

FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

Data de submissão: 05/04/2023

Data de aceite: 02/05/2023

Geisiane Silva Sousa

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0003-3686-5383>

Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-1707-2970>

Maylanne Sousa de Lima

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0001-5964-5995>

Vanessa Ferreira Batista

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-9638-5034>

Milena Sousa Veiga

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0006-2046-0268>

Vanilisa Chaves de Sousa

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0001-5840-3564>

Maiane Ferreira Silva

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0004-2737-7075>

Romulo Jordão Neves Aroucha

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0003-2056-4674>

Maria Tatielle Gomes da Silva

Engenheira de Pesca (CREA-MA
1120340322)
São José de Ribamar – MA
<https://orcid.org/0009-0008-0298-3940>

Rafael Silva Marchão

Universidade Federal do Vale do São
Francisco (UNIVASF)
Petrolina – PE
<https://orcid.org/0000-0003-4676-3452>

Marcos Vinícius Silva Bastos

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0009-5043-7124>

Felipe Barbosa Ribeiro

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-2505-3964>

RESUMO: O fósforo é um dos principais nutrientes na nutrição de peixes, e os peixes não conseguem sintetizar este mineral, por este motivo a sua suplementação nas dietas se torna necessária para manter a homeostase no metabolismo. O fósforo, assim como o cálcio, atua diretamente na formação e manutenção do tecido ósseo. Além disso, o fósforo atua na formação dos ácidos nucleicos, estrutura e função de membranas celulares, produção de energia, transporte de nutrientes para as células, entre outras. Diante disso, o objetivo desta revisão é compilar informações pertinentes sobre a importância dos níveis adequados de fósforo na nutrição de peixes, levando em consideração as principais fontes de fósforo utilizadas na alimentação de peixes, sua disponibilidade e exigência nutricional de algumas espécies.

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade; macromineral; mineral essencial; organismo aquático.

PHOSPHORUS IN FISH NUTRITION

ABSTRACT: Phosphorus is one of the main nutrients in fish nutrition, and fish cannot synthesize this mineral for this reason its supplementation in diets becomes necessary to maintain homeostasis in metabolism. Phosphorus, like calcium, acts directly in the formation and maintenance of bone tissue. In addition, phosphorus acts in the formation of nucleic nutrients, structure and function of cell membranes, energy production, transport of nutrients to cells, among others. In view of this, the objective of this review is to compile relevant information on the importance of phosphorus efficiency levels in fish nutrition, taking into account the main sources of phosphorus used in fish feed, its availability and nutritional needs of some species.

KEYWORDS: Availability; macromineral; essential mineral; aquatic organism.

1 | INTRODUÇÃO

A nutrição de peixes tem se tornado um tema muito relevante nas últimas décadas, principalmente em estudos que determinam as exigências nutricionais de proteínas, aminoácidos e energia (SIGNOR et al., 2011; QUINTERO-PINTO et al., 2011; FURUYA et al., 2013). Esses estudos têm como principal objetivo elaborar rações balanceadas, ou seja, com quantidades adequadas de nutrientes para maximizar a produção e reduzir o impacto ambiental no meio aquático.

Todavia, são poucos os estudos sobre a exigência de minerais (Ca, P, Na, K, Mg, Cl e S) para peixes, visto que os minerais atuam em diversas funções do organismo, como catalizadores de reações químicas no metabolismo, formação óssea e metabolismo energético, promovendo um adequado crescimento aos peixes (DIEMER et al., 2011; DE ALENCAR et al., 2006).

Dentre os minerais, o fósforo é classificado como um macromineral, e desempenha papel fundamental na nutrição de peixes, sendo responsável pela manutenção e formação óssea, juntamente com o cálcio, estrutura da formação de membranas celulares e no metabolismo energético (DIEMER et al., 2011). Além disso, os peixes não conseguem sintetizar o fósforo e apresentam baixa capacidade de assimilar o fósforo presente na água (HEPHER, 1988; PEZZATO et al., 2006; CYRINO et al., 2010), o que torna necessária a suplementação desse macromineral em dietas para peixes quando este mineral estiver em baixa quantidade na dieta em comparação a exigência do animal.

Peixes alimentados com dietas deficientes em fósforo apresentam redução na taxa de crescimento, perda de massa mineral óssea e acúmulo de gordura corporal, entretanto, o excesso de fósforo na dieta de peixes, proporciona desequilíbrio no metabolismo, o que prejudica a absorção do fósforo, aumentando sua excreção e favorecendo o processo de eutrofização do ambiente aquático (MENEZES et al., 2021).

Dessa forma, a utilização de rações com níveis adequados de fósforo na nutrição de peixes pode proporcionar maior crescimento e ocasionar a redução da carga poluente no ambiente de cultivo. Assim, o objetivo desta revisão é compilar informações pertinentes sobre a importância dos níveis adequados de fósforo na nutrição de peixes, levando em consideração as principais fontes de fósforo utilizadas na alimentação desses animais, sua disponibilidade e exigência nutricional de algumas espécies.

2 | PRINCIPAIS FONTES DE FÓSFORO EM ALIMENTOS PARA PEIXES

O fósforo se encontra amplamente difundido em convênio com outros elementos na natureza (QUINTERO-PINTO et al., 2011). Os peixes confinados necessitam de fósforo e a principal forma de fornecimento deste mineral é por meio da dieta, seja por fonte de origem animal, vegetal ou de rochas. Além disso, o fósforo está entre os nutrientes mais onerosos em dietas para peixes (BOMFIM, 2013; DE SOUSA et al., 2018).

O fósforo presente nos alimentos de origem vegetal (Tabela 1), como milho, farelo de soja, farelo de trigo e glúten de milho, está ligado com moléculas de fitato. O fitato, ou ácido fítico, é uma molécula presente naturalmente em todos os vegetais. É classificada como um dos principais fatores antinutricionais presente nestes alimentos e indisponibiliza o fósforo para os animais não ruminantes (aves, suínos e peixes), ou seja, prejudica a digestão e absorção e, até onde se sabe, os peixes não apresentam a enzima fitase, responsável pela quebra da ligação do fósforo com o fitato (PONTES, 2015; QUINTERO-PINTO et al., 2011).

Alimentos	Fósforo total (%)	Fósforo disponível (%)	Fósforo fítico (%)
Milho	0,19 - 0,29	0,04 - 0,08	0,15 - 0,21
Milheto	0,29	0,08	0,21
Farelo de soja	0,59	0,22 - 0,23	0,36 - 0,37
Farelo de arroz	1,71	0,35	1,37
Farelo de trigo	0,94	0,49	0,45
Glúten de milho 60%	0,52	0,05	0,47
Sorgo	0,23 - 0,26	0,07 - 0,08	0,16 - 0,18
Farelo de algodão	0,85 - 1,07	0,29 - 0,46	0,56 - 0,65

Tabela 1- Teor de fósforo total, disponível e fítico em alimentos de origem vegetal utilizados na alimentação de peixes

Adaptado: Furuya et al. (2010) e Rostagno et al. (2017).

Aproximadamente 33% do fósforo presente nos alimentos de origem vegetal está complexado com a molécula fitato. Relata-se que essa molécula também complexa outros minerais (ex.: Ca, Mg e Zn) (ANDRIGUETTO, 2002; BERTECHINI, 2021).

As fontes de fósforo provenientes de alimentos de origem animal (ex.: farinhas de peixe, carne e ossos e aves) utilizados na alimentação de peixes (Tabela 2) são obtidas de resíduos de abatedouros (aves, suínos, bovinos e peixes), após o processamento adequado para eliminação de microrganismos patogênicos, normalmente por calor. Estes alimentos não apresentam a molécula de fitato, o que proporciona a disponibilidade de fósforo em 100%, exceto para as farinhas de carne e ossos, em que as pesquisas mostraram ser somente 90% disponível (ROSTAGNO et al., 2017).

Alimentos	Fósforo total (%)	Fósforo disponível (%)
Farinha de carne e ossos (38 - 60%)	7,54 - 4,59	6,79 - 4,13
Farinha de osso autoclavada	11,4	11,4
Farinha de osso calcinada	16,2	14,9
Farinha de peixe (54 - 61%)	2,99 - 2,41	2,99 - 2,41
Farinha de penas (75 - 84%)	0,67 - 0,47	0,67 - 0,47
Farinha de sangue	0,24	0,24
Farinha de vísceras de aves	2,54	2,54
Farinha de vísceras de suínos	4,68	4,68

Tabela 2- Teor de fósforo total e disponível em alimentos de origem animal utilizados na alimentação de peixes

Adaptado: Furuya et al. (2010) e Rostagno et al. (2017).

Nas farinhas de origem animal é comum encontrar o fósforo na forma inorgânica de hidroxiapatita, componente estrutural dos ossos, o qual proporciona rigidez, resistência e suporte (STEFFENS, 1987; LALL, 2002).

Naturalmente o fósforo é encontrado nas formas inorgânica e orgânica, sendo a inorgânica absorvida em maior proporção, comparada a orgânica, pois as enzimas fosfatases alcalinas intestinais, na presença da água, realizam a “quebra” química da forma orgânica, disponibilizando a fração solúvel (MCDOWELL, 1992).

As rochas fosfáticas (fontes não renováveis), também conhecidas como fosforite, são depósitos naturais de fósforo (PANTANO et al., 2016). As principais fontes de fósforo proveniente de rochas utilizadas na nutrição animal estão na tabela 3, destas, o fosfato bicálcico é a fonte de fósforo mais utilizada para suprir a exigência de fósforo na nutrição animal.

Alimentos	Fósforo total (%)	Fósforo disponível (%)
Fosfato monocálcico	21,40	21,40
Fosfato bicálcico	18,50	18,50
Fosfato tricálcico	17,90	17,90
Fosfato dissódico	21,30	21,30

Tabela 3- Teor de fósforo total e disponível em alimentos de origem de rochas utilizados na alimentação de peixes.

Adaptado: Furuya et al. (2010) e Rostagno et al. (2017).

3 I EXIGÊNCIA DE FÓSFORO PARA PEIXES

Assim como os animais terrestres, os peixes apresentam uma exigência mínima de fósforo, para proporcionar maior desempenho zootécnico (ROBINSON et al., 1987; FIGUEIREDO JÚNIOR et al., 2018), pois o fósforo apresenta um importante papel na formação da estrutura óssea e participa do metabolismo energético (TEIXEIRA et al., 2005; DIETERICH et al., 2012).

Os peixes (por intermédio da osmorregulação) possuem a capacidade de absorver determinados elementos inorgânicos do meio em que vivem, podendo suprir parte das suas exigências nutricionais de alguns minerais (ex.: Ca, Mg, Na, K e Z), todavia, para atender aos requisitos de fósforo, entre outros sais minerais, faz-se necessário a suplementação mediante dieta (WATANABE; KIRON; SATOH, 1997). A exigência de fósforo para peixes disponível na literatura apresenta uma variação de 0,33 a 0,90% (Tabela 4).

Espécies	Exigência de fósforo (%) ^a
Truta Arcos-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,60 - 0,70
Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0,40 - 0,90
Bagre do Canal (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,33 - 0,45
Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	0,60 - 0,80
Salmão do Pacífico (<i>Oncorhynchus spp.</i>)	0,60
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	0,60 - 0,70
Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	0,40 - 0,60 ^c
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	0,55 - 0,71 ^b

Adaptado: ^aNRC (2011) e Santos (2002); ^bDados referentes à Sousa et al. (2018; 2019) e Araújo et al. (2017); ^cDados obtidos por Diemer et al., (2014) e Signor et al., (2011).

Tabela 4- Exigência de fósforo para algumas espécies de peixes de água doce.

Esta diferença entre os estudos pode ser resultado de uma combinação de vários fatores, entre eles a liberação dos estoques corporais de fósforo dos peixes, principalmente do tecido ósseo para manter as funções fisiológicas, ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais (vegetal, animal ou proveniente de rochas) e diferença entre as espécies no aproveitamento do fósforo das dietas (NRC, 2011; PEZZATO et al., 2006).

Peixes alimentados com dietas contendo baixo teor de fósforo apresentam queda no desempenho e diminuem o consumo de ração, resultando em aumento na conversão alimentar, menor ganho de peso, letargia, acúmulo de gordura corporal e no fígado, coloração escura, maior agressividade, além de causar empobrecimento na mineralização óssea, deformações e nódulos nas espinhas dorsais das vértebras (FRACALLOSSI; CYRINO, 2016). O excesso de fósforo na dieta de peixes pode proporcionar desequilíbrio no metabolismo, o que prejudica a absorção de fósforo e aumenta sua excreção, favorecendo o processo de eutrofização do ambiente aquático (MENEZES et al., 2021).

4 | EFEITO POLUIDOR DO FÓSFORO NO AMBIENTE AQUÁTICO

O fósforo é um dos elementos essenciais para o crescimento adequado dos peixes, pois participa de processos metabólicos e estruturais do organismo, proporcionando maior desempenho zootécnico (DIEMER et al., 2011).

Os peixes possuem uma capacidade limitada de absorção do fósforo presente na água (HEPHER, 1988), sendo necessário a suplementação desse macromineral na dieta até o atendimento da sua exigência, pois sua deficiência ocasiona queda no desempenho e seu excesso proporciona impactos negativos devido ao aumento da sua excreção no ambiente aquático, ocasionando a eutrofização (PEZZATO et al., 2006; TANG et al., 2012; MENEZES et al., 2021).

A eutrofização é o acúmulo de nutrientes e minerais no ambiente aquático e afeta

negativamente a qualidade da água (LAZZARI; BALDISSEROTTO 2008), pois, o fósforo, juntamente com outros nutrientes (ex.: Nitrogênio), serve de substrato para proliferação de zooplâncton e fitoplâncton, induzindo o crescimento destes microrganismos que servem de alimentos para os peixes, principalmente no estágio inicial da vida (larvas e alevinos).

Todavia, o excesso de fitoplâncton compromete os níveis de oxigênio dissolvido na água, principalmente durante o período noturno, pois o processo de fotossíntese realizado por esses micro-organismos é interrompido, e o oxigênio dissolvido na água torna-se escasso para suprir as demandas dos organismos aquáticos de produção (ex.: peixes e camarões), podendo ocasionar mortandade (MAJED et al., 2012).

Dessa maneira, é imprescindível que a exigência desse nutriente seja atendida, sem proporcionar excessos, pois o aumento de excretas no ambiente aquático gera transtornos ambientais e econômicos.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fósforo é um mineral essencial e um dos mais limitantes em alimentos de origem vegetal utilizados na formulação de dietas para peixes, sendo necessária sua suplementação quando em níveis abaixo da exigência.

O fósforo é o mineral que está diretamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento dos peixes, pois atua na manutenção e formação do tecido ósseo e metabolismo energético.

O excesso de fósforo na dieta de peixes prejudica sua absorção, proporcionado maior excreção ao ambiente, e conseqüentemente poluição do ambiente aquático.

REFERÊNCIAS

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA, A. F. **Os minerais na nutrição animal**. In: Nutrição animal, Nobel, v. 1, p. 205, 2002.

ARAÚJO, J. G.; GUIMARÃES, I. G.; MOTA, C. S.; DE PAULA, F. G.; CAFÉ, M. B.; PÁDUA, D. M. C. Dietary available phosphorus requirement for tambaqui, *Colossoma macropomum*, juveniles based on growth, haematology and bone mineralization. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, p. 822-832, 2017.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2021. 375 p.

BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 122–140, 2013.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.

- DE ALENCAR, M. D. N. B.; ARARIPE, L. F. D. F. S.; BATISTA, J.; LOPES, H. G. D. A. A. Efeito do Cultivo de Peixes em Tanques Rede sobre o Aporte de Fósforo para o Ambiente. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 2, p. 56-65, 2006.
- DE SOUSA, T. J. R.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; SILVA, J. C.; MARCHÃO, R. S. Phosphorus requirements of tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2145-2156. 2018.
- DE SOUSA, T. J. R.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S.; COSTA, D. D. C. D. Phosphorus requirement of tambaqui fingerlings. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 795-804, 2019.
- DIEMER, O.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; SARY, C.; NEU, D. H.; FEIDEN, A. Níveis de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 559-563, 2011.
- DIEMER, O.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; KLEIN, S.; FEIDEN, A. Fósforo na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 1243-1250, 2014.
- DIETERICH, F. BOSCOLO, W. R.; LÖSH, J. A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W. M.; SIGNOR, A. A. Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 417-424, 2012.
- FIGUEIREDO JÚNIOR, J. P.; Costa, F. G. P.; Givisiez, P. E. N.; Santana, M. H. M.; Santos, É. G. D. Transportadores de cálcio e fósforo em aves de postura. **Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**. v. 13, n. 1, p. 12, 2018.
- FRACALLOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis, 2016. 375 p.
- FURUYA, W. M.; FUJII, K. M.; SANTOS, L. D. D.; SILVA, T. S. D. C.; SILVA, L. C. R. D.; MICHELATO, M. Exigência de fósforo disponível para tilápia-do-nylo (35 a 100 g). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 961-966, 2008.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.
- FURUYA, W. M. Nutrição de tilápias no Brasil. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 133-150, 2013.
- HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. New York: Cambridge University Press, New York, 1988. 388p.
- LALL, S. P. **The minerals**. In: Halver, J. E.; HARDY, R. W. Fish Nutrition, 3. Ed. USA: Elsevier Science, 2002. p. 259-308.
- LAZZARI, R.; BALDISSEROTTO, B. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2008.
- MCDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press Limited, 1992.

MAJED, N.; LI, Y.; GU, A. Z. Advances in techniques for phosphorus analysis in biological sources. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, p. 1-8, 2012.

MENEZES, L. L. C.; SANTOS, J. G.; GUIMARÃES, I. G.; PADUA, D. M.; MACHADO, V. M.; SOUTO, C. N. A new approach for quantifying phosphorus requirement in *Colossoma macropomum* using CT scanning. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1798–1810, 2021.

NRC, **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy Press, D.C, 2011. 376 p.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustainability in phosphorus use: a question of water and food security. **Química Nova**, v.39, p. 732-740, 2016.

PEZZATO, L. E.; ROSA, M. J. S.; BARROS, M. M.; GUIMARÃES, I. G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1600-1605, 2006.

PONTES, T. C.; CAGOL, L.; DUTRA, F. M.; PORTZ, L. Disponibilidade do fósforo em alimentos de origem vegetal: atuação na nutrição de peixes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. v. 18, n. 3, p. 7, 2015.

QUINTERO-PINTO, L. G.; PARDO-GAMBOA, B. S.; QUINTERO-PARDO, A. M. C.; PEZZATO, L. E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Veterinária e Zootecnia**, v. 2, n. 5, p. 30-43, 2011.

ROBINSON, E. H.; LABOMASCUS, D.; BROWN, P.B.; Linton, T. L. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. **Aquaculture**, v. 64, p. 267-276, 1987.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARIAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T. BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 4. ed.: 488 p. 2017.

SIGNOR, A. A.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; POTRICH, F. R.; DEPARIS, A.; BOSCOLO, W. R. Fósforo na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2646-2650, 2011.

STEFFENS, W. **Princípios fundamentais de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Acribia, 1987.

TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **The Scientific World Journal**, v. 12, p. 9, 2012.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; RIBEIRO, M. C. T.; LOPES, J. B.; FERREIRA, V. P. A.; VITTI, D. M. S. S.; MOREIRA, J. A.; PENA, S. M. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 4, p. 502–509, 2005.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace mineral in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p. 185-207, 1997.