

INTRODUÇÃO.

A glândula pineal, também denominada epífise cerebral, é reconhecida como um dos tradicionais órgãos endócrinos do organismo dos animais (HULLINGER e ANDRISANI, 2012). Algumas vezes também chamada de terceiro olho, visto que a sua atividade é influenciada pela quantidade de luz à qual o animal estiver exposto (GOFF, 2017, HALL e HALL, 2021a), ou ainda chamada de corpo pineal (REECE, 2017). O termo pineal tem origem do latim *pinus* que significa “pinheiro” ou “cone de pinheiro” (HULLINGER e ANDRISANI, 2012).

Segundo Hall e Hall (2021a) autores da área da fisiologia humana, desde que se sabe da existência da glândula pineal, várias funções foram atribuídas a ela: aumento da sexualidade, prevenção contra infecções, promoção do sono, aumento da disposição e aumento da longevidade em 10 a 25%, no entanto, segundo os autores, a ciência ainda considera apenas como supostos efeitos, mas informam que após anos de pesquisa, parece que, de fato, a glândula pineal desempenha um papel regulador nas funções sexuais e reprodutoras. Estes autores lembram que os fisiologistas baseados na anatomia comparada, intuíram que a glândula pineal seria apenas um órgão vestigial remanescente do que foi um terceiro olho localizado no alto da nuca em alguns animais inferiores.

A função pineal está ligada a sinais visuais que transmitem informação sobre a luz ambiente e a maior parte do que se sabe sobre o mecanismo da função pineal baseia-se em dados obtidos do rato, da ovelha e do cavalo (HULLINGER e ANDRISANI, 2012).

Em animais a pineal é reconhecida como um órgão endócrino, produtor do hormônio melatonina e de grande importância para a reprodução animal, sendo capaz de regular a sazonalidade reprodutiva em várias espécies e condicionar o nascimento da prole com as condições climáticas mais favoráveis (REECE, 2017), geralmente na primavera ou início do verão, quando a sobrevivência é mais provável (HALL e HALL, 2021), sendo capaz de promover a adaptação ao clima frio ou quente, prepará-los para a migração e até mesmo influenciar na cor da pelagem de alguns animais árticos, como a lebre-americana e a raposa-do-ártico (GOFF, 2017).

Neste artigo vamos apresentar uma revisão do que encontramos sobre a fisiologia da glândula pineal, com foco principal na fisiologia dos animais domésticos.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DA GLÂNDULA PINEAL

A glândula pineal é uma estrutura do encéfalo localizada no centro do cérebro em um sulco onde se unem as duas metades do tálamo (GOFF, 2017) e corresponde a uma evaginação que ocorre na linha média do aspecto dorso caudal do epitálamo do diencéfalo, ao qual permanece preso por uma haste que contém pequeno recesso do ventrículo III (HULLINGER e ANDRISANI, 2012; REECE, 2017; MOLINA, 2021).

A pineal está envolvida pela pia-aracnoide, da qual origina-se a irrigação sanguínea para a glândula, não tendo uma barreira hematoencefálica funcional, e assim permitindo que as secreções dos pinealócitos tenham fácil acesso aos capilares sanguíneos e líquido cerebrospinal (HULLINGER e ANDRISANI, 2012). Segundo Uemura (2017), nas regiões sem barreira hematoencefálica: plexo coroide, a hipófise, a eminência mediana, órgão subfornical, órgão vascular da lâmina terminal e a área postrema, assim como na glândula pineal, os capilares são

fenestrados, uma característica essencial para que essas áreas possam desempenhar funções tais como a liberação de hormônios na circulação e o monitoramento de moléculas circulantes.

Os pinealócitos.

Os pinealócitos são as principais células da glândula pineal e são responsáveis pela produção e secreção do hormônio melatonina.

Sendo um derivado do epitélio neural embrionário, o parênquima da glândula pineal está composto de pinealócitos e gliócitos centrais semelhantes a astrócitos, tendo os processos desses dois tipos celulares formando o neurópilo entre as células (HULLINGER E ANDRISANI, 2012). Segundo Molina, 2021, os pinealócitos, atuam como “transdutores neuroendócrinos” e secretam melatonina durante a fase escura do ciclo de luz/escuridão.

Os pinealócitos compartilham junções de hiato e estendem axônios para diversos locais, inclusive outros pinealócitos, capilares adjacentes e a base do revestimento ependimário do recesso ventricular (HULLINGER e ANDRISANI, 2012).

Os pinealócitos recebem informações sinápticas de axônios simpáticos que avançam pela adventícia de arteríolas que irrigam a pineal. Os corpos dos neurônios simpáticos dos quais esses axônios se originam estão situados nos gânglios cervicais craniais e recebem informações de neurônios pré-ganglionares na substância cinzenta intermediária do primeiro segmento torácico da medula espinhal. Os neurônios torácicos estão ligados às informações ópticas ao núcleo reticular trigêmeo através de um trato reticuloespinal e, por sua vez, às projeções axonais provenientes do núcleo supraquiasmático do hipotálamo (HULLINGER e ANDRISANI, 2012).

A via neural envolve a passagem dos sinais luminosos dos olhos para o núcleo supraquiasmático do hipotálamo e deste para a glândula pineal, controlando a secreção pineal (HULLINGER e ANDRISANI, 2012). A inervação autonômica da pineal é feita apenas por fibras simpáticas, assim como ocorre nas glândulas sudoríparas (apócrinas e merócrinas), medula adrenal, vasos sanguíneos, músculo eretor do pelo, ilhotas pancreáticas e o músculo dilatador da pupila (UEMURA, 2017b).

Uma vez estimulados pela inervação simpática do gânglio cervical anterior, os pinealócitos secretam o hormônio melatonina nos capilares da pineal através de longos processos citoplasmáticos que lembram os axônios dos neurônios.

A MELATONINA

A melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) é uma indolamina sintetizada a partir do triptofano e da serotonina (GOFF, 2017) e incluída no grupo dos hormônios nitrogenados, produtos do catabolismo de aminoácidos (BACILA, 2003).

A secreção de melatonina depende de sua síntese, que é catalisada por quatro enzimas distintas: triptofano hidroxilase, aminoácidos aromático carboxilase, serotonina N-acetiltransferase e acetil serotonina-O-metiltransferase (BERG e cols, 2021).

Devido ao seu caráter anfifílico, a melatonina pode atravessar facilmente as membranas celulares por difusão, portanto, não é armazenada no interior do pinealócito, sendo imediatamente liberada nos capilares_sanguíneos que irrigam a glândula pineal após a sua formação (HULLINGER e ANDRISANI, 2012).

Controle da liberação de melatonina.

A luz ou sua ausência é um fator importante para o funcionamento da glândula pineal. Está comprovado que a luz inibe a produção de melatonina, enquanto a escuridão promove a sua secreção (GOFF, 2017) e por isso, ela é frequentemente denominada “hormônio da escuridão” (MOLINA, 2021).

Segundo Hullinger e Andrisani (2012) o sinal primário para o pinealócito é a noradrenalina, liberada pelo axônio simpático ligada ao seu receptor β -adrenérgico. Na ausência de luz ocorre a inibição desta estimulação adrenérgica, e isso faz com que o pinealócito libere a serotonina precursora da melatonina. Segundo estes autores, na fase escura, a estimulação adrenérgica é operacional e resulta na ativação do GPCR (receptor pareado com Proteína G) β -adrenérgico no pinealócito, e a elevação resultante de AMPc induz a expressão de N-acetiltransferase, que converte serotonina em melatonina. Esse hormônio, secretado por axônios que terminam nas proximidades dos capilares, circula pelo sangue.

Admite-se que para o controle da produção da melatonina a glândula pineal recebe impulsos aferentes da retina nos mamíferos (GOFF, 2017; HALL e HALL, 2021a), ou nas aves e vertebrados inferiores também através do crânio (GOFF, 2017). Nos répteis e nos anfíbios, onde a glândula pineal está localizada na frente, parece que sinais de luz são recebidos diretamente através do crânio (GOFF, 2017).

Molina (2021) também admite que a regulação da biossíntese de melatonina depende de sinais provenientes dos fotorreceptores da retina, que percebem e transmitem estímulos luminosos do ambiente, e de um oscilador circadiano, localizado no núcleo supraquiasmático do hipotálamo. Segundo o autor, esses componentes estão conectados por vias neuronais e neuroendócrinas, onde as vias neuronais envolvem circuitos dos sistemas nervosos central e periférico e as fibras nervosas simpáticas noradrenérgicas fazem uma importante conexão final. Para ele, o núcleo supraquiasmático aparece como importante alvo da melatonina nos mamíferos e ela pode estar envolvida em uma alça de retroalimentação do sistema fotoneuroendócrino dos mamíferos.

AÇÕES DA MELATONINA

No ritmo circadiano

O ritmo circadiano (do latim *circa* cerca de + *diem* dia), também chamado de biorritmo (HULLINGER e ANDRISANI, 2012), é o nome dado à variação em diversas funções biológicas, que se repete regularmente com período de aproximadamente 24 horas. No organismo animal ele é especialmente importante para as variações diárias da temperatura corporal, do ciclo sono-vigília e de várias alterações hormonais. (HALL e HALL, 2021b).

Diariamente, na natureza, os animais são submetidos a ciclos de luz e escuridão, capazes de interferir na atividade secretória dos pinealócitos da glândula pineal (HULLINGER e ANDRISANI, 2012; GOFF, 2017). Na claridade a serotonina mantém o estado de vigília e na ausência dela, a serotonina é metabolizada e transforma-se em melatonina, o hormônio do sono, e isso mantém o ciclo natural de sono-vigília (BERG e cols., 2021). A serotonina em altos níveis aumenta o estado de vigília, enquanto altos níveis de melatonina parecem induzir um estado de sono. (GOFF, 2017)

Segundo Hall e Hall (2021b) o núcleo supraquiasmático (NSQ) do hipotálamo, com cerca de 20.000 neurônios e localizado acima do quiasma óptico, onde os nervos ópticos se cruzam sob o hipotálamo, é o marca-passo circadiano mais importante para a manutenção do ciclo

sono/vigília. Segundo os autores os neurônios do NSQ servem como um “relógio mestre”, com uma frequência de disparo de um marca-passo que segue um ritmo circadiano garantindo a organização do sono em um padrão circadiano recorrente de sono e vigília de 24 horas, que pode ser perdido quando lesionados.

O NSQ é organizado em grupos funcionais específicos que controlam os padrões rítmicos dos relógios biológicos encontrados em quase todos os tecidos e órgãos do corpo, sendo capazes de manter seus próprios ritmos circadianos, embora estes sejam geralmente mantidos por apenas alguns dias na ausência de sinais do NSQ (HALL e HALL, 2021b).

O NSQ recebe aferência neural de células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis da retina, que são altamente especializadas e contêm o fotopigmento melanopsina, por meio do trato retino-hipotalâmico para entrar em atividade nos ciclos diurnos e noturnos, e seus neurônios se projetam para vários centros cerebrais, os quais contêm relógios circadianos locais que regem os ritmos circadianos autônomos e neuroendócrinos de alimentação-jejum, sono-vigília. Esses sinais sistêmicos sincronizam nos tecidos periféricos os relógios moleculares locais, os quais, então, direcionam a expressão gênica circadiana que regula os ritmos fisiológicos, incluindo aqueles relacionados a alerta mental e cognição, regulação cardiovascular, metabolismo e função renal (HALL e HALL, 2021b).

Depois que o relógio NSQ estabelece seu ritmo circadiano, essa informação é transmitida a outras regiões do cérebro por potenciais de ação e a vários órgãos e tecidos por meio de sinais nervosos e hormonais. Os axônios do NSQ projetam-se para outras regiões do hipotálamo, que são especialmente importantes para as variações circadianas da temperatura corporal, do ciclo sono-vigília e de várias alterações hormonais. (HALL e HALL, 2021b)

Sobre a somatostatina (GH-IH).

A somatostatina é um hormônio peptídico produzido pelas células δ (delta) do pâncreas, por células enteroendócrinas espalhadas por todo o trato intestinal e pelos neurônios hipotalâmicos, onde frequentemente é também designada como GHIH ou Hormônio de inibição da liberação do Hormônio do Crescimento (GH) sobre os somatotropos na parte distal da adenohipófise (GOFF, 2017).

Não se sabe exatamente de que maneira a produção de somatostatina é controlada, mas Goff (2017) afirma que a melatonina produzida pela glândula pineal durante períodos de escuridão, é capaz de inibir a liberação de somatostatina e com isso permitir a secreção do GH.

O hormônio do crescimento (GH), produzido pelas células somatotrópicas da parte distal da adeno-hipófise, é uma proteína de 191 aminoácidos, também conhecida como somatotropina, que age em todo o organismo, sendo capaz de promover o crescimento dos ossos longos em comprimento e influenciar no metabolismo das proteínas, dos lipídios e dos carboidratos (BACILA, 2003; GOFF, 2017).

Na reprodução

Em condições normais a reprodução ocorre quando há estimulação hipotalâmica e produção de GnRH (hormônio de liberação da gonadotrofina) suficiente para levar a adenohipófise a liberar os hormônios gonadotróficos (FSH e LH) responsáveis pela produção dos esteroides sexuais femininos ou masculinos no nível das gônadas (GOFF, 2017; HALL e HALL, 2021a). Entre os fatores que estimulam o hipotálamo a luminosidade parece desempenhar um papel de importância, já que muitos animais são sazonais na expressão de sua reprodução.

A duração do período de luminosidade diária é chamada de fotoperíodo e está relacionado com a atividade ovariana das fêmeas dos animais (REECE, 2017; GOFF, 2017). Ao que tudo indica, uma via neural envolve a passagem dos sinais luminosos dos olhos para o núcleo supraquiasmático do hipotálamo e daí para a glândula pineal (HALL e HALL, 2021a) que secretando mais ou menos melatonina, respectivamente com dias mais curtos ou mais longos, pode determinar uma sazonalidade reprodutiva. Segundo Goff (2017) a melatonina difunde-se para o hipotálamo e regula a secreção de hormônios envolvidos na reprodução sazonal, nos ritmos circadianos e em outras funções que exigem que o animal saiba em que estação do ano ele se encontra. Em apoio, Hall e Hall (2021a) comentam que a remoção da glândula pineal em animais, ou secção dos circuitos neurais que a inervam, dos animais que se reproduzem em certas estações do ano, acarreta a perda dos períodos normais de fertilidade sazonal.

Segundo Hall e Hall (2021a), a glândula pineal é controlada pela quantidade de luz ou “padrão temporal” da luz percebida pelos olhos a cada dia. Por exemplo, no hamster, mais de 13 horas de escuridão a cada dia ativam a glândula pineal, enquanto uma duração menor do que 13 horas de escuridão deixa de ativá-la, com um equilíbrio crítico entre ativação e não ativação. Isso parece justificar o estabelecimento da sazonalidade reprodutiva.

Hullinger e Andrisani (2012) observam que na época do outono e inverno onde os dias são mais curtos, há maior liberação diária de melatonina pela glândula pineal permitindo que haja mais ligação com o seu GPCR (receptor pareado com Proteína G) nas células-alvos, e assim inibindo não só os neurônios no núcleo supraquiasmático, mas também a liberação de gonadotrofinas hipofisárias por um mecanismo desconhecido. Observam ainda que em animais domésticos sazonalmente poliéstricos, a atividade pineal resultante na síndrome de melatonina está ligada a uma variação sazonal (circum-anual) dependente da espécie no fotoperíodo ambiental, bloqueando a liberação de gonadotropinas, além de ter um “efeito antigonadotrófico”.

Priedkalns e Leiser (2012) admitem que, além da glândula pineal, outras estruturas do diencefalo também influenciam as funções gonadotrópicas. E Hall e Hall (2021a) admitem que a glândula pineal secreta o hormônio melatonina e muitas outras substâncias, e que tanto a melatonina quanto essas outras substâncias passam por meio da circulação sanguínea ou do liquor do terceiro ventrículo para a adenohipófise, reduzindo a secreção do hormônio gonadotrófico.

A sazonalidade reprodutiva em machos e fêmeas

A glândula pineal, principal tradutor do fotoperíodo, com envolvimento do sistema nervoso central na interpretação da incidência da luz, da retina, do núcleo supraquiasmático e do gânglio cervical superior, produz a melatonina capaz de interferir na função testicular e na ciclicidade ovariana (REECE, 2017; DAVIDSON e STABENFELDT, 2021).

Segundo Reece (2017), os machos domésticos sofrem pouca influência do fotoperíodo na expressão de sua função reprodutiva, mas em algumas espécies, podem influenciar de modo marcante. Segundo o autor, a função testicular de bovinos e suínos sofre influências em grau menor nos períodos de maior ou menor luminosidade, mas a baixa luminosidade pode influenciar negativamente na reprodução do garanhão e positivamente na de carneiros e bodes. Nestes últimos, os períodos significativos de regressão testicular durante os fotoperíodos mais longos, pode ser recuperado com a redução progressiva do fotoperíodo.

Goff (2017) observa que nos reprodutores sazonais, a melatonina pode aumentar ou diminuir o tamanho e o desenvolvimento das gônadas no macho, dependendo da estação em

que o animal deve ser mais fértil. Segundo ele, à medida que a duração do dia diminui, ocorre secreção de maior quantidade de melatonina, e isso permite ao animal antecipar mudanças sazonais e preparar-se para cada estação.

No que se refere às fêmeas de felinos, caprinos, equinos e ovinos, o fotoperíodo controla a ocorrência dos ciclos reprodutivos e proporciona períodos de receptividade sexual (cio) e outros sem atividade (anestro). No entanto, a resposta ao fotoperíodo é diferente entre essas espécies; felinos e equinos são positivamente influenciados pelo aumento da luminosidade, e os caprinos e ovinos são positivamente influenciados pela redução do fotoperíodo (DAVIDSON e STABENFELDT, 2021). Como se vê, não se pode dizer que a melatonina tenha atividade antigonal, pois dependendo da espécie animal considerada, é capaz de influenciar positivamente ou negativamente sobre a função gonadal.

Davidson e Stabenfeldt (2021) observa que em ovelhas, a exposição a uma escuridão crescente pode ser importante somente para a manutenção da atividade ovariana, pois acredita-se que o início da atividade ovariana ocorra em resposta ao desenvolvimento de uma refratariedade a fotoperíodos longos. E que essa fotorrefratariedade, como um requisito para a ciclicidade ovariana, é compatível com o fato de a ovelha poder começar a atividade ovariana cíclica antes mesmo do início do solstício de verão.

A literatura indica que respostas positivas frente a uma alteração no fotoperíodo ocorre relativamente rápido, ou seja, entre 1 e 2 meses, no entanto respostas negativas a uma alteração no fotoperíodo normalmente necessita de uma duração maior, entre 2 e 4 meses, para ter o efeito (DAVIDSON E STABENFELDT, 2021). Essa ocorrência justifica o fato das espécies sazonais, na ausência de uma gestação, apresentarem atividade ovariana cíclica normal em mais da metade do ano. Hall e Hall (2021a) também comentam que nos animais, após cerca de 4 meses de supressão reprodutiva determinada pela melatonina, a secreção dos hormônios gonadotróficos supera o efeito inibitório da glândula pineal, e as gônadas tornam-se funcionais novamente, prontas para a plena atividade da época da primavera.

A ciclicidade das fêmeas sazonais está na dependência do hemisférico de localização, se Norte ou Sul. Se no hemisfério norte, as gatas apresentam atividade ovariana cíclica entre janeiro e outubro, as éguas entre março e outubro e as ovelhas, inversamente, do final de julho até fevereiro ou março, dependendo da raça (DAVIDSON e STABENFELDT, 2021).

No caso das aves, segundo Jhonson (2017), elas têm sua atividade reprodutiva principalmente influenciada pelo fotoperíodo, mas também por estímulos ambientais relacionados com a precipitação atmosférica, interações sociais e fatores nutricionais. O autor informa que a grande maioria das aves das regiões temperadas, inclusive as espécies domésticas comuns, usa o fotoperíodo como estímulo, sendo a estimulação resultada da percepção da luz capaz de atravessar o crânio e atingir os fotorreceptores localizados no hipotálamo. Assim, a glândula pineal e os olhos não são fundamentais à percepção da duração do dia. Segundo o autor, isto foi observado quando os cientistas colocaram toucas impermeáveis à luz nos patos, ou injetando-se corante sob o crânio, de modo a impedir que a luz penetrasse através do crânio, e estas aves não foram capazes de responder à fotoestimulação. Também foi relatado que as aves, independente da capacidade de enxergar, recebem a influência fotoperiódica normalmente.

Vários estudos sugeriram existir fotorreceptores localizados no hipotálamo, nas proximidades dos ventrículos, com alguns neurônios contendo material proteico semelhante a opsonina que está presente nos fotorreceptores da retina. A percepção da luz no cérebro resulta na secreção do hormônio de liberação das gonadotrofinas (GnRH), que é seguida da secreção das gonadotrofinas hipofisárias capazes de estimular as gônadas (JHONSON, 2017).

Fotoestimulação e Fotorrefratariedade segundo Jhonson (2017)

Fotoestimulação. *No que diz respeito ao efeito da luz nas espécies aviárias, é importante entender que a luz tem ação fotoestimuladora, estimulando as aves a tornarem-se reprodutivamente aptas e ativas quando a duração da luz é suficiente. Além disso, a luz também atua no sentido de regular os eventos do ciclo reprodutivo. Para a maioria das espécies domesticadas, um dia longo é constituído de um período de luminosidade maior que 12 h, embora a ave não perceba isto como uma luz contínua. Para que ocorram efeitos estimuladores no sistema reprodutivo, a luz precisa incidir durante a fase fotossensível, que é estabelecida pela hora do amanhecer e geralmente ocorre no mínimo 12 h depois do alvorecer. Contudo que a luz incida durante a fase fotossensível, a fotoestimulação ocorre, mesmo que haja um período de escuridão entre as horas do amanhecer e o início da fase fotossensível. Além disso, esse período de sensibilidade repete-se diariamente.*

Fotorrefratariedade. *Em geral, a resposta ao horário de iluminação é profundamente influenciada pelo fotoperíodo anterior que a ave experimentou. Isto é, um ciclo de luz/escuridão de 13/11 pode ter efeito estimulador ou inibidor, dependendo da exposição pregressa da ave. Quando a ave percebe que a duração do dia está aumentando, o efeito é estimulador. Por outro lado, a percepção de um fotoperíodo decrescente leva à regressão fotoinduzida. Além disso, a exposição prolongada a um dia de duração longa por fim resulta na incapacidade de ser estimulada por este período de luz – um fenômeno conhecido como fotorrefratariedade absoluta. Nas codornas, ocorre um fenômeno conhecido como fotorrefratariedade relativa, por meio do qual, embora não ocorra regressão gonadal nos dias longos extensos, quando a duração do dia diminui, a regressão começa imediatamente. Isso ocorre mesmo que a redução do fotoperíodo torne a duração do dia maior que aquela que estimulou originalmente a ave. A exposição a um período de dias curtos é necessária para suprimir as fotorrefratariedades absoluta e relativa e permitir que a ave readquira sua fotossensibilidade.*

MANIPULAÇÃO DO FOTOPERÍODO

A manipulação do fotoperíodo com oferecimento de luminosidade artificial é uma estratégia de manejo que permite manter a reprodução dos animais sazonais, mesmo em condições climáticas caracterizadas por baixa luminosidade, como no outono e no inverno. Isso é relativamente fácil de ser observado no caso de gatas e éguas, espécies em que a luminosidade é compatível com a atividade ovariana, quando submetidas a pelo menos 12 horas de luz por dia, seja de modo contínuo ou oferecendo quantidades pulsáteis de luz (DAVIDSON e STABENFELDT, 2021).

Na égua, segundo Davidson e Stabenfeldt (2021), quando houver interesse de manter a ciclicidade ovariana e reprodução durante o outono torna-se necessário regular o fotoperíodo com oferecimento de luz artificial antes que o anestro sazonal se instale, pois se a égua entrar em anestro, poderá ser requerido no mínimo 2 meses de exposição à luminosidade aumentada para o retorno da atividade ovariana. Os autores recomendam iniciar o processo com plano de luz de 16 horas/dia, por 60 dias, ou oferecer períodos de “flashes” de luz de 1 hora, a partir de 9,5-10 horas após o início da escuridão. Acrescentam como opção alternativa aumentar o fotoperíodo durante duas semanas e depois estimular a égua com antagonistas da dopamina (p. ex., domperidona) até que inicie o cio da égua.

Nas ovelhas e cabras, onde a luminosidade tem efeitos supressivos sobre a reprodução, normalmente não é possível mantê-las em instalações escuras para aumentar a exposição à escuridão. Nestes animais, mais recentemente, vem sendo feita a administração oral ou sistêmica (implantes) de melatonina durante a primavera. Essa exposição à melatonina resulta em um início precoce da atividade ovariana e aumenta o número de múltiplas ovulações acima do normalmente observado no início da estação reprodutiva (DAVIDSON e STABENFELDT, 2021).

Manipulação do fotoperíodo também pode ser utilizada para manipular a secreção de melatonina e estimular a postura das galinhas, que em condições naturais só põem ovos no final da primavera e no início do verão, mas se mantidas expostas em 14 a 15 h de luz e 9 a 10 h de escuridão a cada dia, é induzida a pôr ovos o ano inteiro (GOFF, 2017).

REFERÊNCIAS

- BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. 2ª ed. Robe Editorial, São Paulo. 2003. 583p.
- BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; Gatto Jr, G. J.; STRYER, L. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. *E-book*. ISBN 9788527738224. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527738224/>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- DAVIDSON, A.P.; STABENFELDT, G.H. Ciclo Estral/Menstrual. In: **KLEIN, Bradley G. Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**. Cap. 37. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. *E-book*. ISBN 9788595158085. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595158085/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- GOFF, J.P. **Sistema Endócrino**. Cap. 51. In: REECE, William O. **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. *E-book*. ISBN 9788527731362. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731362/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- HALL, J. E.; HALL, M. E. Funções Reprodutoras e Hormonais Masculinas; Função da Glândula Pineal. In: HALL, John E.; HALL, Michael E. **Guyton & Hall - Tratado de Fisiologia Médica**. Cap. 81. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021a. *E-book*. ISBN 9788595158696. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595158696/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- HALL, J. E.; HALL, M. E. Sistema Límbico e Hipotálamo: Mecanismos comportamentais e Motivacionais do Cérebro. Cap. 59. In: HALL, John E.; HALL, Michael E. **Guyton & Hall - Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021b. *E-book*. ISBN 9788595158696. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595158696/>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- HULLINGER, R.L.; ANDRISANI, O.M. Sistema endócrino. In: **EURELL, Jo A.; FRAPPIER, Brian L. Histologia veterinária de Dellmann**. – 6a Ed. Cap.15. Barueri: Editora Manole, 2012. *E-book*. ISBN 9788520455722. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520455722/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- JOHNSON, P.A. Reprodução das Aves Domésticas. Cap. 55. In: REECE, William O. **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. *E-book*. ISBN 9788527731362. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731362/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- KLEIN, B.G. Sistema Nervoso Autônomo. In: KLEIN, Bradley G. **Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**. Cap. 13. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. *E-book*. ISBN 9788595158085. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595158085/>. Acesso em: 30 nov.2022.
- MOLINA, P. E. Hipotálamo e neuro-hipófise. In: MOLINA, Patricia E. **Fisiologia Endócrina**. Cap. 2. Porto Alegre: Grupo A, 2021. *E-book*. ISBN 9786558040071. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786558040071/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- PRIEDKALNS, J; LEISER, R. Sistema reprodutivo da fêmea. In: **EURELL, Jo A.; FRAPPIER, Brian L. Histologia veterinária de Dellmann**. – 6a Ed. Cap. 13. Barueri: Editora Manole, 2012. *E-book*. ISBN 9788520455722. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520455722/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- REECE, W.O. Reprodução Masculina nos Mamíferos. In: REECE, William O. **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13ª edição. Cap. 52. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. *E-book*. ISBN 9788527731362. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731362/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- UEMURA, E.E. Sistema Nervoso Autônomo. In: REECE, William O. **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13ª edição. Cap. 10. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017b. *E-book*. ISBN 9788527731362. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731362/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

UEMURA, E.E. Tecido Nervoso. In: REECE, William O. **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**, 13ª edição. Cap. 1. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017a. E-book. ISBN 9788527731362. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731362/>. Acesso em: 30 nov. 2022.