

## Sugestão de conteúdo para o ensino de anatomia comparativa de tegumento dos vertebrados

Suggested content for teaching comparative anatomy of vertebrate's tegument

Contenidos sugeridos para la enseñanza de la anatomía comparada de los tegumentos de los vertebrados

Recebido: 04/02/2023 | Revisado: 13/03/2023 | Aceitado: 14/03/2023 | Publicado: 19/03/2023

### **Tales Alexandre Aversi-Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4417-7209>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [tales.ferreira@unifal-mg.edu.br](mailto:tales.ferreira@unifal-mg.edu.br)

### **Emmanuel Freitas-Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9399-9380>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [emmanuel.ferreira@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:emmanuel.ferreira@sou.unifal-mg.edu.br)

### **Renata Cristina-Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1009-2303>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [renata.pereira@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:renata.pereira@sou.unifal-mg.edu.br)

### **Erothildes Silva Rohrer Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0845-2071>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [thilderohrer@gmail.com](mailto:thilderohrer@gmail.com)

### **Sylla Figueredo-da-Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0753-3788>  
Universidade Estadual do Tocantins, Brasil  
E-mail: [sylla.figueiredo@gmail.com](mailto:sylla.figueiredo@gmail.com)

### **Kimberly Silva Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3740-1268>  
Universidade Federal de Alfenas, Brasil  
E-mail: [kimberly.souza@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:kimberly.souza@sou.unifal-mg.edu.br)

### **João Roberto da Mata**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7798-1507>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: [joao.mata@ufg.br](mailto:joao.mata@ufg.br)

### **Resumo**

O sistema tegumentar se refere, principalmente, ao revestimento superficial dos seres vivos e engloba órgãos como a pele e estruturas como unhas, cabelos, pelos, penas, garras, escamas. É responsável pela proteção contra microrganismos, perda de água, radiações; tem função termorreguladora e de secreção de suor e sebo. No entanto, devido aos problemas do ensino de anatomia comparativa no Brasil, causado pela escassez de livros didáticos com enfoque didático e direcionado para as estruturas e suas fisiologias, o aprendizado tem se tornado cada vez mais limitado e defasado. Então, o objetivo desse artigo é indicar um caminho morfofisiológico para o ensino do tema Tegumento para a disciplina de Anatomia Comparativa para as Ciências Biológicas, principalmente, mas que pode ser usada para a Medicina Veterinária, Zootecnia e Agronomia. De fato, o ensino de tegumento para os vertebrados utilizando a dissecação é capaz de propiciar um avançar didático para o conteúdo, com início na microscopia/estrutura do tegumento, seguindo com os filós, e, posteriormente, o estudo de estruturas mais complexas e especiais como as glândulas e os anexos.

**Palavras-chave:** Morfologia comparativa; Tegumento; Ensino.

### **Abstract**

The integumentary system refers mainly to the surface that cover the living beings and includes organs such as the skin and structures such as nails, hair, fur, feathers, claws, scales. It is responsible for protection against microorganisms, water loss, radiation; It has thermoregulatory function and secretion of sweat and sebum. However, due to the problems linked to the teaching of comparative anatomy in Brazil, caused by the scarcity of textbooks with a didactic focus and directed towards structures and their physiologies, the learning has become increasingly limited and outdated. Therefore, the objective of this article is to indicate a morphophysiological path for teaching the

Integument theme for the discipline of Comparative Anatomy for Biological Sciences, mainly, but which can be used for Veterinary Medicine, Zootechny and Agronomy. In fact, the teaching of the tegument for vertebrates using dissection can provide a didactic advance for the content, starting with the microscopy/structure of the tegument, continuing with the phyla, and, later, the study of more complex and special structures such as glands and appendages.  
**Keywords:** Comparative morphology; Integument; Teaching.

### Resumen

El sistema tegumentario se refiere principalmente a la superficie que recubre a los seres vivos e incluye órganos como la piel y estructuras como uñas, pelo, pelaje, plumas, garras, escamas. Es responsable de la protección contra microorganismos, pérdida de agua, radiación; Tiene función termorreguladora y de secreción de sudor y sebo. Sin embargo, debido a los problemas vinculados a la enseñanza de la anatomía comparada en Brasil, causados por la escasez de libros de texto con enfoque didáctico y dirigidos a las estructuras y sus fisiologías, el aprendizaje se vuelve cada vez más limitado y desactualizado. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es indicar un camino morfofisiológico para la enseñanza del tema Tegumento para la disciplina de Anatomía Comparada para Ciencias Biológicas, principalmente, pero que puede ser utilizado para Medicina Veterinaria, Zootecnia y Agronomía. De hecho, la enseñanza del tegumento para vertebrados mediante disección puede suponer un avance didáctico de los contenidos, comenzando por la microscopía/estructura del tegumento, continuando con los phyla, y, posteriormente, el estudio de estructuras más complejas y especiales como glándulas y apéndices.

**Palabras clave:** Morfología comparativa; Integumento; Enseñando.

## 1. Introdução

Existe uma lacuna no ensino de anatomia comparativa no Brasil causado pela escassez de livros didáticos nessa área. Um deles faz associações das estruturas com a embriologia, fisiologia animal, evolução e taxonomia (Hidelbrand & Goslow, 2006) gerando uma leitura profícua, os demais são livros traduzidos para o português sobre zoologia com enfoque na vida do animal e menos em morfologia (Hickman *et al*, 2004; Storer, 2003; Orr, 1986).

O conteúdo de um assunto pode ser mais ou menos complexo de acordo com a proposta de um livro, e no caso da anatomia comparativa, no Brasil, não existe um livro de anatomia comparativa com enfoque didático e direcionado para as estruturas morfológicas e sua fisiologia. Não obstante a importância dos assuntos ligados a ambos os citados, a junção de muitos dados se torna tedioso para a leitura do estudante que se vê inepto para seguir informações que ele ainda não viu no período em que ele faz a disciplina de anatomia comparativa.

De fato, a morfologia macroscópica, a taxonomia, evolução, a anatomia comparativa, a paleontologia, por exemplo, são primordiais para a formação de um cientista e/ou professor na área das ciências biológicas (Aversi-Ferreira *et al.*, 2022), mas devem ser tratados, pelo menos no início, de modo isolado para, depois serem unidos em processos de especialização do indivíduo como preconiza a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996).

Nesse sentido, um encadeamento das ideias, com citações poucas sobre assuntos alheios à Anatomia e Fisiologia, foi preparado, separando os dados microscópicos estruturais dos macroscópicos que foi mostrado em uma visão geral dos filós e, depois, um aprofundamento nas estruturas mais complexas do tegumento, as escamas, penas, bicos, cascos e pelos; como proposta de ensino desse tópico.

Baseado em vários estudos sobre o ensino de anatomia, é indicada a dissecação do Tegumento de representantes dos filós para melhor aprendizado (Aversi-Ferreira *et al.*, 2009; Aversi-Ferreira *et al.*, 2010; Castro *et al*, 2018; Mota *et al.*, 2010) nas aulas práticas, sem que nenhum animal seja sacrificado para esse fim, mas carcaças provenientes de morres naturais ou acidentais.

Nesse sentido, a propostas desse artigo é indicar um caminho morfofisiológico para o ensino do tema Tegumento para a disciplina de Anatomia Comparativa para as Ciências Biológicas, principalmente, como já feito alhures para os ossos do crânio (Aversi-Ferreira *et al.*, 2022), mas que pode, também, ser usado para os cursos de Medicina Veterinária, Zootecnia e Agronomia.

## 2. Metodologia

Para essa revisão de literatura do tipo narrativa foram usados livros clássicos sobre anatomia comparativa de vertebrados, livros sob de zoologia, totalizando 41 livros e artigos sobre os dois temas. Os artigos foram buscados em duas bases de dados, a base de dados Periódicos Capes, busca avançada, a partir de 1930, somente artigos em periódicos revisados por pares, em língua portuguesa, espanhola e inglesa: 1] “anatomia comparativa + vertebrados + tegumento”, com nenhum registro encontrado; 2] “tegumento + vertebrados”, com 6 artigos encontrados; “pele e anexos” com 61 resultados; e a no Google Scholar em qualquer data e qualquer tipo de artigo e, para os assuntos 1] “anatomia comparativa + vertebrados + tegumento”, foram encontrados 1420 textos; 2] “tegumento + vertebrados”, foram encontrados 6080 artigos; “pele e anexos” com 104000 resultados.

Os artigos foram selecionados de acordo com o propósito desse trabalho e como critério de inclusão, 7 foram escolhidos, e descartados os artigos específicos sobre patologias, aqueles sobre estudo apenas para um animal e sobre cuidados humanos com a pele e cosméticos.

Alguns artigos sobre educação foram acrescentados para a discussão sobre o ensino em geral e de anatomia, totalizando 4 artigos sobre esse assunto e uma citação sobre as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

Os livros foram a base para a proposição dessa revisão com o intuito de indicar os tópicos para o ensino de anatomia comparativa de vertebrados. Os assuntos dos livros foram escolhidos e adequados para o delineamento das informações com prioridade para o ensino com foco sobre a morfofisiologia do tegumento dos vertebrados.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Aspectos gerais sobre o tegumento nos vertebrados

O sistema tegumentar é a primeira barreira de proteção contra danos mecânicos, invasão de microorganismos, perda excessiva de umidade (Edelson & Fink, 1985; Montagna & Parakkal, 1974) é constituído pela pele e estruturas anexas que são modificações do epitélio superficial, i.e., da epiderme que se origina do folheto embrionário ectoderma (Montagna & Lobitz, 1964) e da tela subcutânea ou hipoderme. Seus anexos possuem funções de defesa para presas (Edelson & Fink, 1985, Montagna & Parakkal, 1974), por exemplo, como cor da pele e das penas, as glândulas de odor e venenos, as carapaças (Sturkie, 1976).

Nas aves e mamíferos o tegumento atua como termorregulador via vasodilatação periférica com o aumento do fluxo sanguíneo e perda de calor na superfície corporal. A presença do suor na superfície corporal humana, por exemplo, diminui a temperatura ao sofrer a evaporação, por outro lado, a camada de gordura subcutânea e a presença de penas nas aves também contribuem para a preservação do calor (Edelson & Fink, 1985, Goldsmith, 1983); tem papel ativo na excreção junto com os rins via glândulas sudoríparas (Edelson & Fink, 1985, Montagna & Parakkal, 1974), apesar do suor ter 99% de água, vários solutos são excretados como o sódio, potássio, cálcio, magnésio (Goldsmith, 1983).

A função mais premente do tegumento é recobrir a superfície do animal e, no limiar dos orifícios como na boca, orifício urogenital, narinas e fissuras palpebrais, ocorre a junção muco-cutânea que continua como mucosa dessas regiões.

A espessura do tegumento varia entre as espécies e em um mesmo indivíduo, sendo mais espessa nos locais de maior exposição como o dorso e mais delgada nas regiões mais protegida como a virilha, como em humanos (Montagna & Lobitz, 1964). Como exemplo significativo da espessura do tegumento em função do uso, nos primatas do Velho Mundo existe as calosidades isquiáticas, muito desenvolvida em babuínos (Swindler & Wood, 1973), que são formadas por espessa camada de epiderme formada por sentarem continuamente sobre a pele superficial à tuberosidade isquiática.

As funções secretoras do tegumento são realizadas por glândulas exócrinas situadas na derme, mas derivadas do ectoderme. Nos anfíbios há secreção de muco com função de hidratação do tegumento essencial para a respiração cutânea, e,

em mamíferos, além da secreção de substâncias lipídicas que confere oleosidade à pele, do suor com funções de excreção e termorregulação, ocorre a secreção do leite por glândulas sudoríparas modificadas (Goldsmith, 1983).

A respiração cutânea desempenha uma função na economia respiratória de vários vertebrados, por exemplo, em alguns peixes e anfíbios uma grande parte de sua demanda por oxigênio assim como o descarte do dióxido de carbono se realiza pela pele, e, no caso da salamandra [cobra-cega] a função respiratória do tegumento chega a 99% da troca gasosa (Storer, 2003).

O sistema tegumentar é, também, veículo para os elementos nervosos através dos quais os animais estabelecem relacionamento com o meio externo via as sensações do tato, pressão, temperatura e dor (Edelson & Fink, 1985; Lagler *et al*, 1962; Lofts, 1974).

Em termos de estrutura, o tegumento é formado por uma camada superficial, a epiderme e uma profunda, a derme.

A epiderme, como citado, tem origem no folheto embrionário superficial, o ectoderma, e é formada, histologicamente, por um epitélio escamoso estratificado avascular e pobre em terminações nervosas; apresenta-se como uma camada ondulada com projeções digitiformes, as papilas epidérmicas, que se projetam para o tecido conjuntivo subjacente (Gartner, 2017).

A epiderme não possui um suprimento sanguíneo próprio, portanto depende dos nutrientes da derme que passam por difusão para a camada profunda da epiderme. As células na camada basal da derme sofrem divisão mitótica e, as novas células empurram as camadas superficiais que ficam mais distantes dos vasos sanguíneos da derme subjacente. À medida que a distância dos nutrientes aumenta, as células aplainam e morrem nos animais a partir dos anfíbios, deixando denso emaranhado de seu constituinte primário, a proteína fibrosa queratina (Goldsmith, 1983, Mier & Cotton, 1976).

O ressecamento e enrijecimento das células superficiais é um processo denominado queratinização, que torna a superfície cutânea forte e resistente a abrasão. À medida que a camada basal continua acrescentando células às camadas subjacentes, a camada córnea destaca-se. A velocidade com que a substituição ocorre pode ser influenciada por traumatismo ou processos mórbidos. Nesse sentido, as calosidades são um aumento local na espessura em resposta a traumatismos contínuos (Goldsmith, 1983, Mier & Cotton, 1976), como citado para o caso das calosidades isquiáticas dos Primatas do Velho Mundo.

## 3.2 Estrutura geral [microscópica] do tegumento

### 3.2.1 Epiderme

Toda a pele dos ciclóstomos e peixes estão constituídos de células vivas, porém, a partir destes, na escala evolucionária em direção aos Primatas, as células morrem à medida que se aproximam da superfície, pois o citoplasma dessas células acumula a queratina (Hardisty & Potter, 1971; Menton & Eisen, 1971; Stensiö, 1968).

Devido a ausência de vasos na epiderme, logo falta de nutrientes suficientes, a divisão celular se limita à camada basal que está em contiguidade com a derme. A taxa de proliferação da camada basal se equilibra com as perdas celulares da camada córnea contribuindo para a manutenção da espessura da epiderme ao longo do tempo, que é constante nos mamíferos. Nos anfíbios e répteis, ocorre a separação de grandes partes de lâminas córneas em intervalos mais ou menos regulares e, em específico nas serpentes, há mudanças periódicas de toda parte superficial do estrato córneo (Kligman, 1964; Montagna & Lobitz, 1964), o que, vulgarmente se chama troca de pele.

Em todos os primatas, a pele que cobre as polpas dos dedos, palmas das mãos e plantas dos pés apresentam impressões demarcadas por rugas epidérmicas. O padrão das rugas são arcos, voltas e espiras que permanecem por toda vida e são utilizados como identificação pessoal em humanos. A formação embrionária das rugas epidérmicas inicia-se nas pregas do extrato germinal que se desenvolve para dentro da derme. Simultaneamente, a derme produz elevações na parte superior da

epiderme. Assim na superfície antes lisa da epiderme aparecem as rugas que se alternam com sulcos. As rugas coincidem com elevações dérmicas e os sulcos com as depressões germinais (Montagna & Lobitz, 1964; Menton & Eisen, 1971).

### 3.2.2 *Derme*

A derme tem origem a partir do mesoderma e está constituída mais de produtos celulares do que de células. Contém uma rede de fibras do tecido conjuntivo que serve de suporte aos vasos sanguíneos e linfáticos, terminações nervosas, depósitos de gorduras e músculos lisos (Montagna & Lobitz, 1964; Montagna & Parakkal, 1974).

A derme ou córion, contém cristas e projeções, as papilas dérmicas, que se interdigitam com a epiderme sobrejacente. Estas projeções são mais proeminentes principalmente nas estruturas que sustentam peso, como os coxins e os cascos. A interface entre as papilas epidérmicas e a epiderme aumenta a área de superfície contribuindo para a formação de forte junção entre essas duas camadas. Como curiosidade, em termos clínicos, a bolha na pele é um rompimento local desta associação entre camadas, em geral devido a um trauma repetido (Montagna & Lobitz, 1964; Montagna & Parakkal, 1974).

Artérias, veias, capilares e vasos linfáticos da pele estão contidos na derme. Fibras nervosas sensoriais podem estender-se a curta distância dentro da epiderme. Os nervos simpáticos fornecem inervação motora para vasos sanguíneos, glândulas e músculos eretores dos pelos dos folículos pilosos na derme, mas não ocorre inervação parassimpática (Goldsmith, 1983; Montagna & Lobitz, 1964).

### 3.2.3 *Hipoderme*

Em quase todas as áreas corpóreas, uma camada de tecido conjuntivo frouxo separa a derme das estruturas subjacentes. Esse tecido conjuntivo é conhecido de forma variada como fáscia superficial, subcútis ou hipoderme e permite a movimentação da pele. Quantidades variáveis de gordura, o panículo adiposo, estão presentes na hipoderme, com distribuição variada entre as espécies. O panículo adiposo é característica especialmente notável no dorso dos suínos (Menton & Eisen, 1971; Montagna & Lobitz, 1964).

## 3.3 *Cromatóforos*

Todos os vertebrados possuem células que contêm pigmentos denominados de cromatóforos. Geralmente consistem em células com morfologia estrelada com protuberâncias largas e delgadas. Dentro destas células os pigmentos podem estar na forma de uma massa central, dispersos pelo citoplasma ou ainda nas protuberâncias. Os cromatóforos se encontram no tecido conjuntivo que recobrem os nervos e vasos sanguíneos, também no mesentério e peritônio. No entanto, aparecem de forma mais notável na pele e sua presença determina as cores características dos vertebrados (Fingerman, 1965).

Os cromatóforos são classificados de acordo com a natureza bioquímica dos pigmentos. A variedade mais comum são os melanóforos que contêm o pigmento melanina cuja cor varia desde o amarelo pálido até o negro.

Um segundo pigmento é o eritróforo assim chamado devido ao pigmento vermelho característico. Os xantófilos contêm pigmentos amarelos, e, ambos os citados são do tipo carotenóides e pterinas que são substância lipossolúveis obtidos das plantas já que o reino animal não tem capacidade para sintetizá-los. Um quarto tipo, os iridióforos têm pigmento branco que é composto pelo nucleotídeo guanina (Fingerman, 1965; Goldsmith, 1983).

Os peixes ósseos exibem os padrões de cores mais brilhantes e variados de todos os vertebrados devido à abundância de melanóforo, eritróforo, xantóforo e iridióforo, em combinações variadas que determinam a produção de variadas cores e tonalidades.

Muitos peixes possuem a propriedade de modificar sua coloração como resposta à mudança do ambiente ou as variações na intensidade de iluminação (Fingerman, 1965; Lagler *et al*, 1962). Os linguados, por exemplo, podem imitar os

padrões do meio circundante. Grande número de teleósteos possui inervação autônoma que controlam a dispersão e concentração dos pigmentos utilizando as neurosecreções elaboradas em seus terminais axônicos (Gosline, 1971).

Os anfíbios também apresentam colorações expressivas resultantes de variadas combinações dos pigmentos e iridióforos que dispersam a luz situados entre a epiderme e a derme (Fingerman, 1965; Montagna & Lobitz, 1964).

A cor verde é geralmente a cor dos anfíbios e se produz quando as células pigmentárias se apresentam dispostas em três camadas, i.e., os melanóforos que possuem um pigmento escuro na parte mais profunda e, sobre estes, estão os iridióforos que determinam uma cor azul-verde por difração; e, na camada superficial, os xantóforos filtram a luz, tal que, o somatório dos processos gera o efeito final que corresponde à cor verde.

As cores aposemáticas como a cor laranja e vermelha, se originam mediante combinações de eritróforos e xantóforos (Fingerman, 1965). Ao contrário dos peixes ósseos, nos anfíbios não existem nervos periféricos que controlam os cromatóforos. As células pigmentárias respondem diretamente a ação da luz, às variações de temperatura ou ainda de forma indireta, através dos nervos óticos e das secreções das glândulas adrenais e hipófise (Lagler *et al.*, 1962; Lofts, 1974).

Algumas espécies de rãs sofrem modificações de coloração do escuro para claro em diferentes condições fisiológicas e ambientais devido à ação combinada dos pigmentos xantóforos, iridóforos e melanóforos. A pele escurece quando os grânulos de melanina se movem para fora nas ramificações e obscurecem os iridóforos. Nestes animais, o hormônio intermedina da hipófise provoca a dispersão da melanina e movimentação para o interior das células dos iridóforos. O movimento inverso de ambos produz uma pele mais pálida (Fingerman, 1965; Goldsmith, 1983; Lofts, 1974).

As células cromatóforas dos répteis assemelham-se àquelas dos anfíbios e possuem os pigmentos xantóforos, iridóforos e melanóforos. Alguns lagartos passam da cor clara para a escura em um a dez minutos em resposta as mudanças de luminosidade, temperatura, excitação, por exemplo.

Em geral, assumem a fase escura quando está frio e alguns são pálidos em noites quentes. A excitação ou o susto podem provocar palidez, escurecimento ou ambos, dependendo da espécie.

As mudanças de cor são controladas por hormônios ou pelo sistema nervoso. As respostas à luz podem ser iniciadas através dos olhos, do encéfalo ou diretamente da pele. A liberação de intermedina pela hipófise, que dispersa a melanina, é desencadeada por impulsos nervosos derivados do olho ou do encéfalo. A liberação de epinefrina, que concentra a melanina e provoca a palidez, é controlada por hormônios e pelo sistema nervoso.

A capacidade de mudar de cor pode auxiliar alguns lagartos a esconder-se, potencializando a sua versatilidade em adaptar-se ao fundo da paisagem. Também auxiliam alguns a controlar a temperatura do corpo influenciando a taxa de absorção e de reflexão da luz solar pelo tegumento. O peritônio preto de muitos lagartos diurnos do deserto parece reduzir a absorção de luz ultravioleta que pode causar mutações (Fingerman, 1965; Huey, 1976; Schmidt & Inger, 1957).

Apesar de que alguns répteis têm aparência pouco atrativa, há casos de serpentes e lagartos com padrões de cores muito complexos. A propriedade de mudar de cor é bem desenvolvida em algumas lagartixas (Fingerman, 1965), mas a maioria dos répteis, no entanto, tem pouca capacidade de mudar de cor.

Nas aves, a cor das penas ocorre em parte por pigmentos e em parte por fenômenos físicos de reflexão e difração. Como em outros vertebrados, os pigmentos incluem as melaninas, os carotenóides e as pterinas. A gama de cor correspondente à melanina está compreendida entre o amarelo e negro. As cores, vermelho, amarelo e escuro apresentam regulação hormonal, porém o azul é resultado de refração e da interferência dos raios luminosos através das irregularidades estruturais das penas.

A cor branca aparece quando na ausência de pigmentos e as células das barbas dispersam a luz refletindo equivalentemente todos os comprimentos de ondas do espectro solar. Ao contrário do que ocorre nos peixes, anfíbios e répteis, os pigmentos amarelo e vermelho das aves não são secretados nos cromatóforos, mas provem das próprias células da camada

basal. Estes pigmentos contribuem principalmente para a coloração da pele, dos bicos, unhas e, em menor proporção, das penas nas quais a fonte principal de coloração advém dos melanóforos (Lillie, 1942; Sturkie, 1976).

Há evidências de depósito permanente de melanóforos incompletamente diferenciados nos melanoblastos localizados na derme. Quanto se desenvolve uma pena, este depósito provê às células que migram primeiro para parte interior da papila dérmica e, posteriormente, para dentro do colar epidérmico do germe da pena. Ao se diferenciarem nas barbas das penas, os melanoblastos se tornam estacionários e elaboram o pigmento transformando-se em melanóforos completos. A melanina produzida é transportada desde as protuberâncias dos melanóforos até o citoplasma da célula das penas (Lillie, 1942).

A coloração da pele e pelos dos mamíferos se deve a várias mesclas e matizes de melanina. Não existe carotenóides nem pterinas na pele dos mamíferos, mas, como nas aves, a melanina é elaborada nos melanóforos que são um componente constante da camada basal da epiderme.

São abundantes e se mantêm unidos mediante suas ramificações constituindo um sistema reticular dentro da epiderme. Os grânulos de melanina são secretados e depositados dentro das células da camada basal. Deste modo quando estas células se proliferam para formar a epiderme superficial ou mesmo se multiplica nos bulbos do pelo em crescimento, tanto a epiderme quanto o pelo, adquirem a pigmentação característica.

As células pigmentares dos vertebrados derivam da crista neural e migram até alcançar seu destino final onde criam os padrões pigmentares específicos (Kligman, 1964; Menton & Eisen, 1971; Montagna & Lobitz, 1964).

A cor da pele é derivada dos grânulos de pigmento gerados no citoplasma das células pigmentadas residentes, os melanócitos. Essas células na camada basal produzem o pigmento melanina, que é castanho, castanho-amarelado ou negra.

Aglomerados do pigmento melanina são secretados pelos melanócitos e transferidos às células circundantes da epiderme; e este mesmo processo incorpora pigmento dentro das células que se cornificam e formam os pelos. A expressão das diferentes cores na pele e nos pelos provém primariamente da quantidade relativa de melanina produzida nos melanócitos do que das diferenças nos números de melanócitos. Esta expressão pode ser influenciada por determinados hormônios hipofisários, notadamente o hormônio estimulante do melanócito e o hormônio adrenocorticotrópico (Goldsmith, 1983; Kligman, 1964).

O albinismo e a ausência de pigmento na pele, que pode ser parcial ou total, resultante da incapacidade genética dos melanócitos de secretar a melanina. A falta do pigmento pode tornar a pele mais suscetível à lesão celular devida aos raios ultravioleta (lesão actínica), favorecendo a formação de carcinoma cutâneo. O câncer ocular, escamocelular da conjuntiva, é frequente em bovinos de cara branca submetidos a maior dosagem do componente ultravioleta da luz solar (Fingerman, 1965).

### **3.4 Generalidades sobre as glândulas**

Diversas funções da pele ocorrem mediante a presença das glândulas uni ou multicelulares. As unicelulares correspondem às células simples que se espalham pela intimidade da epiderme. As glândulas multicelulares crescem desde a camada basal até a derme. Estas glândulas podem ser tubulares ou alveolares e excretam seus produtos na superfície da pele através de ductos. As tubulares podem ser retas, em espiral ou ramificadas e, as alveolares podem estar constituídas por sacos simples, moderadamente ramificadas ou muito ramificadas (Kligman, 1964; Menton & Eisen, 1971).

As glândulas sebáceas são classificadas como glândulas holócrinas porque seu produto secretado oleoso, o sebo, é produzido pela desintegração das células epiteliais dentro das glândulas. A maior parte dessas glândulas produtoras de secreção oleosa secreta no folículo piloso. A contração do músculo eretor do pelo comprime as glândulas e propicia o seu esvaziamento. As glândulas sebáceas que se abrem diretamente na superfície cutânea incluem aquelas presentes no canal da orelha, ao redor do ânus, prepúcio, vulva e as glândulas tarsais da pálpebra (Kligman, 1964; Menton & Eisen, 1971).

### **3.5 Análise comparativa do sistema tegumentar nos filós com ênfase nas glândulas**

#### **3.5.1 Ciclostomos**

As únicas glândulas que se encontram nos ciclostomos são do tipo unicelulares e estão dispersas por toda a epiderme. Secretam quantidades relativamente grandes de muco, o qual faz que a superfície corporal seja muito escorregadia (Stensiö, 1968).

#### **3.5.2 Peixes**

A pele dos peixes possui glândulas tanto unicelulares quanto multicelulares. As unicelulares são semelhantes àquelas dos ciclostomos e as multicelulares são do tipo alveolar simples. A maioria destas glândulas secretam mucos. Em algumas espécies de tubarões, quimeras e teleósteos parte destas glândulas multicelulares estão relacionadas com as espinhas dorsais, nadadeiras, cauda ou cobrindo as brânquias produzindo um veneno irritante.

Outras adaptações das glândulas multicelulares ocorrem em muitos elasmobrânquios e teleósteos das profundidades do mar que vivem na escuridão total, nos quais se desenvolve um órgão luminoso. No cação, a pele está coberta por escamas placóides que apresentam um espinho em sentido caudal, o qual se assemelha estruturalmente com um dente constituído por uma polpa coberta por dentina e esta por esmalte. Os peixes ósseos são cobertos por epiderme lisa que produz muco o qual facilita a movimentação na água e reforça a proteção contra a entrada de microorganismos (Lagler *et al*, 1962; Love & Cailliet, 1979).

#### **3.5.3 Anfíbios**

Em muitos anfíbios a pele desempenha uma função importante na respiração havendo para isto a necessidade de que a pele se mantenha úmida.

Geralmente as glândulas são do tipo alveolar simples e estão imersas na derme. Muitos anfíbios além de ter glândulas mucosas, também possuem glândulas granulares, assim chamadas devido o aspecto granular do citoplasma destas células secretoras. As secreções destas glândulas têm aspecto leitoso e sua natureza é venenosa deste medianamente irritante até altamente tóxica.

Frequentemente as secreções têm também odor forte. As glândulas granulares são abundantes particularmente nos sapos e aparecem agregadas ao dorso e pernas constituindo espessamentos localizados na epiderme assemelhando-se a verruga. Apesar de que as glândulas alveolares mucosas e granulares predominam nos anfíbios, também ocorrem glândulas tubulares muito especializadas em certas rãs. Ocorrem também glândulas unicelulares nos anfíbios, nas bocas das rãs e salamandras (Lofts, 1974; Twitty, 1966).

A pele da rã é altamente vascularizada, e as numerosas e pequenas glândulas secretam um fluido aquoso que mantém a pele úmida para a execução da função respiratória e de proteção contra os predadores por ser escorregadia. A pele da rã prende-se ao corpo apenas ao longo de determinadas linhas que, após formar uma nova camada abaixo da existente, a antiga é eliminada; fende-se ao longo do dorso e é retirada pelo próprio animal e ingerida. A periodicidade de mudança aparentemente é governada pelo nível de hormônios tireoidianos.

As glândulas de veneno são mais escassas e maiores produzindo uma secreção espessa, esbranquiçada, granulosa e alcaloide que é elemento de proteção contra predadores. Em cada glândula é ovoide a secreção acumula numa cavidade central de onde pode ser expelida por um ducto pela ação de fibras musculares lisas que a circundam (Lofts, 1974).

### 3.6 Répteis

A maioria dos répteis tem uma pele não glandular constituída de uma epiderme estratificada sobre a derme subjacente, necessidade obrigatória pela conquista definitiva do ambiente terrestre. Quando presentes secretam produtos que se relacionam com a procriação ou defesa.

Por exemplo, observa-se a existência de glândulas debaixo da mandíbula inferior nas tartarugas e crocodilos e na cloaca somente nos crocodilos as quais, durante a temporada da procriação secretam uma substância de odor característico. Algumas serpentes as possuem na cloaca e produz um fluido leitoso de odor nauseante (Guggisberg, 1972).

A pele coriácea resistente é esculpurada com escamas córneas retangulares na maior parte do tronco e da cauda. As escamas estão geralmente em fileiras transversais e longitudinais com sulcos de pele mais mole entre elas. O tegumento cornificado sofre desgaste e é substituído por escamas cornificadas adicionais da epiderme subjacente. Nos adultos há um exoesqueleto formado por placas dérmicas ósseas (osteodermos), separadas por baixo das escamas dorsais, do pescoço até a cauda de formato retangular ou oval. Algumas espécies também possuem osteodermos na região ventral do abdome (Kligman, 1964; Schmidt & Inger, 1957).

A camada basal da epiderme produz células que passam para a superfície, tornam-se cornificadas e constituem o revestimento externo. A epiderme desenvolve uma camada externa dura de beta-queratina e uma interna mais mole de alfa-queratina. A camada de alfa-queratina predomina na região das articulações entre as escamas e permite que a pele se distenda. A superfície das escamas frequentemente apresenta uma microornamentação de cristas, tubérculos ou espinhos que dispersam a luz e reduzem a quantidade de radiação que penetra profundamente no corpo.

Nas lagartixas tais esculpturações aparentemente deram origem às cerdas digitais que cobrem a superfície inferior das extremidades de seus dedos que permite que subam em superfícies verticais ou mesmo invertidas. Algumas espécies contêm ossos dérmicos (osteodermos) e pequenas fibras através da derme e dentro da epiderme unem a pele toda. Este arranjo estrutural fornece resistência mecânica similar a uma estrutura têxtil, contudo apresenta elasticidade. A forma das escamas é essencialmente constante em cada espécie, e são utilizadas na classificação dos répteis (Kligman, 1964; Schmidt & Inger, 1957).

A parte superficial e cornificada da epiderme é mudada em tempos regulares nos lagartos e cobras. Antes da muda as células epidérmicas produzem uma nova cutícula abaixo da pré-existente, esta se solta por dissolução das células na sua base, com alguma produção de umidade entre as camadas nova e velha. Esta mudança depende da quantidade de alimentos disponíveis, da atividade da glândula tireóide e do lobo anterior da hipófise. O guizo da cascavel resulta da retenção da parte mais cornificada da extremidade da cauda em mudas sucessivas (Klauber, 1972; Minton, 1969).

### 3.7 Aves

Assim como a pele dos répteis, a pele das aves é pobre quanto à presença de glândulas. Nas aves a única glândula notável é a glândula uropígea do tipo alveolar ramificado que aparece no lado dorsal do corpo na base da cauda. Produz óleo que a ave recolhe com o bico para untar a sua plumagem (Lillie, 1942; Marshall, 1961; Sturkie, 1976).

### 3.8 Mamíferos

Os mamíferos possuem diversificadas e abundantes glândulas as quais derivam de dois tipos essenciais: as glândulas sebáceas e as sudoríparas. As glândulas sebáceas são do tipo alveolar, secretam óleo e estão relacionadas com o pelo. Todavia pode estar presente na pele glabra. Sua secreção oleosa serve como proteção e como lubrificante tanto do pelo quanto da pele. Também impregnam o animal com seu odor característico. Nas pálpebras ocorrem glândulas sebáceas especiais que contribuem para a lubrificação do olho (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

As glândulas sudoríparas são tubulares e se enrolam em um espiral compacto. Sua secreção concorre para a regulação da temperatura, além de ser fator de auxílio na excreção. Em muitos mamíferos incluindo o homem, o cavalo e o urso, as glândulas sudoríparas se encontram amplamente distribuídas por todo o corpo, no entanto, outros mamíferos não as possuem tais como a toupeira, baleias e tamanduás; outros apresentam um número limitado de glândulas que se concentram em locais específicos. Por exemplo, nos ratos e gatos estão restringidas às partes inferiores das patas; nos veados se localizam na base da cauda; nos coelhos ao redor do lábios e nas ovelhas, bovinos e porcos, no focinho (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

As glândulas mais notavelmente modificadas são as glândulas mamárias produtoras de leite. Existe em todos os mamíferos e nos eutérios, o desenvolvimento das glândulas mamárias se inicia com o aparecimento de um par de espessamentos do ectoderma epidérmico em forma de faixa, ao longo da parede ventrolateral do corpo desde a região das patas até a virilha. O desenvolvimento da glândula mamária ocorre mediante um espessamento do epitélio formando uma massa celular arredondada a qual se projeta na derme subjacente.

Posteriormente as células se ramificam em forma de cordões dentro da derme circundante gerando uma zona bem ramificada, então, os cordões se ligam ao sistema de ductos que convergem para a superfície. Nos filhotes, as mamas estão formadas em ambos os sexos. Nos machos as mamas não se desenvolvem e nas fêmeas há o desenvolvimento posterior ao advento da maturidade sexual. As projeções das mamas para sucção podem ser de dois tipos: as verdadeiras nos quais se comunicam com o exterior mediante um só ducto mamário como nos roedores ou por vários ductos, como nos carnívoros e no homem. Outro tipo corresponde ao úbere característico de cavalos e bovinos nos quais os ductos se abrem em uma câmara na qual se comunica com o exterior através de um ducto secundário (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

O número e a posição das glândulas mamárias variam de acordo com a espécie de mamífero. No homem, nos elefantes e nos morcegos forma-se somente um par de mamas peitorais. Nos bovinos e nos cavalos pode ocorrer um ou dois pares de mamas inguinais. Em ratos, geralmente se desenvolvem três pares de mamas no tórax e três no abdome. Os cães possuem de 5 a 6 pares que se dispõem em uma série contínua que vai desde o peito até a virilha. Ocasionalmente pode ocorrer uma anormalidade desenvolvendo um maior ou menor número de mamas (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

Determinados animais possuem glândulas sebáceas especializadas, conhecidas como glândulas de marcação, que são características de suas espécies. Os ovinos possuem diversas bolsas cutâneas revestidas com glândulas sebáceas que são (1) as *bolsas infra-orbitárias*, encontradas no canto medial do olho e maiores nos carneiros do que nas ovelhas; (2) as *bolsas interdigitais* na linha média acima dos cascos das quatro patas; e (3) as *bolsas inguinais* próximas à base do úbere ou do escroto. Os caprinos possuem *glândulas sebáceas do chifre* caudais à base do chifre. A secreção dessas glândulas é aumentada durante a estação de acasalamento, sendo especialmente forte nos bodes. Nos suínos, *glândulas sebáceas carpais* estão presentes na face mediopalmar do carpo tanto em machos quanto fêmeas (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

*Glândulas sudoríferas* ou *glândulas sudoríparas* podem ser encontradas em todo o corpo dos animais, incluindo equinos, bovinos, ovinos e suínos, apesar de serem esparsas nesta última espécie. Ocorrem glândulas tubulares no plano nasolabial do bovino, no plano nasal do ovino e do suíno, onde umedecem essas superfícies, porém desempenham pouco papel na termorregulação (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

Os equinos apresentam produção abundante de suor que é rico em proteínas; e esse suor albuminoso formará espuma quando agitado pelos músculos em trabalho. Por esta razão, o equino em trabalho pesado formará massa de bolhas no pescoço e nos ombros e entre os membros pélvicos (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Walker & Paradiso, 1975; Young, 1975).

### 3.9 Anexos

#### 3.9.1 Escamas

No estudo da pele dos vertebrados podem se encontrar muitos exemplos de elaboração de derivados que funcionam como armadura protetora. As escamas são consideradas como unidade que contribuem para a formação desta armadura. As escamas podem ter origem epidérmica ou dérmica (Love & Cailliet, 1979).

##### 3.9.1.1 Escamas dérmicas

Os registros fósseis mostram que os mais antigos dos vertebrados, os ostracodermos sem mandíbulas, estavam totalmente cobertos por uma armadura óssea. A evolução dos ostracodermos se caracterizaram pela regressão constante desta armadura dérmica. Os seus descendentes modernos, os ciclostomados não apresentam esta armadura ou vestígios dela (Stensiö, 1968). Os placodermos, primeiros vertebrados com mandíbulas na linha da evolução tetrápoda, conservou a armadura de forma muito generalizada mesmo quando as grandes lâminas tendiam a subdividir-se em lâminas menores (Marshall, 1966).

Estruturalmente as escamas ósseas dos placodermos consistiam em três camadas. No fundo ou interior, existia uma camada óssea muito compacta a qual se seguia uma esponjosa com numerosos espaços e a parte superior ou superficial onde aparecia o osso compacto ou um tecido muito semelhante.

Esta disposição de osso esponjoso entre duas camadas de osso compacto identifica-se com a arquitetura característica dos ossos dérmicos do crânio. Além disso, a parte superior apresentava geralmente com inúmeras espículas denominadas dentículos dérmicos. Sobre as margens da mandíbula, os dentículos se alargaram de forma especial para servir como dentes (Love & Cailliet, 1979).

Ao que parece do padrão básico dos placodermos se derivaram três linhas de evolução. Uma delas corresponde aos peixes cartilagosos que possuem exclusivamente os dentículos dérmicos. Assim os modernos tubarões já não possuem uma armadura e sua pele apresenta unicamente os dentículos distribuídos difusamente denominados de escamas placóideas. Os dentículos dos placodermos também se alargaram em forma de dentes nas mandíbulas e na cavidade bucal até certa distância em seu interior (Love & Cailliet, 1979).

Na segunda linha os peixes Choanichthyes se caracterizam pela perda dos dentículos dérmicos e retenção das escamas ósseas de três camadas. Nestes peixes primitivos ocorriam as chamadas escamas cosmoídeas que eram regulares em sua posição, forma e tamanho, o que pressagiava a sua incorporação ao esqueleto. Desta forma a evolução do esqueleto dos tetrápodos desde seu princípio incluiu a utilização de escamas cosmoídes no crânio do homem. Nos últimos Choanichthyes as escamas tendiam a uma arquitetura mais simples. As escamas cosmoídeas verdadeiras não existe nos representantes vivos destes peixes (Gilbert, 1962; Lineaweaver & Backus, 1970).

A terceira linha ocorre nos actinoptérgios que mantiveram os dentes e os componentes dérmicos do crânio e a faixa dos ombros que provinham da armadura primitiva dos placodermos. A escama cosmoídea foi substituída pela escama ganoídea, assim denominada pela presença de uma substância dura, a ganoína, semelhante ao esmalte dos dentes que fica sobre a superfície da camada superior.

Atualmente podem ser observado escamas ganoídea nos peixes cartilagosos e Holostei. Os peixes pulmonados modernos possuem apenas vestígios das escamas cosmoídeas de seus ancestrais. Os teleósteos apresentam apenas uns derivados delgados sem ganoína das antigas escamas ganoídeas. As escamas dos teleósteos podem ser ctenoídeas (denteadas) ou ciclóideas (circulares). Em alguns casos (anguilas e bagres) estas escamas estão muito reduzidas ou ausentes (Gosline, 1971).

Na linha tetrápoda da evolução se desenvolvem quatro categorias de partes duras derivadas da armadura dérmica dos primeiros peixes através de uma rota traçada desde os crossopterígeos até os anfíbios. Essas partes são (1) os componentes dérmicos do crânio; (2) os componentes dérmicos da faixa dos ombros; (3) os dentes; (4) as escamas do corpo.

Nos tetrápodes, a tendência foi a redução e perda final da armadura dérmica. Como herança de seus ancestrais aquáticos, os primeiros anfíbios conservaram umas fileiras de escamas nos flancos e na parte inferior do corpo. Os anfíbios modernos carecem de escamas com exceção de certos vestígios que aparecem na pele dos ápodos (Cochran, 1961; Vial, 1973). Da mesma forma os antigos répteis se caracterizavam por uma grande variedade de escamas dérmicas. Nos répteis atuais, as únicas estruturas que lembram as escamas dos peixes são as gastralias, que aparecem em fileiras. Localiza-se na parte ventrolateral do corpo dos crocodilos e de alguns lagartos (Guggisberg, 1972; Schmidt & Inger, 1957). Já nas aves e nos mamíferos não existe derivação alguma das escamas dérmicas (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Lillie, 1942; Marshall, 1961; Sturkie, 1976).

A derme parece conservar certo potencial para formação de osso como se manifesta na formação da concha óssea da maioria das tartarugas, escamas de certos lagartos e nódulos ósseos que reforçam a pele em alguns mamíferos edentados (Young, 1975).

### **3.9.1.2 Escamas epidérmicas**

Estas derivam da camada córnea, i.e., do componente queratinizado da superfície da epiderme (Klingman, 1964). As escamas epidérmicas não existem nos peixes e podem ser encontradas raramente em anfíbios. Nestes animais o que mais se aproxima das escamas epidérmicas são espessamentos localizados na camada córnea conhecidos como verrugas dos sapos (Klingman, 1964; Vial, 1973). Ao contrário dos anfíbios, as escamas epidérmicas dos répteis são bem desenvolvidas e podem ser de dois tipos; uma delas se apresenta nas serpentes e nos lagartos e a outra nos crocodilos e tartarugas.

Na primeira, a escama inicia no embrião mediante uma elevação da epiderme em cujo interior se projeta a derme subjacente seguida da retração da derme e da camada germinal que deixam na superfície uma escama cornificada, portanto a escama final tem caráter exclusivamente epidérmico. Geralmente as escamas das serpentes e dos lagartos se dispõem em filas longitudinais onde cada uma delas se dirigem para trás trespassando a que se encontra posteriormente. Nas serpentes, as escamas se encontram ventralmente e apresentam distribuição transversal, o que facilita a locomoção (Guggisberg, 1972; Klauber, 1972; Klingman, 1964; Minton, 1969; Schmidt & Inger, 1957).

As escamas epidérmicas das tartarugas e dos crocodilos não se trespassam como ocorre em lagartos e serpentes. Cada uma delas é um produto exclusivo do estrato germinal. As escamas epidérmicas das tartarugas se encontram na parte superficial da estrutura óssea inferior e cobrem também o pescoço e as pernas. Durante a vida deste animal a camada basal situada abaixo das escamas, originam periodicamente novas escamas ligeiramente maior que a precedente. A escama velha é empurrada para a superfície e geralmente se acumulam umas sob as outras. O crocodilo também tem o seu corpo todo coberto por escamas epidérmicas (Guggisberg, 1972; Klauber, 1972; Klingman, 1964; Minton, 1969; Schmidt & Inger, 1957).

As aves e os mamíferos herdaram pouco das escamas epidérmicas de seus ancestrais, os répteis. Estas escamas são do tipo misto e se formam da mesma maneira que nas serpentes e lagartos. Nas aves estão confinadas nas pernas e nos pés (Klingman, 1964). Quando ocorre em mamíferos, está localizada na cauda como no castor, rato, camundongo. O tatu exhibe escamas epidérmicas superpostas em suas lâminas ósseas dérmicas (Klingman, 1964; Menton & Eisen, 1971).

### **3.9.2 Bicos e cascos**

Os bicos das aves estão constituídos por camadas epidérmicas córneas e ligado à mandíbula. Corneificações da camada córnea estão nas partes terminais dos dedos formando as garras nos répteis e aves, assim como em alguns anfíbios e

mamíferos (Klingman, 1964). Estas corneificações ocorrem nos cascos dos cavalos, bovinos, veados e nas unhas do homem e de outros primatas (Menton & Eisen, 1971).

Os cascos são elementos de proteção para as patas, e os animais que os possuem são os ungulados. A característica definida dos ungulados é a presença de um casco bem-desenvolvido associado à falange distal. Apesar dos cascos dos suínos, dos ruminantes e dos equinos diferem significativamente em sua aparência macroscópica, mas compartilham determinadas características. Da mesma forma que a pele da qual são derivados, os cascos possuem uma camada epidérmica avascular externa e derme vascularizada profunda; a derme dos cascos e dos chifres é mais comumente denominada córion (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Menton & Eisen, 1971).

Diferentes partes da epiderme e do córion do casco são nomeadas por sua localização. A parte superior do casco é recoberta por uma camada fina denominada perioplo. A grossa parede do casco cresce a partir de um cinturão da epiderme na faixa coronária que é a região onde a pele glabra se torna o casco. A parte lateral profunda da parede do casco fica intimamente ligada ao córion subjacente, que se mistura com o perióstio do casco e córion. Estas são as lâminas, das quais existem lâminas insensíveis (parte da epiderme) e lâminas sensíveis (parte do córion) (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Menton & Eisen, 1971).

A parte do casco que faz contato com o solo é a sola córnea (extensa no equino, e menor nos outros ungulados domésticos) e o bulbo do casco é mais mole. Profundamente ao bulbo do casco, situa-se uma modificação subcutânea absorvente de impacto denominada coxim digital. O bulbo forma grande parte da face palmar-plantar das patas de ruminantes e suínos, que suporta porção considerável do peso do animal. Em contraste, o casco equino possui a rilha ceratinizada em forma de V, que é mais endurecida do que os bulbos dos outros ungulados (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Menton & Eisen, 1971).

Assim como os cascos e as unhas, os cornos são elementos de proteção. Os cornos dos bovinos e dos ovinos formam-se sobre o processo cornual, um núcleo ósseo que se projeta a partir do osso frontal do crânio. Tanto os machos quanto as fêmeas das raças bovinas possuidoras de cornos apresentam estas estruturas, apesar das fêmeas serem menores. Na maioria das raças ovinas e caprinas, tanto os machos quanto as fêmeas os possuem, embora em algumas raças apenas os carneiros e os bodes possuam cornos. Os cornos dos bovinos e cabras possuem um centro ósseo coberto por uma camada de queratina de origem epidérmica. Nos rinocerontes ocorre um tecido compacto de fibras epidérmicas de queratina sem a presença do centro ósseo (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Menton & Eisen, 1971).

Variações no nível de nutrição do animal refletem-se em variações na rapidez do crescimento do corno, resultando em uma série de anéis no órgão. Essas alternâncias na espessura do chifre podem refletir estresses estacionais, notadamente, o estresse do parto nas vacas. A idade do animal pode ser estimada contando-se os anéis no corno (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963; Menton & Eisen, 1971).

### 3.9.3 Penas

A característica distintiva das aves é sua plumagem que exerce várias funções como: leveza no voo, coloração, proteção, atrativo sexual e isolamento térmico. Admite-se que as penas são derivadas das escamas dos répteis ainda que as semelhanças entre elas possam ser observadas somente nas primeiras etapas embriológicas (Lillie, 1942).

Existem três tipos de penas, as penugens, as semiplumas e as penas de contorno. As penugens constituem as variedades menores e de estrutura mais simples. Constituem-se de um eixo do qual partem fios semelhantes aos cabelos. As semiplumas estão compostas de uma haste curta e oca inserida na pele da qual se originam pequenos fios nas suas margens.

A primeira plumagem das aves está constituída por estes tipos de penas. As aves adultas possuem um isolamento térmico proporcionado por estas penas que cobrem a maior parte de seus corpos, debaixo das penas de contorno. As penas de

contorno são de grande tamanho e determinam a configuração característica da ave. Nas asas e na cauda aparecem variedades especiais deste tipo de pena. Uma pena de contorno está constituída de um eixo longitudinal, a raque, no qual se dispõem obliquamente as barbas em ambos os lados. A raque se fixa na pele através de uma parte oca denominada de cálamo. Algumas aves renovam as suas penas em certas estações, porém outras, a renovação ocorre ao longo de todo o ano (Lillie, 1942).

O primeiro indício de formação de uma pena consiste de um agregado de células dérmicas que se formam imediatamente abaixo da epiderme. A proliferação continua resultando numa elevação cônica, a papila dérmica, que está coberta pela epiderme. Após a formação do germe da pena ocorre um desenvolvimento rápido para o exterior como um cilindro epidérmico com término em ponta e recheado de mesoderma vascular. Simultaneamente, a epiderme que rodeia a base da papila se deprime e o germe da pena se projeta numa espécie de bolsa que se denomina folículo. Desde este momento as semiplumas e as penas de contorno apresentam diferenças em seu desenvolvimento (Lillie, 1942).

A semipluma deriva do componente epidérmico de seu germe. A epiderme se transforma em uma bainha cornificada. Internamente se prolifera a camada basal ao longo da parte distal do germe em forma de eixo com um certo número de enrugamentos longitudinais. Também a camada basal se espessa na base do germe. Posteriormente pode se observar um colar epidérmico e basal. A partir deste, se estende as rugas distalmente seguindo ao longo do eixo. Todo este conjunto está encerrado por uma envoltura córnea.

Posteriormente, o centro distal da epiderme se retrai e as colunas epidérmicas se cornificam. Quando isto ocorre, a envoltura de estrato córneo se abre permitindo a expansão das colunas cornificadas que são as barbas. O colar basal do germe da pena se cornifica e para constituir a futura raque permanecendo imerso no folículo. Seu centro mesodérmico original se seca completamente permanecendo uma pequena papila mesodérmica na base da pena. Quando a semipluma se desprende a papila iniciará a sua substituição por outra semipluma ou por uma pena de contorno (Lillie, 1942).

O desenvolvimento das semiplumas e penas de contorno são similares quanto à projeção do germe cônico da pena. As futuras barbas de uma pena de contorno são iguais à pena abaixo e se derivam de projeções longitudinais da epiderme basal que se desenvolve a partir do colar basal. Apesar das penas serem derivadas da epiderme, o primeiro indício de sua presença é o aparecimento de uma papila mesodérmica (Lillie, 1942).

### 3.9.4 Pelos

O pelo é tão característico dos mamíferos quanto as penas são das aves. O pelo também tem origem e constituição epidérmica. O pelo possui duas partes, (1) a parte livre e, (2) a raiz. A raiz se encontra dentro do folículo do pelo que está obliquamente ligada a derme. O fundo da raiz se expande em um bulbo oco dentro do qual se projeta a papila dérmica contendo vasos sanguíneos e nervos. No terminal do bulbo se encontram células vivas que se multiplicam e unem distalmente aumentando o comprimento da raiz e da parte livre do pelo.

Neste processo as células vão morrendo de modo que o pelo está composto de células mortas e cornificadas as quais se dispõem em duas ou três camadas. Nos pelos mais grossos existe um núcleo central denominado de medula formado por células contraídas e espaços entre elas contendo ar. Em torno da medula está a córtex que constitui a maior parte do pelo sendo composto de células modificadas de natureza córnea bastante densa.

No córtex se encontra a maioria dos pigmentos do pelo. A parte superficial está coberta por uma cutícula delgada consistente em uma única camada de células escamosas. Dentro do folículo, a raiz se recobre com uma camada adicional procedente das paredes. As vezes esta camada é muito complexa e pode ter várias camadas com estruturas específicas. Encontra-se adjacente ao folículo uma glândula sebácea que lança sua secreção oleosa no interior da cavidade folicular. Cada pelo tem ligado um pequeno músculo liso que se introduz obliquamente para inserir no folículo (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

Diferente das penas cujo desenvolvimento se inicia através de um agregado de células dérmicas, a embriogênese do pelo inicia com a participação exclusiva da epiderme. Forma-se um nódulo epidérmico no local como resultado da proliferação da camada germinal. Este nódulo se estende para dentro da derme e se alarga até formar o bulbo. Este adquire a forma de uma taça invertida dentro da qual se instala a derme vascular formando a papila dérmica.

A seguir a porção epidérmica mais profunda origina um filamento central que se separa do epitélio circundante. Este filamento central se transforma na raiz e na parte livre do pelo. O tecido circundante origina a parede do folículo, e nela pode observar-se uma proliferação que origina a glândula sebácea. Ao mesmo tempo surge um músculo delgado e liso que une a derme até a parede folicular (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

Há três tipos principais de pelos nos mamíferos: (1) pelos de guarda, que formam a pelagem lisa mais externa; (2) pelos lanosos, também denominados subpelagem, que são finos e frequentemente crespos; (3) pelos tácteis, que são rijos longos com inervação especializa que os torna eficazes como órgãos do tato (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

A quantidade e o tipo de melanina nas células corticais determinam se o pelo será negro, branco ou castanho. A cutícula é uma camada única de células finas e claras que recobrem a superfície do córtex. Os pelos lanosos não possuem medula ou possuem apenas uma medula muito pequena, sendo responsável por sua natureza fina e flexível. Os pelos tácteis, utilizados como sondas exploratórias ou órgãos de sensação, também são denominados pelos sinusais porque um grande seio repleto de sangue rodeia as porções profundas do folículo. Esses pelos geralmente são mais longos e mais espessos do que os pelos de guarda, sendo mais comumente encontrado na face, ao redor dos lábios e dos olhos. Esses pelos são particularmente bem providos de terminações nervosa sensoriais sensíveis ao movimento do pelo (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

Quando um pelo está pronto para destacar-se, as células epiteliais sobre a papila interrompem a multiplicação e tornam-se cornificadas. A papila atrofia-se, e o pelo pode cair, ser destacado ou ser empurrado para fora por novo pelo que se desenvolve a partir da bainha de células epiteliais. A eliminação periódica da pelagem desde a pelagem leve do verão até a pelagem espessa do inverno ciclicamente é bastante comum e sendo desencadeada por mudanças no fotoperíodo (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

O músculo eretor do pelo é um fino feixe de fibras musculares lisas que se estendem desde a porção mais profunda do folículo piloso em ângulo na direção da epiderme. A contração do músculo irá estimular o pelo a 90°. Esta orientação aumenta as propriedades isolantes da pelagem durante exposição ao frio e é utilizada por alguns animais durante as reações de lutar ou fugir, presumivelmente como meio de aumentar o tamanho aparente do animal. Os músculos eretores do pelo são inervados por nervos simpáticos (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

A lã é composta de pelos lanosos que apresenta ao tato sensação oleosa, conferida pela lanolina secretada pelas glândulas sebáceas cutânea. A qualidade da lã está relacionada ao diâmetro e ondulação da fibra (Cockrum, 1962; Davis & Golley, 1963).

#### **4. Conclusão**

A organização lógica dos conteúdos voltados para a morfofisiologia indicam um modo direto para o ensino de tegumento para os vertebrados seguindo uma rota que se inicia na microscopia/estrutura do tegumento, entra nos filamentos com ênfase para as glândulas e finaliza com os anexos que apresentam uma organização mais especial e complexa. O enfoque foi para um avanço didático para o conteúdo.

O modo de lecionar dependerá da proposta do professor/tutor que deverá seguir, tanto quanto possível, uma proposta dentro das novas tecnologias de ensino em que o estudante deve ser o autor de seu próprio aprendizado. Nesse sentido, uma das ferramentas é usar a dissecação para, por exemplo, observação e remoção do tegumento nas várias espécies de vertebrados.

Tanto a organização quanto o conteúdo do assunto foram mostrados, no entanto, outras propostas sobre outros tópicos sobre anatomia comparativa devem ser sugeridas, pois as organizações didáticas ofertadas no mercado brasileiro não contribuem para um estudo direto do assunto sem que as disciplinas de evolução, filogenética e taxonomia sejam ofertadas previamente à disciplina de anatomia comparativa.

## Referências

- Anderson, S., & Jones, J. K. (1967). *Recent mammals of the world: A synopsis of families*. (p. 453). Ronald Press Co.
- Aversi-Ferreira, T. A., Bento, P. B. B., Nogueira, K. K. A., Dorta, W., & Trevisan, K. (2022). Phylogenetic evolutionary aspects of the vertebrate skull - an approach for teaching: vertebrate skull. *Conjecturas*, 22(10), 128-147.
- Aversi-Ferreira, T. A., Lopes, D. B., Reis, S. M. M., Abreu, T., Aversi-Ferreira, G. M., Vera, I., & Lucchese, R. (2009). Practice of dissection as teaching methodology in anatomy for nursing education. *Revista Brasileira de Ciências Morfológicas*, 26(3-4), 151-157.
- Aversi-Ferreira, T. A., Nascimento, G. N. L. do, Vera, I., & Lucchese, R. (2010). The practice of dissection as teaching methodology in anatomy applied to medical education. *International Journal of Morphology*, 28(1), 265-272.
- Bellrose, F. C. (1967). Orientation in waterfowl migration (pp. 73-99). In R. M. Storm (Ed.), *Animal orientation and navigation*. Corvallis: Oregon State Univ. Press.
- Bent, A. C. (1919-1968). *Life histories of North American birds* (pp. 107-237). US: National Museum Bulletins. Reimpresso por Dover Pubns.
- Brasil. (1096). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. 9394/1996.
- Castro, S. K. A., Nishijo, H., & Aversi-ferreira, T. A. (2018). Neuroanatomy teaching: an example of active teaching applied to medical formation. *American Journal of Educational Research and Reviews*, 3, 37.
- Cochran, D. N. (1961). *Living Amphibians of the World* (p. 199). Garden City, Doubleday.
- Cockrum, E. L. (1962). *Introduction to mammalogy* (1st ed., p. 445). Ronald Press Co.
- Davis, D. E., & Golley, F. B. (1963). *Principies in mammalogy* (p. 335). Reinhold Pub. Corp.
- Edelson, R. L., & Fink, J. M. (1985). The immunologic function of skin. *Sci Am*, 252(6), 46-53.
- Fingerman, M. (1965). Chromatophores. *Physiol Rev*, 45, 296-339.
- Gartner, L. P. (2017). *Tratado de Histologia* (4th ed.): Guanabara Koogan.
- Gilbert, P. W. (1962). The behavior of sharks. *Sci Am*, 207, 60-68.
- Goldsmith, L. A. (1983). *Biochemistry and Physiology of the Skin* (Vol. 1-2, 2nd ed., p. 1324). Oxford Univ Press.
- Gosline, W. A. (1971). *Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes* (p. 208). Univ of Hawaii Pr.
- Guggisberg, C. A. W. (1972). *Crocodiles: their natural history, folklore and conservation* (p. 195). Stackpole Books.
- Hamilton, W. J. (1939). *American mammals: their lives, habits, and economic relations* (p. 434). Editora McGraw-Hill Book Co.
- Hardisty, M. W., & Potter, I. C. (1971). *The biology of lampreys* (p. 422). Academic Press.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., & Larson, A. (2004). *Princípios integrados de Zoologia* (11th ed., p. 846). Guanabara Koogan.
- Hildebrand, M., & Goslow, G. (2006). *Análise da Estrutura dos Vertebrados* (2nd ed., p. 700). Atheneu.
- Huey, R. B., & Slatkin, M. (1976). Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*, 51(3), 363-384.
- Klauber, L. M. (1972). *Rattlesnakes: their habits, life histories, and influence on mankind* (Vol.1, p. 1533). University of California Press.
- Kligman, A. M. (1964). The biology of the stratum corneum. In W. Montagna, & Lobitz, W. C. (Eds.), *The Epidermis* (pp. 387-433). Academic.
- Lack, D. (1966). *Population studies of birds* (p. 341). Oxford University Press.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., & Miller, R. R. (1962). *Ichthyology - the study of fishes* (p. 545). John Wiley and Sons.
- Lillie, F. R. (1942). On the Development of Feathers. *Biological reviews*, 17(3), 247-266.
- Lineaweaver, T. H., & Backus, R. H. (1970). *The natural history of sharks*. Lippincott.
- Lofts, B. (Ed.). (1974). *Physiology of the Amphibia* (Vol. 2): Academic Press.

- Love, M. S., & Cailliet, G. M. (Eds.). (1979). *Readings in ichthyology*. Goodyear Pub. Co.
- Marshall, A. J. (Ed.). (1961). *Biology and Comparative Physiology of Birds* (Vol. 2, p. 530). Academic Press.
- Marshall, N. B. (1966-1970). *The life of fishes* (p. 402). Londres: World Pub. Co. Reimpresso Universe Books.
- Menton, D. N., & Eisen, A. Z. (1971). Structure and organization of mammalian stratum corneum. *J Ultrastruct Res*, 35(3-4), 247-264.
- Mertens, R. (1960). *The world of amphibians and reptiles* (p. 207). McGraw-Hill.
- Mier, P. D., & Cotton, D. W. K. (1976). *Molecular Biology of Skin* (p. 469). Blackwell Scientific.
- Minton, S. A., & Minton, M. R. (1969). *Venomous reptiles* (1st ed., p. 274). Scribner.
- Montagna, W., & Lobitz Jr., W. C. (Eds.). (1964). *The Epidermis* (p. 641). Academic Press.
- Montagna, W., & Parakkal, P. F. (1974). *The Structure and Function of Skin* (3rd ed., p. 448). Academic Pr.
- Mota, M. F., Mata, F. R. D., & Aversi-Ferreira, T. A. (2010). Constructivist Pedagogic Method Used in the Teaching of Human Anatomy. *International Journal of Morphology*, 28(2), 369-374.
- Orr, R. T. (1986) *Biologia dos vertebrados* (5a ed., p. 508). Roca.
- Parker, P. S., & Lennon, R. E. (1956). *Biology of the sea lamprey in its parasitic phase*. (Vol. 57, p. 32). U.S. Government Printing Office.
- Schmidt, K. P., & Inger, R. F. (1957). *Living reptiles of the world* (p. 287). Doubleday & Co. Inc.
- Stebbins, R. C. (1966). *A field guide to western reptiles and amphibians* (2nd ed., p. 279): Houghton Mifflin Company.
- Stensiö E. (1968). The cyclostomes with special reference to the diphyletic origin of the Petromyzontida and the Myxinoidea. In T. Ørvig (Ed.), *Current Problems in Lower Vertebrate Phylogeny* (Vol. 106, 3rd ed., p. 13-71). Stockholm: Almquist & Wiksell.
- Storer, T. I. (2003). *Zoologia Geral* (1st ed., p. 816). Companhia Editora Nacional.
- Sturkie, P. D. (1976). *Avian physiology* (3rd ed., p. 400). Springer-Verlag.
- Swenson, M. J., & Dukes, H. H. (Eds.). (1984). *Dukes' Physiology of Domestic Animals* (10th ed., p. 922). Comstock Pub Associates.
- Twitty, V. C. (1966). *Of Scientists and salamanders* (p. 178). W. H. Freeman and Co.
- Vial, J. L. (1973). *Evolutionary biology of the anurans: contemporary research on major problems* (p. 470). University of Missouri Press.
- Walker, E. P., & Paradiso, J. L. (1975). *Mammals of the world* (Vol. 2, 3rd ed., p. 1500). The Johns Hopkins Press.
- Young, J. Z. (1962). *The life of vertebrates*. (2nd ed., p. 820). Oxford University Press.
- Young, J. Z. (1975). *The life of mammals: their anatomy and physiology* (2nd ed., p. 528). Oxford University Press.