

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 22/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” INSTITUTO
DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ZOOLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Efeitos crônicos dos necromônios no crescimento da tilápia-do-
Nilo**

Alexandre Luiz Arvigo

Botucatu – SP

2019

ALEXANDRE LUIZ ARVIGO

Efeitos crônicos dos necromônios no crescimento da tilápia-do-Nilo

Dissertação apresentada ao curso de pósgraduação em Ciências Biológicas: Zoologia, do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Zoologia.

Orientadora: Tânia Marcia Costa

Co-orientador: Rodrigo Egidio Barreto

Botucatu – SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU – UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Arvigo, Alexandre Luiz.

Efeitos crônicos dos necromônios no crescimento da
tilápia-do-Nilo / Alexandre Luiz Arvigo. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Tânia Marcia Costa

Coorientador: Rodrigo Egydio Barreto

Capes: 20404000

1. Tilápia-do-Nilo. 2. Peixe - Comportamento. 3.
Comunicação. 4. Tilápia (Peixe) - Crescimento 5. Morte. 6.
Odorantes.

Palavras-chave: comunicação química; crescimento ;
necrômônio; pistas químicas.

“Maturidade não é quando você começa a falar grandes coisas. É quando você começa entender pequenas coisas.”

Carlos Drummond de Andrade

Agradecimentos

Esta dissertação é fruto de um trabalho desenvolvido por diversos envolvidos e espero desta maneira, dar um pequeno gesto de gratidão aos que me auxiliaram durante todo o processo.

Agradeço aos integrantes do Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LABECOM), pela ajuda técnica e intelectual, não apenas por esses dois anos de mestrado, mas por todo o tempo em que trabalhamos juntos. Em especial ao Caio Akira Miyai que sempre foi uma das pessoas que mais trabalhou comigo para desenvolvermos uma pesquisa de qualidade e com verdadeira contribuição para o mundo científico. Agradeço também a Rafaela Torres Pereira que me auxiliou durante o ano em que desenvolvemos parte da experimentação laboratorial na Unesp de Botucatu, no departamento de fisiologia do IB.

Agradeço a todos os amigos que acumulei ao longo dos anos (Alexandre Alves, Gustavo Barros, Fernando de Grande, Juan Pardo, Nicoli Zacharczuk, Priscila Granado e Renato Viotto) e que de alguma forma sempre me incentivaram a continuar trilhando o meu caminho dentro daquilo que escolhi à revelia de qualquer dificuldade. Faço um adendo especial, aos novos amigos de Botucatu (Isabela Moraes, Mariana Antunes e Nadayca Mateussi) que fizeram com que a mudança de cidade e rotina fosse menos penosa, tornando a minha adaptação mais tranquila.

Agradeço também, ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) da Unesp de Botucatu e ao Campus de São Vicente, pela forma e estrutura.

Agradeço aos meus orientadores Tânia Marcia Costa e Rodrigo Egydio Barreto que me acompanham desde a minha iniciação científica, caminhando ao meu lado durante esse tempo e com paciência e expertise me mostraram as melhores maneiras de superar os muitos obstáculos nesses anos.

Por fim, mas não menos importante. Agradeço a minha família (Neusa Rodrigues Arvigo, Ayrton Luiz Arvigo, Maria Claudia Arvigo e André Luiz Arvigo) por todo o suporte e

apoio nos mais distintos momentos. Eles são e sempre foram o alicerce necessário para o meu crescimento intelectual e pessoal.

Agradeço também, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Sumário

APRESENTAÇÃO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EFEITOS CRÔNICOS DOS NECROMÔNIOS NO CRESCIMENTO DA TILÁPIA-DO-NILO

RESUMO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. MATERIAL E MÉTODO.....	4
2.1. ANIMAIS E CONDIÇÕES DE ESTOQUE.....	4
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	4
2.3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	7
2.3.1. APARATO EXPERIMENTAL.....	7
2.3.2. PREPARAÇÃO DO NECROMÔNIO.....	8
2.3.3. ANÁLISE DE VARIÁVEIS.....	8
2.4. ANÁLISE DE DADOS.....	10
3. RESULTADOS.....	10
4. DISCUSSÃO.....	16
5. REFERÊNCIAS.....	18

Apresentação

A comunicação entre os animais ocorre através do uso de sinais, sendo, portanto, uma transferência de informações por meio de um canal entre um emissor, que transmite as informações, e um receptor, que as recebe e interpreta (Cronin, 2005; Hailman, 1977). Essa transferência de informações exerce importante papel para a sobrevivência das espécies. Para evitar a predação, as presas apresentam estratégias de defesa antipredatória, denominados sinais, indicando a presença de um predador. Os sinais podem ser classificados como mecânicos, visuais ou químicos (Diehl & Eköv, 1995; Persson & Eköv, 1995; Werner & Anholt, 1996).

Todo este complexo de interações ocorre em todos os ambientes, inclusive no meio aquático. Nesses ambientes, as presas avaliam o risco de predação utilizando-se de indicadores ambientais, os quais estão diretamente relacionados ao universo sensorial desses animais, sendo comumente estímulos visuais (Barreto et al., 2003; Carleton, 2009; Snowdon, 2007), elétricos (Snowdon, 2007), táteis (Snowdon, 2007), ou químicos (Barcellos & Marqueze., 2010; Mirza & Chivers, 2003; Snowdon, 2007).

Os sinais químicos são fontes de informações importantes. Nos ambientes aquáticos, a comunicação química ocupa um posto de extrema relevância, afinal, os fatores podem se dissolver facilmente e dispersar-se de maneira muito eficaz (Hara, 1994). Este estilo de comunicação se mostra ainda mais importante em situações nas quais a visão está prejudicada em função da turbidez ou baixa luminosidade, além de se tornar essencial para organismos que apresentam uma visão pouco desenvolvida (Wisenden, 2000). Entretanto, o ambiente aquático pode oferecer algumas limitações para este tipo de comunicação, especialmente em áreas com grande turbulência ou alto fluxo de água (Mirza & Smith, 2001).

Existe uma gama de possíveis origens para as pistas químicas que indicam situações de risco. Estas pistas podem ser emitidas diretamente através do odor do próprio predador (Kats &

Dill, 1998; Wisenden, 2000; Miyai et al., 2016) ou de forma indireta, alertado por coespecífico ou espécie simpátrica (Mathis & Smith, 1993; Chivers & Smith, 1998). A forma indireta de sinalização pode estar relacionada a uma presa ameaçada, caracterizando a substância de distúrbio (Jordão & Volpato, 2000; Barcellos et al., 2011), ferida, devido a liberação de substância de alarme (Chivers & Smith, 1998; Wisenden, 2000), pelo sangue (Barreto et al., 2013) ou morta e em decomposição, conhecidos como necromônios (Oliveira et al., 2014). Cadáveres são importantes fontes de informação para outros animais vivos, sejam eles coespecíficos ou não. Em peixes, essa pista química pode induzir respostas defensivas (Oliveira et al., 2014) e desta forma gerar ações de rejeição (Wagner et al., 2011).

Sabe-se que esses estímulos estressores podem alterar processos importantes para o animal e o ambiente, podendo influenciar processos ecológicos (Lima, 1998), como a migração vertical (Tjossem, 1990), e também diversos aspectos do comportamento reprodutivo (Lima, 1998) e alimentar (Giaquinto & Volpato, 2001). Alterações no apetite podem levar o organismo a passar um longo período sem se alimentar e ter seu crescimento prejudicado (Duggan et al., 2016; Harris & Carr, 2016). Além disso, o crescimento pode diminuir, mesmo que o apetite e a ingestão alimentar não sejam alterados. Nesses casos alterações metabólicas mobilizam a energia captada para lidar com um estressor, em vez de promover o desenvolvimento (Volpato & Fernandes, 1994; Bernier et al., 2004; Volpato et al., 2013).

Neste estudo avaliamos o efeito crônico dos necromônios no crescimento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Uma vez que os animais poder estar suscetíveis a um contato diário com essa pista química, aventamos que esses animais podem apresentar uma modificação no padrão de crescimento ao longo do tempo. Nós observamos efeitos significativos em variáveis relevantes de crescimento/desenvolvimento como os decréscimos na taxa de crescimento específico, na taxa de crescimento em função da temperatura e na variação de massa. Esses resultados são indicativos de uma perda no potencial de crescimento dos peixes expostos ao estressor ao longo do tempo.

Referências Bibliográficas

Barcellos LJG, Marqueze A, Trapp M, Quevedo RM, Ferreira D. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundia *Rhamdia quelen*. *Aquacult Res*. 2010. 300,231-236.

Barcellos LJG, Volpato GL, Barreto RE, Coldebella I, Ferreira D. Chemical communication of handling stress in fish. *Physiol Behav*; 2011. 103, 372-375.

Barreto RE, Luchiari AC, Marcondes AL. Ventilatory frequency indicates visual recognition of an allopatric predator in naïve Nile tilapia. *Behav Processes*. 2003. 60, 235-239.

Barreto RE, Miyai CA, Sanches FHC, Giaquinto PC, Delicio HC, Volpato GL. Blood cues induce antipredator behavior in Nile tilapia conspecifics. *PLoS One*. 2013. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0054642>.

Bernier NJ, Bedard N, Peter RE. Effects of cortisol on food intake, growth, and forebrain neuropeptide Y and corticotropin-releasing factor gene expression in goldfish. *Gen Comp Endocrinol*; 2004. 135, 230-240.

Carleton KL. Cichlid fish visual systems: mechanisms of spectral tuning. *Integr Zool*. 2009. 4, 75-86.

Chivers DP, Smith RJF. Chemical alarm signaling in aquatic predator-prey systems: A review and prospectus. *Ecoscience*; 1998. 5, 338-352.

Cronin TW. The role of vision in predator-prey interactions. In: Barbosa P & Castellanos I. *Ecology of predator-prey interactions*. New York, Oxford University Press. 2005. pp. 105-138.

Diehl S & Eköv P. Effects of piscivore-mediated habitat use on resources, diet and growth of perch. *Ecology*. 1995. 76, 1712-1726.

Duggan PE, Prater C, Carr JA, Harris BN. Predator presence decreases food consumption in juvenile *Xenopus laevis*. *Behav Ecol Sociobiol*; 2016. 70, 2005-2015.

Giaquinto PC, Volpato GL. Hunger suppresses the onset and the freezing component of the antipredator response to conspecific skin extract in pintado catfish. *Behaviour*; 2001. 138, 1205-1214.

Hailman JP. *Optical signals: Animal communication and light*. Oxford, England, Indiana University Press. 1977. pp. 362.

Hara TJ. The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gestation. *Rev Fish Biol Fisher*. 1994. 4, 1-35.

Harris BN, Carr JA. The role of the hypothalamus-pituitary-adrenal/interrenal axis in mediating predator-avoidance trade-offs. *Gen Comp Endocrinol*; 2016. 230-231, 110-142.

Volpato GL, Fernandes MO. Social control growth in fish. *Braz J Med Biol Res*; 1994. 27, 797-810.

Jordão LC, Volpato GL. Chemical transfer of warning information in non-injured fish. *Behaviour*; 2000. 137, 681-690.

Kats LB, Dill LM. The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Ecoscience*; 1998. 5,361-394.

Lima SL. Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. *Adv Stud Behav*. 1998. 27, 215-290.

Mathis A, Smith RJF. Intraspecific and cross-species responses to chemical alarm signals by brook stickleback. *Ecology*; 1993. 74, 2395-2404.

Mirza RS & Chivers DP. Chemical alarm signals enhance survival of brook charr (*Salvelinus alpinus*) during encounters with predatory chain pickerel (*Esox niger*). *Ethol*. 2001. 107, 989-1005.

Mirza RS & Chivers DP. Predator diet cues and the assessment of predation risk by juvenile brook charr: do diet cues enhance survival? *Can J Zool*. 2003. 81, 126-132.

Miyai CA, Sanches FHC, Pinho-Neto CF, Barreto RE. Effects of predator odour on antipredatory responses of Nile tilapia. *Physiol Behav*; 2016. 165, 22-27.

Oliveira TA, Koakoski G, Motta AC, Piato AL, Barreto RE, Volpato GL, Barcellos LJG. Death-associated odors induce stress in zebrafish. *Horm Behav*; 2014. 65, 340-344.

Persson L & Eköv P. Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach. *Ecology*. 1995. 76, 70-81.

Snowdon CT. Comunicação. In: Yamamoto ME & Volpato GL. *Comportamento Animal*. Natal, EDUFRN. 2007. 7, 115-140.

Tjossem SF. Effects of fish chemical cues on vertical migration behavior of *Chaoborus*. *Limnol Oceanogr*. 1990. 35(7), 1456-1468.

Volpato GL, Fernandes MO. Social control growth in fish. *Braz J Med Biol Res*; 1994. 27, 797-810.

Volpato GL , Bovi TS, de Freitas RHA, da Silva DF, Delicio HC, Giaquinto PC, Barreto RE. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. *PloS One*; 2013. 8(3), e59134. doi:10.1371/journal.pone.0059134.

Wagner CM, Stroud EM, Meckley TD. A deathly odor suggests a new sustainable tool for controlling a costly invasive species. *Can J Fish Aquat Sci*; 2011. 68, 1157-1160.

Werner EE & Anholt BR. Predator-induced behavioral indirect effects: Consequences to competitive interactions in anuran larvae. *Ecology*. 1996. 77,157-169.

Wisenden BD. Olfactory assessment of predation risk in the aquatic environment. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*; 2000. 355, 1205-1208.

5. Referências

Alcock J. Animal Behavior: An Evolutionary Approach. 9th Edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates. 2009

Alvarenga CMD & Volpato GL. Agonistic profile and metabolism in alevins of the Nile tilapia. *Physiol Behav.* 1995. 57(1), 75-80.

Araneda M, Pérez EP, Gasca-Leyva E. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Condition state base on length and weight. *Aquaculture*; 2008. 283(1-4), 13-18.

Barcellos LJG, Nicolaiewsky S, De Souza SMG, Lulhier F. The effects of stocking density and social interaction on acute stress response in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquacult Res.* 1999. 30,887-892.

Barcellos LJG, Volpato GL, Barreto RE, Coldebella I, Ferreira D. Chemical communication of handling stress in fish. *Physiol Behav*; 2011. 103, 372-375.

Barreto RE & Volpato GL. Caution for using ventilatory frequency as an indicator of stress in fish. *Behav Process.* 2004. 66,43-51.

Barreto RE, Barbosa A, Giassi ACC, Hoffmann A. The 'club' cell and behavioural and physiological responses to chemical alarm cues in the Nile tilapia. *Mar. Freshwater Behav Physiol*; 2010. 43, 75-81.

Barreto RE, Miyai CA, Sanches FHC, Giaquinto PC, Delicio HC, Volpato GL. Blood cues induce antipredator behavior in Nile tilapia conspecifics. *PLoS One.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0054642>.

Barton BA. Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr Comp Biol*; 2002. 42(3), 517-525.

Bernier NJ, Bedard N, Peter RE. Effects of cortisol on food intake, growth, and forebrain neuropeptide Y and corticotropin-releasing factor gene expression in goldfish. *Gen Comp Endocrinol*; 2004. 135, 230-240.

Chivers DP, Smith RJF. Chemical alarm signaling in aquatic predator-prey systems: A review and prospectus. *Ecoscience*; 1998. 5, 338-352.

Chivers DP, Zhao X, Brown GE, Marchant TA, Ferrari COM. Predator-induced changes in morphology of a prey fish: The effects of food level and temporal frequency of predation risk. *Evol Ecol*; 2008. 22, 561-574.

Cho CY, Bureau DP. Development of bioenergetics models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output I aquaculture. *Aquat Living Resour*; 1998. 11, 199-210

Cui Y & Wootton RJ. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus phoxinus* (L.): the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. *J Fish Biol.* 1988. 33,763-773.

Duggan PE, Prater C, Carr JA, Harris BN. Predator presence decreases food consumption in juvenile *Xenopus laevis*. *Behav Ecol Sociobiol*; 2016. 70, 2005-2015.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to Food Security and Nutrition for All. Rome; 2016. 200 pp.

Fernandes MO & Volpato GL. Heterogeneous growth in the Nile tilapia: social stress and carbohydrate metabolism. *Physiol Behav.* 1993. 54(2), 319-323.

Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J Appl Ichthyol*; 2006. 22, 241-253.

Giaquinto PC, Volpato GL. Hunger suppresses the onset and the freezing component of the antipredator response to conspecific skin extract in pintado catfish. *Behaviour*; 2001. 138, 1205-1214.

Hara TJ. The diversity of chemical stimulation in fish olfaction and gustation. *Fish Biol Fisher.* 1994. 4,1-35.

Harris BN, Carr JA. The role of the hypothalamus-pituitary-adrenal/interrenal axis in mediating predator-avoidance trade-offs. *Gen Comp Endocrinol*; 2016. 230-231, 110-142.

Hopkins KD. Reporting fish growth: A review of the basics. *J World Aquacult Soc.* 1992. 23, 173-179.

Hossain MS, Chowdhury SR, Das NG, Rahaman MM. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. *Aquac Int*; 2007. 15, 425-443.

Jobling M. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Aquacult Res.* 2003. 34, 581-584.

Jordão LC, Volpato GL. Chemical transfer of warning information in non-injured fish. *Behaviour*; 2000. 137, 681-690.

Kats LB, Dill LM. The scent of death: Chemosensory assessment of predation risk by prey animals. *Ecoscience*; 1998. 5,361-394.

Le Cren ED. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). J Anim Ecol; 1951. 20(2), 201-219.

Lima SL. Stress and decision making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. Adv Stud Behav. 1998. 27, 215-290.

Mathis A, Smith RJF. Intraspecific and cross-superorder responses to chemical alarm signals by brook stickleback. Ecology; 1993. 74, 2395-2404.

Miyai CA, Sanches FHC, Pinho-Neto CF, Barreto RE. Effects of predator odour on antipredatory responses of Nile tilapia. Physiol Behav; 2016. 165, 22-27.

Normandes EB, Barreto RE, Carvalho RF, Delicio HC. Effects of betaine on the growth of the fish piaçu, *Leporinus macrocephalus*. Braz Arch Biol Technol; 2006. 49, 757-762.

Oliveira TA, Koakoski G, Motta AC, Piatto AL, Barreto RE, Volpato GL, Barcellos LJG. Death-associated odors induce stress in zebrafish. Horm Behav; 2014. 65, 340-344.

Sanches FHC, Miyai CA, Pinho-Neto CF, Barreto RE. Stress responses to chemical alarm cues in the Nile tilapia. Physiol Behav; 2015. 149, 8-13.

Tjossem SF. Effects of fish chemical cues on vertical migration behavior of *Chaoborus*. Limnol Oceanogr. 1990. 35(7), 1456-1468.

Volpato GL, Fernandes MO. Social control growth in fish. Braz J Med Biol Res; 1994. 27, 797-810.

Volpato GL & Barreto RE. Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia. Braz J Med Biol Res. 2001. 34(8), 1041-1045.

Volpato GL, Bovi TS, de Freitas RHA, da Silva DF, Delicio HC, Giaquinto PC, Barreto RE. Red light stimulates feeding motivation in fish but does not improve growth. PloS One; 2013. 8(3), e59134. doi:10.1371/journal.pone.0059134.

Wagner CM, Stroud EM, Meckley TD. A deathly odor suggests a new sustainable tool for controlling a costly invasive species. Can J Fish Aquat Sci; 2011. 68, 1157-1160.

Wisenden BD. Olfactory assessment of predation risk in the aquatic environment. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*; 2000. 355, 1205-1208.

Wootton RJ. Constraints in the evolution of fish life histories. *Netherlands Journal of Eur Zool J*; 1992. 42(2-3), 291-303.