



## RAÇÕES PARA PEIXES: AVALIAÇÃO DA UMIDADE COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE PARA PRODUTOS COMERCIALIZADOS A GRANEL

### *FISH FEED: ASSESSMENT OF MOISTURE AS QUALITY PARAMETER FOR PRODUCTS SOLD IN BULK*

Wesclen Vilar Nogueira<sup>1\*</sup>, Francine Kerstner de Oliveira<sup>2</sup> & Jaqueline Garda Buffon<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande - FURG

\*E-mail: wesclenvilar@gmail.com

**RESUMO** Este estudo avaliou o teor de umidade em rações para peixes comercializadas a granel no município de Pimenta Bueno, Rondônia, Brasil. As amostras foram coletadas de acordo com o regulamento nº 401/2006 da *European Commission* (EC). Para amostragem, foi estabelecido uma divisão no comprimento das embalagens de 25 kg em três partes iguais (superior, central e inferior) a partir das quais foram coletadas amostras primárias de 0,5 kg. Após homogeneização, as amostras foram embaladas em sacos plásticos estéreis, identificadas e mantidas a -4 °C até análise. Foram avaliadas sete amostras de três diferentes marcas. O teor de umidade (U) foi determinado de acordo com protocolo da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). O teor de umidade variou entre 8,6% e 10,0%. Apenas 28,5% das amostras apresentavam os valores em conformidade aos estabelecidos nos rótulos. Para as amostras em desconformidade, a variação entre os valores analisados e rotulados são iguais ou inferiores a 1%.

**Palavras-chave:** Aquicultura, caracterização química, micotoxinas

**ABSTRACT** This study provided evaluated the moisture content in fish feed sold in bulk in the municipality of Pimenta Bueno, Rondônia, Brazil. Samples were collected following regulation 401/2006 of the European Commission (EC). For sampling, the length of the packages of 25 kg of was divided into three equal parts (upper, central, and lower) from which primary samples of 0.5 kg were collected. After sample homogenization, it was packed in sterile plastic bags, identified and kept at -4 °C until analysis. A total of seven samples of three different brands were evaluated. Moisture content (U) was determined according to the protocol of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). The moisture content varied between 8.6% and 10.0%. Only 28.5% of the samples presented the values according to those put on their labels. For non-conforming samples, the variation between the content analyzed in this study and the labeled values of the samples were equivalent to or fewer than 1%.

**Key words:** Aquaculture, chemical characterization, mycotoxins

## Introdução

A piscicultura cresce de forma acelerada em todo mundo (Siqueira, 2018). A nível nacional, dados da Associação Brasileira de Piscicultura apontam que em 2019 a produção de peixes foi superior a 722 mil toneladas (t), apresentando incremento produtivo de 4,5% em relação ao ano anterior (Peixe BR, 2019). Dentro da atividade piscícola, a alimentação é considerada uma das atividades de maior importância (Pohlenz & Gatlin III, 2014). Os elevados índices produtivos estão diretamente relacionados a utilização de rações (e.g. farelada, extrusada e peletizada) nutricionalmente completas (Cyrino, Bicudo, Sado, Borghesi & Dairiki, 2010, Mello et al., 2016, Lasner, Brinker, Nielsen & Rad, 2017).

A ração pode representar até 80% do custo de produção, dependendo do sistema de criação (e.g. semi-intensivo, intensivo e superintensivo) (Scorvo-Filho, Frasca-Scorvo, Alves & Souza, 2010), logo é importante conhecer as variáveis que possam influenciar o aproveitamento deste insumo pelos animais. Os indicativos econômicos e de qualidade (e.g. umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria fibrosa, matéria mineral, cálcio e fósforo) devem ser considerados desde a aquisição da matéria-prima até o processamento do produto final (Moro & Rodrigues, 2015). Além disso, os indicativos de qualidade devem ser apresentados nos rótulos das embalagens e são descritos como níveis de garantia conforme estabelece o Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007 (Brasil, 2007).

Dentre estes indicativos destaca-se o teor de umidade, fator responsável pela multiplicação de micro-organismos (Araújo, Santos, Espíndola Filho, Calheiros & Montaldo, 2010) e também por tornar as rações quebradiças durante o transporte e manuseio (Aas et al., 2011). Assim, o controle da umidade dentro do processo produtivo de ração influencia nos custos de produção (Melendez, Ascheri, Oliveira & Berrios, 2018). Portanto, o estudo avaliou o teor de umidade como parâmetro de qualidade em rações para peixes comercializadas a granel no município de Pimenta Bueno, Rondônia, Brasil. Além de avaliar a conformidade dos valores determinados com níveis de garantia declarados nos rótulos das embalagens.

## Material e Métodos

### AMOSTRAS

A coleta das amostras foi realizada conforme o regulamento nº 401/2006 da *European Commission* de 23 de fevereiro de 2006, que estabelece os métodos de amostragem e de análise para o controle oficial dos teores de micotoxinas nos gêneros alimentícios. As amostras de rações foram adquiridas no comércio de Pimenta Bueno, Rondônia, Brasil. Um total de 7 amostras comercializadas a granel destinadas a diferentes fases de desenvolvimento (e.g. alevino, juvenil e adulto) foram obtidas de forma aleatória entre dezembro de 2017 e janeiro de 2018. Para amostragem, foi estabelecida uma divisão no comprimento das embalagens de 25 kg em três partes iguais, camada superior, central e inferior, a partir das quais foram coletadas amostras primárias de 0,5 kg. Após homogeneização, as amostras foram embaladas, identificadas, vedadas em sacos plásticos estéreis, e mantidas a - 4 °C até análise.

### DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

O método utilizado para a determinação do teor de umidade foi o estabelecido pela *Association of Official Analytical Chemists*, nº 935.29 (AOAC, 2000). Para execução do método, primeiramente, as amostras de rações foram trituradas até obtenção de tamanho de partícula de aproximadamente 0,5 mm. Em seguida, 4 g de ração foram acondicionadas em cápsula de alumínio e mantidas em estufa a 105 °C por 4 h, sendo posteriormente acondicionadas em dessecador até atingirem temperatura ambiente para avaliar a perda de massa de água. Esse procedimento foi repetido até as amostras obterem peso constante, permanecendo em estufa a 105 °C por períodos de 1 h.

Todas as determinações foram realizadas em triplicata. Para avaliação de conformidade com os níveis de garantia declarados nos rótulos das embalagens, foi usado o critério de comparação das informações declaradas com as médias ( $\pm$  coeficiente de variação) das informações analisadas.

## Resultados e Discussão

Para análise de conformidade, apenas 28,5% das amostras apresentaram os valores conforme estabelecidos nos rótulos. Entretanto, a variação entre os valores determinados e rotulados para as demais amostras são iguais ou inferiores a 1% (Tabela 1). A determinação do teor de umidade é uma das medidas mais importante aplicada a alimentos. Em rações, o teor de umidade adequado está diretamente relacionado

a estabilidade, textura e atratibilidade, fatores que influenciam a taxa de consumo e digestibilidade pelos peixes (Aas et al., 2011). Para garantir que esses fatores não sejam afetados, todo o processo de produção deve ser realizado de forma correta (Cecchi, 2003).

**Tabela 1.** Teores de umidade das rações para peixes coletadas em Pimenta Bueno, Rondônia.

Amostras	Fases	Teor de umidade (%)	
		Valores determinados	Valores rotulados
1	Adulto	10,0 ( $\pm 0,06$ )	9,0
2	Juvenil	9,5 ( $\pm 0,03$ )	9,0
3	Alevino	8,6 ( $\pm 0,04$ )	9,0
4	Adulto	9,7 ( $\pm 0,15$ )	9,2
5	Juvenil	10,0 ( $\pm 0,16$ )	9,2
6	Alevino	10,0 ( $\pm 0,09$ )	9,2
7	Alevino	8,7 ( $\pm 0,01$ )	9,2

Dados apresentados como percentual da média (coeficiente de variação).

Dentre esses processos, o armazenamento é um ponto crítico dentro da cadeia produtiva e também no ambiente de comercialização, pois quando realizado de forma correta é fundamental para a conservação das rações, quando realizado de forma inadequada, pode comprometer a qualidade do produto (Damodaran, Parkin, & Fennema, 2010; Hassan, Hassan, Shafei, Ahl, & El-Dayem, 2011). Rações vendidas a granel, em contato livre com a atmosfera pode ganhar ou perder umidade, entretanto, esse processo depende diretamente da umidade relativa do ar e da temperatura ambiente (Cardoso Filho et al., 2013; Rodríguez-Cervantes et al., 2013, Johny et al., 2019).

Este fato pode ter colaborado para a variação igual o inferior a 1% para as rações que apresentaram os valores em desconformidade com os rotulados. Entretanto, essa variação é insignificante levando em consideração que nessas condições de umidade (8 a 12%) a qualidade do produto não é afetada (NRC, 1993). De acordo com a *National Research Council*, baixos teores de umidade garantem boas condições para o armazenamento de rações, entretanto, teores de umidade iguais ou superiores a 12%, favorecem à deterioração por micro-organismos (NRC, 1993). Dentre esses, vários gêneros fúngicos apresentam destaque devido à alta incidência em rações destinadas a alimentação de peixes conforme apresentado na Tabela 2.

Os gêneros *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus* são os principais gêneros relacionados a contaminação de alimentos para peixes (Tabela 2). Esses gêneros fúngicos também são os principais produtores de micotoxinas (Marin et al., 2013). Dentre as principais micotoxinas produzidas por espécies do gênero *Aspergillus*, tem-se as aflatoxinas (AFs) dos grupos B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub> (Razzaghi-Abyaneh, Shams-Ghahfarokhi, Chang, 2011). Com relação ao gênero *Penicillium*, a ocratoxina A é a principal micotoxina sintetizada (Schmidt-Heydt et al., 2012) e, dentre as principais micotoxinas produzidas pelo gênero *Fusarium*, tem-se a zearalenona (ZEN) (Richard, 2007) e diversos compostos pertencentes a classe dos tricotecenos, como nivalenol (NIV), deoxinivalenol (DON) e toxina T-2 (Shu, Christopher, Xiu-Zhen, Cheng & Ting, 2009).

Nogueira et al. (2020a), avaliando a presença de micotoxinas em rações destinadas a alimentação de peixes no estado do Rio Grande do Sul, verificaram que rações contendo altos teores de umidade (10 a 10,5%) apresentaram contaminação variando de 0,3 a 0,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para aflatoxina B<sub>1</sub>, de 10,6 a 30,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para ocratoxina A, e de 123,0 a 185,9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para zearalenona. Concentrações similares a essas micotoxinas podem provocar efeitos nocivos a uma variedade de espécies ícticas (Schwartz, Thorpe, Bucheli, Wettstein & Burkhardt-Holm, 2010, Nogueira et al., 2020b). Os efeitos podem variar de alterações em células imunitárias (Pietsch, Junge & Burkhardt-Holm, 2015), redução do crescimento e ganho de peso (Tola et al., 2015, Zahran, Manning, Seo & Noga, 2016), desordens hepáticas (Pietsch, Schulz, Rovira, Kloas & Burkhardt-Holm, 2014), até diminuição da atividade do citocromo P450 (Mansour, Omar, Soliman, Srour & Nour, 2015) e em casos mais graves, mortalidade (Manning, Ulloa, Li, Robinson & Rottinghaus, 2003, Anater et al., 2016).

**Tabela 2 .** Ocorrência de espécies fúngicas em rações para peixes.

Espécies fúngicas	FC (%)	NA	País	Referências
<i>Aspergillus flavus</i>	54,5	52	Quênia, Tanzânia,	Marijani et al. (2017)
<i>Aspergillus tamari</i>	9,1		Ruanda, Uganda	
<i>Mucor</i> sp.	9,0			
<i>Phoma</i> sp.	6,1			
<i>Aspergillus niger</i>	6,0			
<i>Eurotium rubrum</i>	3,0			
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3,0			
<i>Aspergillus flavus</i>	48,0	25	Egito	Mohamed, Emeish, Braeuning e Hammad (2017)
<i>Aspergillus niger</i>	40,0			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	8,0			
<i>Aspergillus ochraceus</i>	4,0			
<i>Penicillium</i> sp.	40,0			
<i>Cladosporium</i> sp.	8,0			
<i>Candida</i> sp.	40,0			
<i>Aspergillus flavus</i>	60,4	36	Brasil	Cardoso Filho et al. (2013)
<i>Aspergillus oryzae</i>	6,9			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	6,9			
<i>Aspergillus terreus</i>	2,3			
<i>Aspergillus candidus</i>	2,3			
<i>Aspergillus penicillioides</i>	2,3			
<i>Eurotium</i> spp.	18,6			
<i>Penicillium implicatum</i>	57,1			
<i>Penicillium restrictum</i>	21,4			
<i>Penicillium citrinum</i>	14,2			
<i>Penicillium rugulosum</i>	7,1			
<i>Aspergillus niger</i>	39,1	87	Portugal	Almeida et al. (2011)
<i>Aspergillus glaucus</i>	29,9			
<i>Penicillium</i> sp.	28,7			
<i>Cladosporium</i> sp.	28,7			
<i>Fusarium</i> sp.	25,3			

FC = frequência de ocorrência, NA = número de amostras.

Apesar de um alto teor de umidade ser desfavorável, rações demasiadamente secas também são consideradas como problema para o setor piscícola, pois podem dificultar o processo digestivo pelo peixe (NRC, 1993). Rações com teor de umidade inferior a 8%, pode resultar em rações quebradiças durante o transporte e manuseio, gerando pequenas partículas, chamadas de finos (Aas et.al., 2011). Isso pode gerar prejuízos econômicos para o piscicultor, uma vez que essas partículas serão depositadas na coluna d'água, contribuindo para o acúmulo de matéria orgânica no sistema de produção (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010). Quando dissolvidos na água os nutrientes presentes (e.g. nitrogênio e fósforo) favorecem a proliferação de fitoplânctons, acarretando a eutrofização dos corpos de água (Cyrino, Bicudo, Sado, Borghesi & Dairiki, 2010). Como consequências desse processo, tem-se a redução da transparência da água, redução da concentração de oxigênio dissolvido e aumento da amônia, ocasionando estresse e até morte das espécies cultivadas (Cyrino, Bicudo, Sado, Borghesi & Dairiki, 2010, Cyrino & Fracalossi, 2012).

Além desses fatores, o alto teor de umidade favorece a oxidação dos nutrientes e, representa uma porção sem valor nutricional que é contabilizado no produto final (Cyrino & Fracalossi, 2012). Desta forma, a umidade deve ser controlada de maneira eficiente dentro do processo de fabricação, com aplicação das Boas Práticas de Fabricação (BPF), assegurando a qualidade sanitária e a conformidade do produto, prevenindo possíveis riscos à saúde dos animais (Moro & Rodrigues, 2015). Logo, a umidade é de grande importância econômica, pois reflete a perecibilidade de um produto, uma vez que apresentando valores distintos das recomendações técnicas resulta em grandes perdas na estabilidade, proliferação de micro-organismos e digestibilidade. Assim, o teor de umidade é utilizado como um indicador econômico e de qualidade dentro do processo produtivo de ração para peixes (José, Pierre & Fracalossi, 2016).

## Agradecimentos

A Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e a Escola de Química e Alimentos (EQA) pela infraestrutura disponibilizada para a realização do estudo

## Fontes de financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Referências

- Aas, T.S., Terjesen, B.F., Sigholt, T., Hillestad, M., Holm, J., Refstie, S., Baeverfjord, G., Rørvik, K.A., Sørensen, M., Oehme, M & Åsgård, T. (2011). Nutritional responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with different physical qualities at stable or variable environmental conditions. *Aquaculture Nutrition*, 17(1): 657-670.
- Almeida, I.F., Martins, H.M.L., Santos, S.M.O., Freitas, M.S., Costa, J.M.G.N. & D'Almeida-Bernardo, F.M. (2011). Mycobiota and aflatoxin B<sub>1</sub> in feed for farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Toxins*, 3(3): 163-171.
- Anater, A., Manyes, L., Meca, G., Ferrer, E., Luciano, F.B., Pimpão, C.T. & Font, G. (2016). Mycotoxins and their consequences in aquaculture: a review. *Aquaculture*, 451(1): 1-10.
- Araújo, G.S.A., Santos, T.M.C., Espíndola Filho, A.M., Calheiros, A.K.A. & Montaldo, Y.C. (2010). Ocorrência de fungos de campo e de armazenamento em ingredientes e ração para tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Pubvet*, 4(1): 944-950.
- Brasil (2007). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. *Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007*. Brasília: MAPA.
- Cardoso Filho, F.C., Calvet, R.M., Rosa, C.A.R., Pereira, M.M.G., Costa, A.P.R. & Murator, M.C.S. (2013). Monitoramento de fungos toxigênicos e aflatoxinas em rações utilizadas em piscicultura. *Ciência Animal Brasileira*, 14(3): 305-311.
- Cecchi, H.M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos* (2ª ed.). Campinas: UNICAMP.
- Cyrino, J.E.P., Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y., Borghesi, R. & Dairiki, J.K. (2010). A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1): 68-87.
- Cyrino, J.E.P. & Fracalossi, D.M. (2012). *Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira* (1ª ed.). Florianópolis: AQUABIO.
- Damodaran, S., Parkin, K.L. & Fennema, O.R. (2010). *Química de Alimentos de Fennema* (4ª ed). Porto Alegre: Artmed.
- Hassan, A.A., Hassan M.A., Shafei, H.M.E., Ahl, R.M.H.S. & El-Dayem, R.H.A. (2011). Detection of aflatoxigenic moulds isolated from fish and their products and its public health significance. *Nature and Science*, 9(9): 106-114.
- Johny, A., Fæste, C.K., Bøgevik, A.S., Berge, G.M., Fernandes, J.M.O. & Ivanova, L. (2019). Development and validation of a liquid chromatography high-resolution mass spectrometry method for the simultaneous determination of mycotoxins and phytoestrogens in plant-based fish feed and exposed fish. *Toxins*, 11(4): 1-21.
- José, B.R., Pierre, B.S. & Fracalossi, D.M. (2016). De olho na composição das rações de tilápia. *Panorama da Aquicultura*, 26(1): 30-41.
- Lasner, T., Brinker, A., Nielsen, R. & Rad, F. (2017). Establishing a benchmarking for fish farming-profitability, productivity and energy efficiency of German, Danish and Turkish rainbow trout grow-out systems. *Aquaculture*, 48(1): 3134-3148.

- Macedo, C.F. & Sipaúba-Tavares, L.H. (2010). Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca*, 36(2): 149-163.
- Manning, B.B., Ulloa, R.M., Li, M.H., Robinson, E. H. & Rottinghaus, G. E. (2003). Ochratoxin A fed to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) causes reduced growth and lesions of hepatopancreatic tissue. *Aquaculture*, 219(1): 739-750.
- Mansour, A.T., Omar, E.A., Soliman, M.K., Srour, T.M. & Nour, A.M. (2015). The antagonistic effect of whey on Ochratoxin A toxicity on the growth performance, feed utilization, liver and kidney functions of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Middle East Journal Applied Sciences*, 5(1): 176-183.
- Marijani, E., Wainaina, J.M., Charo-Karisa, H., Nzayisenga, L., Munguti, J., Gnonlonfin, G.J.B., Kigadye, E. & Okoth, S. (2017). Mycoflora and mycotoxins in finished fish feed and feed ingredients from smallholder farms in East Africa. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(2): 169-176.
- Melendez, A.A., Ascheri, J.L.R., Oliveira, E.M.S. & Berrios, J.J. (2018). Aquaculture feeds: a review of raw material, manufacturing process and product quality. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 16(3): 10-17.
- Mello, F., Oliveira, C.A.L., Streit JR, D., Resende, E.K., Oliveira, S.N., Fornari, D.C., Barreto, R.V., Povh, J.A. & Ribeiro, R.P. (2016). Estimation of genetic parameters for body weight and morphometric traits to tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of Fisheries Sciences*, 10(1): 96-100.
- Mohamed, H.M.A., Emeish, W.F.A., Braeuning, A. & Hammad, S. (2017). Detection of aflatoxin-producing fungi isolated from Nile tilapia and fish feed. *Experimental and Clinical Sciences, International Journal*, 16(1): 1308-1318.
- Moro, G.V. & Rodrigues, A.P.O. (2015). *Raças para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento*. Brasília: Embrapa.
- Nogueira, W.V., Oliveira, F.K., Marimón-Sibaja, K.V., Garcia, S.O., Kupski, L., Souza, M.M., Tesser, M.B. & Garda-Bufferon, J. (2020a) Occurrence and bioaccessibility of mycotoxins in fish feed. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 1(1): 1-8.
- Nogueira, W.V., Oliveira, F.K., Garcia, S.O., Marimón-Sibaja, K.V., Tesser, M.B. & Garda-Bufferon, J. (2020b). Sources, quantification techniques, associated hazards, and control measures of mycotoxin contamination of aquafeed. *Critical Reviews in Microbiology*, 46(1): 26-37.
- NRC - National Research Council. (1993). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington: National Academic Press.
- Peixe BR - Associação Brasileira da Piscicultura. (2019). *Anuário da Piscicultura 2019*. São Paulo: Peixe BR.
- Pietsch, C., Schulz, C., Rovira, P., Kloas, W. & Burkhardt-Holm, P. (2014). Organ damage and hepatic lipid accumulation in carp (*Cyprinus carpio* L.) after feed-borne exposure to the mycotoxin, deoxynivalenol (DON). *Toxins*, 6(2): 756-778.
- Pietsch, C., Junge, R. & Burkhardt-Holm, P. (2015). Immunomodulation by zearalenone in Carp (*Cyprinus carpio* L.). *BioMed Research International*, 1(1): 1-9.
- Pohlenz, C. & Gatlin III, D.M. (2014). Interrelationships between fish nutrition and health. *Aquaculture*, 431(1): 111-117.
- Richard, J.L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicosis - an overview. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1): 3-10.
- Rodríguez-Cervantes, C.H., Ramos, A.J., Robledo-Marenco, M.L., Sanchis, V., Marín, S. & Girón-Pérez, M.I. (2013). Determination of aflatoxin and fumonisin levels through ELISA and HPLC, on tilapia feed in Nayarit, Mexico. *Food and Agricultural Immunology*, 24(3): 269-278.

Schwartz, P., Thorpe, K.L., Bucheli, T.D., Wettstein, F.E. & Burkhardt-Holm, P. (2010). Short-term exposure to the environmentally relevant estrogenic mycotoxin zearalenone impairs reproduction in fish. *Science of the Total Environment*, 409(2): 326-333.

Scorvo-Filho, J.D., Frasca-Scorvo, C.M.D., Alves, J.M.C. & Souza, F.R.A.A. (2010). Tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1): 112-118.

Siqueira, T.V. (2018). Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, 17(49): 53-60.

Shu, G., Christopher, Y.J., Xiu-Zhen, L., Cheng, J. & Ting, Z. (2009). Transformation of trichothecene mycotoxins by microorganisms from fish digesta. *Aquaculture*, 290(3): 290-295.

Tola, S., Bureau, D.P., Hooft, J.M., Beamish, F.W.H., Sulyok, M., Krska, R., Encarnação, P. & Petkam, R. (2015). Effects of wheat naturally contaminated with fusarium mycotoxins on growth performance and selected health indices of red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*). *Toxins*, 7(6): 1929-1944.

Zahran, E., Manning, B., Seo, J. & Noga, E.J. (2016). The effect of ochratoxin A on antimicrobial polypeptide expression and resistance to water mold infection in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 57(1): 60-67.