



## Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes

*Importance of photoperiod on growth and reproduction of fish*

F.K.S.P. Navarro<sup>1,3</sup>, R.D. Navarro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF, Brasil.

<sup>3</sup>Correspondência: fbionavarro@gmail.com; navarrounb@gmail.com

### Resumo

O fotoperíodo, dentre outros fatores e fenômenos ambientais, é o que apresenta maior influência sobre o biorritmo dos animais, afetando parâmetros fisiológicos de diversos teleósteos, como crescimento e reprodução. Este trabalho aborda a importância de diferentes regimes de luz no crescimento na reprodução de diferentes espécies de peixes e como a manipulação deste sincronizador pode auxiliar na produção e na qualidade do pescado dentro da área de piscicultura.

**Palavras-chave:** fotoperíodo, crescimento e reprodução de peixes.

### Abstract

*The photoperiod, among other factors, and environmental phenomena, is to have more influence on the biorhythms of animals affecting physiological parameters of several teleosts, such as growth and reproduction. This article addresses the importance of different light regimes on growth and reproduction of different fish species and how the manipulation of synchronizer can assist in the production and quality of the within the area of fish farming.*

**Keywords:** photoperiod, growth and reproduction of fish.

### Introdução

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 por meio através de mecanismos biológicos específicos e dentro de limites bem definidos para cada espécie (Fálcón et al., 2010).

O fotoperíodo, que corresponde à duração do tempo de luz ao longo do dia, mantém-se constante ao longo dos anos e reflete a sazonalidade em função da latitude. Nas regiões tropicais o ciclo 12Luz/12Escuro exibe notável estabilidade (Martinez-Chavez et al., 2008), enquanto em regiões temperadas a fase é ajustada ao longo do ano (Ziv et al., 2005).

O fotoperíodo, juntamente com outros sincronizadores como temperatura, disponibilidade de alimentos, de chuva ou água e salinidade, pode moldar os ritmos circadianos e/ou anuais. Segundo Biswas e Takeuchi (2002), o fotoperíodo, dentre outros fatores e fenômenos ambientais, é o que apresenta maior influência sobre o biorritmo dos animais afetando o ganho de peso, a ingestão de alimentos, o gasto de energia, a atividade de locomoção, assim como outros parâmetros fisiológicos.

A diversidade de resposta à luz entre os peixes pode ser reflexo de adaptações específicas ao seu ambiente, cuja luz pode variar em termos de quantidade (intensidade), qualidade (espectro) e duração (fotoperíodo). Para acompanhar as variações de luminosidade, os peixes possuem um relógio endógeno, constituído de fotorreceptores sensíveis à luz e de sistemas humorais e neurais que informam a todo o organismo o estado de iluminação ambiental (Falcón et al., 2010).

A informação neural da retina e da glândula pineal é transmitida ao diencéfalo ventral pelo trato retino hipotalâmico e pela pineal, respectivamente. Esta mensagem gera uma indicação do comprimento do dia assim como variações na iluminação do ambiente (Falcón et al., 2010). A informação humoral é marcada pela liberação de melatonina cujo ritmo de liberação e intensidade de produção sinalizam ao organismo o comprimento do dia e a estação do ano.

A melatonina é um hormônio com picos de liberação durante a noite e que se apresenta em concentrações basais durante o dia. Este hormônio pode atuar diretamente sobre o hipotálamo, modulando a produção de fatores liberadores da hipófise, como também pode agir diretamente sobre esta regulando a produção hormonal e sobre os tecidos periféricos (gônadas, fígado entre outros). Dessa forma, a melatonina pode influenciar na reprodução, no crescimento, na atividade locomotora e no metabolismo dos peixes (Falcón et al., 2010). Este trabalho visa abordar a importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes.



### Fotoperíodo e crescimento

Fatores extrínsecos são particularmente importantes no crescimento de vertebrados ectotérmicos, como os peixes teleósteos, que dependem da temperatura, do fotoperíodo e da disponibilidade de alimentos para os processos iniciais de desenvolvimento (Taylor et al., 2005). A manipulação do fotoperíodo com o intuito de melhorar o crescimento dos peixes tem se tornado uma área de interesse dentro da produção comercial de várias espécies (Taylor e Migaud, 2009). O fotoperíodo ótimo para o crescimento dos peixes pode variar em relação à espécie, idade ou fase de desenvolvimento, estação e temperatura ambiente (Bani et al., 2009).

Em geral, as larvas precisam de um limiar mínimo de intensidade de luz para se desenvolverem e crescerem normalmente. Peixes adultos (marinhos e espécies de salmonídeos) também reagem às manipulações de fotoperíodo e, geralmente, dias longos estimulam o crescimento de espécies de peixes diurnas (Falcón et al., 2010).

A luz pode induzir efeitos sobre o crescimento de várias espécies de peixes. Em salmonídeos, o fotoperíodo atua diretamente sobre o crescimento, por meio de sua influência sobre ritmos endógenos (Endal et al., 2000) e de foto-estimulação direta do eixo somatotrópico (Falcón et al., 2010). Sabe-se que hormônio do crescimento (GH) e o Fator do Crescimento do Tipo Insulina 1 (IGF-1), particularmente, são potentes estimuladores do crescimento muscular. Rápidos aumentos dos níveis circulantes de GH e IGF-1 têm sido relacionados com altas temperaturas e dias longos (Taylor e Migaud, 2009).

Estudos com juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) submetidos a fotoperíodo de 18L:6E sugerem uma estimulação direta sobre o crescimento devido ao aumento da concentração plasmática de IGF-1 em relação aos peixes submetidos ao fotoperíodo natural e ao regime de 6L:18E (Taylor et al., 2005). Taylor e Migaud (2009) relatam que truta ar Iris exposta a luz contínua aumentou a taxa de crescimento. No entanto, Cruz e Brown (2009), apesar de verificarem tendência de aumento da taxa de crescimento específico tanto em massa quanto em comprimento de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a 16L:8E em relação a 8L:16E, não constataram relação entre o nível de transcrição de IGF-1 hepático e a duração da fase de luz.

Biswas et al. (2008a, 2010) demonstraram que o desempenho de crescimento de *Pagrus major* submetidos a 24L:0E foi estimulado com aumento significativo da ingestão alimentar em relação aos demais fotoperíodos. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo com *Sparus aurata* em que foram verificados aumento da ingestão alimentar em peixes submetidos à luz contínua e aumento do ganho de peso em fotoperíodos longos (16L:8E e 24L:0E) em relação ao grupo controle (Ginés et al., 2004). Imsland et al. (2006, 2009) observaram que *Hippoglossus hippoglossus* cresceram melhor nos fotoperíodos longos (20L:4E e 24L:0E) em relação ao fotoperíodo natural e quando expostos à luz contínua durante diferentes períodos do ciclo produtivo. Resultados semelhantes foram verificados em pesquisas com três juvenis de bacalhau do atlântico (*Gadus morhua*) sob luz contínua (Taranger et al., 2006). Em tilápia-do-nilo, as melhores taxas de crescimento e conversão alimentar também foram observadas durante fotoperíodos de 18L:6E e 24L:0E, o que pode ser atribuído à diminuição da perda de energia e da taxa metabólica (conservação de energia) desta espécie durante esses longos fotoperíodos (EL-Sayed e Kawanna, 2007). Estes resultados assemelham-se ao estudo de Rad et al. (2006), que, ao trabalharem com a mesma espécie, encontraram melhor crescimento sob regime de 24L:0E, durante o estágio de alevinos. Mendonça et al. (2009) demonstraram que maiores fotoperíodos (24L:0E e 18L:6E) influenciaram de forma positiva o desempenho produtivo de alevinos de tambaqui.

Tilápias submetidas a diferentes fotoperíodos (24E:0L, 8L:16E, 12L:12E, 16L:8E, 24L:0E, 12,5L:11,5E) apresentaram maior crescimento dos alevinos quando comparadas a aquelas em ausência de luz (Bezerra et al., 2008).

O desempenho do crescimento de *Oplegnathus fasciatus* foi estimulado quando submetidos a diferentes fotoperíodos (6L:6E, 12L:12E, 16L:8E e 24L:0E), porém a exposição a 12L:12E resultou em menor estímulo em relação aos demais tratamentos. Um melhor crescimento sob manipulação do fotoperíodo pode ser atribuído à melhora no apetite, à maior ingestão e conversão alimentar (Biswas et al., 2008b).

Nos estudos de Almazán-Rueda et al. (2005) foram observados aumento do comprimento e menor atividade de agressividade e estresse em bagre africano (*Clarias gariepinus*) sob 6L:18E e 0L:24E em relação a 18L:6E e 12L:12E. A enguia europeia (*Anguilla anguilla*) apresentou maior crescimento e melhor conversão alimentar na ausência de luz em relação a 12L:12E (Rodrigues et al., 2009).

Bani et al. (2009) estudaram o efeito de diferentes fotoperíodos (24L:0E, 0L:24E, 18L:6E e 12L:12E) sobre o crescimento de juvenis de esturjão (*Huso huso*) e não observaram diferença significativa no crescimento entre os diversos tratamentos. O comprimento e o peso de pós-larvas de piracanjuba também não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (14L:10E, 10L:14E, 24L:0E e 0L:24E), porém foi observada maior heterogeneidade entre as pós-larvas cultivadas com maior período de escuridão (Reynalte-Tataje et al., 2002).

### Fotoperíodo e reprodução

O manejo das condições ambientais pode ser uma excelente ferramenta de manipulação para indução da maturação gonadal em peixes. O fotoperíodo é responsável pela maturação gonadal, por exercer ação direta no



eixo hipotálamo-hipófise-gonadal dos peixes teleósteos, estimulando ou inibindo a produção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH), de hormônios hipofisários (FSH e LH) e outros hormônios que modulam a reprodução e a maturação dos gametas (Amano et al., 2004). Bromage e Randall (2001) relataram que as concentrações de melatonina são fortemente correlacionadas com o fotoperíodo em salmonídeos, o que resulta no avanço ou atraso do tempo de desova, sugerindo que a melatonina atua como um regulador do comportamento reprodutivo. Além disso, Amano et al. (2000) relataram que a melatonina também influencia nos sinais de fotoperíodo no controle do desenvolvimento gonadal em salmão (*Oncorhynchus masou*) e que essas mudanças no fotoperíodo são traduzidas pelos ritmos de melatonina que transferem esta informação para o cérebro regulando a secreção pituitária das gonadotrofinas (GtH), as quais desempenham papel fundamental no desenvolvimento gonadal (Peter e Yu, 1997), além de exercerem influência direta sobre as gônadas.

A maturação dos gametas é regulada pelas gonadotrofinas que estimulam as gônadas a sintetizar hormônios esteroides. Ao longo do processo de desenvolvimento gonadal, diferentes esteroides sexuais apresentam importância em cada fase, porém as gonadotrofinas influenciam a produção de todos eles. Os testículos produzem, principalmente, os hormônios esteroides testosterona, 11-cetotestosterona e androstenodiona e os folículos ovarianos produzem, principalmente, 17 $\beta$ -estradiol, estradiol e 17 $\alpha$ 20 $\beta$ -P. No entanto, os testículos também produzem esteroides ovarianos assim como as células da teca e da granulosa do folículo ovariano também podem produzir esteroides testiculares, anteriormente mencionados (Baldisserotto, 2002).

Em machos, a redução do conteúdo de gonadotrofina na hipófise pode levar a uma redução dos níveis plasmáticos de testosterona e 11-ceto-testosterona, diminuindo o tamanho dos testículos e a contagem de espermatozoides. Em fêmeas, a redução do conteúdo de GtH pode ser acompanhada de redução de estradiol e vitelogenina plasmática, o que pode resultar em impedimento da vitelogênese e consequente redução do tamanho dos ovários e ovos, além de possível atraso no tempo de ovulação (Pankhust e Van der Kraak, 1997).

A influência da gonadotrofina sobre a gônada varia ao longo do processo de maturação, de modo que a gônada pode ser mais ou menos receptiva à gonadotrofina, cujo efeito também varia ao longo do desenvolvimento gonadal, atuando na produção de esteroides distintos. A sensibilidade da gônada a esses esteroides também se altera ao longo do processo (Harvey e Carolsfeld, 1993; Mendonça, 2007).

A indução à desova de peixes por meio do manejo dos fatores ambientais foi testada, com sucesso, em algumas espécies de clima temperado, nas quais o manejo do fotoperíodo e da temperatura possibilitou desencadear o processo de maturação gonadal (Lam, 1983; Lam e Munro, 1987; Mendonça, 2007).

Harvey e Carolsfeld (1993) trabalhando com trutas perceberam que somente a manipulação do fotoperíodo é suficiente para desencadear, ou mesmo acelerar, a vitelogênese, porém com carpas a influência da temperatura é mais importante do que a do fotoperíodo. Segundo outros autores, um aumento ou uma diminuição repentina do fotoperíodo pode provocar estresse causando involução das gônadas e prejudicando o processo de reprodução (Baldisserotto, 2002; Mendonça, 2007).

A pesquisa de Campos-Mendonça et al. (2004) mostrou que fotoperíodos longos (18L:6E) ajudaram a melhorar alguns traços importantes da reprodução de alevinos de tilápia-do-nylo ao elevarem a fecundidade e a sincronia de desova.

Taranger et al. (2006) verificaram, em experiência-piloto, o potencial de utilização de luz contínua para retardar o desenvolvimento das gônadas e a maturação sexual de bacalhau em tanques marinhos. Este resultado assemelha-se ao do estudo de Rad et al. (2006) com fêmeas de tilápia-do-nylo. Menores valores de índice gonadossomático, média do tamanho dos oócitos e maior quantidade de oócitos pré-vitelogênicos foram observados em peixes mantidos sob regime de luz contínua em relação aos tratamentos de 20L:4E, 18L:6E e controle, que apresentaram maior proporção de oócitos em estágios mais avançados de desenvolvimento (vitelogênico e pós-vitelogênico).

O regime de luz contínua também suprimiu a maturação em fêmeas de salmão Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) de dois anos de idade (Unwin et al., 2005). Nenhum peixe maduro e nenhuma evidência de desenvolvimento gonadal e elevação da concentração de esteroides foram observados em *Melanogrammus aeglefinus* em regime de luz contínua quando comparado ao regime natural (Davie et al., 2007).

A manipulação do fotoperíodo não influenciou a maturação de fêmeas de *Hippoglossus hippoglossus*, porém a proporção de machos maduros foi significativamente menor em grupos criados sob luz contínua (Imsland e Jonassen, 2005).

Em bacalhau-do-atlântico (*Gadus morhua*) foi observado um aumento mais acelerado de hormônios esteroides em peixes submetidos a dias curtos, o que gerou um início mais precoce da maturação (Skjaeraase et al., 2004).

Em contrapartida, o estudo de Miranda et al. (2009) mostrou menores valores de índice gonadossomático IGS, redução da expressão do três tipos de GnRH (sGnRH, pjGnRH, cGnRH-II), e do beta Hormônio luteinizante ( $\beta$ LH), beta Hormônio Folículo Estimulante ( $\beta$ FSH) e da concentração de estradiol em fêmeas mantidas sob fotoperíodo curto (8L:16E). Além disso, maior quantidade de ovócitos pré-vitelogênicos foi verificado nas fêmeas sob 8L:16E enquanto peixes sob 16L:8E ap ( $\beta$ FSH) resentaram mais oócitos vitelogênicos. Também no estudo de Amano et al. (2004), as concentrações cerebrais de hormônio liberador de



crescimento (sGnRH) em machos de linguado foram significativamente maiores no regime de 16L:08E em relação ao grupo mantido a 8L:16E. A exposição de carpa (*Catla catla*) ao regime de 16L:8E, durante a fase preparatória, resultou em significativo aumento nos valores de vitelogenina, mas não no peso do ovário e no número relativo a diferentes fases de oócitos (Dey et al., 2005).

Bayarri et al. (2004) observaram que a exposição de robalo europeu macho (*Dicentrarchus labrax*) a fotoperíodo artificial (18L:6E) suprimiu a concentração de melatonina circulante e o ritmo diário de produção e liberação de LH, porém nenhuma influência do fotoperíodo artificial foi constatado em relação às variações diárias na concentração de testosterona (T) e 11-cetotestosterona (11-KT) comparado ao fotoperíodo natural. No entanto, Hellqvist et al. (2004) observaram supressão significativa de  $\beta$ -FSH e  $\beta$ -LH em machos de *Gasterosteus aculeatus* quando estes permaneceram no regime de 8L:16E em relação a 16L:8E.

Milla et al. (2009) verificaram uma inibição do ciclo reprodutivo de fêmeas de *Perca fluviatilis* em condições de fotoperíodo constante (12L:12E), a qual pode estar relacionada a menores concentrações de esteroides sexuais e a uma inibição da regulação ovariana por gonadotrofinas (pelo menos LH), cessando a ovogênese antes da fase de vitelogênese. Navarro (2010) não observou diferença do fotoperíodo na concentração plasmática do hormônio luteinizante e na maturação ovariana em tambuí (*Astyanax bimaculatus*).

### Conclusão

Esta revisão teve por objetivo mostrar que o fotoperíodo desempenha um importante papel no crescimento e na reprodução de peixes. A manipulação deste sincronizador pode auxiliar na produção e na qualidade do pescado dentro da área de piscicultura. No entanto, deve-se ter cautela ao buscar generalizar os efeitos do fotoperíodo em um grupo tão biodiverso como os teleosteos. O efeito desta variável ambiental sobre os desempenhos produtivo e reprodutivo de peixes dependerá dentre outros fatores, da espécie a ser estudada, do sexo e do estágio de desenvolvimento dessa espécie. Assim, estudos que visem obter uma visão cada vez mais holística sobre as consequências da manipulação desta variável sobre os eixos neuroendócrinos que controlam o crescimento e a maturação de uma dada espécie são de suma importância para garantir um melhor bem-estar aos animais e, consequentemente, maiores rendimentos no setor de piscicultura.

### Referências

- Almazán-Rueda P, Van Helmond ATM, Verreth JAJE, Schrama JW.** Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. *J Fish Biol*, v.67, p.1029-1039, 2005.
- Amano M, Yamanome T, Yamada H, Okuzawa K, Yamamori K.** Effects of photoperiod on gonadotropin-releasing hormone levels in the brain and pituitary of underyearling male barfin flounder. *Fish Sci*, v.70, p.812-818, 2004.
- Baldisserotto B.** Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: UFSM, 2002. 212p.
- Bani A, Tabarsa M, Falahatkar BE, Banan A.** Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon *Huso huso*. *Aquacult Res*, v.40, p.1899-1907, 2009.
- Bayarri MJ, Rodriguez L, Zanuy S, Madrid JA, Sánchez-Vázquez FJ, Kagawa H, Okuzawa K, Carrillo M.** Effect of photoperiod manipulation on the daily rhythms of melatonin and reproductive hormones in caged European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Gen Comp Endocrinol*, v.136, p.72-81, 2004.
- Bezerra KS, Santos AJG, Leite MR, Silva AME, Lima MR.** Crescimento e sobrevivência da tilápia chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. *Pesq Agropec Bras*, v.43, p.737-743, 2008.
- Biswas A, Seoka M, Inagaki HE, Takii K.** Reproduction, growth and stress response in adult red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel) exposed to different photoperiods at spawning season. *Aquacult Res*, v.41, p.519-527, 2010.
- Biswas A, Seoka M, Ueno K, Takii KE, Kumai H.** Stimulation of growth performance without causing stress response in young red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel), by photoperiod manipulation. *Aquacult Res*, v.39, p.457-463, 2008a.
- Biswas A, Seoka M, Ueno K, Yong ASK, Inoue Biswas BK, Kim Y, Takii KE, Kumai H.** Growth performance and physiological responses in striped knifejaw, *Oplegnathus fasciatus*, held under different photoperiods. *Aquaculture*, v.279, p.42-46, 2008b.
- Biswas AK, Takeuchi T.** Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*: Part II. *Fish Sci*, v.68, p.543-553, 2002.
- Bromage N, Porter M, Randall C.** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, v.197, n. 1-4, p. 63-98, 2001.
- Campos-Mendoza A, McAndrew BJ, Coward CE, Bromage N.** Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*, v.231, p. 299-314, 2004.
- Cruz EMV, Brown CL.** Influence of the photoperiod on growth rate and insulin-like growth factor-I gene expression in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *J Fish Biol*, v.75, p.130-141, 2009.



- Davie A, Quero CM, Bromage N Treasurer JE, Migaud H.** Inhibition of sexual maturation in tank reared haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) through the use of constant light photoperiods. *Aquaculture*, v.270, p.379-389, 2007.
- Dey R, Bhattacharya BE, Maitra SK.** Importance of photoperiods in the regulation of ovarian activities in Indian Major Carp *Catla catla* in an annual cycle. *J Biol Rhythms*, v.20, p.145-158, 2005.
- El-Sayed AME, Kawanna M.** Effects of photoperiod on growth and spawning efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) broodstock in a recycling system. *Aquacult Res*, v.38, p.1242-1247, 2007.
- Endal HP, Taranger GL, Stefansson SO, Hansen T.** Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in sea cages. *Aquaculture*, v.191, p.337-349, 2000.
- Fálcon J, Migaud H, Muños-Cueto JAE, Carrillo M.** Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *Gen Comp Endocrinol*, v.165, p.469-482, 2010.
- Ginés R, Afonso JM, Argêllo A, Zamorano MJEL, López JL.** The effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquacult Res*, v.35, p.1207-1212, 2004.
- Harvey B, Carolsfeld J.** Induced breeding in tropical fish culture. Ottawa: IDRC, 1993. 144p.
- Hellqvist A, Bornestaf C, Borg B, Schmitz M.** Cloning and sequencing of the FSH-b and LH b-subunit in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, and effects of photoperiod and temperature on LH-b and FSH-b mRNA expression. *Gen Comp Endocrinol*, v.135, p.167-174, 2004.
- Imsland AK, Foss A, Stefansson SO, Mayer I, Norberg B, Roth BE, Jenssen MD.** Growth, feed conversion efficiency and growth heterogeneity in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared at three different photoperiods. *Aquacult Res*, v.37, p.1099-1106, 2006.
- Imsland AK, Jonassen TM.** The relation between age at first maturity and growth in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) reared at four different light regimes. *Aquacult Res*, v.36, p.1-7, 2005.
- Imsland AK, Roth, B, Foss A, Vikingstad E, Stefansson SO, Pedersen S, Sandvik TE, Norberg B.** Long-term effect of photoperiod manipulation on growth, maturation and flesh quality in Atlantic halibut. *Aquacult Res*, v.40, p.1260-1269, 2009.
- Lam TJ.** Environmental influences on gonadal activity in fish. In: Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM (Ed.) *Fish physiology*. New York: Academic Press, 1983. v.9, p.65-116.
- Lam TJ, Mouro AD.** Environmental control of reproduction in teleosts: in overview. In: Idler DR, Crim LW, Walsh JM (Ed.) *Proceedings of the third international Symposium on Reproductive Physiology of Fish*, 3, 1987, Canada. St. John's, Newfoundland, Canada. *Proceedings...* St. John's: Memorial University Press, 1987. p.279-288.
- Martinez-Chavez CC, Al-Khamees S, Campos-Mendoza A, Penman DJ, Migaud H.** Clock controlled endogenous melatonin rhythms in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Chronobiol Int*, v.25, p.31-49, 2008.
- Mendonça PP.** Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*. 2007. 69f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.
- Mendonça, PP, Ferreira, RA, Vidal Junior, MV, Andrade, DR, Santos, MVB, Ferreira, AV, E Rezende, FP.** Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma Macropomum*). *Arch Zootec*, v.58, p.323-331, 2009.
- Milla S, Mandiki SNM, Hubermont P, Rougeot C, Mélard CE, Kestemont P.** Ovarian steroidogenesis inhibition by constant photothermal conditions is caused by a lack of gonadotropin stimulation in Eurasian perch. *Gen Comp Endocrinol*, v.163, p.242-250, 2009.
- Miranda LA, Strüssmann CAE, Somoza GM.** Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females. *Fish Physiol Biochem*, v.35, p.101-108, 2009.
- Navarro FKSP.** Efeito do fotoperíodo na atividade locomotora e parâmetros fisiológicos em fêmeas de lambari (*Astyanax bimaculatus*). 2010. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2010.
- Pankhurst NW, Van Der Kraak G.** Effects os stress on reproduction and growth os fish. In: Iwama GK, Pickering AD, Sumpter JP, Schreck CB. (Ed.) *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997. p.73-93.
- Peter RE, YU KL.** Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. *Rev Fish Biol Fish*, v.7, p.173-197, 1997.
- Rad F, Bozaoğlu S, Gözükar SE, Karahan AE Kurt G.** Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.255, p.292-300, 2006.
- Reynalte-Tataje D, Luz RK, Meurer S, Zaniboni-Filho EE, Nuñer AP. O.** Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós-larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae). *Acta Scient*, v.24, p.439-443, 2002.
- Rodriguez A, Castello-Orvay FE Gisbert E.** Somatic growth, survival, feed utilization and starvation in European elver *Anguilla anguilla* (Linnaeus) under two different photoperiods. *Aquacult Res*, v.40, p.551-557,



2009.

**Skjaeraasen JE, Salvanes AGV, Karlsen O, Dahle R, Nilsen TE, Norberg B.** The effect of photoperiod on sexual maturation, appetite and growth in wild Atlantic cod (*Gadus morhua L.*). *Fish Physiol Biochem*, v.30, p.163-174, 2004.

**Taranger GL, Aardal L, Hansen TE, Kjesbu OS.** Continuous light delays sexual maturation and increases growth of Atlantic cod (*Gadus morhua L.*) in sea cages. *J Mar Sci*, v.63, p.365-375, 2006.

**Taylor JF, Migaud H, Porter MJ, Re Bromage NR.** Photoperiod influences growth rate and plasma insulin-like growth factor-I levels in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Gen Comp Endocrinol*, v.142, p.169-185, 2005.

**Taylor J, Migaud H.** Timing and duration of constant light affects rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth during autumn–spring grow-out in freshwater. *Aquacult Res*, v.40, p.1551-1558, 2009.

**Unwin MJ, Rowe DK, Poortenaar CWE, Boustead NC.** Suppression of maturation in 2-year-old Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) reared under continuous photoperiod. *Aquaculture*, v.246, p.239-250, 2005.

**Ziv L, Levkovitz S, Toyama R, Falcón J, Gothilf Y.** Functional development of the zebrafish pineal gland: light-induced expression of period 2 is required for onset of the circadian clock. *J Neuroendocrinol*, v.17, p.314-320, 2005.

---