

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO USO DE ADSORVENTES PARA MICOTOXINAS NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

SANTES, Fernando Henrique de¹
FREITAS, Edmilson Santos de²

RESUMO

Micotoxinas são metabólitos tóxicos originados da atividade fúngica, capazes de desenvolverem uma série de patologias quando ingeridas, fazendo com que os animais tenham diminuição nos seus índices zootécnicos. As mais frequentes na avicultura são as aflatoxinas e as fumonisinas. Para evitar e diminuir a ação destas toxinas, emprega-se o uso dos adsorventes de micotoxinas somado à dieta, agindo no organismo das aves antes da absorção das toxinas pelo trato gastrointestinal. A eficácia de um adsorvente de micotoxina é necessária para que este possa ser comercializado, sendo necessárias as análises *in vivo*. O resultado positivo do uso do adsorvente é comprovado com dados estatísticos, comparando grupos controle com grupos intoxicados. Os efeitos deletérios da inclusão de aflatoxina (2,8 ppm) ou fumonisinas (100 ppm) à dieta de frangos de corte são claramente demonstrados durante o período de 21 dias. A adição do adsorvente SAFETOX à dieta foi capaz de reduzir esses efeitos.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção, toxinas fúngicas, avicultura, aflatoxina, fumonisina.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é líder em exportação de carne de frango, ocupando o segundo lugar quanto a produção mundial. O estado do Paraná produz cerca de 32% da produção total Brasileira, sendo o primeiro colocado no rank nacional. Assim, é de fundamental importância que as aves recebam uma dieta ideal e livre de quaisquer patógenos e toxinas que impeçam o seu perfeito desenvolvimento zootécnico sendo as micotoxinas substâncias químicas tóxicas produzidas por fungos que podem ser encontradas nos grãos e rações.

As micotoxinas são capazes de causar patologias em vários sistemas dos frangos de corte, como o sistema imune, nervoso, reprodutor, respiratório, além de diminuir seu desempenho zootécnico e implicar na qualidade dos produtos finais.

A adição dos adsorventes de micotoxinas à nutrição dos frangos de corte é a forma mais utilizada para evitar a ação dessas toxinas, visando a diminuição dos efeitos tóxicos causados por estas. Para isso, há necessidade de que esses produtos sejam eficazes e empregados em concentrações adequadas, garantia que pode ser dada por meio da avaliação *in vivo* do uso destes adsorventes em frangos intoxicados propositalmente com a micotoxina desejada.

A realização deste trabalho objetiva avaliar a eficácia do SAFETOX *in vivo* para as micotoxinas aflatoxina e fumonisina, levando em consideração os parâmetros comparados entre os grupos intoxicados com os grupos controles.

¹ Discente do Curso de Medicina Veterinária no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz. E-mail: fh_santes@hotmail.com e fernandohsantes@gmail.com.

² Docente do Curso de medicina Veterinária no Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz e mestre em Patologia Veterinária. E-mail: edmilsonfreitas@hotmail.com.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A PRODUÇÃO AVÍCOLA

O Brasil, segundo a ABPA (2019), é considerado como “Celeiro do Mundo”. Tal título é dado pelos extensos campos de grãos, com terras férteis, clima altamente favorável e sua capacidade produtiva na indústria alimentícia, sendo responsável pela segurança alimentar de diversos países.

Parte desse título, se dá pela enorme produção avícola a nível mundial, sendo responsável pela produção de mais de 13 milhões de toneladas de frango por ano, ocupando o segundo lugar no rank mundial de produção de frangos de corte, e assumindo a liderança mundial em nível de exportação, enviando mais de 3.8 milhões de toneladas para mais de 150 mercados importadores por volta de todo o globo mundial (ABPA, 2019; EMBRAPA, 2019).

Uma pesquisa com dados estatísticos realizada pelo USDA (USDA, 2018) aponta que a expectativa de produção e exportação da carne de frango em 2019 é de aumento de mais de 2% em ambas categorias para o Brasil, indicando que permanecerá nas suas atuais colocações no rank mundial.

O destaque expressivo da cadeia produtiva das granjas brasileiras é possível pela excelência tecnológica em genética, manejo e ambiência, tendo por trás dezenas de agroindústrias espalhadas por diversos estados brasileiros, concentrando-se principalmente na região sul do país (ABPA, 2019).

2.2 MICOTOXINAS

Micotoxina é o termo utilizado para designar um grupo de metabólitos tóxicos secundários produzidos por algumas espécies de fungos, que podem causar doenças e até morte (YU *et al*, 2005; BENNET; KLICH, 2003).

A produção e aparecimento de micotoxinas nos grãos depende do crescimento fúngico, podendo ocorrer em qualquer época do crescimento, colheita, ou estocagem do alimento, dependendo principalmente de fatores ambientais como a umidade e temperatura (BÜNZEN; HAESE, 2006). De acordo com Tristan (2002), as micotoxinas apresentam grande estabilidade química, permanecendo no alimento mesmo após a remoção do fungo.

A ingestão dessas micotoxinas podem causar graves efeitos sobre a saúde animal e humana (PITT, 2000). Esses efeitos são conhecidos como micotoxicoses, variando a gravidade conforme a toxicidade da micotoxina, grau de exposição, idade e estado nutricional do indivíduo e possíveis

efeitos sinérgicos (PERAICA *et al*, 2000; BHATNAGAR *et al*, 2002). Dentre todas as micotoxinas existentes, duas se destacam devido a sua relativa frequência na avicultura levando a prejuízos consideráveis, que são as aflatoxinas e as fumonisinas.

2.2.1 Aflatoxinas

As aflatoxinas são metabólitos secundários dos fungos do gênero *Aspergillus* sp. (KURTZMAN *et al*, 1987). Kwiatkowski e Alves (2007) apontam a existência de 18 compostos similares designados como aflatoxina, mas os de maior interesse são identificados como B1, B2, G1 e G2, sendo que o primeiro é um dos subtipos que apresenta maior toxicidade.

Quando os animais ingerem alimentos contaminados com aflatoxinas, estas são rapidamente absorvidas, afetando principalmente o fígado, podendo levar a distúrbios metabólicos (FERNANDEZ *et al*, 1995). Ogido (2004) aponta que os sinais da intoxicação dependem da concentração ingerida e do tempo de ingestão. Sendo que a intoxicação fica marcada principalmente por imunodepressão e por anomalias ósseas, hemorragias, despigmentação e alterações na função hepática (MIAZZO, 2005).

A degeneração gordurosa hepática e a proliferação dos ductos biliares induzem uma série de alterações séricas, constatadas pelo aumento da atividade de enzimas, coagulopatias e diminuição na produção de proteínas (OLIVEIRA; GERMANO, 1997). Segundo Marin (2002), órgãos como intestino, baço, rins e linfonodos também podem sofrer alterações.

Entre os efeitos de imunossupressão, os efeitos destacados para as aves é a aplasia do timo e da Bursa de Fabricius, redução do número e da atividade das células T, supressão da atividade fagocitária e redução de componentes humorais (PETSKA; BONDY, 1990).

Dentre os sinais clínicos apresentados pelas aves, os principais são anorexia, diminuição do ganho de peso, letargia, palidez da crista, barbela e pés e sinais nervosos (DOERR, 1983).

2.2.2 Fumonisin

As fumonisinas são micotoxinas produzidas pelo gênero *Fusarium* sp., que, de acordo com Mills (1989), é o principal gênero invasor de grãos de milho no campo. Ah Seo e Won Lee (1999), relatam o isolamento e caracterização de 16 subtipos de fumonisin, sendo que os de maior ocorrência mundial são os B1 e B2, que também são os de maior toxicidade e mais abundantes.

Um estudo realizado por Ledoux, Brown e Weibking, (1992) concluiu que o consumo dessas toxinas faz com que as aves apresentem queda no ganho diário de peso e apresentaram lesões

histopatológicas indicativas de atrofia do timo, hiperplasia biliar e necrose hepática. Em quadros onde houve maior ingestão das toxinas, puderam observar diarreia, aumento no peso do fígado e alterações histológicas, como necrose hepática multifocal, necrose de músculos, raquitismo e hiperplasia biliar.

Há evidências de que as fumonisinas bloqueiam a formação de esfingolipídios, que são importantes para a manutenção da integridade da membrana celular, além da regulação de receptores de superfície celular, bombas de íons e outros sistemas vitais para o funcionamento e sobrevivência das células (NORRED, 1993; LESSON; DIAZ; SUMMERS, 1995).

A intoxicação por fumonisina preconiza a proporção dos esfingolipídios (esfinganina/esfingosina) no soro das aves (LEDoux; BROWN; WEIBKING, 1992), com as maiores alterações nas concentrações das bases esfingóides no rim, fígado, pulmão e coração (HASCHEK; GUMPRECHT; SMITH, 2001).

2.2.2 Adsorventes de micotoxinas

Por não apresentar um tratamento específico, baseando-se apenas no tratamento dos sinais clínicos dos animais intoxicados, há grande importância quanto ao controle. Uma forma de controle da ação das micotoxinas é o uso de adsorvente na ração animal.

O método ideal para detoxificação é dado por adsorventes que devem ser inertes e possua função de se ligar a uma parte das micotoxinas, impedindo a absorção destas pelo trato digestório do animal, mas além de reduzir as concentrações da toxina em níveis seguros, não deve gerar produtos de degradação tóxicos aos animais e nem reduzir o valor nutritivo dos alimentos tratados (LOPES *et al*, 2009; LEESON; DIAZ; SUMMERS, 1995).

No mercado, existem diversos tipos de adsorventes com diferentes origens e níveis de inclusão. (MALLMANN e DILKIN, 2011). Para que um produto tenha liberação para ser comercializado no Brasil, depende do registro do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Entretanto, este registro só será obtido após a realização das análises *in vitro* e *in vivo*, que comprovem a eficácia do produto. (MALLMANN *et al*, 2006).

3. METODOLOGIA

Por meio de experimentos realizou-se o teste de eficácia de adsorventes de micotoxinas por meio de análises *in vivo*. Estes experimentos foram realizados pelo Intituto SAMITEC (Instituto de Soluções Analíticas Microbiológicas e Tecnológicas Ltda.), localizado em Santa Maria – RS, a

pedido da empresa Safeeds Nutrição Animal LTDA., localizada em Toledo – PR. O início do experimento para aflatoxina foi 22 de março de 2017, com término em 12 de abril de 2017 e para fumonisina teve início em 13 de novembro de 2017 e término em 04 de dezembro de 2017. O aditivo avaliado neste experimento foi o SAFETOX.

Os experimentos *in vivo* basearam-se em avaliar a eficiência do aditivo de antimicotoxinas na diminuição dos efeitos tóxicos de aflatoxina e fumonisina quando adicionados à dieta de frangos de corte.

Foi conduzido em uma unidade experimental do Instituto SAMITEC. A sala experimental, medindo 22 m², foi mantida climatizada na temperatura ideal para a faixa etária do desenvolvimento dos animais, permanecendo todo o período sob pressão negativa. As aves foram alojadas em gaiolas dispostas em baterias com 4 gaiolas sobrepostas, sendo cada gaiola dividida em 2 boxes, com dimensões de 0,5 x 0,5 m (área de 0,25 m²) e 0,33 m de altura. Cada box equipado com comedouro tipo calha e bebedouro tipo *niple*, individual com regulagem de altura, além de uma campânula adicional para aquecimento. As instalações podem ser visualizadas na Figura 1.

Figura 1 - Aspecto da instalação e animais utilizados no experimento.



Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Para a condução do experimento de aflatoxinas foram utilizados 300 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem COBB. O peso médio das aves ao início do experimento (primeiro dia) foi de 45,7 g. Já para a fumonisina, utilizou-se 600 pintos de corte machos de um dia de idade, da linhagem COBB, com peso médio de 42,09 g no início do experimento.

O manejo das aves foi o mesmo utilizado rotineiramente para aves alojadas em baterias, no qual as aves receberam alimentação (ração e água) *ad libitum* durante todo o período experimental (1 – 21 dias) exceto nos dias de pesagem, quando foram submetidas a jejum (sólidos) prévio de 6

horas. A dieta foi isonutritiva durante todo o experimento. A composição da dieta experimental encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis nutricionais da ração fornecida aos frangos.

Nutrientes	Ração Inicial (1 - 21 dias)
Proteína Bruta (%)	20,00
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	3.050,00
Cálcio (%)	0,95
Fósforo disponível (%)	0,48
Metionina (%)	0,39
Metionina +Cistina (%)	0,74
Lisina (%)	1,19

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Para o experimento *in vitro* de aflatoxina, os 300 frangos foram distribuídos em 5 tratamentos de 6 repetições com 10 aves em cada repetição. Os tratamentos foram estabelecidos conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis de adição de aflatoxina e SAFETOX à ração.

Tratamento	Número de Aves	Aflatoxinas (ppm)	SAFETOX (%)
01	60	-	-
02	60	-	0,30
03	60	2,8	-
04	60	2,8	0,15
05	60	2,8	0,30

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

As fumonisinas foram experimentadas pela divisão dos 600 frangos distribuídos em 5 tratamentos que foram estabelecidos conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis de adição de fumonisinas e SAFETOX à ração.

Tratamento	Número de Aves	Fumonisinas (ppm)	SAFETOX (%)
01	120	-	-
02	120	-	0,50
03	120	100	-
04	120	100	0,20
05	120	100	0,50

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

As micotoxinas empregadas no experimento foram aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2), que foram obtidas a partir do cultivo de uma cepa toxígena de *Aspergillus parasiticus*, e fumonisinas (B1, B2),

obtidas a partir do cultivo de uma cepa toxígena de *Fusarium moniliforme*. As concentrações das micotoxinas utilizadas no experimento estão apresentadas na Tabela 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Tipo e concentração de aflatoxinas utilizadas.

Tipo de Aflatoxina	Concentração (%)
B ₁	93,80
B ₂	2,10
G ₁	3,40
G ₂	0,70

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Tabela 5 – Tipo e concentração fumonisina utilizada.

Tipo de Fumonisina	Concentração (%)
B ₁	95,80
B ₂	4,20

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Os seguintes parâmetros foram coletados ou calculados:

Semanalmente (7, 14, e 21 dias de idade):

- Peso vivo das aves: peso obtido através da pesagem individual das aves;
- Consumo alimentar por repetição;

Aos 21 dias:

- Conversão alimentar: calculada através da razão entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves (consumo em g/peso em g);
- Peso relativo de fígado (em g/100 g), obtido pela razão entre o peso da víscera e o peso da ave;
- Bioquímica clínica (Proteínas Plasmáticas Totais);
- Índice Lamic/Samitec (ILS) – no caso das aflatoxinas.
- Esfingolipídeos: relação esfinganina/esfingosina (SA/SO) – para as fumonisinas.

Foram coletadas 12 amostras de sangue por tratamento, totalizando 60 amostras analisadas para proteínas plasmáticas totais (PPT) de cada micotoxina em questão. A metodologia empregada para análise de PPT foi a técnica do Biureto e as medições realizadas no equipamento *Thermo Plate Analyser*.

O Índice Lamic/Samitec (LSI) indica até que ponto o fígado é afetado por micotoxinas por meio de um cálculo realizado com as variáveis do peso relativo de fígado e a diferença de cor de

fígado da ave em relação à cor referência (ΔE^*ab), sendo representado pela equação: $ILS = \%PRF (100 - \Delta E^*ab)$.

$\%PRF$ = *Peso relativo do fígado da ave;*

ΔE^*ab = *Diferença de cor do fígado da ave em relação à cor referência (branco).*

As avaliações estatísticas dos resultados foram realizadas aplicando-se análise estatística descritiva (média e coeficiente de variação). Foi aplicada análise de variância (ANOVA), utilizando o teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$) para comparação das médias. As análises foram realizadas empregando software Statgraphics Centurion XV versão 15.1.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

4.1 PRODUTO SAFETOX PARA AFLATOXINA

4.1.1 Peso médio das aves

Na Tabela 6, pode-se evidenciar os dados referentes ao peso médio das aves no dia do alojamento, aos 7, 14 e 21 dias de idade, separadas em grupos de acordo com os graus de intoxicação ou não de aflatoxinas, com ou sem a adição de SAFETOX.

Os grupos quando pesados inicialmente e aos 7 dias não apresentaram diferença estatística. A partir da segunda semana de avaliação, até o final do experimento é possível observar o efeito deletério das aflatoxinas sobre o peso dos animais. Aos 14 dias, os grupos que foram intoxicados com a micotoxina e receberam adição de 0,15% e 0,30% de SAFETOX na dieta, tiveram uma diferença de 14,3% e 8,9%, respectivamente, quando comparados ao grupo controle. Já o grupo que foi intoxicado sem a adição do produto apresentou uma redução de 23,6% quando comparado ao grupo controle, apresentando o efeito negativo da aflatoxina sobre o ganho de peso das aves.

Tabela 6 – Peso médio (g) de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	Inicial	7 dias	14 dias	21 dias
Controle	45,40 ^a	166,21 ^a	415,92 ^a	804,72 ^a
0,30% SAFETOX	45,20 ^a	161,78 ^a	413,55 ^a	772,25 ^a
2,8 ppm Aflatoxinas	45,63 ^a	157,43 ^a	317,92 ^c	555,38 ^c
2,8 ppm Afla + 0,15% SAFETOX	45,62 ^a	162,74 ^a	356,50 ^b	640,55 ^b
2,8 ppm Afla + 0,30% SAFETOX	45,56 ^a	161,81 ^a	382,59 ^b	650,81 ^b
Média	45,7	162,00	377,29	684,74

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a-c} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$).

Aos 21 dias, a presença das aflatoxinas na dieta determinou um menor ganho de peso corporal das aves (-30,9%), em comparação com aquelas que não receberam aflatoxinas. Essa diferença foi menor nos grupos que receberam a micotoxina e a adição do produto, conforme apresentado ao final do experimento. Observou-se que as aves que receberam aflatoxinas e ambas as inclusões de SAFETOX (0,15% e 0,30%) apresentaram peso corporal médio superior (15,3 e 17,1%, respectivamente) àquelas aves que receberam aflatoxinas sem o adsorvente de micotoxinas nas dietas, o que apresenta um melhor ganho de peso que as aves que receberam apenas a dieta com aflatoxina. Corroborando com Kubena *et al* (1990), que relatam que os efeitos da intoxicação por aflatoxina podem ser minimizados pelo uso de adsorventes como método preventivo.

Segundo estudos realizados por Mariani (1998) e Giacomini *et al* (2006), quanto à intoxicação de frangos de corte com aflatoxina, houve um reflexo negativo no ganho de peso das aves do grupo controle quando comparada às aves intoxicadas de 26,18% e 26,99%, respectivamente.

4.1.2 Consumo de ração

Na Tabela 7, estão apresentados os valores de consumo médio de ração por tratamento. Na primeira semana não se pode notar diferença estatística entre os grupos. O efeito das aflatoxinas é evidente a partir da segunda avaliação (14 dias) e se mantém até o final do experimento (21 dias).

Na segunda semana, houve variação entre todos os grupos, sendo que o grupo que recebeu apenas micotoxinas teve o pior desempenho quando comparado ao grupo controle.

Tabela 7 – Consumo médio de ração (g/ave) de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias
Controle	143,31 ^a	484,88 ^a	1092,27 ^a
0,30% SAFETOX	143,75 ^a	514,33 ^{ab}	1120,03 ^a
2,8 ppm Aflatoxinas	138,71 ^a	391,16 ^c	804,92 ^c
2,8 ppm Afla + 0,15% SAFETOX	141,07 ^a	435,71 ^{bc}	903,68 ^b
2,8 ppm Afla + 0,30% SAFETOX	133,92 ^a	459,35 ^b	954,38 ^b
Média	140,15	456,49	975,06

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a-c} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$).

Comparando o grupo controle aos demais, pode-se notar que aos 21 dias o consumo de ração pelas aves que receberam aflatoxinas na dieta foi inferior (-26,3%), não tendo diferença

significativa com o que recebeu apenas a adição do produto e menor diferença estatística quando comparados ao grupo que recebeu adição de 0,15 e 0,30% SAFETOX, respectivamente.

No caso do consumo médio de ração das aves que receberam ambas as inclusões de SAFETOX (0,15% e 0,30%), os dados foram superiores (12,2 e 18,5%), respectivamente, àquelas que receberam somente aflatoxinas na ração. O consumo de ração é maior nos grupos que recebem dieta com adição do adsorvente de micotoxinas quando comparado às aves intoxicadas (GONZALEZ, 2013).

4.1.3 Conversão alimentar, peso relativo de fígado e níveis séricos médios de proteínas plasmáticas totais

A Tabela 8 apresenta os resultados de conversão alimentar média, peso relativo médio de fígado e níveis séricos médios de proteínas plasmáticas totais das aves aos 21 dias de idade. Como pode ser observado, não houve diferença estatística na conversão alimentar entre os tratamentos avaliados.

O peso relativo médio de fígado das aves que recebem aflatoxinas na dieta apresentou-se aumentado em comparação às demais aves deste experimento. Giacomani *et al* (2006), apresentaram em seu estudo que o fígado das aves intoxicadas teve aumento de 12% quando comparado ao grupo controle. A inclusão de SAFETOX (0,15% e 0,30%) determinou uma redução no peso relativo do fígado (-11,8 e -24,5%) respectivamente, das aves que receberam as aflatoxinas nas dietas, quando comparado com aquelas aves que receberam aflatoxinas sem inclusão de aditivo de antimicotoxinas às dietas. O grupo controle e àquele que recebeu apenas a adição de 0,30% SAFETOX não apresentaram valores significativamente diferentes.

Tabela 8 – Conversão alimentar média (CA), peso relativo médio de fígado (g/100 g), níveis séricos médios de proteínas plasmáticas totais (PPT; g/dL) e Índice Lamic/Samitec (ILS) de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	CA	Fígado	PPT	ILS
Controle	1,40 ^a	3,17 ^d	3,61 ^a	108,6 ^d
0,30% SAFETOX	1,46 ^a	2,18 ^d	3,50 ^a	105,2 ^d
2,8 ppm Aflatoxinas	1,43 ^a	4,80 ^a	1,67 ^c	213,7 ^a
2,8 ppm Afla + 0,15% SAFETOX	1,40 ^a	4,23 ^b	2,39 ^b	168,7 ^b
2,8 ppm Afla + 0,30% SAFETOX	1,45 ^a	3,62 ^c	2,81 ^b	140,4 ^c
Média	1,43	3,80	2,80	147,3

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a-d} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni (P≤0,05).

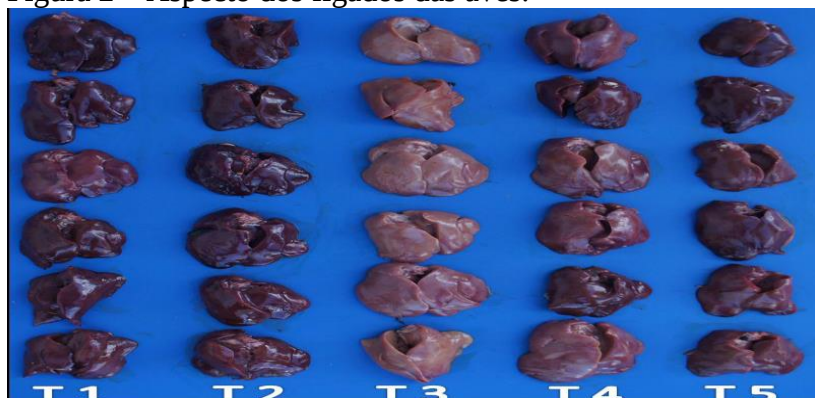
Os níveis séricos de proteínas plasmáticas totais foram reduzidos (-53,7%) nas aves que receberam dietas contaminadas com aflatoxinas, sem SAFETOX. As aves que receberam dieta contaminada com aflatoxinas e a inclusão de 0,15% e 0,30% de SAFETOX apresentaram níveis séricos de PPT superiores (43,1 e 68,2%, respectivamente), àquelas aves que receberam somente aflatoxinas na ração.

Quanto ao ILS (Figura 2), pode-se observar que as aves do grupo controle apresentaram fígado com tamanho e coloração normal, que, segundo Silva *et al* (2012) e Dyce, Sack e Wensing (2009), um fígado hígido deve apresentar-se com coloração castanho escura. O ILS das aves que recebem somente aflatoxinas na dieta apresentou-se aumentado (96,7%) em comparação ao grupo controle. A inclusão de SAFETOX (0,15% e 0,30%) determinou uma redução no ILS (-21,0 e -34,3%) respectivamente, das aves que receberam as aflatoxinas nas dietas, quando comparado com aquelas aves que receberam aflatoxinas sem inclusão de adsorvente às dietas.

As aves intoxicadas apresentaram fígado com aumento no tamanho e pálidos. Wyllie e Morehouse (1978), Santúrio (1997) e Vilar, Oliveira e Stamford (2002) realizaram estudos quanto à intoxicação de aves com aflatoxina e observaram que as principais lesões nos órgãos internos das aves intoxicadas por aflatoxina foi no fígado, iniciando com aumento de tamanho, apresentando-se com aspecto pálido e ocasionalmente com pontos focais brancos e petéquias.

A adição do adsorvente de micotoxinas teve interferência quanto ao tamanho e coloração do fígado, que se apresentou levemente mais pálido e aumentado no grupo que recebeu adição de 0,15% de SAFETOX e quase sem alteração quando comparado o grupo que recebeu adição de 0,30% de SAFETOX ao grupo controle.

Figura 2 – Aspecto dos fígados das aves.



Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota específica: T1: Controle; T2: 0,30% SAFETOX; T3: 2,8 ppm Afla; T4: 2,8 ppm Afla + 0,15% SAFETOX; T5: 2,8 ppm Afla + 0,30% SAFETOX

4.2 PRODUTO SAFETOX PARA FUMONISINA

4.2.1 Peso médio das aves

Na Tabela 9, estão apresentados os dados referentes ao peso médio das aves no dia do alojamento, aos 7, 14 e 21 dias de idade.

Tabela 9 – Peso médio (g) de frangos de corte alimentados com ração contendo fumonisinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	Inicial	7 dias	14 dias	21 dias
Controle	42,38 ^a	161,77 ^a	443,43 ^a	855,51 ^a
0,50% SAFETOX	42,98 ^a	163,30 ^a	443,14 ^a	834,38 ^a
100 ppm Fumonisinias	42,10 ^a	164,20 ^a	364,32 ^c	685,06 ^c
100 ppm Fumo + 0,20% SAFETOX	41,54 ^a	167,14 ^a	397,71 ^b	764,11 ^b
100 ppm Fumo + 0,50% SAFETOX	41,45 ^a	160,39 ^a	416,83 ^b	784,64 ^b
Média	42,09	1623,76	412,83	784,77

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a - c} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$).

A partir da segunda semana de avaliação, até o final do experimento é possível observar o efeito deletério das fumonisinas sobre o peso dos animais, já que do momento inicial e no decorrer da primeira semana não houve variações consideráveis.

Aos 14 dias, pode-se observar que as aves que foram intoxicadas tiveram um menor peso médio que os demais grupos. Nos casos dos grupos que foram intoxicados e receberam inclusão de SAFETOX (0,20 e 0,50%), o peso médio foi menor que o grupo controle e o grupo que recebeu apenas inclusão de SAFETOX 0,50%, mas maior que o grupo que apenas recebeu adição de fumonisina.

Na última semana (21 dias), a presença das fumonisinas na dieta determinou um menor ganho de peso corporal das aves (19,9%), em comparação com aquelas que não receberam fumonisinas. Em um estudo sobre contaminação por fumonisina em aves, o peso médio dos animais apresentou um déficit de 11,7% quando comparado o grupo controle ao grupo intoxicado (MALLMANN, 2008).

Ao final do experimento, as aves que receberam fumonisinas e SAFETOX (0,20% e 0,50%) apresentaram peso corporal médio superior (11,5% e 14,5%) respectivamente, àquelas aves que receberam fumonisinas sem aditivo antimicotoxinas nas dietas.

4.2.2 Consumo de ração

Na Tabela 10, estão apresentados os valores de consumo médio de ração por tratamento.

Tabela 10 – Consumo médio de ração (g/ave) de frangos de corte alimentados com ração contendo fumonisina, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	1 a 7 dias	1 a 14 dias	1 a 21 dias
Controle	142,44 ^a	528,94 ^a	1121,73 ^a
0,50% SAFETOX	145,78 ^a	524,02 ^{ab}	1116,01 ^{ab}
100 ppm Fumonisinas	142,89 ^a	448,86 ^c	984,71 ^d
100 ppm Fumo + 0,20% SAFETOX	148,01 ^a	467,46 ^c	1024,38 ^{cd}
100 ppm Fumo + 0,50% SAFETOX	144,81 ^a	496,32 ^b	1067,32 ^{bc}
Média	144,78	493,12	1062,81

Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a-d} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$).

Como pode ser observado na Tabela 10, houve diferença significativa no consumo médio de ração entre as aves dos diferentes tratamentos avaliados a partir da segunda semana até o final do experimento, tornando possível observar o efeito deletério das fumonisinas sobre o consumo médio dos animais.

Comparando ao grupo controle, aos 14 dias foi possível observar que o grupo que foi intoxicado e o grupo que foi intoxicado com adição de 0,20% SAFETOX, tiveram o pior consumo médio de ração (-15,2% e -11,6%, respectivamente). Já o grupo que recebeu Fumo + 0,50% SAFETOX teve menor redução no ganho de peso (-6,2%) quando comparado ao grupo controle.

Aos 21 dias, a presença das fumonisinas na dieta determinou o menor consumo médio das aves (12,2%), em comparação com aquelas que não receberam fumonisinas. Mallmann (2008) descreve uma queda de 7,45% do consumo de ração das aves intoxicadas em relação ao grupo controle em seu experimento.

Ao final do experimento, as aves que receberam fumonisinas e SAFETOX (0,50%) apresentaram consumo médio superior (8,4%) às aquelas aves que receberam fumonisinas sem aditivo nas dietas.

4.2.3 Conversão alimentar, peso relativo de fígado, níveis séricos médios de proteínas plasmáticas totais e relação entre esfinganina e esfingosina

A Tabela 11 apresenta os resultados de conversão alimentar média, peso relativo médio de fígado, níveis séricos médios de proteínas plasmáticas totais e relação entre esfinganina e esfingosina das aves aos 21 dias de idade.

Tabela 11 – Conversão alimentar média (CA), peso relativo médio de fígado (g/100 g), níveis séricos médio de proteínas plasmáticas totais (PPT; g/dL) e relação entre esfinganina esfingosina (SA/SO) de frangos de corte alimentados com ração contendo fumonisinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias.

Tratamentos	CA	Fígado	PPT	SA/SO
Controle	1,31 ^b	2,91 ^c	3,69 ^a	0,47 ^c
0,50% SAFETOX	1,33 ^b	2,95 ^c	3,65 ^{ab}	0,63 ^c
100 ppm Fumonisinas	1,44 ^a	3,67 ^a	3,17 ^c	2,17 ^a
100 ppm Fumo + 0,20% SAFETOX	1,34 ^b	3,28 ^b	3,41 ^{abc}	1,47 ^b
100 ppm Fumo + 0,50% SAFETOX	1,36 ^b	3,15 ^b	3,37 ^{bc}	1,30 ^b
Média	1,35	3,19	3,46	1,20

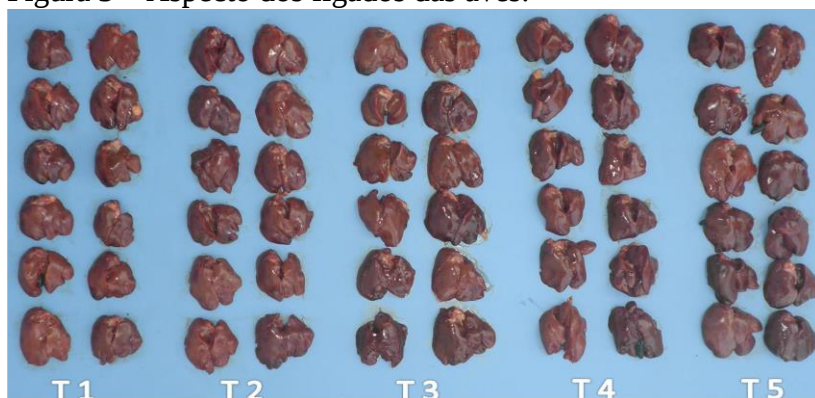
Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota Específica: ^{a-c} Médias nas colunas com letras diferentes, diferem pelo teste de Bonferroni ($P \leq 0,05$).

Como pode ser observado na Tabela 11, a conversão alimentar das aves que receberam fumonisinas na dieta foi pior (9,9%) à conversão alimentar das aves dos demais grupos. Mallmann *et al* (2008), apontaram que a conversão alimentar dos frangos de corte intoxicados apresentou uma piora de 6,4% em comparação ao tratamento controle.

O peso relativo médio de fígado das aves que receberam fumonisinas na dieta apresentou-se aumentado em comparação aos demais grupos. Corroborando com Ledoux *et al* (1992), que demonstraram que a fumonisina pode causar aumento no tamanho do fígado. A inclusão de SAFETOX (0,20% e 0,50%) determinou redução no peso relativo do fígado (10,6% e 14,1%) respectivamente, das aves que receberam as fumonisinas nas dietas, quando comparado com o peso médio dos fígados daquelas aves que receberam fumonisinas sem inclusão do aditivo às dietas. O aspecto dos fígados pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Aspecto dos fígados das aves.



Fonte: Safeeds Nutrição Animal Ltda. (2017).

Nota: T1: Controle; T2: 0,50% SAFETOX; T3: 100 ppm Fumo; T4: 100 ppm Fumo + 0,20% SAFETOX; T5: 100 ppm Fumo + 0,50% SAFETOX.

Os níveis séricos de proteínas plasmáticas totais foram reduzidos (14,0%) nas aves que receberam dietas contaminadas com fumonisinas, mesmo com as inclusões de SAFETOX à dieta. O que corrobora com Mallmann (2008), que relatou uma diminuição de 13% dos níveis séricos de proteínas plasmáticas totais em seu trabalho.

A relação entre esfingolipídeos (SA/SO) apresentou-se elevada (361,7%) nas aves que receberam dietas contaminadas com fumonisinas. Malmann (2008) apresentou um aumento de 105,3% da relação SA/SO em aves intoxicadas. Esse aumento ocorre pelo fato das fumonisinas serem estruturalmente semelhantes aos precursores dos esfingolipídeos, que são uma classe de lipídeos de membranas, com papel na regulação celular. Uma das enzimas que participa na biossíntese dos esfingolipídeos é a ceramida sintetase, que é inibida pelas fumonisinas, tendo acúmulo intracelular do precursor esfinganina (Sa) e diminuição da esfingosina (So). (TURNER; NIKIEMA; WILD, 1999).

A inclusão de SAFETOX (0,20% e 0,50%) determinou redução no SA/SO (32,2% e 40,0%) respectivamente, das aves que receberam somente as fumonisinas nas dietas.

A redução dos esfingolipídeos complexos e o acúmulo de intermediários bioativos têm importante papel não só para explicar a toxicidade da fumonisina, mas também alterações de outras funções celulares importantes, como o controle e integridade da membrana, proliferação celular, diferenciação e apoptose (FINK-GREMMELS, 1999; TURNER; NIKIEMA; WILD, 1999).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição do adsorvente de micotoxinas SAFETOX se mostrou eficaz tanto para aflatoxina, na concentração de 2,8 ppm, quanto para fumonisina, na concentração de 100 ppm, gerando resultados positivos quando comparados aos grupos que foram apenas intoxicados.

Os efeitos deletérios da inclusão de aflatoxinas na concentração de 2,8 ppm ou de fumonisina na concentração de 100 ppm a dieta de frangos de corte, são claramente demonstrados durante o período de 21 dias. Dado que a comparação estatística entre os grupos, mostra um resultado positivo nos grupos que foram intoxicados e receberam inclusão de SAFETOX. Os grupos que não receberam o adsorvente, apenas foram intoxicados com aflatoxina ou fumonisina, apresentaram redução do ganho de peso e da conversão alimentar considerável a partir da segunda semana.

Os parâmetros avaliados neste experimento demonstraram eficiência significativa do Aditivo Antimicotoxinas SAFETOX a inclusões de 0,15% e 0,30%, em frangos de corte, frente um desafio com 2,8 ppm de aflatoxinas durante 21 dias e nas inclusões de 0,20% e 0,50% frente a um desafio com 100 ppm de fumonisinas durante 21 dias.

REFERÊNCIAS

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2019**. São Paulo: ABPA, 2019.

AH SEO, J., WON LEE, Y. Natural occurrence of the C series of fumonisins in moldy corn. **Appl Environm Microbiol**, v.65, p.1331-1334, 1999.

BENNET, J.W. e KLICH, M. Mycotoxins. **Clinical of Microbiology Review** 16: 497–516. 2003.

BHATNAGAR, D.; YU, J.; EHRLICH, K.C. Toxins of filamentous fungi. **Chem Immunol**. v.81, p.167-206, 2002.

BÜNZEN, S.; HAESE, D. Controle de micotoxinas na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n° 1, p.299-304, 2006.

DOERR, J.A. Effects of low level chronic aflatoxicosis in broiler chickens. **Poultry Science**, v.62, n.10, p.1971-1977, 1983.

DYCE, Keith M.; SACK, Wolfgang O.; WENSING, Cornelis Johannes Gerardus. **Textbook of veterinary anatomy-E-Book**. Elsevier Health Sciences, 2009.

EMBRAPA. **Estatísticas | Mundo | Frangos de corte**, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo/>>. Acesso em: 17/05/2019.

FERNANDEZ, A., VERDE, M. T., GOMEZ, J., GASCON, M. RAMOS, J. J. Changes in the prothrombin time, haematology and serum proteins during experimental aflatoxicosis in hens and broiler chickens. **Research in Veterinary Science**. n.58, p.119-122, 1995.

FINK-GREMMELES, J. H. Micotoxins: Their implications for human and animal health. **Veterinary Quarterly, The Hague**, v.21, n.4, p.115-120, oct.1999.

GIACOMINI, L.; FICK, F. A.; DILKIN, P.; MALLMANN, C. A.; RAUBER, R. H., ALMEIDA, C. Desempenho e plumagem de frangos de corte intoxicados por aflatoxinas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 234-239, 2006.

GONZALEZ, N. F. G. **Aditivos anti-micotoxinas em dietas para frangos de corte: desempenho, rendimentos de carcaça, cortes nobres e peso relativo dos órgãos**. Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, p. 36, 2013.

HASCHEK, W. M.; GUMPRECHT, L. A.; SMITH, G. Fumonisin toxicosis in swine: an overew of porcine pulmonary edema and current perspectives. **Environmental Health Perspectives**, v.109 n. 2, p.251-257, 2001.

KUBENA, L. F.; HARVEY, R. B.; PHILLIPS, T. D.; CORRIER, D. E.; HUFF, W. E. Diminution of aflatoxicosis in growing chickens by the dietary addition of a hydrated, sodium calcium aluminosilicate. **Poultry science**, v. 69, n. 5, p. 727-735, 1990.

KWIATKOWSKI, A; ALVES, A. P. F. Importância da detecção e do controle de aflatoxinas em alimentos. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 2, n. 2, 2007.

LEDOUX, D.R.; BROWN, T.P.; WEIBKING, T.S.; ROTTINGHAUS, G. E.; Fumonisin toxicity in broiler chicks. **J Vet Diagn Invest**, v.4, p.330-333, 1992.

LESSON, S., DIAZ, G., SUMMERS, J. D., **Poultry metabolic disorders and mycotoxins**. University Books, Guelph, Ontario, 1995.

LOPES, P. R. S.; POUEY, J.L.O.F.; ENKE, D. B. S.; MALLMANN, C. A.; KICH, H. A.; SOQUETT, M. B. Utilização de adsorvente em rações contendo aflatoxina para alevinos de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 589-595, 2009.

MALLMANN, C. A. **Desempenho de frangos de corte alimentados com dieta contaminada com fumonisinas**. Laboratório de Análises Micotoxicológicas da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Instituto Samitec, Santa Maria - Brasil. 2008.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P. Mycotoxins and mycotoxicosis in swine. Translated and edited by G. Zaviezo and D. Zaviezo. **Special Nutrients edition**. Miami, FL USA, v. 7, p. 80-81, 2011.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P.; GIACOMINI, L. Z.; RAUBER, R. H. Critérios para seleção de um bom sequestrante para micotoxinas. **Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas**, p. 213-224, 2006.

MARIANI, G. V. C. **Efeito de aflatoxinas sobre o desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes períodos de desenvolvimento corporal**. Universidade Federal de Santa Maria, 1998.

MARIN, D. E.; TARANU, I.; BUNACIU, R. P.; PASCALE, F.; TUDOR, D. S.; AVRAM, N.; SACRA, M.; CUREU, I.; CRISTE, R. D.; OWSALD, I. P. Changes in performance, blood parameters, humoral and cellular immune responses in weanling piglets exposed to low doses of aflatoxin. **Rev American Society of Animal Science**, v.80, n.5, p.1250-1257, 2002.

MAIAZZO, R. Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. **Poultry Science**, v.84, p.1–8, 2005.

MILLS, J. T. Ecology of mycotoxigenic *Fusarium* species on cereal seeds. **Journal of Food Protection**, v.52, p. 737-742, 1989.

NORRED, W. P. Fumonisin – mycotoxins produced by *Fusarium moniliforme*. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 38, p.309-328, 1993.

OGIDO R. Effects of prolonged administration of aflatoxins B1 and fumonisin B1 in laying Japanese quail. **Poultry Science**, v.83, p.1953-1958, 2004.

OLIVEIRA, C.; GERMANO, P. Aflatoxinas: conceitos sobre mecanismos de toxicidade e seu envolvimento na etiologia do câncer hepático celular. **Revista Saúde Pública**, v.31, n.4, p.417-424, 1997

PERAICA, M.; RADIC, B.; LUCIC, A. PAVLOVIC M. **Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano**. Bol. OMS. n.2, 2000.

PETSKA, J.J.; BONDY, G.S. Alteration of immune function following mycotoxin exposure. **Can J Physiol Pharmacol**, v. 68, p.1009-1016, 1990.

PITT, J. I. Toxigenic fungi and mycotoxins. **British Med. Bul.** v.56, n.1, p. 184-192, 2000.

SANTÚRIO, J. M. Micotoxinas na produtividade avícola: tipos, seus efeitos e como detectá-las e preveni-las. In: **Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**, 1997, São Paulo. São Paulo: FACTA, p. 224-257, 1997.

SILVA, I. M. M.; BALIZA, M.; SANTOS, M. P.; REBOUÇAS, L. T.; ROCHA, E. V. S.; SANTOS, V. A.; SILVA, R. M; EVÊNCIO-NETO, J. Presença de *Escherichia coli* em fígados de frangos provenientes de matadouros avícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 694-700, 2012.

TRISTAN, T. Q. **Dinâmica toxicológica de aflatoxinas em alimentos de origen animal em Aguascalientes y Querétaro**. Santiago de Querétaro: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Edición Comunicación del Centro, p.117, 2002.

TURNER, P. C.; NIKIEMA, P.; WILD, C. P. Fumonisin contamination of food: progress in development of biomarkers to better assess human health risks. **Mutation Research**, Amsterdam, v.443, p.81-93, 1999.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Poultry Resources**, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>> Acesso em: 14/04/2019.

VILAR, E. A.; OLIVEIRA, M. C. M.; STAMFORD, T. L. M. Pesquisa micotoxicológica em fígado de aves produzidas e comercializadas em Pernambuco. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.20, n.2, 2002.

WYLLIE, T.D.; MOREHOUSE, L.G. Mycotoxicoses of domestic and laboratory animals, poultry, and aquatic invertebrates and vertebrates. **Mycotoxic fungi, mycotoxins, micotoxicoses**. Nova York: Marcel Dekker, v.2, p.128, 1978.

YU, J.; CLEVELAND, T.E.; NIERMAN, W.C.; BENNETT, J.W. *Aspergillus flavus* genomics: gateway to human and animal health, food safety, and crop resistance to diseases. **Revista Iberoamericana de Micologia**, v.22, p.194-202, 2005.