UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CRONOBIOLOGIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

POLLYANE CASAGRANDE GUSTMANN

Florianópolis/SC
2012

POLLYANE CASAGRANDE GUSTMANN

CRONOBIOLOGIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof Dr: Alexandre Verzani Nogueira

Florianópolis
Universidade Federal de Santa Catarina
2012

Pollyane Casagrande Gustmann

Cronobiologia: uma revisão bibliográfica

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas. Área de concentração: Ciências Biológicas.

Aprovada em:

Banca Examinadora

_____

Prof PhD. Thereza Christina Monteiro de Lima
Universidade Federal de Santa Catarina

_____

Prof PhD. Tadeu Lemos
Universidade Federal de Santa Catarina

_____

Prof Dr. Maria Márcia Imenes Ishida
Universidade Federal de Santa Catarina

Sumário

1 INTRODUÇÃO **7**

2 OBJETIVOS **10**

3 METODOLOGIA **11**

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **12**

4.1 Plantas e Animais Invertebrados **14**

4.2 Animais vertebrados **16**

4.3 Controle da Reprodução **19**

4.4 Migração das aves **22**

5 DISCUSSÃO **24**

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS **27**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **28**

Lista de Figura

Figura 01: A melatonina liberada pela pineal sinaliza o comprimento do dia para o organismo……..…….....21

Lista de Quadros

Quadro 01: Classificação das plantas.....15
Quadro 02: Padrões de ciclos reprodutivos.....21

Resumo

O presente estudo se refere a uma revisão bibliográfica sobre a Cronobiologia, que é uma parte da Biologia que procura compreender de que forma os seres vivos lidam com as mudanças temporais, sincronizando as suas atividades a estas variações, de maneira que haja uma adaptação e consequente sobrevivência da espécie. Nesta revisão, será dado um enfoque nas variações que ocorre nos seres vivos a partir das mudanças ocorridas nas estações do ano. A pesquisa foi realizada em artigos, teses e livros da área de Cronobiologia e Fisiologia, tendo como palavras-chaves: cronobiologia, tempo de vida, efeitos das estações do ano.

Os resultados alcançados nos indicam que as mudanças que ocorrem no comprimento do dia (duração do fotoperíodo), estão relacionadas com a alternância nas estações do ano, influenciando o comportamento de vários seres vivos. Pode-se citar como exemplo a época de florescimento das plantas, o comportamento reprodutivo em mamíferos e a migração de aves.

Para que estes seres vivos identifiquem estas mudanças há a necessidade da existência de um relógio biológico endógeno, responsável pela marcação do tempo, possibilitando que os eventos (reprodução, migração, florescimento, entre outros) ocorram no melhor momento. Além disso, há também a atuação de sensores responsáveis em perceber as condições de variação na iluminação ambiental.

Nesta revisão também é exposto o papel da melatonina, que, entre tantas funções, é responsável pelo ajuste da resposta do organismo às condições de escuro, permitindo que haja uma adaptação às atividades e desempenho noturno de cada espécie.

Palavras - chave: Cronobiologia. Estações do ano. Ritmos circanuais.

Abstract

The present study refers to a literature review on Chronobiology, which is a part of biology that seeks to understand how the living deal with temporal changes, synchronizing their activities to these variations, so that there is an adaptation and consequent the species. This review will focus on a given variation that occurs in living beings from the changes in the seasons. The survey was conducted in articles, books and theses in the field of Chronobiology and Physiology, with the key words: chronobiology, lifetime effects of the seasons.

The results indicate that the changes that occur in day length (photoperiod length), are related to the alternation in the seasons, influencing the behavior of various creatures. We can cite as an example of flowering plants, the reproductive behavior in mammals and migrating birds.

For these living beings identify these changes is the need of the existence of an endogenous biological clock is responsible for marking time, enabling events (breeding, migration, flowering, etc.) occur at the best moment. Moreover, there is also the performance of sensors to perceive the conditions responsible for variation in ambient lighting.

This review is also exposed the role of melatonin, which, among many functions, is responsible for adjusting the body's response to conditions of dark adaptation allowing a nighttime activities and performance of each species.

Key - words: Chronobiology. Seasons. Circannual rhythms.

1 Introdução

A Cronobiologia refere-se ao "estudo sistemático das características temporais da matéria viva, em todos os seus níveis de organização" (HALBERG, apud ROTENBERG; MARQUES; BARRETO, 2003, p. 32).

Como área de pesquisa, teve seu início no século XVIII, quando ocorreram as primeiras tentativas em explicar o tempo na constituição dos organismos vivos, a partir de um estudo desenvolvido pelo astrônomo Jean Jacques d'Ortous de Mairan que "sugeriu e publicou um artigo sobre a possível existência de um mecanismo marcador do tempo em uma planta" (BARRETO; MARQUES, 2002). Dessa maneira, a Cronobiologia em seus estudos procurará investigar a ritmicidade biológica de cada organismo e a sua interação com a ritmicidade ambiental.

Observa-se que desde as bactérias até os mamíferos, há a ocorrência de ritmicidade nos processos biológicos de acordo com a estação do ano e à hora do dia, e que estes podem ser gerados por fatores externos ou por uma resposta fisiológica interna de cada organismo. Os fatores externos de acordo com Marques (2003) no decorrer da história do homem estavam relacionados com os ciclos ambientais, sendo estas responsáveis pela força dirigente dos ciclos biológicos.

Já a resposta fisiológica interna, chamada endogenicidade dos ritmos, acredita-se que esteja relacionada com a capacidade de "antecipação fisiológica aos ciclos da natureza, garantindo, por exemplo, que um animal diurno já esteja fisiologicamente preparado para acordar um pouco antes do nascer do sol" (ENRIGHT, apud, CECON; FLORES, 2010, p. 28).

Neste sentido, Markus, Junior, Ferreira (2003, p.144) nos colocam a necessidade de se identificar o sistema marcador de tempo de cada ser vivo, seja este envolvido com o ciclo de vida, ou com as reações fisiológicas deste com os estímulos do meio externo.

> (…) há necessidade de um sistema marcador do tempo, envolvido não apenas com a duração da vida, portanto com o passar do tempo ao longo de uma vida inteira (o envelhecer), mas que também permita marcar o tempo de forma recorrente, informando a cada momento em que hora do dia estamos.

Ao compreendermos a ritmicidade biológica de cada organismo, temos em mão subsídios para entender como as espécies se comportam diante das mudanças

que ocorrem em um ano, e dessa forma verificar quais foram às adaptações fisiológicas que ocorrerem de maneira a garantir a sobrevivência de cada espécie. Dessa forma, Barreto e Marques nos colocam que (2002)

> As espécies desenvolveram-se em ambientes cíclicos, direta ou indiretamente produzidos pela rotação e translação da Terra, portanto, parece bem razoável supor que a adaptação a essa realidade cíclica tenha desempenhado e continue a desempenhar papel relevante na sobrevivência dessas espécies.

Essas adaptações que ocorreram e ainda ocorrem nos organismos, a fim de garantir a sua sobrevivência, chama-se de adaptação temporal que "consiste na harmonização entre a ritmicidade biológica e os ciclos ambientais" (MARQUES; GOLOMBEK; MORENO, 2003, p. 56). Em estudos realizados em laboratórios (considerando condições constantes), verificou-se que "diversos ritmos biológicos continuam a se expressar durante meses ou anos, dependendo da espécie e das condições experimentais" (Ibid., p. 59). Estes ritmos são denominados ritmos de livre-curso, sendo a manifestação de relógios biológicos endógenos (MARQUES; GOLOMBEK; MORENO, 2003).

A harmonização que ocorre entre a ritmicidade biológica e os ciclos ambientais é obtida por meio do arrastamento, que consiste no processo em que o ritmo de livre-curso (produzido pelo oscilador interno) ajusta a sua fase e frequência a um ou mais fatores cíclicos do ambiente (MARQUES; BARRETO, 2003).

Com base no exposto acima, vemos que estudos desenvolvidos em Cronobiologia, vêm sendo empregados cada vez no planejamento e elaboração de pesquisas, com o intuito de ter uma "visão mais dinâmica do funcionamento dos seres vivos" (BARRETO; MARQUES, 2002).

Esta revisão bibliográfica é relevante na medida em que traz um tema ainda desconhecido para a maioria dos acadêmicos de Biologia do curso a distância de Pato Branco, além do público em geral. Outro fator que se faz importante conhecer é a ritmicidade biológica de cada organismo vivo, pois a partir desse conhecimento temos subsídios para garantir e entender a sobrevivência de cada organismo, e de que maneira ocorreu à adaptação ao meio como é apontado por Barreto e Marques (2002)

> As espécies desenvolveram-se em ambientes cíclicos, direta ou indiretamente produzidos pela rotação e translação da Terra, portanto, parece bem razoável supor que a adaptação a essa realidade cíclica tenha

desempenhado e continue a desempenhar papel relevante na sobrevivência dessas espécies.

2 Objetivos

Com base nos aspectos citados acima, o estudo teve o seguinte objetivo:

- ✓ Realizar uma revisão bibliográfica, abordando os temas referentes aos efeitos que as estações do ano ocasionam no tempo biológico de cada organismo, bem como as diferenças encontradas na resposta fisiológica dos mesmos.

As metas foram às seguintes:

- ✓ Buscar em artigos e livros temas referentes a implicação temporal na vida dos diferentes organismos;
- ✓ Analisar o comportamento dos organismos quanto a ritmos circadianos e ritmos circanuais;
- ✓ Compreender as implicações que ocorrem na vida dos organismos, devido alterações nos ritmos biológicos, seja, ela promovida pela alteração dia/noite ou estações do ano ou ambas.

3 Metodologia

O estudo teve início a partir da escolha da área de pesquisa em Cronobiologia, em seguida delimitou-se o tema de pesquisa para os efeitos que as estações do ano ocasionam em diferentes seres vivos e, a razão da diferença de tempo de vida nos organismos.

A partir disso, iniciou-se o levantamento bibliográfico em artigos, teses, dissertações, monografias e livros de Cronobiologia, Fisiologia Animal e Fisiologia Vegetal, tendo como palavras-chaves: cronobiologia, tempo de vida, efeitos das estações do ano.

Para selecionar os artigos, teses, dissertações, monografias com relevância para o tema em questão, fez inicialmente uma leitura dos resumos e/ou uma leitura rápida do material. O material encontrado é proveniente de diversos sites, entre eles da Scielo, e de algumas universidades como UFSC, Puc e Usp , no decorrer do ano de 2011.

Os livros de Fisiologia Vegetal e Fisiologia Animal foram obtidos mediante a consulta na biblioteca da Universidade Aberta do Brasil (UAB), pólo Pato Branco, e destes foram selecionados aqueles que continham relevância para a realização deste estudo. O livro de Cronobiologia: Princípios e Aplicações foi obtido mediante a compra por minha parte.

Com o material coletado iniciou-se as leituras para aprofundamento do assunto, e a organização dos mesmos, para posteriormente iniciar a redação do Trabalho de Conclusão de Curso.

4 Revisão Bibliográfica

As espécies estão constantemente expostas há movimentos cíclicos (direta ou indiretamente), como por exemplo, o movimento de rotação e translação da Terra. A partir das alterações que ocorrem devido a esses movimentos cíclicos, houve a necessidade de adaptação para garantir a sobrevivência das espécies (MARQUES; BARRETO, 2002).

Um dos exemplos de alteração que irão influenciar as espécies, diz respeito a ciclos diários de claro/ escuro (CE), que alteram o comportamento destes seres diante dessas alterações. Alguns dos comportamentos que são afetados:

> os movimentos das folhas e pétalas (posições de dia e noite), abertura e fechamento estomáticos, padrões de crescimento e esporulação em fungos (…), hora do dia para emergência de pupas (…) e ciclos de atividade de roedores, além de processos metabólicos, tais como a capacidade fotossintética e taxa de respiração (TAIZ; ZEIGER, 2009, p. 712).

Quase todas as funções orgânicas dos diferentes organismos apresentam oscilações regulares que constituem os ritmos biológicos, e oscilações irregulares que se referem a respostas reflexas a variações não-periódicas do ambiente (MARQUES; BARRETO, 2002).

De acordo com Pittendrigh (apud MARQUES; GOLOMBEK; MORENO, 2003, p. 59) “esta ritmicidade [ritmos biológicos] seja gerada por um conjunto de osciladores, os relógios biológicos”. Esses relógios biológicos vão desde “aglomerados de neurônios no Sistema Nervoso Central de mamíferos até cadeias de reações químicas em unicelulares” (MARQUES; BARRETO, 2002).

Com base nisso, há a necessidade que ocorra um processo de interação denominado sincronização, entre relógio biológico interno da espécie com o ambiente, sendo este um “requisito fundamental para a sobrevivência de muitas espécies, garantindo que processos importantes como forrageamento e acasalamento aconteçam no momento mais adequado do dia” (CECON; FLÔRES, 2010, p. 28).

No processo de sincronização, os ciclos ambientais são responsáveis pelo arrastamento do relógio endógeno sendo denominados *Zeitgeber* (fornecedores de tempo) ou agente sincronizador (CECON; FLÔRES, 2010).

A partir desses arrastamentos, têm-se ritmos biológicos de acordo com os ciclos ambientais, e estes são denominados de acordo com Marques; Barreto (2002).

- ✓ ritmos circadianos - arrastados pelo ciclo dia/noite
- ✓ ritmos circanuais ou sazonais - arrastados pelas estações do ano.

Porém nem todos os ritmos biológicos possuem seu período ajustado com os dos ciclos ambientais, como exemplo, tem-se: batimentos cardíacos (~1ciclo/segundo), movimentos respiratórios (~1ciclo/4 segundos) ou ainda de alguns hormônios (surto de hormônio luteinizante no sangue a cada 2,5h aproximadamente) (MARQUES; BARRETO, 2002).

Ao falarmos em ritmos arrastados pelas estações do ano (ciclos circanuais), pode-se dizer que haverá uma mudança nos ritmos, pois estes

> "são desviados em relação ao horário solar, seja ganhando seja perdendo tempo, dependendo se o período é mais curto ou mais longo que 24 horas. Sob condições naturais, o oscilador endógeno é sincronizado com um período verdadeiro de 24 horas por sinais ambientais, o mais importante dos quais são as transições luz-escuro ao entardecer e escuro - luz ao amanhecer" (TAIZ; ZEIGER, 2009, p. 713).

Quando estamos na linha do Equador o comprimento do dia e da noite são iguais e constantes no decorrer de um ano, e na medida em que nos deslocamos em direção aos pólos, "os dias tornam-se mais longos no verão e mais curtos no inverno" (TAIZ; ZEIGER, 2009, p. 715).

Devido a essa mudança que ocorre no comprimento do dia, haverá alterações no comportamento animal afetando a hibernação, migração, e atividade reprodutiva, nas plantas algumas das alterações observadas são as seguintes: iniciação do florescimento, a reprodução assexual, a formação de órgãos de reserva e a indução de dormência (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Essas características citadas acima garantem às espécies uma vantagem seletiva, no qual o desenvolvimento de um relógio biológico seja usado para regular processos fisiológicos, e estes sendo regulados por alterações que ocorrem na quantidade e qualidade de luz que ocorre ao amanhecer ou entardecer, num processo denominado fotorregulação (LEME, 2003).

Segundo Schmidt-Nielsen (2011) no ser humano a observância dos ritmos circadianos ocorre

> quando viajamos e percorremos diferentes fusos horários. Nós tendemos a manter o nosso ritmo anterior, o que resulta em distúrbios desconfortáveis

> nos padrões de sono, funções digestivas e outras atividades fisiológicas (p. 510).

4.1 Plantas e Animais Invertebrados

Nas plantas não há um lugar específico para o relógio biológico, mas sim está distribuído por vários órgãos e estruturas, estando interligado com os sistemas fitocromo e criptocromo.

> Múltiplos fotorreceptores permitem às plantas monitorar mudanças na irradiação e na qualidade da luz. Estes podem ser: o sistema fitocromo vermelho/ vermelho-longo; os criptocromos, fotorreceptores de luz azul e, pelo menos, um fotorreceptor de ultravioleta (MILLAR et al., apud MARQUES, 2003, p. 135).

Com respeito as respostas fotoperiódicas das plantas, Paulilo, Viana e Randi (2010, p. 156) as classificam da seguinte maneira:

- ✓ As plantas de dias longos: florescem quando recebem um número mínimo de horas de luz (fotoperíodo crítico) ou horas de luz acima do número mínimo a cada ciclo de 24 horas.
- ✓ As plantas de dias curtos: florescem quando recebem um número máximo de horas de luz (fotoperíodo crítico) ou horas de luz abaixo do número máximo a cada ciclo de 24 horas.

Quadro 01: Classificação das plantas.

	Florescimento	**Exemplos**	**Florescem na primavera e verão**	**Florescem somente no outono**
Plantas de dias longos	Principalmente no verão, e primavera	*Avena sativa*, *Nicotiana sylvestris*, *Raphanus sativus*.	espinafre, algumas variedades de batatas e trigo, alface, aveia, cravo, ervilha.	
Plantas de dias curtos	Outono, ou início da primavera	*Avena sativa*, *Nicotiana sylvestris*, *Raphanus sativus*.		crisantemos, café, bico-de-papagaio (*Euphorbia spp*), morangos, primulas.

As plantas de dias longos podem efetivamente medir o aumento do comprimento dos dias da primavera ou início do verão e retardar o florescimento, até que o comprimento crítico do dia seja atingido (TAIZ; ZEIGER, 2009). As plantas de dias curtos geralmente florescem no outono, quando os dias encurtam abaixo de um comprimento crítico do dia.

As respostas ao fotoperíodo em alguns insetos dizem respeito a

> indução e término da diapausa, o aparecimento de formas sazonais, taxas de crescimento, migração, mudanças da coloração e do comportamento sexual, proporção da ocorrência dos sexos, fecundação, sensibilidade a inseticidas e recuperação do *stress* provocado pelo calor (MARQUES, 2003, p. 157).

A partir da analise desenvolvida em duas espécies de insetos, conclui-se que há possibilidade do relógio que identifica o tempo fotoperiódico estar localizado no cérebro (MARQUES, 2003).

De acordo com Gasparotto (2011), nos insetos e moluscos, os olhos ou as estruturas associadas com os olhos, na maioria das vezes, atuam como os principais centros de controles circadianos. Caso “um lóbulo óptico do cérebro de uma barata é

transplantada para outra, por exemplo, o receptor recebe os ritmos dos doados" (GASPAROTTO, 2011).

Em geral, nos invertebrados com o sistema nervoso central simples, "o ritmo de atividade é centralmente controlado pela oscilação do relógio dentro de neurônios laterais" (STANEWSKY, in MOURA e SILVA). Ainda de acordo com o mesmo autor tem-se que os neurônios laterais são ajustados por meio da captação de luz por fotopigmentos, e também ocorre a entrada de luz (indiretamente) por fotorreceptores visuais. Em se tratando dos tecidos periféricos o arrastamento do relógio endógeno ocorre mediante a entrada de luz por fotopigmentos (Ibid). Com a remoção dos órgãos periféricos de uma mosca, verificou-se que "o relógio dentro desses órgãos isolados podem ser arrastados pelos ciclos claro/escuro independentemente de qualquer sinal do sistema nervoso central" (PLAUTZ, KANEKO, HALL e KAY, in MOURA e SILVA).

4.2 Animais vertebrados

Em vertebrados os relógios biológicos que controlam os ritmos circadianos, estão presentes no núcleo supra-quiasmático do cérebro (NSQ), no hipotálamo. Esse controle ocorre mediante conexões neuronais dos olhos dos mamíferos, os quais fornecem informações ao NSQ sobre a ocorrência de ciclos diários de luz-escuro do ambiente. Com estes sinais ocorrerá uma resposta endógena, gerada a partir desse núcleo, tendo como responsáveis por este estímulo, sensores de luz denominados gânglios de células fotossensíveis especializadas (GASPAROTTO, 2011).

De acordo com Golombek e Roblero (2003, p. 183) pode-se dizer que o "controle fotoperiódico dos ciclos sazonais envolve tanto o feixe retino-hipotalâmico como o NSQ, mas a localização anatômica dos relógios biológicos fotoperiódicos nos mamíferos ainda está longe de ser identificada".

Em recentes pesquisas, realizadas por pesquisadores da Inglaterra e Noruega descobriu-se que algumas espécies que vivem em ambientes em que não há diferença entre os ciclos diários de luz e escuridão, eles ajustam suas atividades do organismo de acordo com o ambiente e não em função do relógio biológico (MUNIZ, 2010). O estudo foi realizado em renas que vivem na região do Ártico, e mostrou que

> "a produção da melatonina em renas está intimamente ligada à escuridão e que a secreção do hormônio persiste quando os animais são expostos continuamente ao escuro. Os níveis da substância no sangue aumentam a cada 'noite' subsequente. Já a exposição a um período contínuo de luz – como os que são experimentados durante o verão polar – interrompe esse ritmo." (MUNIZ, 2010).

Com base nisto, verificou-se que as renas na ausência de ciclo circadiano, têm o seu comportamento regido pelo sistema digestivo e pelo tempo em que o alimento leva para ser digerido (MUNIZ, 2010).

Ainda de acordo com os pesquisadores, essa ausência do relógio biológico nas renas representa uma adaptação a ambientes extremos, se caracterizando um traço evolutivo, pois se os mecanismos circadianos fossem rígidos, isso iria limitar comportamentos, como por exemplo, a alimentação (MUNIZ, 2010).

O NSQ também realiza o controle da glândula pineal, uma glândula pequena, que está presente em todos os vertebrados. Ela é responsável pela secreção do hormônio denominado melatonina (GASPAROTTO, 2011). E esta secreção irá acontecer de acordo com a intensidade de luz do dia (ARENDT in LEME, 2003); sendo conhecida como hormônio marcador do escuro.

A glândula pineal é um componente do sistema endócrino, que possibilita que "as informações de alterações ambientais anuais do fotoperíodo provoquem respostas adaptativas no estado fisiológico" (SOUZA; CRUZ-MACHADO; TAMURA; 2008, p.17).

Ainda com respeito à pineal, temos que ela corresponde ao "principal mediador da resposta fisiológica nos ritmos circanuais e um poderoso modulador dos ritmos circadianos. É a principal interface entre o ciclo CE ambiental e o sistema nervoso central endócrino" (GOLOMBEK; ROBLERO, 2003, p. 184).

A melatonina é um hormônio com várias funções exercendo papel como um agente endócrino e/ou parácrino (STEFULJ et al., in SOUZA; CRUZ-MACHADO; TAMURA; 2008). Uma dessas funções exercidas pelo hormônio é "ajustar a resposta do organismo às condições de escuro, permitindo que haja uma adaptação às atividades e desempenhos noturnos de cada animal" (MARKUS et al., 2003, p.210).

A produção de melatonina varia de acordo com o desenvolvimento ontogenético, na espécie humana, tem-se que a sua produção máxima ocorre nos primeiros anos de vida, e no decorrer do desenvolvimento humano essa produção vai diminuindo, tornando-se mínimo com a idade avançada (Ibid, 2003). Assim, Markus et al., "postula-se para a melatonina, também, um importante papel na

determinação das modificações fisiológicas associadas ao ciclo de vida (crescimento, amadurecimento e envelhecimento)" (2003, p. 193).

As mudanças que vão ocorrendo na produção de melatonina resultam em algumas consequências durante o envelhecimento tais como:

> aumento da fragmentação do sono, aumento da freqüência de cochilos diurnos, mudanças de fase do sono, com avanço de 1 hora mais cedo por dia (tendência a deitar cedo e levantar cedo), maior fadiga diurna e alteração nos sincronizadores sociais (rotinas de alimentação, sono, atividades físicas e outras) (GEIB, CATALDO NETO, WAINBERG e NUNES, apud MOURA, SILVA).

A melatonina aparece também associada na sincronização de processos ligados a respostas imunes inatas - resposta inflamatória ou adquirida, tendo os efeitos descritos

> tanto em concentrações fisiológicas quanto em concentrações farmacológicas. A melatonina endógena é responsável pela variação rítmica do tamanho e da permeabilidade vascular de lesões granulomatosas, sugerindo que também haja janelas temporais diferenciais no caso de tratamento com drogas antiinflamatórias (MARKUS, JUNIOR, FERREIRA, 2003, p. 147).

Outro ponto a se destacar em relação a melatonina, é que este exerce um papel essencial na interação parasita-hospedeiro, um exemplo na malária (GARCIA in Ibid, 2003).

Já, a partir da metade do século passado, descobriu-se que a lise de hemácias em diferentes mamíferos é ocasionada pelos plasmódios que as infectam, e este corresponde a um processo que ocorre de maneira temporalmente ordenada, a qual acontece na fase de escuro, independente do hábito do animal ser diurno ou noturno (MARKUS, JUNIOR, FERREIRA, 2003).

Essa conclusão foi obtida a partir da inversão do ciclo de iluminação em camundongos infectados com plasmódios, em que se verificaram os seguintes itens (Ibid, 2003, p. 147):

- ✓ alteração proporcional da esquizogonia.
- ✓ o processo tão bem sincronizado nos animais torna-se um processo completamente dessincronizado quando os parasitas são mantidos em hemácias em cultura.

Assim, concluirão que haveria uma molécula responsável pela sincronização entre o mamífero e os parasitas simultaneamente. Esta sincronização é exercida pela melatonina, que ao ser liberada pelo mamífero sincroniza o parasita presente

na hemácia. Ao suprimirmos este processo, elimina-se boa parte da morbimortalidade da malária (MARKUS, JUNIOR, FERREIRA, 2003).

4.3 Controle da Reprodução

Em diversas plantas e animais vem se desenvolvendo sistemas com frequências que oscilam próximas dos ritmos naturais, possibilitando o seu funcionamento em um ambiente em constante mudança. Dessa forma, para que haja uma ótima taxa de sobrevivência e propagação, as espécies precisam coordenar seus processos reprodutivos com o ambiente externo (SAUNDERS, IN LEME, 2003).

A reprodução em vertebrados apresenta uma atividade cíclica sazonal, em que o tempo é importante porque o nascimento deve ocorrer quando a comida está disponível e há condições ambientais para a sua sobrevivência (GASPAROTTO, 2011).

O controle hormonal do processo reprodutivo sexuado sofre influência com as mudanças que ocorrem pela "disponibilidade de comida e mudanças sazonais como o fotoperíodo, chuva e temperatura" (GASPAROTTO, 2011); e a liberação dos hormônios na glândula pituitária anterior é regulada pelo núcleo supraquiasmático, o qual é responsável pelo estímulo dos tecidos nas gônadas, o que ocasiona o "desenvolvimento das gônadas, estruturas sexuais acessórias, assim como o tempo da reprodução" (GASPAROTTO, 2011).

Assim, com nos fala Souza, Cruz-Machado, Tamura (2008, p.18) a "principal estratégia na reprodução é gerar crias no tempo mais favorável, usualmente na primavera ou inicio do verão".

De acordo com Randall et al. (in LEME, 2003), o sinal responsável pelo estabelecimento de um ritmo circanual na reprodução de trutas ocorre na mudança no comprimento do dia.

Em contrapartida são muitas as evidências que, em várias

> "espécies de vida longa, a variação sazonal do comprimento do dia não dirija ativamente ou induza o desenvolvimento reprodutivo, mas atue efetivamente como um agente regulador para o estabelecimento de um ritmo endógeno da função reprodutiva" (RANDALL et al., IN LEME, 2003; p. 11).

Assim, conclui-se que o “ciclo reprodutivo anual deve ser dirigido por um ritmo circanual endógeno, que por sua vez é sincronizado com o meio ambiente pelo fotoperíodo” (BRONSON, HEIDEMAN; IN LEME, 2003, p. 12).

Em mamíferos a mediação da regulação dos ritmos sazonais por meio do fotoperíodo é uma das funções da melatonina (VANECEK, in SOUZA, CRUZ-MACHADO, TAMURA, 2008). Em experimentos realizados em laboratório com variações de fotoperíodo e condições artificiais, mamíferos pinealectomizados ou que tiveram denervação da pineal não apresentaram respostas nas funções sazonais, mantendo a em grande parte os ritmos circadianos (ARENDT, in SOUZA, CRUZ-MACHADO, TAMURA, 2008). Desse modo, a ausência da pineal ou sua desenervação ocasionaram “a perda da discriminação entre dias longos e dias curtos” (SOUZA, CRUZ-MACHADO, TAMURA, 2008, p.18), devido à ausência de secreção da melatonina pela glândula não sendo dessa maneira “um sinal transdutor do fotoperíodo para adaptação reprodutiva sazonal” (SOUZA, CRUZ-MACHADO, TAMURA, 2008, p.18).

A melatonina também irá atuar no ato de acasalamento, o qual depende do período de gestação de cada espécie, podendo estimular ou inibir o acasalamento com base no sinal fótico de duração do dia, dessa forma, “ela é antigonadotrófica em animais com período de gestação curto (hamster), e pró-gonadotrófica em animais com gestação longa (ovelha)” (VANECEK, SOUZA, CRUZ-MACHADO, TAMURA, 2008, p.18). Na figura 1 temos como a melatonina atua em animais de dias curtos e animais de dias longos.

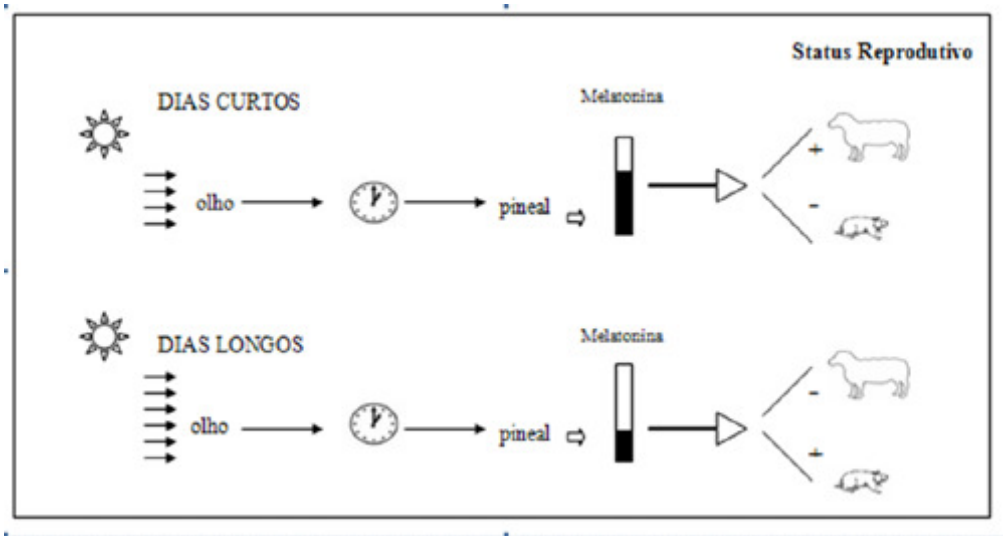

Figura 01- A melatonina liberada pela pineal sinaliza o comprimento do dia para o organismo. Esta sinalização é dada pela entrada de luz pelos olhos para o relógio endógeno localizado nos Núcleos Supraquiasmáticos, os quais dirigem a informação para a pineal, resultando na liberação de melatonina. Em dias longos a duração da liberação de melatonina é menor e promove uma inibição em animais de longa gestação como ovelhas e estimula a reprodução de animais de gestação curta, como os hamsters. Em dias curtos a duração da liberação de melatonina é maior e estimula a reprodução em ovelhas e inibe em hamsters.
Fonte: Goldman, in Souza, Cruz-Machado, Tamura, 2008, p.19.

Em mamíferos encontramos dois padrões de ciclos reprodutivos, e assim de acordo com Gasparotto (2011) temos:

Quadro 02: Padrões de ciclos reprodutivos.

Ciclo	Tipo de mamífero	Características	Final do ciclo
Estral	Maioria dos mamíferos	A receptividade da fêmea ao macho ocorre durante um breve período do estro, ou cio.	Ocorre com o interior do útero revertendo ao seu estado original, sem eliminação do endométrio.
Menstrual	Macacos e humanos	A receptividade da fêmea pode ocorrer durante todo o ciclo.	Ocorre com o colapso e eliminação da porção interior do endométrio do útero.

4.4 Migração das aves

A migração de aves se refere a um fenômeno que ocorre em períodos sazonais, em que as aves migram em períodos em que as condições ambientais não são favoráveis (frio intenso), para regiões mais quentes, em busca de uma maior disponibilidade de comida, retornando ao seu local de origem na primavera, a fim de se reproduzir (LIMA, M. G. A. de, et.al.)

Em algumas espécies de aves, verifica-se que o principal benefício da migração se caracteriza pela "reprodução em altas latitudes durante o verão quando os recursos são abundantes e as aves têm mais tempo para forragear, devido a dias mais longos, do que teriam se permanecessem próximo ao equador" (POUGH, F. H; JANIS, C. M; HEISER, J. B; 2008, p. 480).

O primeiro sinal que ocorre para que haja a migração das aves é a mudança que ocorre no comprimento do dia, além das mudanças hormonais. Antecedendo o processo da migração ocorre um "fenômeno conhecido como inquietação de migração e aumento da deposição de gorduras" (GASPAROTTO, 2011).

Complementando a ideia acima, o processo de migração precisa estar em acordo com as condições ambientais e, pelo que indica esta coordenação, ocorre pela interação do ritmo interno com um estímulo externo (POUGH, F. H; JANIS, C. M; HEISER, J. B; 2008).

Um fato interessante é que aves mantidas em gaiolas, em que não se percebe sinais externos, e as condições de luminosidade são controladas, ao se aproximar o período de migração, elas tentam voar na "direção migratória que eles tomariam se estivessem na natureza, indicando que o processo migratório possui um forte controle interno" (GASPAROTTO, 2011).

Após a reprodução as aves entram em uma fase denominada período refratário, em que ficam insensíveis "aos longos comprimentos dos dias, suas gônadas regridem à condição não regridem à condição não reprodutiva e mudam de plumagem" (POUGH, F. H; JANIS, C. M; HEISER, J. B; 2008, p. 481). Em geral, as aves ficam refratárias ao estímulo do fotoperíodo, por várias semanas após a migração de outono, passando um intervalo de algumas semanas com fotoperíodo curto, para que após isso, possam novamente ser estimulados por fotoperíodos longos (Ibid, 2008).

A resposta das aves as mudanças que ocorre no comprimento dos dias corresponde a um ritmo endógeno, e “quando os ritmos estão correndo livremente […] eles variam entre 7 e 15 meses” (Ibid., p. 482), sendo que “o seu relógio interno continua andando, mas na ausência de informação fornecida normalmente, pela mudança na duração do dia, o ritmo interno se desloca de uma correspondência precisa com as estações” (Ibid.,p. 482).

5 Discussão

A revisão bibliográfica possibilitou obter material para conhecer e explicar como o tema vem sendo discutido nas academias, além de permitir conhecer mais sobre a área de Cronobiologia e a importância deste estudo para entender o comportamento dos organismos de diferentes espécies. Outro ponto a se destacar é que este tema, com o enfoque em Cronobiologia, não é muito discutido em nossa região sudoeste do Paraná, mas especificamente na cidade de Pato Branco – PR, sendo para muitos uma novidade.

A opção pela realização de uma revisão bibliográfica constitui-se em "uma tarefa indispensável para responder à indagação sobre o que já existe a respeito do tema" (BOAVENTURA, in MACEDO, 2005, p. 44).

Neste sentido, Noronha e Pires (in MACEDO, 2005, P. 44) relatam que

> trabalhos de revisão devem ser estudos que analisam a produção bibliográfica em determinada temática, dentro de um recorte de tempo, fornecendo uma visão geral ou um relatório sobre o estado-da-arte de um tópico especifico, evidenciando assim novas idéias, métodos, subtemas que receberam maior ou menor ênfase na literatura selecionada.

Levanto em conta o que foi exposto acima, vemos a importância dessa revisão bibliográfica, pois, possibilitará para a comunidade local, o acesso de forma sistematizada de alguns assuntos relacionados com a Cronobiologia, podendo gerar em algumas pessoas o interesse em realizar novas pesquisas nessa área do conhecimento, que a cada dia mais está ganhando destaque entre o meio acadêmico.

Com relação ao tema, observa-se que a Terra possui características cíclicas, e com essas oscilações que ocorre no ambiente os organismos desenvolveram a ritmicidade biológica que permitiu a sua adaptação aos ciclos ambientais, sem prejuízo para a sua espécie. Com base nisto, temos que a

> organização temporal de um ser vivo pode ser expressa como reação a estímulos ambientais, que apresentam efeitos importantes sobre a expressão dos ritmos endógenos, promovendo ajustes através de mecanismos biológicos específicos e dentro de limites bem definidos para cada espécie (MENNA-BARRETO; ROTENBERG, MARQUES e MENNA-BARRETO, in MOURA, SILVA).

No caso específico da ritmicidade circadiana, pode-se concluir que há diferentes respostas dos organismos diante das alterações que ocorrem no passar de uma estação do ano para outra estação, essas mudanças se referem às questões de: claro/ escuro, temperatura, alimentação, comportamento reprodutivo, floração, migração hibernação, entre outros. Percebe-se que os relógios circadianos possibilitaram aos organismos uma habilidade inata, o que lhes conferiu a sobrevivência diante das diversas mudanças que ocorrem no ambiente, além de possibilitar a antecipação a eventos como disponibilidade de alimento, luz, parceiros entre outros.

Pode-se observar isto nas palavras encontradas em Moura e Silva, a partir de vários autores:

> Os organismos dotados dessa propriedade de antecipação a eventos recorrentes periódicos se mostraram viáveis e sobreviveram, conservando-a até hoje nas diversas formas que os relógios biológicos têm assumido nas diferentes espécies.

Hoje sabe-se que existem sincronizadores ou arrastadores responsáveis pela interação é conhecido como sincronização ou arrastamento, e os ciclos ambientais capazes de promovê-la em uma determinada espécie são identificados como agentes sincronizadores ou arrastadores (*zeitgebers*) (BARRETO; MARQUES, 2002). Entretanto, experimentos feitos em condições constantes de laboratório (ex. um laboratório sob iluminação constante), demonstraram que diversos ritmos biológicos continuam a se expressar durante dias, meses ou anos, dependendo da espécie e das condições experimentais. Estes ritmos são conhecidos como ritmos em livre-curso e representam a expressão de relógios biológicos endógenos. (MOURA, SILVA).

Quando tem-se a situação de livre-curso, observa-se que “período torna-se ligeiramente diferente daquele exibido em condições naturais, desviando-se do valor preciso ambiental de 24 horas” (Marques; Rotenberg; in Moura e Silva). Assim, os organismos necessitam de pistas ambientas, mesmo mantendo sua periodicidade (Shweiki, in MOURA, SILVA). Uma das principais pistas (estímulo) responsável pelo ajunte ou modificação do ciclo atividade/repouso é a luminosidade (Randall, Burggren e French, in MOURA, SILVA). Sendo assim, a alternância claro/escuro se constitui em uma forma de marcação do tempo (Markus et.al; 2003), e esta varia de

acordo com as estações do ano, sendo que no verão o fotoperíodo é maior que em relação ao inverno.

Vemos a importância que o hormônio denominado Melatonina, tem no organismo, na medida em que fornece informações a respeito da alternância claro/escuro, sendo este liberado exclusivamente no período da noite em animais tanto com hábitos diurnos quanto noturno. Como nos relata Mustonen em Moura e Silva

> O pico de melatonina plasmática também reflete a duração do comprimento do dia, sendo maior durante dias curtos (inverno) do que em dias mais longos (verão) em muitas espécies, participando assim de mudanças sazonais de função de diversos órgãos e sistemas, como por exemplo, a reprodução.

6 Considerações Finais

A partir deste estudo, percebe-se que vivemos em um mundo envolvido por movimentos cíclicos que no decorrer dos anos fizeram com que os organismos, desde os mais simples até os mais complexos, criassem mecanismos responsáveis pela sua adaptação, garantindo dessa forma sua sobrevivência. Esse mecanismo consiste na harmonização entre a ritmicidade biológica e os ciclos ambientais, e é encontrado em grande parte dos seres vivos, interferindo em diferentes processos fisiológicos e ou comportamentais, como na alimentação, reprodução e migração.

Observa-se também que não existe um único fotorreceptor responsável pela identificação do comprimento do dia, e que seja comum a todos os organismos. Essa identificação tem um papel crucial na vida dos organismos, pois é partir destas que se verifica o melhor momento para que haja a reprodução, e perpetuação da espécie. No caso dos animais a reprodução ocorre mais em estações onde o clima não é tão severo, pois nestes casos a disponibilidade de comida é maior, o que vai garantir a sobrevivência dos filhotes, no caso das aves ocorrerá a migração para lugares mais favoráveis para que ocorra a reprodução. Nas plantas temos aquelas que irão responder melhor aos comprimentos de dias longos e outras aos dias curtos, conferindo-lhes características próprias.

A melatonina exerce um papel fundamental na vida dos animais (principalmente nos mamíferos), por ser responsável por avisar o organismo se é dia ou noite, para que este se prepare fisiologicamente para as mudanças cíclicas que ocorrem no ambiente externo. Alterações no ciclo de sono/vigília trazem danos aos organismos, por alterar a excreção da melatonina, pois esta só é secreta no período da noite. Outro fato importante, que a quantidade de sua secreção acontece de acordo com a idade do organismo, tendo seus maiores índices na infância e com o passar só tempo vai diminuindo, interferindo desse modo no ciclo de vida dos organismos.

A partir deste estudo, percebi como somos influenciados pelos ciclos ambientas e a importância do relógio biológico, pois é a partir deste, que encontramos a melhor maneira de responder as mudanças que ocorrem no ambiente externo.

Referências Bibliográficas

BARRETO, L.M; MARQUES, N. O tempo dentro da vida, além da vida dentro do tempo. **Cienc. Cult.,** São Paulo, v.54, n. 2, Oct./Dec. 2002. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252002000200030&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 16 de maio 2011.

CECON, E; FLORES, D. E. de F. L. **Regulação da Expressão Gênica nas Engrenagens do Relógio Circadiano de Mamíferos.** Revista da Biologia, São Paulo, v.4, Jun. 2010. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/revista/system/files/07%20relogio%20circadiano%20e%20expressao%20genica.pdf>. Acesso em: 25 de outubro 2011.

GASPAROTTO, O. C. **Fisiologia Animal Comparada:** Endocrinologia. Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://ead.moodle.ufsc.br/course/view.php?id=1229>. Acesso em: 19 de setembro 2011.

GOLOMBEK, D. A; ROBLERO, R. A. **Mecanismos de Temporização nos Vertebrados.** Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: Edusp, 2003.

LEME, D. P. **Características reprodutivas de garanhões mantidos sob luz natural ou contínua, em ambiente tropical.** Botucatu, SP: 2003. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bbo/33004064022P3/2003/leme_dp_dr_botfmvz.pdf>. Acesso em: 25 de outubro 2011.

LIMA, M. G. A. de; et.al. **Migração das aves.** Disponível em: <http://www.uece.br/uece/zootecnologia/migracao_das_aves.pdf>. Acesso em: 17 de abril 2012.

MACEDO, L. C. **Participação e controle social na área de saúde:** uma revisão bibliográfica. Ribeirão Preto, SP: 2005. Disponível em: <http://www.enfermagem.ufpr.br/paginas/publicacoes/Dissertacao%20Laura%20Macedo.pdf>. Acesso em: 06 de fevereiro 2012.

MARKUS, R.P; JUNIOR, E. J. M.B; FERREIRA, Z. S. Ritmos biológicos: entendendo as horas, os dias e as estações do ano. **Revendo Ciências Básicas.** Einstein: 2003. Disponível em: http://www.einstein.br/biblioteca/artigos/143%20%20148.pdf. Acesso em: 10 de maio 2011.

MARKUS, R.P; et al. **Glândula Pineal e Melatonina.** Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: Edusp, 2003.

MARQUES, M. D; GOLOMBEK D; MORENO, C. **Adaptação Temporal.** Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: Edusp, 2003.

MARQUES, M. D. **Mecanismos de Temporização em Unicelulares, Plantas e Invertebrados.** Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: Edusp, 2003.

MOURA, L. N. de; SILVIA, M. L. da. **Fundamentos evolutivos da ritmicidade biológica.** Disponível em:< http://www.ufpa.br/lobio/Resumoscongressos/Fundamentosevolutivosdaritmicidadebiologica.pdf>. Acesso em: 17 de abril 2012.

MUNIZ, C. Quando dia e noite se confundem. **Instituto Ciência Hoje**, 2010. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2010/03/quando-dia-e-noite-se-confundem>Acesso em: 16 de maio 2011.

PAULILO, M. T. S; VIANA, A. M; RANDI, A. M. **Fisiologia Vegetal.** Florianópolis: Biologia/EAD/UFSC, 2010.

POUGH, F. H; JANIS, C. M; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados.** Tradução Ana Maria de Souza, Paulo Auricchio. 4.ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

ROTENBERG, L; MARQUES, N; BARRETO, L.M. **História e Perspectivas da Cronobiologia.** Em: N. Marques; L. Menna-Barreto. (Org.). Cronobiologia: princípios e aplicações. São Paulo: Edusp, 2003.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal:** Adaptação e Meio Ambiente. Tradução Terezinha Oppido, Carla Finger; revisão científica José Eduardo Bigudo. 3. reimpr. São Paulo: Santos, 2011.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 3.ed. rev. e ampl. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC,
2001. 121p. Disponível em: <http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>. Acesso em: 23 de maio 2011.

SOUSA, C. E. C.; CRUZ-MACHADO, S. S; TAMURA, E. K. Os ritmos circadianos e a reprodução em mamíferos. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução.** Juiz de Fora, v. 27, (n. 1/2), 2008. Disponível em: <http://www.editoraufjf.com.br/revista/index.php/boletimcbr/article/viewFile/593/530

>. Acesso em: 25 de outubro 2011.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Tradução Eliane Romanato Santarém [et al] .4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.