

REVISIÓN

REVISTA COLOMBIANA
DE CIENCIA ANIMAL

Rev Colombiana Cienc Anim 2017; 9(2):227-235.

DOI: doi.org/10.24188/recia.v9.n2.2017.562

Possibilidade do uso de Mexilhão Dourado contaminado com metais tóxicos em dietas para frangos de corte

Possibility of using Golden Mussel contaminated with toxic metals in diets for broilers

Posibilidad del uso de mejillón dorado contaminado con metales tóxicos en dietas para pollos de corte

Wachholz Lucas^{1*} M.Sc; Vianna Nunes Ricardo¹ Ph.D; Broch Jomara¹ M.Sc; De Souza Cleison¹ M.Sc.

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Brasil.

Palavras chave:

Limnoperna fortunei;
cálcio;
contaminantes;
metais pesados tóxicos.

Resumo

A avicultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário mundial e existe a necessidade de que esta produção ocorra de forma sustentável, sendo assim a nutrição destes animais deve ser realizada de forma que provoque o menor impacto ambiental possível. Frente ao exposto surgem as conchas calcárias do mexilhão dourado que é um molusco invasor que ocupa grande parte dos rios de água doce da América do Sul e é responsável por gerar grandes impactos ambientais. O alto teor de cálcio (Ca) presente no mexilhão dourado faz com que este seja um potencial alimento com capacidade de substituir o calcário calcítico em dietas de frangos de corte, porém o seu hábito alimentar filtrador faz com que este possa conter teores de metais tóxicos como o cádmio (Cd) e o chumbo (Pb) que se contidos no interior do mexilhão podem causar contaminação dos frangos e conseqüentemente também dos produtos alimentícios derivados destes.

Keywords:

Limnoperna fortunei;
calcium;
contaminants;
toxic heavy metals.

Abstract

Brazilian poultry farming occupies a prominent position in the world scenario and there is a need for this production to occur in a sustainable way, so the nutrition of these animals must be carried out in a way that causes the least possible environmental impact. In front of it, the calcareous shells of the golden mussel, an invading mollusk that occupies a large part of the freshwater rivers of South America, arise and are responsible for generating large environmental impacts. The high content of calcium present in the golden mussel makes it a potential food with the capacity to replace calcitic limestone in broiler diets, but its feeding habit makes it possible to contain contents of toxic metals such as cadmium (Cd) and lead (Pb) that are contained inside the mussel can cause contamination of the chickens and consequently of the food products derived from them.

INFORMACIÓN

Recibido: 28-01-2017;
Aceptado: 20-06-2017.
Correspondencia autor:
lucaswach@hotmail.com

Palabras Clave:

Limnoperna fortunei;
calcio;
contaminantes;
metales pesados tóxicos.

Resumen

La industria avícola brasileña ocupa una posición destacada en el escenario mundial y hay una necesidad de que se adelante esta producción de manera sostenible, por lo que la alimentación de estos animales se debe realizar con el fin de causar el menor impacto ambiental posible. Sobre la base de estas consideraciones surgen las conchas calcáreas de mejillón, especie invasora que ocupa gran parte de los ríos de agua dulce de América del Sur y es responsable de generar gran impacto ambiental. El alto contenido de calcio (Ca) presente en el mejillón hace de éste un alimento potencial capaz de reemplazar la piedra caliza en las dietas de pollos de engorde, pero su hábito filtrador hace que este puede contener concentración en metales tóxicos como el cadmio (Cd) y plomo (Pb), y que pueda llegar a causar la contaminación de los pollos y, consecuentemente, también los productos alimenticios derivados de los mismos.

Introdução

Avicultura possui grande relevância para o agronegócio brasileiro sendo atualmente o principal exportador de carne de frango do mundo, com 4,3 milhões de toneladas exportadas no ano de 2015, sendo que o país também é o segundo maior produtor, ficando atrás apenas dos da China, produzindo 13,146 milhões de toneladas e apresentando um consumo *per capita* de 43,25 kg por ano (ABPA, 2016).

Aproximadamente 70% dos custos de produção de frangos de corte está relacionado a alimentação das aves e neste contexto há a necessidade de promover o uso de ingredientes alternativos aos comumente utilizados nas dietas para animais. Entre os ingredientes possíveis de serem utilizados se encontra o mexilhão dourado, o qual quando transformado em farinha pode ser usado como fonte do mineral Cálcio (Ca) em dietas de animais não ruminantes.

O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é um molusco que está invadindo grande parte dos rios da América do Sul (DARRIGRAN, 2010), estando também instalado nos rios brasileiros, sobretudo na represa da usina hidrelétrica de ITAIPU (PESTANA *et al.*, 2008). Este molusco tem sido responsável por gerar prejuízos ao se incrustar em cascos de embarcações, tanques, redes e também povoar grande parte da superfície do alagado da represa.

Não é possível eliminar este invasor dos rios nos quais está instalado e de acordo com o descrito por DARRIGRAN e DAMBORENEA (2006), o que se procura nestes casos é encontrar alternativas de controle para o invasor, portanto possíveis utilizações deste molusco em atividades produtivas se tornam de grande valia.

Estes organismos aquáticos podem gerar contaminações aos animais presentes no ecossistema no qual se encontram, pelo fato de possuir hábito filtrador e por isso podem possuir em seu organismo, alguns contaminantes presentes na água, os quais podem ser inseridos nas dietas dos outros animais por meio da cadeia trófica. Entre os contaminantes presentes, pode-se destacar os metais tóxicos como cádmio (Cd) e chumbo (Pb) (MARENGONI *et al.*, 2013). Muitas vezes o mexilhão presente nos rios encontra-se contaminado por Cd e Pb, metais tóxicos conhecidamente causadores de problemas de ordem oncológica entre outros. Assim, para a utilização deste molusco em rações para animais, é necessário avaliar se os mesmos quando contaminados com metais pesados tóxicos podem ocasionar danos à saúde do animal bem como deixar resíduos nos produtos gerados.

Desta forma o presente trabalho tem por objetivo fazer uma revisão de literatura sobre a possibilidade de utilização do mexilhão dourado como fonte de cálcio na alimentação de frangos de corte.

Material e métodos

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu na realização de pesquisa bibliográfica para a avaliação da possibilidade do uso de Mexilhão Dourado contaminado com metais tóxicos em dietas para frangos de corte. Esta revisão bibliográfica foi realizada através da consulta de livros, teses de doutorado, artigos científicos e resumos de congressos científicos.

Mexilhão dourado. O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é um molusco bivalve filtrador de água doce pertencente à família *Mytilidae*. Caracteriza-se por ser uma espécie de caráter invasor e exótica, sendo originária da China e sudeste asiático (XU *et al.*, 2015; DARRIGRAN e EZCURRA de DRAGO, 2000).

Na América do Sul o mexilhão dourado é a espécie invasora que está mais amplamente distribuída pelo território (BOLTOVSKOY *et al.*, 2006). O molusco chegou no continente provavelmente na água de lastro de navios (PASTORINO *et al.*, 1993) e a chegada do mesmo no continente foi constatada em 1991 e inicialmente se espalhou pela bacia do Rio Prata, sendo que em menos de dez anos este molusco já havia se espalhado a uma distância de 2500 quilômetros (DARRIGRAN e MANSUR, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2006) e assim colonizou boa parte dos rios do continente (DARRIGRAN, 2010) e também a maioria dos rios brasileiros.

O mexilhão dourado é encontrado em toda a extensão do reservatório da usina hidrelétrica de ITAIPU (PESTANA *et al.*, 2008), o qual é considerado o maior reservatório de água de usina hidrelétrica do mundo. De acordo com Darrigran (2002) este molusco pode ser encontrado em outras usinas e reservatórios pertencentes a bacia do Rio Paraná, responsável por causar diversos prejuízos de ordem econômica e ecológica e segundo Calazans *et al.* (2013), o mexilhão já se propagou até a fronteira norte do Pantanal e apresenta riscos de chegar até o Rio Amazonas e representa séria ameaça para a biodiversidade aquática dos rios.

De acordo com SIMONE (2006), os mexilhões medem em torno de três a quatro centímetros de comprimento quando adultos. Apresentam crescimento populacional elevado, devido às características do ciclo reprodutivo e à alta capacidade de adaptação às mais diferenciadas condições ambientais (DARRIGRAN e EZCURRA de DRAGO, 2000).

As características desta espécie como fixação aos mais variados tipos de substratos e superfícies, alta fecundidade, adaptação às variações climáticas, fazem com que o *Limnoperna fortunei* colonize novos ambientes e se distribuamos mais diversos ecossistemas aquáticos (LUMMATO *et al.*, 2013). Este invasor mostra muita semelhança com os membros marinhos da família *Mytilidae* (DARRIGRAN *et al.*, 2007).

Impactos ambientais causados pelo mexilhão dourado

O controle das populações do mexilhão dourado e sua eliminação dos rios é considerado impossível (CALAZANS *et al.*, 2013), e segundo DARRIGRAN e DAMBORENEA (2006), o que se busca no caso é apenas o controle da invasão da espécie afim de diminuir o impacto ambiental, pois este invasor já se estabeleceu na América do Sul. O mexilhão dourado é responsável pela causa de graves impactos sobre o ambiente, provocando alterações na biodiversidade

nativa, desestruturação do ecossistema, causando perdas naturais e econômicas nas regiões infestadas (DARRIGRAN *et al.*, 2012).

Esta espécie tem causado muitos problemas devido a sua incrustação em cascos de embarcações e tanques rede, ocorrendo também a entrada deste molusco nos dutos das turbinas nas usinas hidroelétricas, gerando assim gastos com a limpeza e manutenção destes locais e equipamentos (DARRIGRAN, 2010).

Segundo SILVA (2006), a colonização dos ambientes pelo mexilhão dourado pode ser considerada prejudicial, por reduzir a biomassa e modificar a comunidade fitoplanctônica. Estes moluscos podem causar danos à fauna bentônica e aos peixes (MAROÑAS *et al.*, 2003). De acordo com GIORDANI *et al.* (2005), a presença destes organismos pode acarretar uma redução na quantidade de sólidos suspensos da água aumentando a penetração da luz na coluna d'água.

A infestação com mexilhão dourado é a causa de um problema relevante no reservatório da usina hidroelétrica de ITAIPU, devido ao alto grau de infestação e à dificuldade que o controle do mesmo tem ocasionado (CANZI *et al.*, 2014).

Estes moluscos fazem parte da dieta de várias espécies de peixes que compõem a fauna aquática da área onde ocorrem, sendo que os peixes são os maiores responsáveis pela predação deste invasor, porém apesar dos peixes conseguirem predação boa parte do mexilhão dourado a atividade dos mesmos não é suficiente para controlar a infestação em corpos hídricos pelo invasor (BARTSCH *et al.*, 2005).

LOZANO *et al.* (2001) relataram que os peixes planctívoros podem ser prejudicados pela infestação do molusco em questão, pois os mesmos são responsáveis pela diminuição de fitoplâncton e zooplâncton que servem como alimento dessas espécies, e também pelo fato de que com a diminuição planctônica consequentemente há diminuição na transparência da água, aumentando assim a predação incidente sobre as larvas e alevinos de peixes.

Potencial de utilização de mexilhão dourado em dietas para animais

A agropecuária tem se consolidado como o setor mais produtivo no Brasil, estando em constante desenvolvimento, sendo cada vez mais observado um aumento na produtividade animal e para dar suporte ao crescimento nacional da produção pecuária, os custos de produção devem ser reduzidos. De acordo com MATHIAS *et al.* (2015), atualmente os custos de alimentação para a alimentação são responsáveis por representar o maior percentual dos custos totais com

a produção animal, cerca de 70% destes, por isso a comunidade científica tem se voltado a pesquisar sobre a inclusão de alimentos alternativos nas dietas para animais, visando reduzir os custos com a alimentação destes (CANCHERINI *et al.*, 2005).

O mexilhão dourado é um produto de origem animal, assim não podendo ser utilizado na alimentação de ruminantes devido à legislação vigente (BRASIL, 2004) a qual foi criada com a finalidade de evitar a transmissão da encefalopatia espongiiforme entre os ruminantes, assim proibindo o uso de produtos de origem animal na alimentação dos mesmos, podendo assim ser utilizado apenas em dietas para animais não ruminantes.

Em estudo com a utilização de mexilhão dourado na dieta de frangos de corte BAYERLE *et al.* (2017) substituiu o calcário calcítico por farinha de mexilhão dourado e não obteve contaminação dos animais por Cd e Pb e os autores salientaram que este produto se destaca por não apresentar custos.

Importância do cálcio na alimentação animal

Os minerais para a nutrição animal são divididos em duas classes, a dos microminerais, ou como também podem ser chamado, minerais traços; e a dos macrominerais, os quais são exigidos em maior quantidade pelos animais, sendo que o cálcio pertence à classe dos macrominerais devido à sua importância e exigência na nutrição dos animais (SAKOMURA *et al.*, 2014).

O Ca é o mineral mais abundante no organismo dos animais e cerca de 99% deste elemento é encontrado na forma de hidroxiapatita $[3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2]$. Sabe-se que o Ca participa como o principal constituinte de ossos e dentes. Uma pequena parte e não menos importante de 1% do Ca está distribuído nos tecidos moles, onde possui papel essencial na regulação das funções nervosas e musculares, atua no processo de coagulação sanguínea através da ativação da protrombina em trombina. O Ca também atua na ativação de diversas enzimas, sendo necessário para a manutenção da permeabilidade de membrana. Além disso, está envolvido no controle das contrações musculares e transmissão de impulsos nervosos (UNDERWOOD, 2010).

Os níveis sanguíneos de Ca são mantidos pela ação dos hormônios calcitonina, paratormônio e estrógeno. O mecanismo de controle e absorção de Ca é realizado por dois hormônios, o paratormônio é responsável pela ativação da calbindina que é a proteína responsável pelo transporte de cálcio no organismo, sendo também responsável pela ativação dos osteoclastos que são responsáveis pela reabsorção óssea de Ca e redução

da eliminação renal, processo esse antagônico ao realizado pela calcitonina que diminui a ativação de osteoclastos e aumenta eliminação renal de Ca (SAKOMURA *et al.*, 2014). Já os estrógenos são responsáveis por incrementar os níveis séricos de Ca durante o processo de maturação sexual e vida adulta das aves, devido à alta necessidade deste elemento na formação da casca de ovos e consequentemente na reprodução (WHITEHEAD, 1995).

Deve-se destacar a importância do papel exercido pela vitamina D no metabolismo e regulação do Ca para o organismo dos animais. A forma 1,25 dihidroxicolecalciferol $[1,25-(OH)_2-D_3]$ atua na regulação do metabolismo do Ca, fazendo com que aumente a absorção de Ca nos intestinos, aumentando as concentrações do mineral no sangue e diminuindo a excreção deste (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Os animais podem produzir a vitamina D, isto ocorre pela ação da radiação solar sobre o 7-deidrocolesterol e isto ocorre no tecido epitelial (NELSON e COX, 2012). Em animais de produção que em muitos casos são criados confinados e com baixa radiação solar aliado ao rápido crescimento e alta metabolização de Ca, necessitam de suplementação de vitamina D na dieta. A vitamina D pode ser fornecida para os animais sob duas formas, a D_3 (origem animal) e a D_2 (origem vegetal), porém as aves têm a particularidade de absorver apenas a vitamina na forma D_3 (SAKOMURA *et al.*, 2014).

Presença de contaminantes no mexilhão dourado

A grande quantidade de Ca presente nas “conchas” do mexilhão dourado é o fator principal no interesse da utilização deste na alimentação animal, porém o principal empecilho da utilização destes em dietas para animais é o fato de estes moluscos serem pertencentes à espécie filtradora, pois segundo MARENGONI *et al.* (2013), o mexilhão tem como característica bioacumular em seus tecidos os contaminantes presentes nos corpos hídricos nos quais estão instalados os metais tóxicos, agrotóxicos e toxinas.

O fato deste molusco apresentar em muitos casos presença de contaminantes prejudiciais aos animais quando presentes na dieta pode causar um entrave na utilização do mexilhão dourado na alimentação animal (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Para utilizar o mexilhão na alimentação animal é necessário se ater a legislação existente, que estabelece o conceito de boas práticas de fabricação, sendo regularizado pela lei nº 6198, de 26 de dezembro de 1974 modificada pelo decreto 6296 de 2007 (BRASIL, 2007), onde se estabelece as normas gerais

sobre inspeção e fiscalização da produção, comércio e do uso de produtos destinados à alimentação animal, a qual diz respeito aos procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais usados durante todo o processo de produção, desde a obtenção da matéria-prima até a distribuição do produto final.

Os produtos de origem animal também estão sujeitos à contaminação microbiana, podendo ameaçar a saúde e a conservação dos alimentos, além de deteriorar e diminuir a qualidade nutricional dos ingredientes.

Legislação referente ao controle de metais pesados tóxicos em dietas e contaminação de produtos de origem animal

A presença de contaminantes no mexilhão dourado e em especial dos metais pesados tóxicos Cd e Pb pode ser o principal fator limitante da utilização dos mesmos. Existe regulamentação quanto às quantidades permitidas de metais pesados tóxicos nas dietas administradas para animais, sendo que atualmente as indústrias brasileiras se baseiam na Diretiva 2005/87/CE da união europeia, relativa às substâncias indesejáveis nos alimentos para animais, em especial Pb, flúor e Cd.

Já para as concentrações de Cd e Pb nos produtos de origem animal a ANVISA, por meio do decreto nº55.871 de 1965 (BRASIL, 1965), permite concentrações de até 1 mg kg⁻¹ de Cd nos alimentos em geral, de 0,5 mg kg⁻¹ de Pb em carnes e de 0,2 mg kg⁻¹ em carnes de aves.

Chumbo (Pb)

Este metal é descrito pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como prejudicial à saúde humana (MARTINS et al., 2003), pois quando o Pb atinge concentrações elevadas, em animais e nos seres humanos, causa problemas de toxicidade, também sendo responsável por causar doenças como o câncer, que podem levar à morte.

O Pb é amplamente distribuído no meio ambiente, possuindo como principais fontes as erupções vulcânicas, porém são as atividades antropogênicas, como no caso da mineração, produção de baterias, fundição, fungicidas e pigmentos, considerados os maiores responsáveis por promover a contaminação do meio ambiente através da presença desse metal tóxico (FATMA, 1999).

O Pb ainda é utilizado em projéteis de armamentos, solda de equipamentos eletrônicos e como lastro de embarcações (GOYER e CHERIAN, 1995). HOET (2005) e HILL (2010) relataram que este metal possui ótimas propriedades, as quais justificam seu uso há milhares de anos estendendo-se até o momento, porém

este fato fez com que este contaminante se distribuisse amplamente no ecossistema. No ambiente, o Pb está geralmente associado a algum elemento químico ou a uma substância.

Segundo HOET (2005), durante décadas ocorreu a adição de Pb tetraetila na gasolina com a finalidade de aumentar a octanagem, e esta aplicação gerou grande contaminação ambiental. Atualmente esta substância foi substituída por outras menos poluentes.

Em seres humanos expostos à contaminação por Pb, podem haver inúmeros problemas graves de saúde, sendo a toxicidade do Pb conhecida há séculos. Os sintomas da exposição crônica a este elemento são: fadiga, desconfortos, irritabilidade, anemias e problemas no desenvolvimento intelectual (WHO, 1995). Segundo HOET (2005), o Pb é absorvido geralmente pela ingestão e no interior do organismo se associa aos tecidos ósseo, renal e sanguíneo. No sangue, está geralmente associado às hemoglobinas, sendo que quando há exposição a altas concentrações deste metal podem ocorrer problemas que afetam a produção de hemoglobinas, causando danos aos sistemas nervosos, nefropatia e problemas vasculares.

Em humanos, o Pb ataca o sistema nervoso central, afetando principalmente crianças em desenvolvimento, sendo responsável pela diminuição da capacidade de aprendizado. Já em adultos, causam dor nas articulações, problemas musculares, problemas renais que acarretam em acúmulo de ácido úrico no sangue e degeneração do sistema nervoso, que leva a ocorrência de problemas mentais (MARECEK, 1986).

Cádmio (Cd)

O Cd é um dos elementos químicos que apresenta maior toxicidade aos seres vivos, apresentando assim um grande potencial impactante ao meio ambiente e é responsável por causar grande número de enfermidades em seres humanos (ATSDR, 2012).

O Cd é classificado como cancerígeno, sendo que os principais sintomas associados a este elemento são câncer de próstata, de pulmão e testículos (ATSDR, 2012). Nas células, o Cd afeta a proliferação, diferenciação e pode causar destruição celular, além de estar associado a danos renais, desde pequenas disfunções a insuficiências graves, também sendo apontado como causador de anemias, hipertensão e disfunções gástricas (FRIBERG, 1984).

As concentrações deste elemento nos meios aquáticos fazem com que haja perigo a diversos seres vivos, e isso ocorre principalmente nos que se encontram no topo da cadeia alimentar. Este metal, assim como os demais,

é acumulado em vários níveis da cadeia trófica (LIMA e LOPES, 2007). Os principais locais de acumulação em organismos de seres vivos são nas estruturas ricas em Ca, como ossos e conchas. Nos ossos, este elemento tóxico é responsabilizado por causar aumento de porosidade e de inibição do mecanismo de reparo ósseo (BRAGA, 2002). Também de acordo com GOYER e CHERIAN (1995), este metal tóxico possui efeitos carcinogênicos, de nefrotoxicidade e prejudica os sistemas endócrino e reprodutivo. Segundo HIGGING (1975), o Cd embora apresente toxicidade similar à do mercúrio (Hg), se destaca por apresentar maior diversidade de efeitos deletérios aos animais.

Nos seres humanos, o cádmio apresenta alto índice de contaminação em fumantes, onde é absorvido pelas vias respiratórias, mas a alimentação é o principal vetor de contaminação. Se especula que o ser humano absorva entre 3 e 7% do Cd presente na dieta apenas, tendo como principal sítio de absorção o duodeno, o qual apresenta pH alcalino (ATSDR, 2012).

Este elemento tóxico não apresenta papel fisiológico conhecido no organismo dos animais e humanos e apresenta toxicidade à maioria dos seres vivos (FARIA *et al* 2008). Em seres humanos, este elemento se caracteriza por atingir os rins, ossos e pulmões, esse último ocorre principalmente por contaminação pela via aérea (DELLA ROSA e GOMES, 1988).

O organismo animal apresenta como principal defesa à contaminação uma proteína composta por 30% do aminoácido cisteína, chamada de metalotioneína. Esta possui baixo peso molecular e capacidade de se ligar com até sete átomos de Cd, os quais são transformados em forma biologicamente inativa e acumulados no organismo. Atualmente, esta proteína é o principal mecanismo de defesa dos animais em relação ao Cd (CHEN *et al.*, 2006).

Este elemento tóxico é um componente natural de solos, rios e mares, porém a expansão da sua utilização ocorre por parte das indústrias onde é componente

na produção de pigmentos para tintas, indústria de plásticos e ligas metálicas (RAMIREZ, 2002), porém de acordo com HILL (2010), a maior utilização deste metal é na fabricação de baterias recarregáveis à base de níquel e Cd, atividade que é responsável pela utilização de mais de 80% do Cd utilizado na indústria. Estas utilizações fazem com que a emissão deste contaminante no meio ambiente seja bastante aumentada em relação à emissão por fontes naturais (MARECEK *et al.*, 1986).

Este metal é adicionado ao ambiente por meio da deposição de lixo industriais e urbano, esgoto e fertilizantes fosfatados entre outros, sendo facilmente absorvido e translocado pelos animais, apresentando assim grande potencial de adentrar a cadeia alimentar humana, podendo acarretar problemas de saúde (RAMIREZ, 2002).

Os principais fatores que afetam a absorção de Cd pelo organismo humano são semelhantes nas outras espécies animais, como pela presença de outros elementos que possuam efeito antagônico, forma química em que o elemento se encontra, idade e composição da dieta (HILL, 2010; SATARUG *et al.*, 2010).

Considerações finais

O mexilhão dourado pode passar de invasor a potencial fonte mineral a ser utilizada na produção animal, pois o mesmo possui altos teores de cálcio e grande abundância nos ecossistemas aquáticos da América do Sul.

Para que este seja utilizado como alimento para os frangos de corte devem ser realizadas pesquisas visando detectar possíveis contaminantes que ocorram nestes como metais pesados tóxicos e entre estes principalmente o Cd e o Pb e devem ser realizadas pesquisas para determinar qual a digestibilidade do Ca presente no mexilhão e inclusão dos mesmos nas dietas para as aves.

Referências

ABPA-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Produção de carne de frango totaliza 13,146 milhões de toneladas em 2015*. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/artigos/todas/producao-de-carne-de-frango-totaliza-3146-milhoes-de-toneladas-em-2015-1545>. Acesso: 29-01-2016.

ALMEIDA, H.C.; SUSZEK, A.P.C.; MENDONÇA, S.N.T.G.C.; FLAUZINO, R.S.C. 2006. Estudo do *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) como ingrediente na ração animal, através das características físico-químicas, microbiológicas e presença de mercúrio. *Higiene Alimentar* 20:61-65.

ATSDR- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. 2012. *Toxicological profile for cadmium*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta.

- BAYERLE, D.; NUNES, R.V.; GONÇALVES Jr, A.C.; WACHHOLZ, L.; SCHERER, C.; SILVA, I.M.; OLIVEIRA, T.M.M.; VARGAS Jr, J.G. 2017. Golden mussel (*Limnoperna fortunei*) in feed for broiler chicks using tannin as a sequestrant of toxic metals. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 38:843-854.
- BARTSCH, M.R.; BARTSCH, L.A.; GUTREUTER, S. 2005. Strong effects of predation by fishes on an invasive macroinvertebrate in a large floodplain river. *Journal North American Benthological Society* 24:168-177.
- BRAGA, E. S. 2002. *Bioquímica Marinha - efeitos da poluição nos processos bioquímicos*. Fundespa. São Paulo.
- BRASIL. 1965. Decreto nº 55.871. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL. Decreto Nº 6.296. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 8. 2004. Diário Oficial do União, Brasília.
- BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; CATALDO, D.; SYLVESTER, F. 2006. Dispersion and ecological impact of the invasive fresh water bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata Waters He dand beyond. *Biological Invasion* 8:947-963.
- CALAZANS, S.H.C.; AMERICO, J.A.; FERNANDES, F.D.C.; ALDRIDGE, D.C.; REBELO, M.D.F. 2013. Assessment of toxicity of dissolved and microencapsulated biocides for control of the Golden Mussel *Limnoperna fortunei*. *Marine Environmental Research* 91:104–108.
- CANCHERINI, L.C; JUNQUEIRA, O.M; OLIVEIRA, M.C; ANDRIOTTI, M.O; BARBOSA, M.J.B. 2005. Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base na proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:525-540.
- CANZI, C.; FIALHO, N.S.; BUENO, G.W. 2014. Monitoramento e ocorrência do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) na hidrelétrica da Itaipu binacional, Paraná (BR). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 5:117–122.
- CHEN, L.; LEI, L.; JIM, T.; NORDBERG, M.; NORDBERG, G.F. 2006. Plasma metallothione in antibody, urinary cadmium, and renal dysfunction in a Chinese type 2 diabetic population. *Diabetes Care* 29:2682–2687.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. 2006. *Bio-invasión del mejillón dorado en el continente Americano*. EDULP. Buenos Aires.
- DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C.; DRAGO, E.C.; EZCURRA de DRAGO, I.; PAIRA, A.; ARCHUBY, F. 2012. Invasion process of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae): the case of Uruguay River and emissaries of the Esteros del Iberá Wetland, Argentina. *Zoologia* 29:531-539.
- DARRIGRAN, G.; EZCURRA De DRAGO, I. 2000. Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus* 2:69-74.
- DARRIGRAN, G.; MANSUR C.D. 2006. *Distribución, abundancia y dispersión: In: Bio-invasión Del mejillón dorado en el continente Americano*, Darrigran, G.; Damborenea, C. (eds). Universidad de La Plata. La Plata, Argentina.
- DARRIGRAN, G. Summary of the distribution and impact of the golden mussel in argentina and neighboring countries. 2010. En: Mackie, G.L.; Claudi, R. (Eds). *Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Fresh Water Systems*. CRC Press. Boca Raton. USA.
- DARRIGRAN, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland fresh water environments. *Biological Invasions* 4:145–156.
- DARRIGRAN, G. 2010. Summary of the distribution and impact of the golden mussel in Argentina and neighboring countries. Págs. 389-396. En: Claudi, R.; Mackie, G. (Eds). *Practical Guide for the Monitoring and Control of Aquatic Invasive Molluscs in Freshwater Systems*. Taylor & Francis Group. Boca Raton, USA.

- DELLA ROSA, H.; GOMES, J.R. 1988. Cádmio: Efeitos Patológicos. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* 16:43-48.
- FARIA, C.A.R.; SUZUKI, F.A. 2008. Avaliação dos limiares auditivos com e sem equipamento de proteção individual. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* 74:417-422.
- FATMA-Fundação do Meio Ambiente. 1999. *Relevância dos parâmetros de qualidade de água aplicados a águas correntes. Parte I: características gerais, nutrientes, elementos traço e substâncias nocivas e inorgânicas, características biológicas*. Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
- FRIBERG, L. 1984. Cadmium and the kidney. *Environmental Health Perspectives* 54:1-11.
- GIORDANI, S.; NEVES, P. S.; ANDREOLI, C. V. 2005. *Limnoperna fortunei* ou Mexilhão Dourado: Impactos causados, métodos de controle passíveis de serem utilizados e a importância do controle de sua disseminação. Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Campo Grande. Anais.Campo Grande, Brasil.
- GOYER, R.A.; CHERIAN, M.G. 1995. *Toxicology of Metals – biochemical aspects*. Springer-Verlag. New York.
- HIGGING, I.J.; BURNS, R.G. 1975. *The chemistry and microbiology of pollution*. Academic Press. London.
- HILL, M.K. 2010. *Understanding Environmental Pollution*. Cambridge University Press. New York.
- HOET, P. 2005. Speciation of Lead in Occupational Exposure and Clinical Health Aspects. En: Cornelis, R.; Caruso, J.; Crews, H.; Heumann, K. (Eds.) *Handbook of Elemental Speciation II – Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health*. Wiley. Chichester. USA..
- LOZANO, S.J.; SCHAROLD, J.V.; NALEPA, T.F. 2001. Recent declines in benthic macro invertebrate densities in Lake Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58:518–529.
- LUMMATO M.M.; DI FIORI, E.; SABATINI, S.E.; CACCIATORE, L.C.; COCHÓN, A.C.; RÍOS DE MOLINA, M.C.V.; BEATRIZ, A. 2013. Evaluation of biochemical markers in the golden mussel *Limnoperna fortunei* exposed to glyphosate acid in outdoor microcosms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 95:123–129.
- MARECEK, V.; JANCHENOVA, Z.; SAMEC, Z.; BREZINA, M. 1986. Voltammetric determination of nitrate, perchlorate and iodite at a hanging electrolyte drop electrode. *Analytica Chimica Acta* 185:359-362.
- MARENGONI, N. G.; KLOSOWSKI, E. S.; OLIVEIRA, K. P.; CHAMBO, A. P. S.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. 2013. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu binacional. *Química Nova* 36:359-363.
- MAROÑAS, M.E., DARRIGRAN, G.A, SENDRA, E.D.; BRECKON G. 2003. Shell growth of the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), in the Río de la Plata, Argentina. *Hydrobiologia* 495:41–45.
- MARTINS, A.L.C; BATAGLIA, O.C; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H. 2003. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27:563-574.
- MATIAS, C.F.Q.; ROCHA, J.S.R.; POMPEU, M.A.; BAIÃO, R.C.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; CLÍMACO, W.L.S.; PEREIRA, L.F.P.; CALDAS, E.O.; TEIXEIRA, M.P.F.; CARDEAL, P.C. 2015. Efeito da protease sobre o coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes em frangos de corte. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia* 67:492-498.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. 2012. *Lehninger principles of biochemistry*. W.H. Freeman. New York.
- OLIVEIRA, M.D.; TAKEDA, A.M.; BARROS, L.F.; BARBOSA, D.S.; RESENDE, E. 2006. Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) of Pantanal wetland, Brasil. *Biological Invasions* 8:97-104.
- PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTIN, S.; LUNASCHI, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de La Plata. *Neotropica* 39:171-175.

- PESTANA, D.; PIE, M.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.; ANDREOLI, C.; FRANCESCHI, F.; LAGOS, P. 2008. Seasonal Variation in Larval Density of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) in the Iguçu and Paraná Rivers, in the Region of Foz do Iguçu, Paraná, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51:607-612.
- RAMÍREZ, A. 2002. Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina* 63:51-64.
- SAKOMURA, N.K., VILAR DA SILVA, J.H., PERAZZOCOSTA, F.G., FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD, L. 2014. *Nutrição de não-ruminantes*. FUNEP. Jaboticabal, Brasil.
- SATARUG, S.; GARRETT, S. H.; SENS, M. A.; SENS, D. A. 2010. Cadmium, Environmental Exposure, and Health Outcomes. *Environmental Health Perspectives* 118:182-190.
- SILVA, D. P. 2006. *Aspectos bioecológicos do mexilhão dourado Limnoperna fortunei (Bivalvia, Mytilidae)*. Tese de Doutorado – Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.
- SIMONE, L. R. L. 2006. *Land and freshwater molluscs of Brazil*. FAPESP. São Paulo.
- XU, M.; DARRIGRAN, G.; WANG, Z.; ZHAO, N.; LIN, C.C.; PAN, B. 2015. Experimental study on control of *Limnoperna fortunei* biofouling in water transfer tunnels. *Journal of Hydro-environment Research* 9:248-258.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBABEF. 2015. Relatório anual de 2014. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em 05-11-2016.
- UNDERWOOD, E. J. M. 2010. *Underwood and Suttle. The mineral nutrition of livestock*. CAB international. Wallingford.
- WHITEHEAD, C.C. 1995. Plasma Oestrogen and the regulation off egg weight in laying hens by dietary fats. *Animal Feed Science and Tecnology* 53:91-98.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. 1995. *Environmental Health Criteria 165, Inorganic Lead*. World Health Organization. Geneva.