P. discolor* e sua córnea com 46% da extensão total da túnica fibrosa (Figura 4).

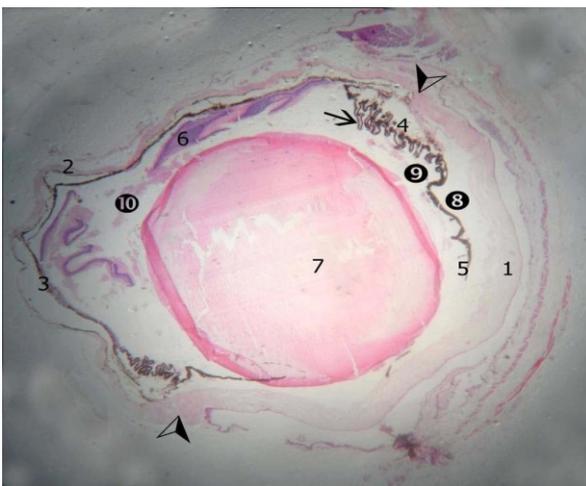


Figura 3: Fotomicrografia do globo ocular de *P. discolor*. 1: córnea; 2: esclera; 3: coróide; 4: corpo ciliar; 5: íris; 6: retina; 7: cristalino; 8: câmara anterior; 9: câmara posterior; 10: câmara postrema ou corpo vítreo; seta: processo ciliar; cabeça de seta: transição esclerocorneal. Coloração H.E. \pm 40x



Figura 4: Fotomicrografia do globo ocular de *M. nigricans* 1: córnea; 2: esclera; cabeça de seta: transição esclerocorneal. Coloração H.E. \pm 40x

Tabela 2: Médias proporcionais entre esclera e córnea de *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans*. mm = milímetro; D.P = desvio padrão

	<i>P. discolor</i>	<i>M. nigricans</i>	Valor de p
Perímetro da esclera (mm ± D.P)	5,50 ± 0,37	1,81 ± 0,19	<0,001
Perímetro da córnea (mm ± D.P)	4,38 ± 0,28	1,54 ± 0,18	<0,001

Para ambas as espécies foram evidenciadas apenas quatro das cinco camadas comumente citadas na córnea sendo elas, o epitélio anterior, o estroma, a membrana de Descemet ou membrana basal posterior e o epitélio posterior (Figura 5C e figura 6). O que difere entre as espécies é a espessura da córnea, sendo a de *P. discolor* 5 vezes mais espessa do que a córnea de *M. nigricans*. Anteriormente apresenta um epitélio simples pavimentoso não queratinizado constituído de duas a três camadas celulares, sendo este uma continuação da conjuntiva. Logo abaixo do epitélio encontra-se o estroma, formado por um tecido conjuntivo denso modelado constituído por múltiplas camadas de fibras colágenas contínuas e paralelas com a presença de fibroblastos alongados dispostos entre as fibras, o que caracteriza a transparência da córnea (Figura 5B). Logo, está a membrana de Descemet que é uma rede de fibrilas colágenas organizadas tridimensionalmente⁽²³⁾. Por fim revestindo posteriormente a córnea encontra-se um epitélio pavimentoso simples (Figura 5C). Distingue-se bem a transição esclerocorneal ou limbo (Figura 7) onde a disposição do colágeno da córnea contínuo e mais homogêneo torna-se mais compactado na esclera (Figura 2). Na região do limbo encontra-se uma rede trabecular onde é o local de drenagem do humor aquoso.

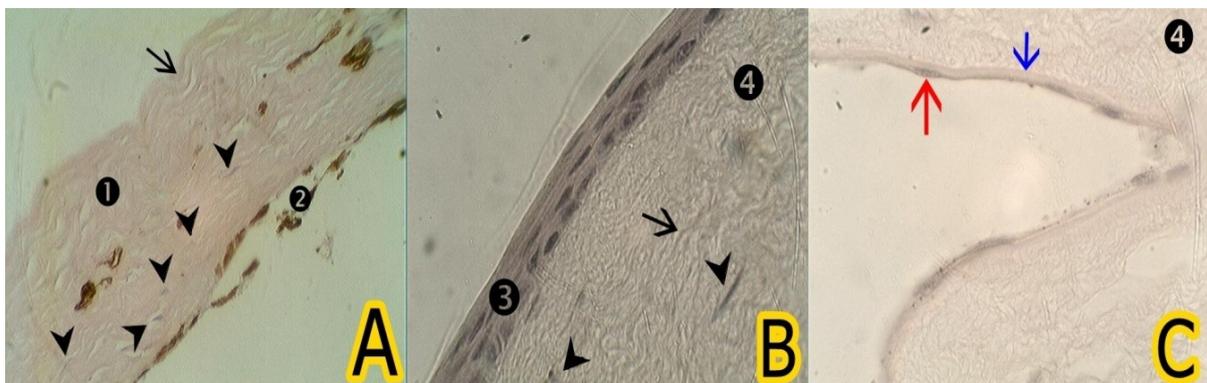


Figura 5: Fotomicrografia da túnica fibrosa do globo ocular de *P. discolor*. (A - esclera, aumento \pm 400x). 1: tecido conjuntivo fibroso; 2: coróide; seta preta: fibras colágenas; Cabeça de setas: fibroblastos. (B – região anterior da córnea, aumento \pm 1000x). 3: epitélio anterior; 4: estroma; seta preta: fibras colágenas; cabeça de setas: fibroblastos. (C- região posterior da córnea, aumento \pm 1000x). Seta vermelha: epitélio posterior; seta azul: membrana de Descemet. Coloração H.E.

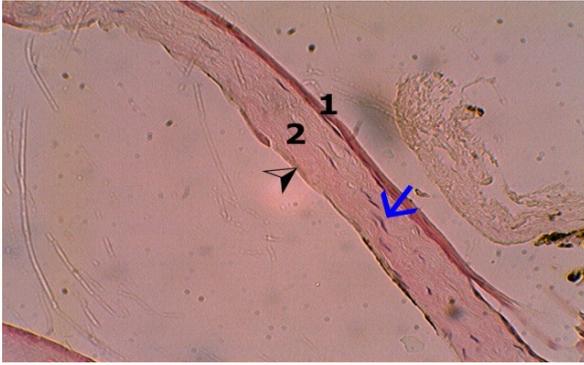


Figura 6: Fotomicrografia da córnea de *M. nigricans*. 1: epitélio anterior; 2: estroma; cabeça de seta: membrana de descemet; seta azul: fibroblato. Coloração H.E \pm 400x

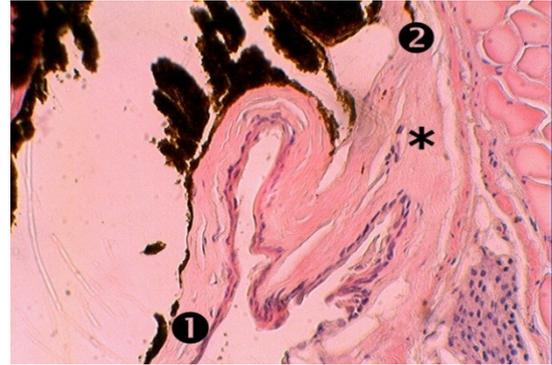


Figura 7: Fotomicrografia da transição esclerocorneal de *M. nigricans*. 1: córnea; 2: esclera; asterisco: rede trabecular. Coloração H.E \pm 400x

A grande extensão da córnea observada para ambas às espécies favorece um aumento de área em que os raios luminosos incidem sobre a mesma, ou seja, não apenas em uma região mais anterior e central como nos mamíferos diurnos que dispõe de uma grande quantidade de luz durante o dia. Como observado por Suthers, Wallis⁽¹⁶⁾ os olhos dos microquirópteros são moldados por condições noturnas em que eles têm grandes superfícies de córnea e cristalino, em relação ao tamanho do olho. Eles também verificaram o ângulo de curvatura da córnea para *M. sodalis* com 146° de curvatura, *C. perspicillata* com 176° de curvatura e *P. hastatus* com 164° de curvatura. Para *P. discolor* e *M. nigricans* a córnea representa \pm 45% da túnica fibrosa para as duas espécies. Desta forma, estes morcegos conseguem aproveitar com mais eficiência as fontes luminosas que incidem na grande área da córnea e com isso pode-se dizer que esses animais possuem um amplo campo visual e uma visão periférica favorecida quando comparados a mamíferos diurnos como no caso do homem que sua córnea representa apenas 1/6 da túnica fibrosa⁽²³⁾.

A túnica vascular ou camada média é formada pela coróide, corpo ciliar e íris. A coróide estende-se da região posterior até o corpo ciliar, constituída de tecido conjuntivo frouxo rico em vasos sanguíneos, fibras colágenas, fibras elásticas e células altamente pigmentadas com melanina, dando a coloração intensamente escura dessa camada (Figura 8; Figura 9 e Figura 10A), essa foi a única variável que *M. nigricans* apresentou-se maior em relação a *P. discolor* com uma espessura de 35,56 μ m contra 34,00 μ m de espessura da coróide. Esses dados sugerem que deve existir uma relevância maior dessa camada para *M. nigricans* visto que esses animais possuem olhos muito menores comparado com *P. discolor*. Talvez seja o fato da necessidade da alta vascularização da camada para suprimento sanguíneo da

retina ou a necessidade para os morcegos de ter uma grande camada pigmentada, como foi observado evidenciado por Neuweiler⁽¹⁵⁾ onde, a raposa voadora *P. giganteus* tem uma organização estrutural da coróide a qual possuem papilas coróideas cônicas que penetram na retina e são constituídas por células altamente pigmentadas, fibras e vasos sanguíneos em espirais. Essa organização da coróide é para absorver a luz que perpassa pela retina e que esta seja refletida. Logo que termina toda a extensão da coróide na região posterior do olho, inicia-se o corpo ciliar uma dilatação dessa camada na região mediana da túnica fibrosa. O corpo ciliar é constituído da mesma forma que a coróide com células pigmentares, fibras e vasos sanguíneos. Além disso, ele apresenta uma musculatura lisa, o músculo ciliar, importante no mecanismo de acomodação visual do cristalino^(24,25). Na sua face voltada para o cristalino, existem umas extensões ou prolongamentos digitiformes que são contornos irregulares formando saliências ou papilas chamadas de processos ciliares. Estes é o local de ligação do corpo ciliar ao cristalino através das fibras das zônulas⁽²³⁾. Os processos ciliares para ambas as espécies apresentaram-se numerosos e bem desenvolvidos por causa do grande tamanho do cristalino (Figura. 8; Figura 10B e Figura 10C).

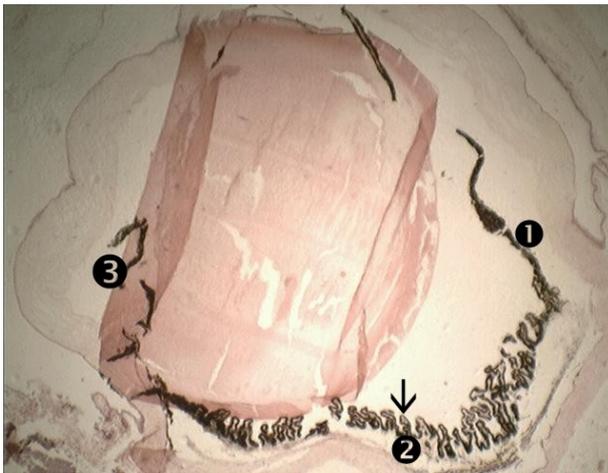


Figura 8: Fotomicrografia do globo ocular de *P. discolor* com enfoque na túnica vascular. 1: coróide; 2: corpo ciliar; seta: processo ciliar; 3: íris. Coloração H.E ± 40x



Figura 9: Fotomicrografia do globo ocular de *M. nigricans* com enfoque na túnica vascular. Seta verde: coróide. Coloração H.E ± 100x

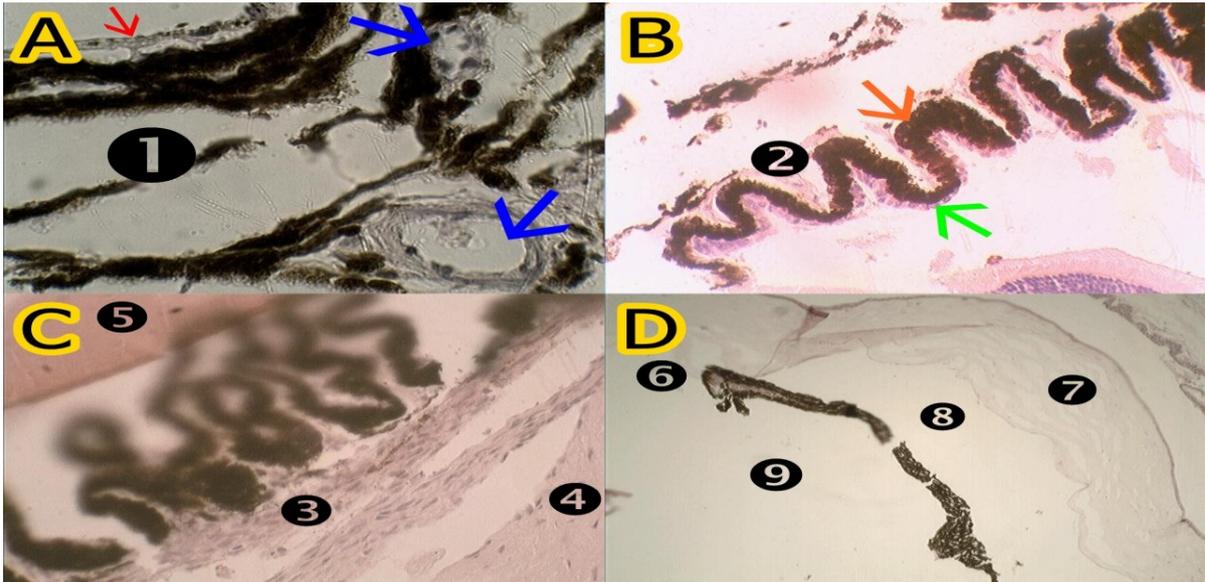


Figura 10: Fotomicrografia da túnica vascular de *P. discolor*. (A – Coróide. 1: células pigmentadas com melanina; seta vermelha: epitélio pigmentar da retina; seta azul: vasos sanguíneos.. $\pm 1000x$). (B - Processos ciliares. 2: tecido conjuntivo frouxo; seta laranja: epitélio ciliar interno pigmentado; seta verde: epitélio ciliar externo não-pigmentado. $\pm 400x$). (C - Corpo ciliar. 3: músculo ciliar; 4: esclera; 5: cristalino. $\pm 400x$). (D – Íris. 6. abertura pupilar; 7: córnea; 8: câmara anterior; 9: câmara posterior. $\pm 100x$). Coloração H.E.

Revestindo o corpo e os processos ciliares existe um epitélio cubóide com duas camadas de células. A camada mais interna pigmentada e a externa não pigmentada (Figura 10B). Este epitélio é responsável pela produção do humor aquoso^(23,25). A íris é um prolongamento da coróide que cobre a parte anterior do cristalino e apresenta em seu centro uma abertura chamada de pupila. A íris é constituída de tecido conjuntivo frouxo altamente vascularizado, com abundantes fibroblastos, melanócitos e por uma musculatura lisa. Ela é revestida na superfície externa e interna por um epitélio altamente pigmentado, que bloqueia a passagem de luz para dentro do olho sendo esta passada para o interior exclusivamente pela abertura pupilar (Figura 10D).

A íris das espécies *P. discolor* e *M. nigricans* apresentam um tamanho proporcionalmente maior do que comumente encontrado em mamíferos diurnos, estendendo-se desde a região esclerocorneal até a abertura pupilar⁽²⁴⁾. O tamanho da íris é aproximadamente o tamanho da córnea menos a abertura pupilar. Então pode-se dizer que o tamanho da íris para *P. discolor* é aproximadamente 4,38 mm e o tamanho da íris de *M. nigricans* é de aproximadamente 1,54 mm. Segundo Guyton, Hall⁽²⁵⁾ a abertura pupilar apresenta o diâmetro inversamente a quantidade de luz disponível. Essa abertura pupilar é controlada por uma musculatura lisa em diferentes conformações estruturais a qual é responsável pela dilatação e constrição da pupila. Para suprir também esse fator de baixa iluminação a íris apresenta-se extensa acompanhando toda a córnea para essas espécies, onde pode considerar que a capacidade de dilatação da

pupila seja muito intensa. De acordo com Guyton, Hall⁽²⁵⁾ a principal função da íris é aumentar a quantidade de luz que entra no olho na escuridão e diminuir a quantidade de luz que entra no olho em intensa iluminação durante o dia através do controle do diâmetro pupilar. Levando em consideração que a abertura pupilar é inversamente proporcional à quantidade de luz e a extensão considerável da íris para esses morcegos, então, no período noturno esses animais voam com a pupila consistentemente dilatada e que o diâmetro dela provavelmente acompanha o tamanho do perímetro da córnea.

O cristalino, a lente do olho, é esférico e grande em mamíferos noturnos^(24,29). O cristalino é constituído de células prismáticas, alongadas e anucleadas sendo denominadas fibras do cristalino. Ele é revestido por uma cápsula hialina onde se insere as fibras da zônula que são formadas por microfibrilas de fibrilina e devido ao processamento histológico e por sua natureza muito delgadas elas não são preservadas. Apresentando na região anterior e lateral um epitélio simples subcapsular cubóide, que à medida que essas células vão maturando vão perdendo seus núcleos transformam-se nas fibras do cristalino (Figura 11A e Figura 11B). O cristalino da espécie *P. discolor* (Figura 1 e Figura 3) apresenta um perímetro de 6,45 mm e diâmetro de 2,05 mm, uma área esférica de 13,30 mm² e um volume de 4,48 mm³. Por outro lado o cristalino *M. nigricans* (Figura 2 e Figura 4) apresenta um perímetro de 2,03 mm e diâmetro de 0,64 mm, uma área esférica de 1,32 mm² e um volume de 0,14 mm³. Suthers, Wallis⁽¹⁶⁾ estabeleceram a proporção de quanto o cristalino ocupa no interior dentro do globo ocular dividindo o valor do diâmetro do cristalino pelo diâmetro do olho. Com isso, para *P. discolor* o cristalino ocupa cerca de 65% do total do globo ocular e para *M. nigricans* o cristalino ocupa cerca de de 60% do espaço interior do olho. Eles calcularam a proporção do cristalino em relação ao olho para *M. sodalis* que o cristalino ocupa 36% do interior do olho, *C. perspicillata* que o cristalino ocupa 49% do globo ocular e *P. hastatus* o qual o cristalino representa 49% do total do olho. Neuweiler⁽¹⁵⁾ apresenta também os valores de outras espécies de mamíferos como a raposa voadora *P. giganteus* com 61% do cristalino ocupando o olho, *Rattus norvegicus* com 62% do olho ocupado pelo o cristalino e o cristalino do humano ocupa apenas 10% do olho.

O tamanho do cristalino é necessário para receber uma maior quantidade de raios refratados pela extensa córnea que passa pela abertura pupilar. Consequentemente, ocupando esse volume no interior do olho, diminui significativamente o espaço preenchido pelo corpo vítreo em comparação com mamíferos diurnos (Figura 3) e aumenta proporcionalmente o tamanho do corpo ciliar e números de processos ciliares (Figura 8) assim como a quantidade de fibras

da zônula para lhe favorecer um processo de acomodação visual adequado. Segundo Guyton, Hall⁽²⁵⁾ a distância após uma lente convexa em que raios paralelos convergem para um ponto focal comum é chamada de distância focal da lente. Quanto maior a curvatura de uma lente convexa, maior será seu poder refrativo, isto é, tem uma distância focal muito mais curta. A distância focal dos olhos de alguns morcegos foi analisada por Suthers, Wallis⁽¹⁶⁾ onde *M. sodalis* apresenta uma distância focal de 1,37 mm, *C. perspicillata* possui uma distância focal de 2,21 mm e *P. hastatus* uma distância focal de 3,24 mm. Neuweiler⁽¹⁵⁾ determinou a distância focal da raposa voadora *P. giganteus* de 9,23 mm, *Rattus norvegicus* possui uma distância focal de 4,21 mm e o humano de 22,2 mm. Então, pode-se dizer que graças ao seu tamanho, forma esférica e com grande curvatura (Figura 3), o cristalino de *P. discolor* e *M. nigricans* apresentam uma distância focal curta, isso leva a propor que eles não conseguem enxergar objetos distâncias consideravelmente longas.

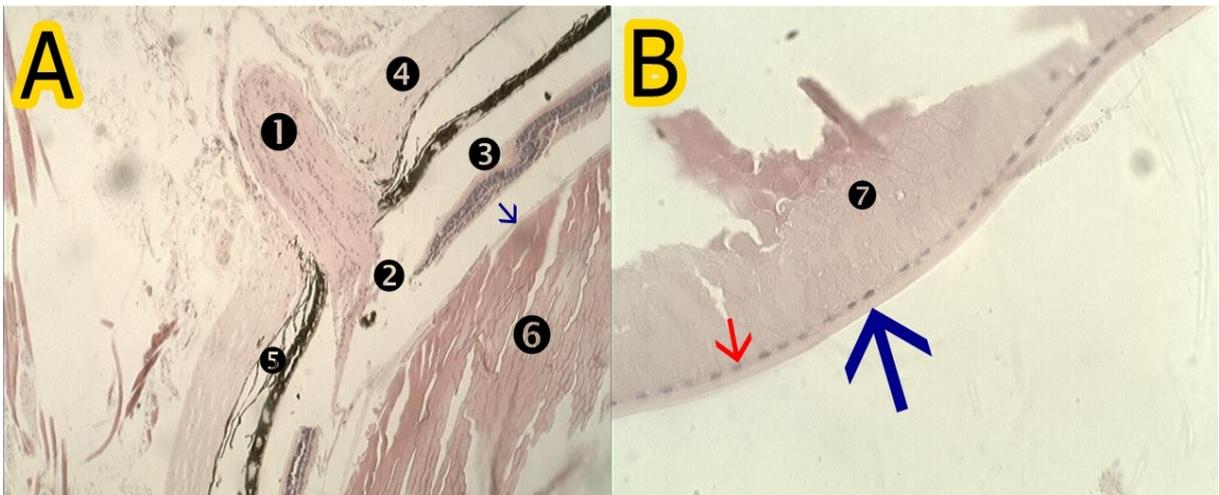


Figura 11: (A – Fotomicrografia da região posterior do globo ocular de *P. discolor*. 1: nervo óptico; 2: disco óptico; 3: retina; 4: esclera; 5: coróide; 6: cristalino. $\pm 100x$). (B – Fotomicrografia da região anterior do cristalino. 7: fibras do cristalino; seta azul: cápsula do cristalino; seta vermelha: epitélio subcapsular. $\pm 400x$). Notar que não existe na região posterior do olho o epitélio subcapsular. Coloração H.E.

Devido a grande superfície da córnea e extensão da íris, o olho de ambas as espécies apresenta proporcionalmente uma maior área de câmara anterior delimitada por essas estruturas comparada com as dos animais diurnos, onde vai abrigar proporcionalmente uma maior quantidade de humor aquoso em seu interior⁽²⁴⁾. Também apresenta uma câmara posterior grande entre a íris e o cristalino, mas, com uma área menor que a câmara anterior. O volume ocupado pelo cristalino no interior do globo ocular faz com que consequentemente reduza à área ocupada pelo corpo vítreo situado entre o cristalino e a retina (Figura 3). O humor aquoso

e corpo vítreo são substâncias a base de água e eletrólitos, importantes para manter a forma globosa do olho, participando na manutenção e nutrição de algumas estruturas como a córnea e também necessário no mecanismo de refração dos raios luminosos. Devido à composição aquosa do corpo vítreo e humor aquoso, eles são perdidos durante o processamento histológico na fase de desidratação, fazendo com que na lâmina seja representado apenas como espaços. Porém, o corpo vítreo apresenta uma consistência gelatinosa devido a presença de algumas fibras colágenas e ácido hialurônico, onde ficam perceptíveis resquícios de corpo vítreo no corte histológico (Figura 1; Figura 2 e Figura 3).

A túnica nervosa ou camada interna é formada pela retina, bastante extensa, revestindo internamente toda a região posterior do globo ocular até o limite do início do corpo ciliar denominado de *ora serrata*⁽²³⁾. A espessura da retina de *P. discolor* é de 102,14 µm enquanto a espessura da retina de *M. nigricans* é de 67,69 µm. Neuweiller⁽¹⁵⁾ sugere que a retina de morcegos ecolocalizadores é fina, com cerca de apenas 100-150 µm de espessura. Porém, a espessura da retina pode variar significativamente de acordo com a espécie como foi observado para as espécies *P. discolor* e *M. nigricans*. Esta túnica apresenta-se pouco vascularizada. Foram evidenciadas todas as 10 camadas usualmente descritas para a mesma (Figura 12 e Figura 13), porém a membrana limitante interna não estava bem definida para ambas as espécies.

A primeira destas camadas consiste no epitélio pigmentar da retina, o qual se apresentou fortemente aderido à coróide, com apenas uma camada de células cubóides ricas em grânulos de melanina. Seguindo, observou-se a camada de fotorreceptores onde se encontra os bastonetes e cones. Devido à baixa condição de luz que esses morcegos vivem, a predominância de bastonetes é bastante significativa, pelo fato de ser mais sensível a luz nessas condições. De acordo com Neuweiler⁽¹⁵⁾ a raposa voadora *P. giganteus* apresenta uma proporção de 1 cone para cada 250 bastonetes na retina. Müller *et al.*⁽³³⁾ identificaram para outras espécies de raposas voadoras a que a densidade de cones variavam entre 1.300 a 11.000/mm² de retina, cerca de 0,25 a 0,6% da população de fotorreceptores e a densidade de bastonetes variando entre 350 a 800 mil/mm². Eles verificaram que as espécies do gênero *Ptopus* apresentaram cones S e cones L relacionados a comprimento de ondas curtas e comprimento de ondas largas, respectivamente. Em relação aos morcegos ecolocalizadores, Hope, Bhatnagar⁽³⁴⁾ identificaram apenas a sensibilidade de cones L a comprimento de ondas longas entre 560 – 580 nm para as espécies *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Desmodus rotundus* e *Eptesicus fuscus*. Feller *et al.*⁽³⁵⁾ através de imunohistoquímica

identificaram os pigmentos L e S para *Myotis lucifugus*. Müller *et al.*⁽³⁶⁾ estudaram as *Carollia perspicillata* e *Glossophaga soricina* e verificaram que a densidade de cone L variou entre 3.000 e 10.000/mm², a densidade do cone S variou entre 1.000 e 6.000/mm² e a densidade de bastonetes foi de 130 mil a 390 mil/mm². Foi evidenciado por Müller *et al.*⁽³⁶⁾ e Winter *et al.*⁽³⁷⁾ que a espécie *G. soricina* também tem sensibilidade a UV. Logo após a camada dos fotorreceptores, está a membrana limitante externa fracamente corada, camada nuclear externa onde estão presentes os núcleos dos fotorreceptores, logo, a camada plexiforme externa onde os fotorreceptores fazem sinapses com dendritos de neurônios bipolares e outras células nervosas associadas. A camada nuclear interna, constituídas por núcleos dos neurônios bipolares e células de associação sináptica, como, células amácrinas e células horizontais⁽²³⁾. Logo, a camada plexiforme interna onde ocorrem as sinapses dos neurônios bipolares e as células ganglionares. Em seguida está a camada de células ganglionares a qual exibiu apenas uma camada celular (Figura 12 e Figura 13) tanto para *P. discolor* quanto para *M. nigricans*, determinando um menor desenvolvimento da camada de fibras do nervo óptico ou estrato de neurofibras, onde essas convergem na região posterior formando o nervo óptico (Figura 11A) que nessa região é denominada de ponto cego da retina e não são encontradas as células fotossensíveis. A membrana limitante interna apresentou-se muitas vezes desarranjada.

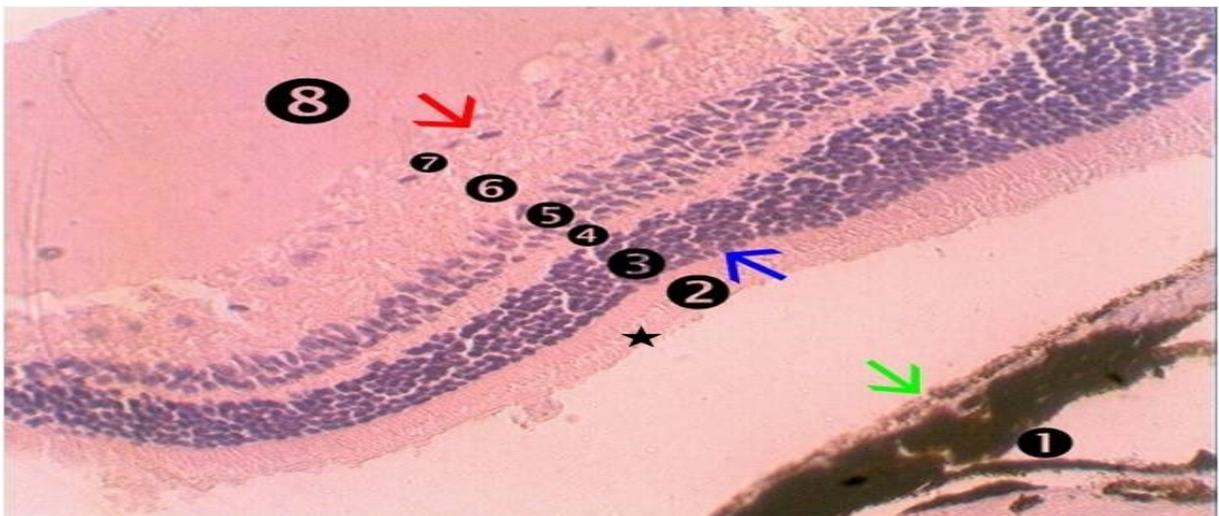


Figura 12: Fotomicrografia da retina de *P. discolor*. 1: coróide; seta verde: epitélio pigmentar; estrela: fotorreceptores; 2 : camada de fotorreceptores; seta azul: membrana limitante externa; 3: camada nuclear externa; 4: camada plexiforme externa; 5: camada nuclear interna; 6: camada plexiforme interna; 7: camada de células ganglionares; seta vermelha: camada de fibras do nervo óptico; 8: corpo vítreo. Coloração H.E. \pm 400x

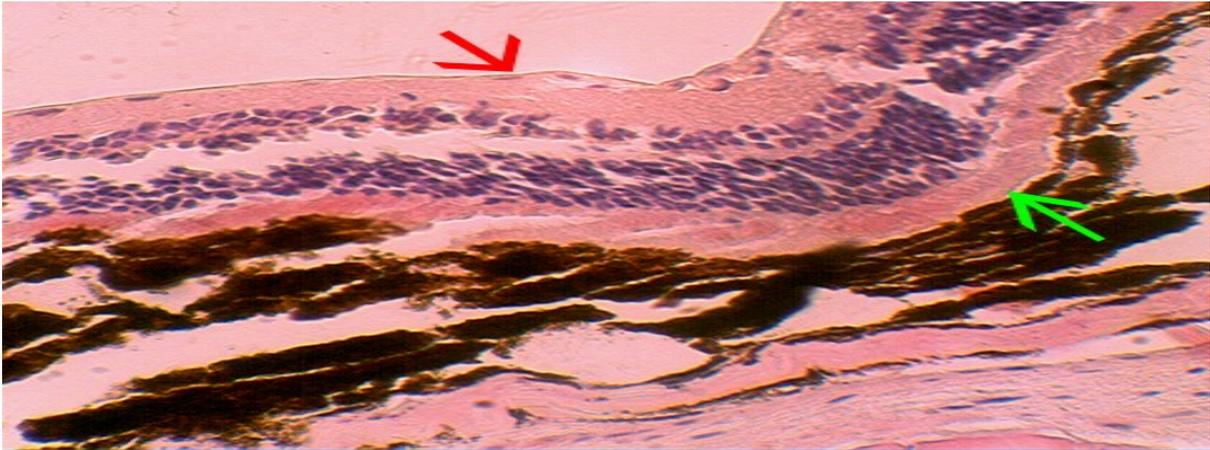


Figura 13: Fotomicrografia da retina de *M. nigricans*. Seta vermelha: células ganglionares; seta verde: epitélio pigmentar da retina. Coloração H.E \pm 400x

Foi calculado e comparado o número de células ganglionares entre elas, e o resultado segue o sugerido por Pettigrew *et al.*⁽¹⁷⁾ Marks⁽²⁷⁾ e Heffner *et al.*⁽²⁸⁾ que diz que a capacidade de resolução espacial pode ser estimada pelo cálculo da densidade de células ganglionares da retina. Para a espécie *P. discolor* foi obtido uma média de 18,56 por 0,0047 mm² ou 3.948 células ganglionares por mm² de área posterior/central da retina, enquanto para *M. nigricans* foi obtido uma média de 11,13 por 0,0067 mm² ou 2.368 células ganglionares por mm² de área posterior/ central de retina. Para a espécie *P. giganteus* a densidade de células ganglionares de 10.000/mm² na região central e apenas 1.200/mm² na periférica da retina⁽³⁸⁾. A espécie *Rhinolophus rouxi* apresenta apenas 4.500 células/4 mm², enquanto a *Macroderma gigas* possui de 100 a 120 mil células ganglionares/80 mm² na retina⁽¹⁷⁾ e a espécie *Artibeus jamaicensis* possui uma densidade de células ganglionares de 9.325 células/mm² na região temporal da retina⁽²⁸⁾. Essa diferença no número de células ganglionares pode estar associada à importância da visão para a ecologia de cada espécie. Esses resultados levam a concluir que a espécie *P. discolor* sendo esta com hábitos alimentares onívoros possui uma acuidade visual mais desenvolvida e apurada que a espécie *M. nigricans* que possui alimentação basicamente de insetos. Esses fatores estão diretamente associados com característica da ecolocalização de cada espécie. Onde *P. discolor* apresenta pulsos intermediárias de frugívoros e nectarívoros e com os insetívoros e carnívoros da família, enquanto *M. nigricans* intercala pulsos de frequência constante (FC) e frequência modulada (FM)^(1,12,13,15). Segundo Zhao *et al.*⁽³⁹⁾ morcegos das famílias Hipposideridae e Rhinolophidae apresentam frequência constante (FC) e não possuem o gene SWS1 funcional para a opsina, já morcegos com frequência modulada (FM) possuem o gene SWS1 funcional para a opsina. Para Xuan *et al.*^(40,41) espécie com frequência modulada (FM) no caso de *Scotophilus kuhlii* apresentam sensibilidade ao UV

enquanto espécies com frequência constante (FC) no caso de *Hipposideros armiger* não apresenta sensibilidade ao UV. Esses dados corroboram as informações sugeridas por Jolicoeur, Baron⁽²⁹⁾ e Barton, Harvey⁽³⁰⁾, onde diz que morcegos frugívoros e nectarívoros têm olhos maiores com melhor poder de resolução visual e bulbos olfativos alargados em comparação com espécies insetívoras. Entretanto, a visão pode ser complementada ou sanada pela ecolocalização e olfação, principalmente para o mecanismo de forrageamento.

Conclusão

O globo ocular de *Phyllostomus discolor* e *Myotis nigricans* apresentaram adaptações morfológicas para o ambiente noturno devido à deficiência de luminosidade nesse período e aquisições aos variados itens alimentares consumidos por essa espécie. Portanto, o objetivo é aproveitar o máximo de luz disponível para o processamento visual, com uma grande área de incidência luminosa na córnea, conseqüentemente ocorreram modificações e adequações nas estruturas morfológicas para a refração da luz como no caso do grande volume do cristalino para o mecanismo de acomodação visual na retina. Essa grande diferença em relação ao tamanho e área do olho e também a capacidade de acuidade visual está diretamente relacionado ao uso de diferentes frequências de ecolocalização e também relacionado ao tamanho corpóreo de cada espécie.

Referências

1. Simmons NB. Ordem Chiroptera. In: Wilson DE, Reeder DM. (Eds). Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference. 3 ed. V.1. Baltimore: The Johns Hopkins University Press; 2005. p. 312 – 529.
2. Gardner AL. Mammals of South America (Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats). VI. Chicago and London: The University of Chicago Press; 2008, 669 p.
3. Fleming TH. The short-tailed fruit bat: a study in plant animal interactions. Chicago: The University of Chicago Press; 1988. 365p.
4. Fenton MB, Acharya L, Audet D, Hickey MBC, Merriman C, Obrist MK, Syme DM. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the neotropics. *Biotropica*. 1992; 24(3):440-446.
5. Sazima M., Fabián ME, Sazima I. Polinização de *Luehea speciosa* (Tiliaceae) por *Glossophaga soricina* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Rev. Bras. Biol.* 1982; 42(3):505-513.
6. Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. Morcegos do Brasil. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2007. 253 p.

7. Gardner AL. Feeding habits. In: Baker RJ, Jones JK, Carter DC. (Eds) *Biology of Bats of The New World Family Phyllostomidae*. Lubock, Texas: Special Publications of Museum Texas Tech University; 1977. p. 293-350.
8. Nowak RM. *Walker's bats of the world*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press; 1994. 287p.
9. Teeling EC. Hear, hear: the convergent evolution of echolocation in bats? *Trends in Ecology & Evolution*. 2009; 24(7):351-354.
10. Rydell J, Eklöf J. Vision complements echolocation in an aerial-hawking bat. *Naturwissenschaften*. 2003; 90(10):481-483.
11. Ferrarezzi H, Gimenez EA. Systematic patterns and the evolution of feeding habits in Chiroptera (Archonta: Mammalia). *Journal of Comparative Biology*. 1996; 1(3):75-94.
12. Gould E. Echolocation and Communication. In: Baker RJ, Jones-Junior KJ, Carter DC. (ed.) *Biology of Bats of the New World Family Phyllostomatidae*. Part II. Texas: Special Publications the Museum Texas Tech University; 1997. p. 247-279.
13. Koay G, Bitter KS, Heffner HE, Heffner RS. Hearing in American leaf-nosed bats. I: *Phyllostomus hastatus*. *Hearing research*. 2002; 171(1):96-102.
14. Peracchi AL, *et al.* *Ordem Chiroptera*. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. (Eds). *Mamíferos do Brasil 2 ed.*, Londrina, Paraná: Universidade Estadual de Londrina; 2011. p. 155-234.
15. Neuweiler G. Vision, olfaction and taste. In: Neuweiler G. *The Biology of Bats*. New York: Oxford University Press; 2000. p 210-233.
16. Suthers RA, Wallis NE. Optics of the eyes of echolocating bats. *Vision research*. 1970; 10(11):1165-1173.
17. Pettigrew JD, Dreher B, Hopkins CS, McCall MJ, Brown M. Peak Density and Distribution of Ganglion Cells in the Retinae of Microchiropteran Bats: Implications for Visual Acuity (Part 2 of 2). *Brain, behavior and evolution*. 1988; 32(1):48-56.
18. Eklöf J, Jones G. Use of vision in prey detection by brown long-eared bats, *Plecotus auritus*. *Animal Behaviour*. 2003; 66(5):949-953.
19. Griffin DR. Migration and homing of bats. In: Wimsatt WA. (Ed). *Biology of Bats*. New York: Academic Press; 1970. p. 233-264.
20. Chase J. Visually guided escape responses of microchiropteran bats. *Animal Behaviour*. 1981; 29(3):708-713.
21. Fenton MB. *Bats*, revised edition. Ontario, Canada: Fitzhenry and Whiteside; 2001. 224p.
22. Ruczyński I, Szarlik A, Siemers BM. Conspicuous visual cues can help bats to find tree cavities. *Acta Chiropterologica*. 2011; 13(2):385-389.
23. Junqueira LC, Carneiro J. Sistemas fotorreceptor e audiorreceptor. In: Junqueira LC, Carneiro J. *Histologia Básica*, 12ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2013, p. 447-465.

24. Schmidt-Nielsen K. Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente. 5ª ed. São Paulo: Editora Santos; 2002. 611p.
25. Guyton AC, Hall JE. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier; 2006. 1115 p.
26. Suthers RA. Vision, olfaction and taste. In: Biology of Bats Vol. II. Wimsatt WA (ed.). New York: Academic Press; 1970. p 265-281.
27. Marks JM. Retinal ganglion cell topography in bats. [dissertation]. Bloomington:Indiana University; 1980.
28. Heffner RS, Koay G, Heffner HE. Sound localization in a new-world frugivorous bat, *Artibeus jamaicensis*: acuity, use of binaural cues, and relationship to vision. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2001; 109(1):412-421.
29. Jolicoeur P, Baron G. Brain center correlations among Chiroptera. *Brain, behavior and evolution*. 1980; 17(6):419-431.
30. Barton RA, Harvey PH. Mosaic evolution of brain structure in mammals. *Nature*. 2000; 405(6790):1055-1058.
31. Behmer AO, Tolosa EMC, Freitas Neto AG. Manual de técnicas para histologia normal e patológica. 1ª ed. São Paulo: EDART – Ed. da Universidade de São Paulo; 1976.
32. Altringham JD, Fenton MB. Sensory ecology and communication in the Chiroptera. In: Kunz TH, Fenton MB (Eds). *Bat ecology*. EUA: The University of Chicago Press; 2003. p. 90-127.
33. Müller B, Goodman SM, Peichl L. Cone photoreceptor diversity in the retinas of fruit bats (Megachiroptera). *Brain, Behavior and Evolution*. 2007; 70(2):90-104.
34. Hope GM, Bhatnagar KP. Electrical response of bat retina to spectral stimulation: Comparison of four microchiropteran species. *Experientia*. 1979; 35(9):1189-1191.
35. Feller KD, *et al*. Characterization of photoreceptor cell types in the little brown bat *Myotis lucifugus* (Vespertilionidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2009; 154(4):412-418.
36. Müller B, *et al*. Bat eyes have ultraviolet-sensitive cone photoreceptors. *PLoS One*. 2009; 4(7): e6390-e6390.
37. Winter Y, López J, Von Helversen O. Ultraviolet vision in a bat. *Nature*. 2003; 425(6958):612-614.
38. Pedler C, Tilley R. The retina of a fruit bat (*Pteropus giganteus*). *Vision research*. 1969; 9(8):909-922.
39. Zhao H, *et al*. The evolution of color vision in nocturnal mammals. *Proclaimers of the National academy of Sciences USA*. 2009; 106(22):8980-8985.
40. Xuan F, *et al*. Behavioral evidence for cone-based ultraviolet vision in divergent bat species and implications for its evolution. *Zoologia*. 2012; 29(2):109-114.

41. Xuan F, *et al.* Immunohistochemical evidence of cone-based ultraviolet vision in divergent bat species and implications for its evolution. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2012; 161(4):398-403.

ANEXO

**NORMAS EDITORIAIS E DE SUBMISSÃO DA REVISTA
CIÊNCIA ANIMAL BRASILEIRA**

e - ISSN 1809-6891

SUBMISSÕES

DIRETRIZES PARA AUTORES

Os trabalhos podem ser redigidos em português ou inglês. Os nomes dos autores, bem como a filiação institucional de cada um dos mesmos, devem ser inseridos nos campos adequados a serem preenchidos durante a submissão e não devem aparecer no arquivo. Ciência Animal Brasileira sugere que o número máximo de autores por artigo seja 6 (seis). Artigos com número superior a 6 (seis) serão considerados exceções e avaliados pelo Conselho Editorial e, se necessário, solicitada a correção. O não atendimento de tal proposta pode implicar em recusa de sua publicação. Sugere-se um número máximo de 20 páginas e as figuras, gráficos e tabelas devem ser colocados no corpo do texto onde forem citados. É importante ressaltar que pesquisas feitas com animais devem citar a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Animais da instituição onde o trabalho foi realizado. A falta dessa aprovação impede a publicação do artigo. Os textos devem ser organizados da seguinte forma:

Para submissões em português:

Título em português: Fonte Times New Roman 14, caixa alta, centrado, negrito;

Resumo: Fonte Times New Roman 11, espaço 1, justificado, com um máximo de 200 palavras;

Palavras-chave: idem, e no máximo 5 palavras chave;

Título em inglês (obrigatório): Fonte Times New Roman 12, caixa alta, centrado;

Abstract (obrigatório): Fonte Times New Roman 11, espaço 1, justificado;

Keywords: idem

Introdução: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Material e Métodos: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Resultados: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Discussão: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5 (Os tópicos Resultados e Discussão podem ser apresentados juntos dependendo das especificidades da área);

Conclusões: Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Agradecimentos: (opcional) Fonte Times new Roman 12, justificado, espaçamento 1,5;

Referências (e não bibliografia): Usar fonte Times New Roman 11, espaço 1 entre linhas e colocar espaço 6 pontos acima e abaixo do parágrafo. As referências devem ser numeradas na ordem em que aparecem no texto. A lista completa de referências, no final do artigo, devem estar de acordo com o estilo Vancouver (norma completa <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/>; norma resumida http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

Para as submissões em língua inglesa, a tipografia e espaçamentos são os mesmos, na seguinte sequência:

Título em inglês (Title);

Abstract;
Keywords;
Título em português (obrigatório);
Resumo em português (obrigatório);
Palavras-chave;
Introduction;
Material and Methods;
Results and Discussion;
Conclusions;
Acknowledgments (opcional),
References

Artigos do tipo **Nota Científica, Relato de Caso e similares** não estão sendo aceitos para submissão. **Artigos de Revisão de Literatura** somente serão publicados quando solicitados por convite do Conselho Editorial.

As referências a partir de resumos simples ou expandidos e trabalhos completos em anais de eventos são, em muitas ocasiões, de difícil recuperação. Por essa razão, solicitamos que esse tipo de fonte **não** seja utilizada como referência.

Com relação às teses, dissertações e monografias, solicitamos que sejam utilizados apenas documentos dos **últimos três anos** e quando não houver o respectivo artigo científico publicado em periódico. Esse tipo de referência deve, obrigatoriamente, **apresentar o link** que remeta ao cadastro nacional de teses da CAPES e os bancos locais das universidades que publicam esses documentos no formato .pdf.

Solicita-se, também, priorizar referências de periódicos e não de livros-texto.

O editor científico pode solicitar mais informações em relação às referências no momento de editoração do artigo. Seu pronto atendimento agilizará a sua publicação. O processo de resgate fácil das informações é o ponto principal de uma referenciação bibliográfica, técnica ou eletrônica.

Exemplos de referências

Trabalho em Periódicos:

[\(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7282/#A32362>\)](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7282/#A32362)

Kalavathy R, Abdullah, N, Jalaludin, S, Ho YW. Effects of Lactobacillus cultures on growth performance, abdominal fat deposition, serum lipids and weight of organs of broiler chickens. British Poultry Science. 2003;44(1):139-144.

Trabalho em Periódicos Online:

[\(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7281/#A55587>\)](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7281/#A55587)

Gueiros VA, Borges APB, Silva JCP, Duarte, TS, Franco KL. Utilização do adesivo Metil-2-Cianoacrilato e fio de náilon na reparação de feridas cutâneas de cães e gatos [Utilization of the methyl-2-cyanoacrylate adhesive and the nylon suture in surgical skin wounds of dogs and cats]. Ciência Rural [Internet]. 2001 Apr [cited 2008 Oct 10];31(2):285-289. Available

from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000200015. Portuguese.

Livro Inteiro:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7271/#A34171>)

Reis JC. Estatística aplicada à pesquisa em ciência veterinária. 1st ed. Olinda: Luci Artes Gráficas; 2003. 651p. Portuguese.

Capítulo de Livro:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7271/#A34915>)

Pascoe PJ. Cuidados pós-operatórios do paciente. In: Slatter D. Manual de cirurgia de pequenos animais. 2nd ed. São Paulo: Manole; 1998. p. 287-299. Portuguese.

Legislação:

Os modelos aqui foram adaptados porque a normalização proposta no Estilo Vancouver não corresponde à realidade brasileira.

Brasil. Constituição 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado; 1988. Portuguese.

Brasil. Ministério da Educação e Ministério da Saúde. Portaria interministerial no. 1000 de 15 de abril de 2004. Resolvem certificar como Hospital de Ensino das Instituições Hospitalares que servirem de campo para a prática de atividades curriculares na área da saúde, sejam Hospitais Gerais e, ou Especializados. Diário Oficial da União. 2004 Abr 16; Seção 1. Portuguese.

Programas de Computador:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7244/>)

SAS Institute. Statistical Analysis System: user guide [CD-ROM]. Version 8. Cary (NC): SAS Insitute Inc., 2002.

Websites:

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7274/#A59404>)

Silva MET, Flemming S, Martinez JL, Thomazini PL. Rendimento de carcaça de búfalos (*bubalus bubalis* L.) confinados em terminação, com dietas contendo diferentes relações de volumoso e concentrado. 2 - Características Quantitativas [Internet]. Brasília: Associação Brasileira de Zootecnia; 2010 Oct 8 [cited 2013 Jun 27]. Available from: <http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos-cientificos/reproducao-melhoramento-animal/23861-Rendimento-carcaa-bfalos-bubalus-bubalis-confinados-terminao-com-dietas-contendo-diferentes-relaes-volumoso-concentrado---Caractersticas-Quantitativas.html>. Portuguese.

Solicita-se que o número DOI, ou o link correspondente, dos artigos assim identificados seja acrescentado ao final da referência.

Ribeiro Carina Teixeira, De Souza Diogo Benchimol, Medeiros Jr. Jorge Luiz, Costa Waldemar Silva, Pereira-Sampaio Marco Aurélio, Sampaio Francisco José Barcellos. Pneumoperitoneum induces morphological alterations in the rat testicle. Acta Cir. Bras. [periódico na Internet]. 2013 Jun [citado 2013 Jun 27]; 28(6): 419-422. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-86502013000600003>.

Exemplo de citação

Reports of *L. similis* lesion are scarce in the literature. Histopathological studies with three *Loxosceles* species of clinical importance, *L. intermedia*, *L. laeta* and *L. reclusa*, showed that the venom induces vasodilation, edema, inflammatory infiltrate (mainly neutrophilic), hemorrhage, cutaneous muscle necrosis, thrombosis and arteriolar walls degeneration^{6, 13-15}. It is necessary to elucidate whether the histological lesion induced by the *Loxosceles similis* venom is similar to that observed in other species of medical importance. Furthermore, it is important to determine the pathogenesis of the loxoscelic dermonecrotic lesion(...)

According to Zanetti et al. (17) and Nowatzki et al. (18) who studied the action of the *L. intermedia* venom in vitro on endothelial cells, it was observed that 18 hours after the venom action, cells showed plasmatic membrane convolutions and chromatin condensation.

6. Futrell J. Loxoscelism. Am J Med Sci. 1992;304(4):261-7.

13. Smith WC, Micks WD. The role of polymorphonuclear leukocytes in the lesion caused by the venom of the brown spider (*Loxosceles reclusa*). Lab Invest. 1970;22:90-3.

14. Strain GM, Snider TG, Tedford BL, Cohn GH. Hyperbaric oxygen effects on brown recluse spider (*Loxosceles reclusa*) envenomation in rabbits. Toxicol. 1991;29(8):989-96.

15. Ospedal KZ, Appel MH, Neto JF, Mangili OC, Sanches Veiga S, Gremski W. Histopathological findings in rabbits after experimental acute exposure to the *Loxosceles intermedia* (Brown spider) venom. Int J Exp Pathol. 2002;83(6):287-94.

17. Zanetti VC, da Silveira RB, Dreyfuss JL, Haoach J, Mangili OC, Veiga SS, et al. Morphological and biochemical evidence of blood vessel damage and fibrinogenolysis triggered by brown spider venom. Blood Coagul Fibrinolysis. 2002;13(2):135-48.

18. Nowatzki J, de Sene RV, Paludo KS, Veiga SS, Oliver C, Jamur MC, et al. Brown spider venom toxins interact with cell surface and are endocytosed by rabbit endothelial cells. Toxicol. 2010;56(4):535-43

(Fonte: Pereira NB, Kalapothakis E, Vasconcelos AC, Chatzaki M, Campos LP, Vieira FO et al. Histopathological characterization of experimentally induced cutaneous loxoscelism in rabbits inoculated with *Loxosceles similis* venom. J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis [periódico na Internet]. 2012 [citado 2013 Nov 04]; 18(3): 277-286. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-91992012000300005&lng=pt. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-91992012000300005>)

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
2. Os autores devem estar cientes de que são os responsáveis diretos por todo o conteúdo de seu artigo.
3. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapasse os 2MB). No arquivo da submissão, excluir apenas os nomes e identificação dos autores, todos os outros elementos (título em português e em inglês, resumo, palavras chave, abstract e key words) devem permanecer no arquivo. O preenchimento do cadastro inclui todos os autores envolvidos (máximo de 6 autores), selecionando o contato principal. Atentar para o item 6 destas normas.
4. Todos os endereços de URLs no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) estão ativos e prontos para clicar.
5. O texto está em espaço 1,5 com linhas numeradas; usa uma fonte de 12-pontos Times New Roman; emprega itálico ao invés de sublinhar (exceto em endereços URL); com figuras e tabelas inseridas no texto, e não em seu final.
6. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](#), na seção Sobre a Revista.
7. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos). Os nomes de TODOS os autores, com sua respectiva identificação institucional, foi cadastrada nos metadados da submissão, usando a opção incluir autor.
8. Nos casos de artigos que envolvam pesquisa com animais, é obrigatória a inserção da aprovação pelo Comitê de Ética da instituição de origem do trabalho. Caso a pesquisa tenha envolvido questionário aplicado a pessoas, será necessário a aprovação pelo Comitê de Ética Humano da instituição, também.
9. Incluir em documentos suplementares a declaração de anuência com a assinatura de todos os autores do artigo, conforme explicado em notícia da página principal.

DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL

Autores que publicam nesta revista concordam com os seguintes termos:

- a. Autores mantém os direitos autorais e concedem à revista o direito de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) que permite o compartilhamento do trabalho com reconhecimento da autoria e publicação inicial nesta revista.
- b. Autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não-exclusiva da versão do trabalho publicada nesta revista (ex.: publicar em repositório institucional ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial nesta revista.
- c. Autores têm permissão e são estimulados a publicar e distribuir seu trabalho online (ex.: em repositórios institucionais ou na sua página pessoal) a qualquer ponto antes

ou durante o processo editorial, já que isso pode gerar alterações produtivas, bem como aumentar o impacto e a citação do trabalho publicado (Veja [O Efeito do Acesso Livre](#)).

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou à terceiros.