

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
RENATA MOREIRA CRUZ

Micotoxinas em rações para frangos: Revisão da Literatura

CERES – GO
2024

RENATA MOREIRA CRUZ

Micotoxinas em rações para frangos: Revisão da Literatura

Trabalho de curso apresentado ao curso de Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em zootecnia, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite

**CERES – GO
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano

C957m

Cruz, Renata Moreira.

Micotoxinas em rações para frangos: Revisão da Literatura / Renata Moreira Cruz. – Ceres, GO: IF Goiano, 2024.
54 fls. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2024.

1. Conversão alimentar. 2. Fungos. 3. Leveduras. 4. Micotoxinas.
5. Zeólitas. I. Leite, Paulo Ricardo de de Sá da Costa. II. Título.

CDU 636.01/.09

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Renata Moreira Cruz

Matrícula: 2020103201840168

Título do Trabalho: Micotoxinas em rações para frangos: Revisão de literatura

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 05/ 12 /2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

_____ Ceres _____, 02 / 12 /2024

.Local _____ Data



Documento assinado digitalmente
RENATA MOREIRA CRUZ
Data: 02/12/2024 06:29:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Documento assinado digitalmente
PAULO RICARDO DE SA DA COSTA LEITE
Data: 02/12/2024 14:22:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

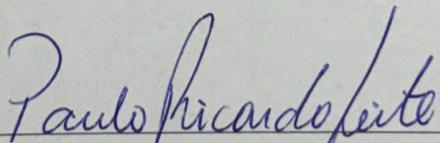
Assinatura do(a) orientador(a)

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

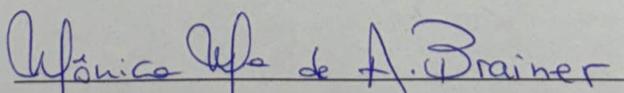
Ao(s) onze dia(s) do mês de novembro do ano de dois mil e vinte e quatro realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Renata Moreira Cruz, do Curso de Bacharelado em Zootecnia, matrícula 2020.103203840168 cujo título é "Micotoxinas em rações para frangos: Revisão de literatura". A defesa iniciou-se às 10 horas e 00 minutos, finalizando-se às 10 horas e 30 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho Aprovado com média 8,8 no trabalho escrito, média 9,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final de 9,0 pontos, estando o(a) estudante Apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

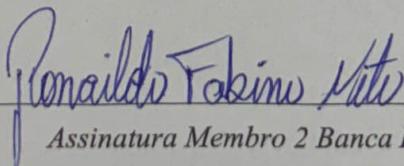
Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.



Assinatura Presidente da Banca



Assinatura Membro 1 Banca Examinadora



Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela minha saúde, pela minha família e por todas as portas abertas durante a minha vida e pelas pessoas que colocou no meu caminho e que me acompanham desde o início desta caminhada.

Agradeço a minha família, em especial meus pais Erislei Ricardo da Cruz Moreira e Marcos Cesar Moreira, por terem me dado todo apoio, incentivo, compreensão, dedicação e aos inúmeros esforços por eles realizados, e sem medidas, para que eu aqui chegasse. Agradeço também aos meus avós que sempre me acolheram e me deram todo o suporte para que eu pudesse concluir minha formação. Agradeço ao meu irmão, Júlio Cesar Cruz Moreira, por todo o apoio nos momentos difíceis e por sempre tentar torná-los mais fáceis e alegres.

Aos meus amigos, Adrianny Rodrigues, Caroline Dutra, Ronair Alves, Roger Lima e Yana Rhaniely que sempre foram bons incentivadores durante todos os anos de graduação, eu só tenho a agradecer por todos os momentos juntos, e saibam que eu não teria chegado até aqui sem vocês.

A todos os professores que de alguma forma contribuíram para o meu aprendizado durante este período. Agradeço sinceramente, por cada interação e discussão que contribuíram e proporcionaram uma perspectiva mais ampla e aprofundada, de todos os ensinamentos.

Em especial agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite, pela orientação, paciência, conselhos e por acreditar no meu potencial na zootecnia.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Na vida não existe nada a temer, mas a entender”

Marie Curie

Resumo

Objetivou-se revisar na literatura sobre adsorventes em rações para frangos. Para isso, foram realizadas pesquisas em bases de dados como Google acadêmico, SciELO, Pubvet, e por meio de consultas em artigos, dissertações e teses relevantes sobre o tema. O tema central da revisão é a demonstração da utilização de adsorventes como forma de reduzir os efeitos das intoxicações por micotoxinas que prejudicam o desempenho produtivo e causam perdas econômicas. Diversos estudos demonstram que a utilização de adsorventes nas rações de frangos de corte, como aluminossilicatos, leveduras, zeólitas, glucanos, atuam na adsorção dessas toxinas, evitando a absorção no trato gastrointestinal e promovendo eliminação pelas excretas. Além dos adsorventes atuarem na redução dos efeitos adversos das micotoxinas, eles atuam na melhora de ganho de peso, consumo alimentar e conversão alimentar dos frangos. Portanto o uso de adsorventes é essencial para garantir a qualidade nutricional e desempenho produtivo dos frangos de corte, já que grande parte das matérias-primas utilizadas nas rações estão sujeitas a contaminação por micotoxinas, sendo necessário o controle dessas substâncias para garantir a saúde e a produtividade dos animais.

Palavras-chave: Conversão alimentar. Fungos. Leveduras. Micotoxinas. Zeólitas.

Abstract

The objective was to review the literature on adsorbents in chicken feed. To this end, research was conducted in databases such as Google Scholar, SciELO, Pubvet, and through consultations of relevant articles, dissertations, and theses on the topic. The central theme of the review is the demonstration of the use of adsorbents as a means to reduce the effects of mycotoxin poisoning, which impair productive performance and cause economic losses. Several studies demonstrate that the use of adsorbents in broiler chicken feed, such as aluminosilicates, yeasts, zeolites, and glucans, act by adsorbing these toxins, preventing their absorption in the gastrointestinal tract and promoting their elimination through excretion. In addition to reducing the adverse effects of mycotoxins, adsorbents contribute to improvements in weight gain, feed intake, and feed conversion in chickens. Therefore, the use of adsorbents is essential to ensure the nutritional quality and productive performance of broiler chickens, as a significant portion of the raw materials used in feed is prone to contamination by mycotoxins, making it necessary to control these substances to ensure animal health and productivity.

Keywords: Feed conversion. Fungi. Mycotoxins. Yeasts. Zeolites.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Produção brasileira de carne de frango.....	3
Figura 2 - Estimativa e Previsão de produção de rações de frangos de corte (milhões de tons)	5
Figura 3 - Prevalência de gêneros fúngicos encontrados nos diferentes substratos coletados .	10
Figura 4 - Fatores de ocorrência de micotoxinas em alimentos para animais.....	11
Figura 5 - Análise de contaminação múltipla de rações.....	12
Figura 6 - Estruturas químicas das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2.....	14
Figura 7 - Comparativo entre fígado de frango de corte afetado pela aflatoxina (A) e fígado sadio (B)	16
Figura 8 - Despigmentação ocasionada pelo consumo de rações contaminadas por aflatoxinas	16
Figura 9 - Estrutura química da fumonisina B1	19
Figura 10 - Aspecto dos fígados das aves contaminadas e sadias	21
Figura 11 - Estrutura química do desoxinivalenol	22
Figura 12 - Adsorção de micotoxinas em nível molecular.....	25

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos.....	13
Tabela 2 - Incidência de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 e zearalenona (ZEA) em amostras de milho na pós-colheita	17
Tabela 3 - Ocorrência de aflatoxinas em amostras de milho, farelo de soja e ração de frangos de corte	17
Tabela 4 - Efeito de aflatoxinas sobre frangos de 1 a 21 dias de idade.....	18
Tabela 5 - Efeitos da fumonisina sobre frangos de 1 a 21 dias	21
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tipo de milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a conversão alimentar aos 21 dias de idade.....	27
Tabela 7 - Efeitos da suplementação de nanossílica e bentonita no desempenho de frangos de corte machos entre 0 e 35 dias de idade	27
Tabela 8 - Peso médio (g) de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas, com ou sem a adição de SAFETOX, durante 21 dias	28
Tabela 9 - Efeitos das bactérias do ácido láctico (LAB) e esmectita no crescimento.....	30
Tabela 10 - Médias de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte comerciais alimentados com aluminossilicatos e ligantes de micotoxinas à base de levedura	31

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Desenvolvimento.....	3
2.1 Avicultura de corte: Panorama no Brasil.....	3
2.2 Aditivos nas rações.....	6
2.3 Principais fungos na avicultura.....	8
2.4 Principais micotoxinas.....	10
2.4.1 Aflatoxinas.....	14
2.4.2 Fumonisinias.....	18
2.4.3 Desoxinivalenol.....	21
2.5 Adsorventes.....	23
2.5.1 Mecanismo de adsorção.....	24
2.5.2 Adsorventes inorgânicos.....	25
2.5.3 Adsorventes orgânicos.....	28
3. Considerações Finais.....	32
4. Referências.....	33

1. Introdução

A avicultura tem sido uma atividade dinâmica, que incorpora todas as mudanças tecnológicas do melhoramento genético, nutrição, sanidade, ambiência e manejo, visando melhorias na produtividade do setor. Atualmente o Brasil se destaca como segundo maior produtor de carne de frango no mundo, e o primeiro em exportações. Segundo a ABPA (2024), no ano de 2023, as exportações brasileiras de carne de frango, incluindo todos os produtos, entre *in natura* e processados, encerraram o ano com exportações totais de 5,138 milhões de toneladas.

O crescimento do setor é decorrente dos avanços tecnológicos nas áreas de genética, nutrição, sanidade e manejo, os quais possibilitaram a instalação de uma indústria altamente eficiente e competitiva em todo o mundo, particularmente no Brasil (Lopes, 2011). O motivo para o Brasil se tornar líder do mercado avícola é a qualidade e a disciplina com o programa de biossegurança, e sua eficiência no setor, no entanto com o avanço do desenvolvimento do setor avícola ocorreram também os problemas sanitários, trazendo perdas na produção, sendo um dos problemas encontrados que está diretamente relacionado a nutrição é a contaminação da ração por fungos que produzem micotoxinas (Pia, 2018).

Os frangos de corte enfrentam problemas relacionados a sua produção, como bem-estar animal, manejo e questões sanitárias sendo as micotoxinas são um desafio e seus impactos são perceptíveis, pois não existem limites seguros para a avicultura industrial lidar com essa situação, portanto, o controle efetivo dessas micotoxinas são essenciais (Prigol, 2023).

O termo micotoxina é utilizado para definir um grupo de metabólitos secundários produzidos por fungos que podem causar uma série de reações tóxicas no organismo, como prejudicar o desempenho animal, afetar diretamente órgãos envolvidos no processo de digestão e absorção de nutrientes, ou afetar indiretamente o sistema imunológico, reduzindo a resistência dos animais a infecções (Bünzen; Haese, 2006). 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 (Santes; Freitas, 2021).

No Brasil, os adsorventes de micotoxinas vêm sendo usados na ração para impedir que essas toxinas sejam absorvidas pelos frangos ao consumirem as rações contaminadas por fungos e também para diminuir a perda na produção (Pia, 2018). A eficácia de um adsorvente é demonstrada pela sua capacidade de se ligar a uma ou mais micotoxinas no trato gastrointestinal do animal e permanecer ligado até ser eliminado (Yiannikouris *et al.*, 2021).

Tais aditivos exercem no animal um efeito de químio-adsorção com as micotoxinas, bloqueando-as no trato intestinal e em seguida, eliminando-as nas excretas, reduzindo seus efeitos tóxicos. Esses aditivos podem ter origem diferente, caracterizados como orgânico ou inorgânico, mas todos devem ser considerados agentes corretivos com a capacidade de remover as micotoxinas e não produzir resíduos tóxicos (Gonzalez, 2013).

Diante do exposto, objetiva-se revisar na literatura sobre a eficácia da utilização de adsorventes de micotoxinas na nutrição de frangos de corte, pesquisando artigos, teses e dissertações recentes sobre o tema com o auxílio do google acadêmico, SciELO e Pubvet, utilizando termos como micotoxinas, adsorventes, aditivos tecnológicos, aditivo anti- micotoxina nos anos de 2018 a 2024.

2. Desenvolvimento

2.1 Avicultura de corte: Panorama no Brasil

Ao longo da história, a produção da carne de frango no Brasil estava voltada ao consumo próprio e, a partir da década de 1970, com a evolução da tecnologia, a atividade ganhou autonomia. Depois da implantação das primeiras agroindústrias e de um intenso crescimento iniciado na década de 70, em 2002 a produção de carne de aves superou a produção de carne bovina, comparando volumes produzidos em 1999 com a produção estimada para 2023, constata-se que a carne de frango cresceu 170% (Talamini; Martins, 2023).

O Brasil é reconhecido mundialmente como o maior exportador e segundo maior produtor de frangos de corte, sendo produzido um montante de 14,8 milhões de toneladas no ano de 2023 (Figura 1).

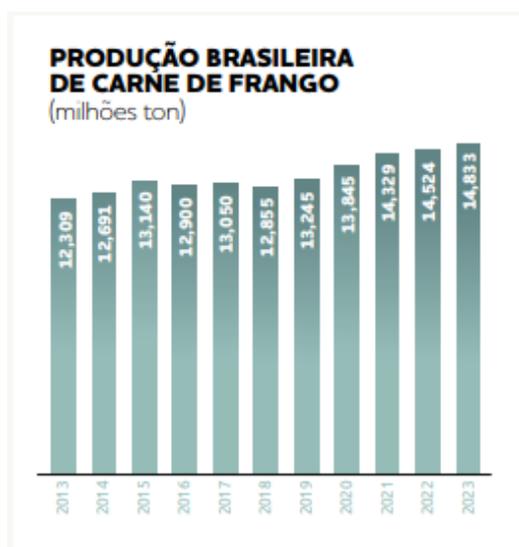


Figura 1 - Produção brasileira de carne de frango

Fonte: ABPA (2024)

Garcia (2004) acredita que o excelente desempenho da cadeia produtiva brasileira de frangos de corte é reflexo de ajustes estruturais da indústria (adoção de novas formas de organização industrial em larga escala), melhorias tecnológicas e melhorias relacionadas as técnicas de manejo, nutrição e sanidade das aves, ocorridos a partir de 1970 no Brasil e se intensificando nos anos de 1990. Além disso, a posição em que o país ocupa como grande produtor de soja e milho, principais componentes da ração alimentar para frangos de corte influenciam este desempenho (Costa; Garcia; Brener, 2015).

A produção brasileira de frango é completamente integrada sendo vista como a "coluna vertebral" da indústria: a parceria da indústria; que fornece pintinhos de dia, alimentos, vacinas, suporte veterinário e possui as plantas de processamento, com os pequenos produtores integrados, responsáveis pelo alojamento e manejo das aves (Bernardo, 2022).

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2024) a avicultura brasileira encontra-se em franca expansão e modernização, conforme demonstrado no quadro 1, o anuário de avicultura da Embrapa trouxe dados da USDA (United States Department of Agriculture) que demonstram que o Brasil conseguiu aumentar sua participação nas exportações mundiais, que era de 22,1% em 2001 para 35,6% em 2023.

Quadro 1 – Quantidade e participação dos principais países na exportação de carne de frangos nos anos 2001 e 2023 (USDA, 2023)

Países	Exportação: milhões t.		Exportação: Share %	
	2001	2023	2001	2023
Brasil	1.241	4845	22,13	35,61
USA	2.521	3324	44,96	24,43
União Europeia	718	1725	12,81	12,68
China	489	525	8,72	3,86
Tailândia	425	1090	7,58	8,01
Outros	213	2097	3,80	15,41
Total	5.607	13606	100	100

Fonte: Anuário da avicultura industrial (2023)

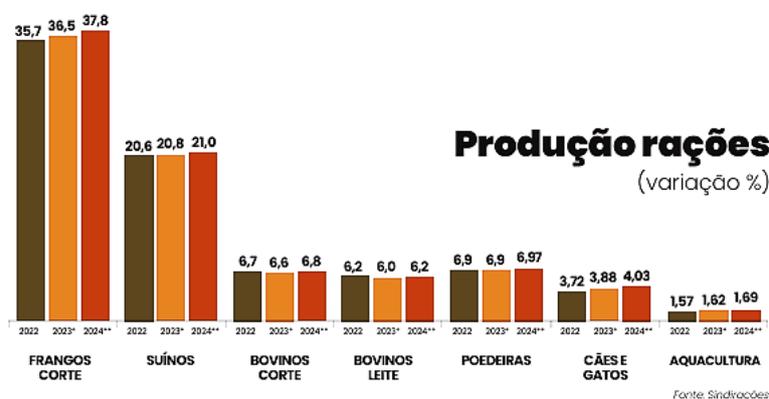
Em relação à produção brasileira, de acordo com a ABPA (2024), registra que 65,35% da produção de carne de frango vai para o mercado interno, e 34,65% é destinado a exportações, no que diz respeito do frango para exportação, 20,95% deixa o país como aves inteiras, 73,52% em cortes, 3,23% de forma salgada e 2,30% são exportados de forma industrializada.

A maior parte dos produtos destinados a exportações são para o continente asiático, cerca de 35,86% do total, sendo a China o maior importador de carne de frango brasileira e, seguido do Oriente Médio que recebe cerca de 30,23% dos produtos sendo o maior país importador do continente os Emirados Árabes Unidos (ABPA, 2024).

Atualmente, a produção de aves e seus produtos estão integrados em um modelo tecnológico que busca qualidade e alta produtividade, das 14,83 milhões de toneladas de carne de frango produzidas em 2023, 34,64% da produção foram exportadas para mais de 150 nações, isto é, 5,13 milhões de toneladas, gerando uma receita de US\$ 9,7 bilhões (ABPA, 2024). O setor avícola no ano de 2023 teve uma produção bruta de R\$ 91,646 bilhões, e o estado que teve maior produção para abate foi o estado do Paraná com cerca de 2 milhões de aves abatidas.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2024), em 2023 o Brasil produziu 83,6 milhões de toneladas de ração animal, cujo maior consumo é destinado à avicultura (frango de corte e postura), seguido de suinocultura e bovinocultura (bovino leiteiro e bovino de corte), e em 2023, a produção de rações frangos de corte foi de 36,5 milhões de toneladas, resultando um avanço de 2,1% em comparação aos outros anos (Figura 2).

Em relação a produção de aditivos e adsorventes utilizados na avicultura o SINDIRAÇÕES (2024) apresenta dados de 2023, sendo que os aditivos nutricionais têm uma produção de 44.619 toneladas entre vitaminas e microminerais, em relação a aditivos zootécnicos se tem uma produção de 55.870 toneladas, já em relação a aditivos tecnológicos se tem uma produção de 10.545 toneladas de conservantes, antioxidantes ou antifúngicos utilizados nas rações de frangos de corte, em relação aos adsorventes de toxinas foram produzidos 27.127 toneladas (SINDIRAÇÕES, 2024).



Valores com * representam estimativa, valores com ** representam previsão.

Figura 2 - Estimativa e Previsão de produção de rações de frangos de corte (milhões de tons)

Fonte: SINDIRAÇÕES (2024)

Os resultados observados no contexto do mercado avícola brasileiro derivam dos esforços relacionados à otimização da biossegurança e da qualidade nutricional dos animais, em se tratando especificamente em relação à nutrição, o país enfrenta desafios associados à presença de micotoxinas nos grãos utilizados na alimentação animal, potencialmente impactando o desempenho animal e os aspectos econômicos. Diante dessa realidade, o Brasil emprega o uso de adsorventes para mitigar os efeitos destas micotoxinas, visando alcançar elevada produtividade na cadeia avícola.

2.2 Aditivos nas rações

De acordo com a Instrução Normativa Nº 44/15 do Ministério de Agricultura e Pecuária de Abastecimento (MAPA) aditivo para alimentação animal é toda “substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente às rações, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais; melhore o desempenho dos animais saudáveis ou atenda às necessidades nutricionais” (Brasil, 2015).

Os aditivos são utilizados na produção animal com o intuito de melhorar a resistência dos animais a possíveis infecções e também a conversão alimentar reduzindo a mortalidade e aumentando a rentabilidade da produção, dado que a utilização de aditivos podem melhorar a digestibilidade dos nutrientes, promover uma microbiota saudável, aumentar a eficiência na utilização dos nutrientes e prevenir a oxidação de lipídeos, reduzindo perdas nutricionais e também a contaminação por microrganismos (Talamini; Martins, 2023).

Os aditivos devem ser empregados na quantidade estritamente necessária à obtenção do efeito desejado, sendo obrigatório o cumprimento das condições e das restrições que se tenham imposto no registro referentes à comercialização, utilização ou manipulação do aditivo ou dos produtos que o contenham, a fabricação, o fracionamento, a importação, a exportação, a comercialização e o uso dos aditivos destinados à alimentação animal devem observar as regras dispostas na Instrução Normativa nº 1 de 13 de janeiro de 2020, considerando as respectivas alterações, além das demais legislações relacionadas (Brasil, 2020).

Dentre as diversas linhas de aditivos alimentares algumas têm merecido especial destaque nos últimos anos como, por exemplo, os ácidos orgânicos, antibióticos, enzimas exógenas, minerais orgânicos, probióticos, prebióticos, simbióticos, entre outros, em razão de que podem auxiliar na obtenção de melhor desempenho animal, nos parâmetros de saúde animal e/ou possibilitar maior utilização de ingredientes alternativos (Ahsan *et al.*, 2018).

De acordo com a Instrução Normativa Nº 13, de 30 de novembro de 2004, os aditivos são divididos em quatro categorias, para fins de direcionamento os aditivos foram organizados de conforme suas propriedades e características, como: aditivos tecnológicos, aditivos sensoriais, aditivos nutricionais e aditivos zootécnicos e dentro de cada categoria são encontrados grupos funcionais de produtos como demonstrado no quadro 2 (Brasil, 2004).

Quadro 2 – Grupos funcionais das categorias de aditivos

Aditivos	
Categoria	Grupos funcionais
Zootécnicos	Digestivo, equilibradores da flora e melhoradores de desempenho.
Nutricionais	Vitaminas, provitaminas, aminoácidos, oligoelementos, ureia e seus derivados.
Tecnológicos	Adsorventes, aglomerantes, antiaglomerante, antioxidante, antiemético, conservante, emulsificante, estabilizante, espessantes, regulador da acidez, e umectantes.
Sensoriais	Corantes e pigmentantes, aromatizante e palatilizantes.

Fonte: Adaptado de Educapoint (2022)

Segundo o boletim informativo do setor do Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (SINDIRAÇÕES, 2024) no ano de 2023 foram produzidas cerca de 18.328 toneladas de aditivos nutricionais, 55.870 toneladas de aditivos zootécnicos, 37.672 toneladas de aditivos tecnológicos, e uma produção de adsorventes de toxinas foram produzidas 27.127 toneladas em 2023.

De acordo com Brasil (2004), os aditivos sensoriais são qualquer substância adicionada ao produto para melhorar ou modificar as propriedades organolépticas destes ou as características visuais dos produtos. A categoria de aditivos sensoriais destina-se aos grupos funcionais denominados: corante ou pigmentante, aromatizante e palatilizante. A finalidade de uso dos aromatizantes e dos palatilizantes é voltada a melhorar a aceitabilidade e estimular o consumo dos alimentos (Brasil, 2015). No entanto, os corantes e pigmentantes são adicionados às dietas para modificar as características visuais dos produtos destinados a alimentação animal ou dos subprodutos de origem animal, respectivamente (Daniele; Schogor, 2020).

Já no caso dos aditivos nutricionais se destina às substâncias utilizadas para manter ou melhorar as propriedades nutricionais de ingredientes ou produtos utilizados na alimentação animal, e conforme a IN 44/15, esta categoria é representada por aproximadamente quatro grupos funcionais (Brasil, 2015). Os aditivos nutricionais são imprescindíveis na nutrição animal, desempenhando importantes e diferentes funções, dentre elas, segurança alimentar, melhorias na performance e na saúde intestinal, aumento da imunidade, proteção hepática (Stilo, 2022)

Quanto aos aditivos zootécnicos, estes são toda substância utilizada para influenciar positivamente na melhoria do desempenho dos animais, nesta categoria de aditivos podem ser citados os seguintes grupos funcionais: digestivos (enzimas), equilibradores da flora intestinal (probióticos, prebióticos e acidificantes), melhoradores de desempenho (substâncias definidas quimicamente que melhoram os parâmetros de produtividade, excluindo-se os antimicrobianos) (Brasil, 2004). O uso de aditivos, como ionóforos, probióticos, prebióticos e simbióticos vêm

sendo bastante enfatizado na alimentação animal, pois contribuem na melhoria do desempenho animal, a utilização dos aditivos não visa apenas o desempenho e a eficiência, mas também a prevenção e controle de doenças intestinais, imunomodulação, e o bem-estar animal (Miles; Nishizawa; Jácome, 2019).

Aditivos tecnológicos são qualquer substância adicionada ao produto destinado com fins tecnológicos, na prática, é utilizado, principalmente, para melhorar a estabilidade, o processamento ou as propriedades físicas do produto. Os aditivos tecnológicos contemplam diversos tipos de produtos, com diferentes funções, como: adsorventes, reguladores de acidez, antioxidantes, emulsificantes, estabilizantes, entre outros, que atuam na garantia da qualidade do produto, aumentando o tempo de prateleira (antioxidantes e estabilizantes), saúde animal (adsorventes e reguladores de acidez), melhora na peletização e extrusão (emulsificantes) (Vaccinar nutrição e saúde animal, 2024).

Dentre os aditivos utilizados na dieta de frangos de corte alguns são importantes para controle de fungos e micotoxinas, conservantes como antifúngicos, ajudam a prevenir o desenvolvimento de fungos em grãos e rações armazenadas, já os adsorventes de micotoxinas são utilizados para neutralizar e reduzir a absorção de micotoxinas no trato gastrointestinal da aves, sendo que a utilização destes aditivos são essenciais para assegurar a qualidade das rações e desempenho produtivo adequado das aves, minimizando perdas econômicas e contribuindo para a produção de carne de frango com alto padrão de qualidade.

2.3 Principais fungos na avicultura

Os fungos são organismos eucariotos pertencentes ao Reino Fungi, capazes de utilizar uma grande variedade de substratos para obter carbono orgânico, possuem adaptações a uma grande variedade de condições de vida, por isso, colonizam inúmeros habitats (águas doces e salgadas, terra, madeira, estrume, resíduos queimados) e desempenham diversas funções nos ecossistemas, como decompositores ou parasitas, por exemplo. Por isso são comumente isolados do solo e alimentos, podemos dividi-los em unicelulares, como leveduras e pluricelulares, que são os fungos filamentosos e basidiomicetos (Samson *et al.*, 2000).

O fato de a produção de frangos acontecer em sistemas com alta densidade animal, possibilitam condições favoráveis à ocorrência, disseminação e multiplicação de patógenos, constituindo um problema ambiental e de saúde pública (Silva *et al.*, 2012; Melo *et al.*, 2018), sendo que os empastamentos localizados principalmente na cama de frango, tornam-se meios propícios ao desenvolvimento de fungos patogênicos (Vilela *et al.*, 2004).

Três grandes grupos de fungos encontrados nas rações de aves de corte, sendo: *Aspergillus* (aflatoxinas e ocratoxina), *Penicillium* e *Fusarium* (desoxinivalenol, fumonisinas, tricoteceno e zearalenona). Entre os principais gêneros de fungos causadores de doenças nas aves destacam-se *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., e *Candida* sp., que promovem diferentes quadros clínicos com manifestações variadas, sobressaindo a forma respiratória, que afeta especialmente os pulmões e sacos aéreos, e em menor proporção o sistema nervoso central, olhos e sistema digestivo (Radwan; Abed; Abdallah, 2018; Sugiharto, 2019).

Os *Aspergillus* spp. podem ser isolados do solo, ar, água, plantas e animais, incluindo as aves e o homem, pela sua pequena necessidade nutricional esses fungos crescem em diversos ambientes, e sua disseminação ocorre principalmente pelo ar, contaminando assim as mais diversas áreas dentro de um aviário desde o incubatório ao nascedouro (Tessari *et al.*, 2004). O *Aspergillus* spp. é um habitante frequente no meio ambiente, o que possibilita que aves nas duas primeiras semanas de idade apresentam maior susceptibilidade à doença, já aves quando adultas se tornam mais resistentes à infecção (Berchieri Jr. *et al.*, 2009).

Os fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* são fungos que se destacam por sua ubiquidade, a grande maioria das espécies destes gêneros são saprófitas, geralmente encontradas no ar, solo, vegetação em decomposição, sementes e grãos. Algumas espécies são consideradas epidemiologicamente importantes por desencadarem infecções em seres humanos, denominadas de aspergilose e peniciliose (Calumby *et al.*, 2019), além de produzirem micotoxinas, como as aflatoxinas e as citrininas, acarretando danos a seres humanos e animais (Algabr *et al.*, 2018).

Fungos do gênero *Fusarium* spp. são descritos como produtores de diversos tipos de micotoxinas, metabólitos tóxicos que podem atuar sobre o organismo animal prejudicando o seu desempenho e desenvolvendo alterações patológicas graves (Perincherry *et al.*, 2019). Fungos do gênero *Fusarium* destacam-se como um dos mais importantes em termos de perdas globais devido às micotoxicoses, isso se deve ao fato desse gênero ter a capacidade de produzir uma variedade de micotoxinas, sendo as mais importantes os tricotecenos (vomitoxina e T-2 entre outras), as fumonisinas, a zearalenona, a moniliformina e o ácido fusárico (Smith e Seddon, 1998).

Em estudo realizado por Barros *et al.* (2021) foi encontrado que os fungos mais prevalentes identificados na cama aviária pela técnica de swab de arrasto, no composto da cama, na ração e na água foram *Saccharomyces* spp. com 3409 UFC (unidade formadora de colônia) (36,7%), *Penicillium* spp. com 898 UFC (9,2%), *Fusarium* spp. com 1678 UFC (40,4%), e *Rhodotorula* spp. com 182 UFC (17,0%), respectivamente (Figura 3).

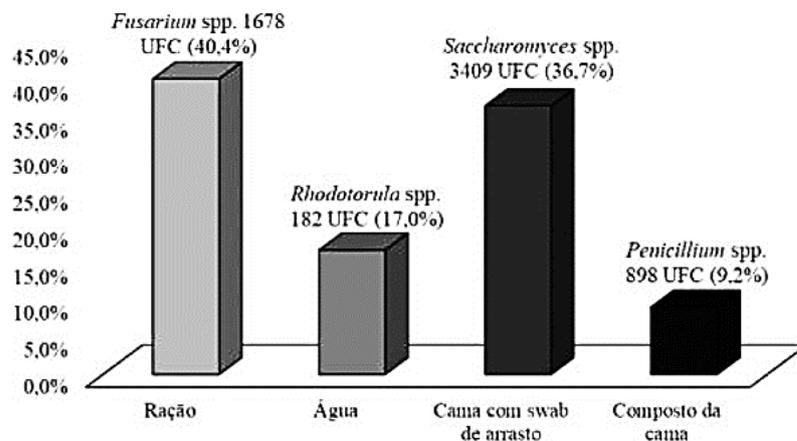


Figura 3 - Prevalência de gêneros fúngicos encontrados nos diferentes substratos coletados dos aviários de frangos de corte

Fonte: Barros *et al.* (2021)

Os fungos *Rhodotorula* spp. e *Saccharomyces* spp. se encontram entre os principais microrganismos que colonizam o trato gastrintestinal de aves e suas excretas, em consequência, ocasionam doenças aviárias e humanas. A presença destes microrganismos nas excretas passa para o ambiente e outros animais, podendo caracterizar uma via de transmissão zoonótica (Skóra *et al.* 2016).

Apesar de serem apontados como fatores negativos na produção avícola, estudos recentes mostraram o potencial de alguns fungos filamentosos como probióticos (Saleh *et al.*, 2011; Sugiharto *et al.*, 2017). Essa propriedade é útil para melhorar o desempenho de crescimento e a saúde dos frangos na era pós-antibióticos, pois os probióticos têm atraído um interesse considerável entre os nutricionistas de aves como uma alternativa aos antibióticos em ração (Sugiharto, 2016). A utilização do fungo filamentoso *Acremonium charticola* que foi testado por seu potencial probiótico, na alimentação fungo foi relatada como benéfica para melhorar o equilíbrio microbiano intestinal, bem como proteger os pintos de corte de infecções (Sugiharto *et al.*, 2018).

2.4 Principais micotoxinas

As micotoxinas são substâncias tóxicas resultantes do metabolismo secundário de fungos filamentosos de diferentes gêneros como, *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., e *Penicillium* spp., sendo que cada uma pode produzir vários tipos de micotoxinas e comumente, podem estar presentes em grãos de cereais, como o milho, sorgo e trigo (Bünzen; Haese, 2006). Estes metabólitos são sintetizados por uma grande variedade de fungos filamentosos em crescimento, os

quais realizam reações enzimáticas consecutivas quando há acúmulo de metabólitos primários (Dias, 2018; Serrano-Coll; Cardona-Castro, 2015). A síntese das micotoxinas pode ocorrer antes e após a colheita, armazenamento, transporte, processamento e alimentação dos animais, dependendo de fatores como a presença de nutrientes, umidade, calor e pH (Figura 4) (Dias, 2018).

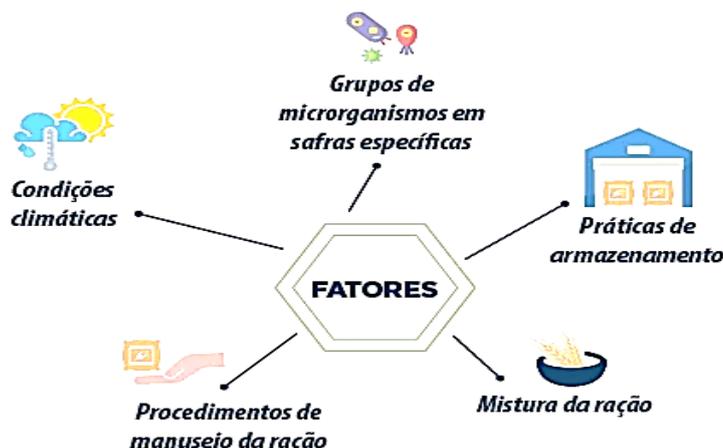


Figura 4 - Fatores de ocorrência de micotoxinas em alimentos para animais

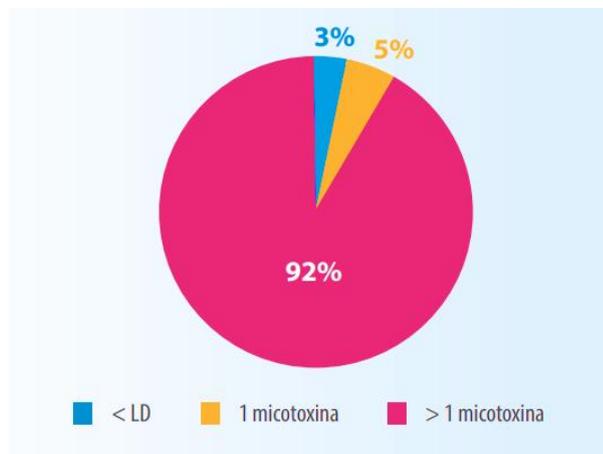
Fonte: Cândido (2021)

Apesar de terem distribuição global, esses metabólitos predominam em regiões de clima tropical, como o Brasil, onde o desenvolvimento fúngico e a produção de micotoxinas em matérias primas e alimentos são favorecidos pelas condições ambientais, principalmente temperatura e umidade (Mallmann; Dilkin, 2007). 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).

Gruber-Dorninger *et al.* (2019) realizaram uma pesquisa durante 10 anos sobre a ocorrência global de micotoxinas em alimentos para animais, e os autores documentaram a presença de pelo menos um tipo de micotoxina em 88% de 74.821 amostras de ração e matérias-primas para ração (milho, trigo, soja) de 100 países, sendo que a ração estava entre os produtos com a maior porcentagem de amostras positivas para cada micotoxina analisada. A natureza tóxica e a existência bastante comum de micotoxinas representam ameaça para as indústrias de rações em todo o mundo, com impacto direto na segurança alimentar, saúde e produtividade animal e também na saúde humana por meio de produtos derivados de animais (Maciel, 2023).

De acordo com a Pesquisa Mundial de Micotoxinas de DSM World Mycotoxin Survey (2023), nos últimos cinco anos (2016-2020), mais de 8 mil amostras de rações para aves testaram positivo para micotoxinas, por meio das análises desses dados constataram que 92% das

amostras estavam contaminadas com mais de uma micotoxina e 40 a 50 micotoxinas podiam ser encontradas em uma única amostra (Figura 5).



< LD – abaixo do limite de micotoxinas

Figura 5 - Análise de contaminação múltipla de rações

Fonte: DSM (2023)

As micotoxinas provocam perturbações na indústria de rações, resultando na degradação da qualidade das matérias-primas e até mesmo à rejeição e descarte de culturas altamente contaminadas, resultando em grandes custos econômicos, sendo algumas dessas perdas a redução na produtividade animal, os custos com cuidados veterinários, esforços técnicos para reduzir os efeitos negativos das micotoxinas, explorar fontes alternativas de alimentação, além de implementar maneiras estratégicas de prevenção e investimento em métodos de mitigação (Magnoli; Poloni; Cavaglieri, 2019).

De acordo com o site O presente rural (2023), a Revisão Global Anual de Micotoxinas da Selko, uma marca de aditivos alimentares da Trouw Nutrition, revelou que entre 31% e 69% das mais de 50 mil amostras de matérias-primas e rações analisadas em 2022, provenientes de 42 países da União Europeia, América do Norte, América Latina, Oriente Médio/África e Ásia apresentaram contaminação por micotoxinas.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece os limites máximos para aflatoxinas (AFB1, AFB2, AFG1, AFG2 e AFM1), ocratoxina A (OTA), desoxinivalenol (DON), fumonisinas (FB1 + FB2), patulina (PAT) e zearalenona (ZON) toleráveis em alimentos prontos para oferta ao consumidor e em matérias-primas, a Instrução Normativa Nº 160, de 1º de julho de 2022, estabelece os limites máximos permitidos para micotoxinas em alimentos, conforme a tabela 1 (ANVISA, 2022).

Tabela 1 - Limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos

Micotoxinas	Alimentos ou categoria de alimentos	LMT (µg/kg)
Aflatoxinas B1 + B2 + G1 + G2	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada maltada	5
	Milho, milho em grão inteiro, partido, amassado ou moído, farinhas ou sêmolas de milho	20
Desoxinivalenol (DON)	Farinha de trigo, grão de cevada, cevada maltada, e outros cereais e produtos de cereais, exceto os de arroz e trigo integral	1.000
	Trigo, milho e cevada em grãos para posterior processamento	2.000
Fumonisin (B1 + B2)	Amido de milho e outros produtos à base de milho	1.000
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha	1.500
	Milho em grão para posterior processamento	5.000
Ocratoxina A	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada maltada	10
	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20
	Arroz beneficiado e derivados	100
	Arroz integral	400
Zearalenona	Farelo de arroz	600
	Farinha de trigo, cereais e produtos de cereais, exceto trigo e arroz e incluindo cevada maltada	100
	Milho de pipoca, canjiquinha, canjica, produtos e subprodutos à base de milho	150
	Milho em grão e trigo para posterior processamento	400
	Trigo integral, farinha de trigo integral, farelo de trigo	200

Fonte: Adaptado ANVISA (2022)

De acordo com Prigol (2023) além de prejuízos econômicos a ingestão de alimentos que contenham a presença dessas micotoxinas representa considerável risco para a saúde animal e

para toda a cadeia alimentar, especialmente em vista do aumento da população e da demanda por alimentos, o que leva à oferta de grãos de baixa qualidade e subprodutos aos animais, aumentando as chances de contaminação. Nesse contexto, é crucial o desenvolvimento de tecnologias de diagnósticos rápidos e eficientes, a fim de garantir a oferta de alimentos de qualidade e permitir ações preventivas antes da ingestão, como a inclusão de produtos antimicotoxinas, e isso se torna fundamental, pois os impactos causados por esses metabólitos comprometem o desenvolvimento e a produtividade dos animais (Pinotti *et al.*, 2016).

2.4.1 Aflatoxinas

As aflatoxinas fazem parte de um grupo de toxinas produzidas por espécie de fungos do gênero *Aspergillus*, principalmente pelos *A. flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius* (Yu *et al.*, 2005). Devido à rápida absorção dessa toxina no intestino delgado dos animais, essa micotoxina é extremamente tóxica, ou seja, é um dos tipos de micotoxinas mais potentes encontradas (Wyatt, 1991). São conhecidos 18 tipos de aflatoxinas, sendo as mais comuns as aflatoxinas B1, B2 (*A. flavus* e *A. parasiticus*), G1 e G2 (*A. parasiticus*) (Figura 6). Os tipos das aflatoxinas são diferenciados com base na fluorescência sob luz ultravioleta, divergindo de azul a verde, no qual o tipo B refere-se a cor azul (blue) e o do tipo G a coloração verde (Green) (Prestes *et al.*, 2019).

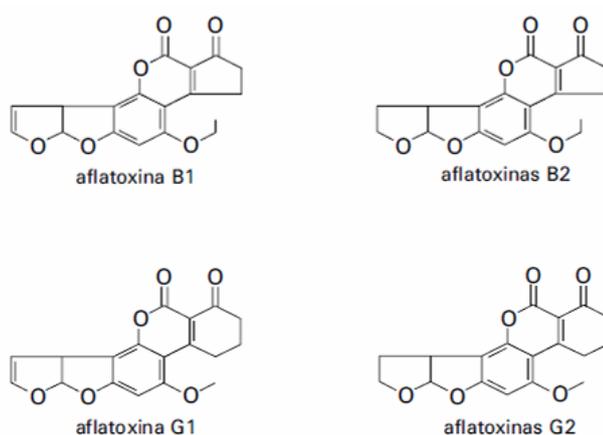


Figura 6 - Estruturas químicas das aflatoxinas B1, B2, G1 e G2

Fonte: Freire *et al.* (2007)

Os fatores como a exposição a altas temperaturas e alta umidade antes da colheita e durante o armazenamento favorece o crescimento de fungos e a produção de Aflatoxinas (Xu *et al.*, 2022), que são amplamente encontradas em matérias-primas nas fábricas de rações, ou

seja, acabam contaminando a ração dos animais posteriormente, em especial são encontrados nos cereais, como o milho, e possuem grande capacidade de levar a quadros clínicos agudos ou crônicos de aflatoxicose nos animais (Bochio *et al.*, 2017).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), na Instrução Normativa N° 3 de 28 de janeiro de 2009, define um limite de tolerância de aflatoxinas: teor máximo de 20 µg/kg (vinte microgramas por quilograma) de aflatoxina total (B1+B2+G1+G2) (MAPA, 2009). Limite corroborado pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) na Instrução Normativa N° 160, de 1 de julho de 2022, que estabelece um limite de aflatoxinas variando entre 5 a 20 µg/kg, para alimentos como cereais e produtos de cereais (Anvisa, 2022).

Segundo Gimeno e Martins (2011), existem diversos danos que podem ser causados pelo consumo de aflatoxinas (aflatoxicose), sendo seus efeitos variáveis de acordo com a espécie, quantidade de toxina ingerida e tempo de exposição. Os sinais clínicos são influenciados também pela idade dos animais (mais jovens têm maior sensibilidade) e o estado nutricional dos mesmos. As aflatoxicoses, podem ser divididas em crônicas (ingestão de aflatoxinas em baixas dosagens, mas em longos períodos) e agudas (ingestão de altas concentrações de aflatoxinas) (Calado, 2016).

De acordo com Tessari e Cardoso (2008) na avicultura as aflatoxinas podem causar modificações patológicas em quase todos os órgãos, tecidos e sistemas, sendo por isso considerada a mais tóxica em avicultura. As aflatoxinas são bastante conhecidas por causar danos ao fígado, fazendo com que haja o comprometimento do metabolismo geral dos animais, causando depressão de ingestão de alimentos, diminuição no metabolismo energético, e como consequência, um crescimento retardado, com enormes prejuízos econômicos. Os efeitos da aflatoxicose aguda são deterioração do estado geral das aves, diminuição no consumo de ração, hepatite aguda, icterícias, hemorragias e aumento na mortalidade, sinais esses que podem ser evidenciados rapidamente após a ingestão de alimentos contaminados (Dilkin; Mallmann, 2004).

Em geral, a primeira mudança causada pela aflatoxicose é a alteração no tamanho dos órgãos internos com o aumento do tamanho do fígado, baço e rins, e diminuição da Bursa de Fabrícus e timo (Hesseltine, 1976). Nas aves a aflatoxicose causa mudança na coloração do fígado tornando-o com uma coloração amarelada e friável (Figura 7), com acentuada infiltração de gordura. Merkley *et al.*, (1987) ressaltam que quanto maior for o grau e tempo de contaminação, maior será o grau de infiltração gordurosa, podendo chegar a 68% do aumento do fígado em frangos de corte.

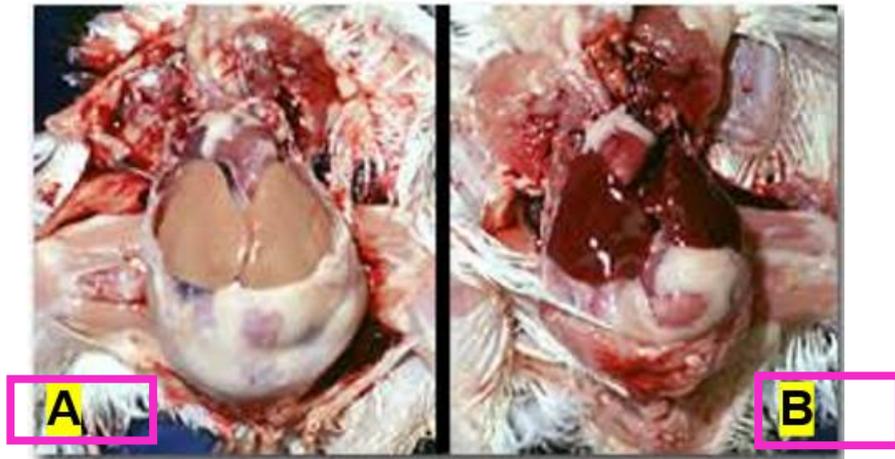


Figura 7 - Comparativo entre fígado de frango de corte afetado pela aflatoxina (A) e fígado sadio (B)

Fonte: Tessari e Cardoso (2008)

Os principais sintomas observados nos plantéis contaminados são: imunossupressão, alteração na função hepática, redução na absorção dos alimentos, redução na eficiência alimentar, despigmentação (Figura 8) e empenamento irregular. Já os sinais clínicos específicos em aves intoxicadas por aflatoxinas incluem anorexia, diminuição do ganho de peso, letargia, palidez da crista, barbela e pés, além de sinais nervosos.



Figura 8 - Despigmentação ocasionada pelo consumo de rações contaminadas por aflatoxinas

Fonte: Gobi e Viana (2022)

Reges *et al.* (2016) avaliaram e quantificaram a presença de fungos e micotoxinas (aflatoxina e zearalenona) em grãos de milho logo após a colheita. Os resultados obtidos por esses autores demonstram que todas as amostras analisadas tiveram presença de fungos, sendo eles os fungos *Aspergillus flavus*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium roseum*, e *Penicillium* sp. As amostras C, D e F analisadas apresentaram níveis de contaminação, porém essas estavam com

níveis acima do limite oficial (20 µg/kg) permitido pelo Ministério da Saúde/Anvisa e o MAPA (Tabela 2).

Tabela 2 - Incidência de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 e zearalenona (ZEA) em amostras de milho na pós-colheita

Incidência de micotoxinas (µg/kg)					
Amostras	Aflatoxina B1	Aflatoxina B2	Aflatoxina G1	Aflatoxina G2	ZEA
A	1	ND	1	ND	ND
B	1	ND	12	ND	ND
C	10	12	5	ND	ND
D	3	12	10	ND	ND
E	ND	1	ND	ND	ND
F	2	12	8	ND	ND
G	ND	ND	ND	ND	ND

ND: menor que o limite de detecção;

Limite de detecção: aflatoxina: 1 µg/kg; zearalenona: 10 µg/kg.

Fonte: Reges *et al.* (2016)

Paim (2018) avaliou 1.200 amostras de milho grão e milho moído, coletadas entre julho de 2016 e julho de 2017 e evidenciou que 69% das amostras, apresentaram pelo menos 1 ppb de contaminação por aflatoxinas totais. Desse total de amostras de milho contaminadas, mais de 52% apresentaram contaminação acima de 20 ppb, limite máximo estabelecido pela legislação brasileira. Kobashigawa *et al.* (2019) em estudo sobre aflatoxinas e fumonisinas em rações, testando 7 amostras de rações, milho e farelo de soja, encontraram resultados referentes a frequência de amostras contendo níveis quantificáveis de aflatoxinas em todas as amostras, os autores e encontraram valores médios de 29,1 ppb de ocorrência de aflatoxina no milho (Tabela 3).

Tabela 3 - Ocorrência de aflatoxinas em amostras de milho, farelo de soja e ração de frangos de corte

Tipo de amostra	Positividade (%)	Média (ppb)
Milho	65 %	29,1
Farelo de soja	6%	1,5
Ração	21%	3,8

Fonte: Adaptado de Kobashigawa *et al.* (2019)

A contaminação de 2 ppb de aflatoxinas em rações destinada aos frangos é suficiente para interferir nos índices zootécnicos das aves, como o aumento da taxa de mortalidade, diminuição do peso corporal e aumento da conversão alimentar (Solis-Cruz *et al.*, 2019). Calado (2016) avaliou, em sua pesquisa, que as aflatoxinas causam efeitos deletérios nas aves nas altas

concentrações de 0,034 e 0,214 ppm. No estudo de Kipper *et al.* (2020), foi possível observar que frangos desafiados por aflatoxinas com concentração média de 630 ppb (testes variando entre 0 a 5.000 ppb) reduziram o consumo de ração, o ganho de peso e a eficiência alimentar em 9, 15 e 6%, respectivamente, quando comparados aos tratamentos sem a presença de aflatoxina e que os efeitos deletérios da aflatoxicoses foram mais expressivos em aves mais jovens.

Na pesquisa realizada por Boemo *et al.* (2015) que realizaram uma meta análise para verificar os diferentes níveis de aflatoxinas em relação ao desempenho de frangos de corte foi possível concluir que em dietas com os seguintes níveis de aflatoxina: 1, 2,5 e 3 ppm, ocorre diminuição no rendimento produtivo desses animais (Tabela 4), isso ocorre principalmente devido à redução do consumo de ração, o que leva ao menor ganho de peso, além disso foi possível observar o aumento do tamanho dos seguintes órgãos: baço, coração e fígado.

O nível de 1 ppm de Aflatoxinas depreciou o ganho de peso das aves em 20,5% com relação às aves que não foram submetidas à intoxicação, porém apresentaram resultados superiores às aves intoxicadas com 2,5 ppm e 3 ppm de aflatoxinas, que exibiram uma queda no ganho de peso em 30,2% e 32,9% respectivamente (Boemo *et al.*, 2015)

Tabela 4 - Efeito de aflatoxinas sobre frangos de 1 a 21 dias de idade

Níveis de AFL (ppm)	Peso médio (g)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração (g)
0,0	879,43 ^a	834,47 ^a	1.153,64 ^a
1,0	708,5 ^b	663,28 ^b	993,88 ^b
2,5	625,88 ^c	582,75 ^c	769,34 ^d
3,0	608,08 ^c	559,79 ^c	850,73 ^c

Fonte: Boemo *et al.* (2015)

2.4.2 Fumonisin

As fumonisin são micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Fusarium*, especialmente o *F. verticillioides* e *F. proliferatum*, mas também são produzidas por algumas espécies de *Alternaria* spp. Dentre os fungos o *Fusarium verticillioides* é considerado o mais comum, sendo encontrado em todo o mundo e é o mais expressivo dentre causadores de micotoxinas. Todos os animais de produção estão expostos à ação desses microrganismos (Souto *et al.*, 2017). Essas micotoxinas são altamente solúveis em água e possuem estabilidade à temperatura, assim, demonstram-se estáveis em condições variadas. Os processos químicos e físicos podem não ser eficazes para remover as micotoxinas dos grãos (Qu *et al.*, 2022).

Das fumonisinas identificadas até o momento, FB₁, FB₂ e FB₃ (Figura 9) são as mais isoladas em alimentos naturalmente contaminados, sendo a FB₁ a mais abundante e a mais tóxica de seu grupo de micotoxinas, representando cerca de 70% da contaminação total dos alimentos e rações naturalmente contaminados, seguida pela FB₂ e FB₃ (Tessari e Cardoso, 2010), São encontradas em todo o mundo, presentes em cereais e são as principais invasoras dos grãos de milho no campo e estão associadas à contaminação de mais de 90% do milho no Brasil (Lanza *et al.*, 2014).

Dentre as fumonisinas a B1 é o membro mais tóxico das fumonisinas, visto sua capacidade de interferir no metabolismo dos esfingolipios, atuando principalmente na interrupção do metabolismo dos esfingolipideos e na indução do estresse oxidativo, o que ocasiona danos no tecido hepático e no renal (Liu *et al.*, 2019). De acordo com a Instrução Normativa N° 160 de 1 de julho de 2022 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) as fumonisinas tem um limite de 200 µg/kg até 5000 µg/kg.

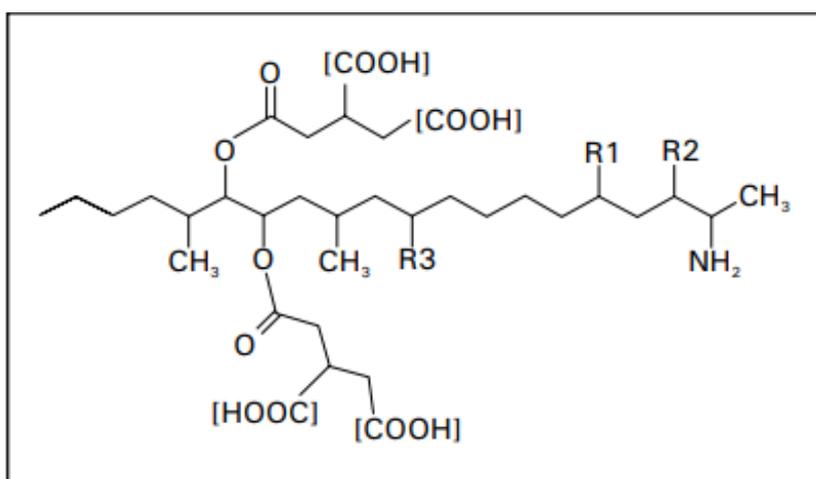


Figura 9 - Estrutura química da fumonisina B1

Fonte: Freire *et al.* (2007)

As fumonisinas são responsáveis por induzir efeitos nefrotóxicos, genotóxicos, neurotóxicos, carcinogênicos, prejudicando também o sistema imunitário e o trato intestinal dos animais (Masching *et al.*, 2016). Tais micotoxinas são extremamente tóxicas para equídeos e suínos, porém a maioria das espécies de aves domésticas demonstram grande resistência frente a essas toxinas. No entanto, os efeitos tóxicos das fumonisinas em animais são preocupantes devido ao seu caráter cumulativo, podendo ocorrer acúmulo dessas substâncias no fígado e músculos (Tardieu *et al.*, 2019). De acordo com Cruz (2017), a fumonisina altera a biossíntese de esfingolipídios, o que altera a concentração de esfingosina e esfinganina em órgãos como rins,

fígado, pulmões e coração, além de provocar diminuição da pressão arterial, da frequência cardíaca e do débito cardíaco.

Segundo Souto *et al.* (2017), o principal sintoma que auxilia na identificação da atividade tóxica das fumonisinas é o edema pulmonar ou hidrotórax. Esse sintoma é causado pela ingestão diária de fumonisinas por um período de 4 a 7 dias, resultando em danos à parte interna do pulmão, ao epitélio alveolar e em falência cardíaca, frequentemente levando os animais ao óbito. Em aves ocorre redução do ganho de peso, aumento do peso de órgãos como fígado, proventrículo e moela, diarreia, ascite, hidropericardite e palidez do miocárdio, edema e congestão renal (Dilkin e Mallmann, 2004).

Em frangos de corte, os sintomas mais graves como diarreia, diminuição do consumo de alimentos, diminuição do ganho de peso corporal, aumento do peso relativo do fígado e rins e necrose hepática, são observados nas doses maiores que 150 mg/kg de fumonisinas (Norred; Voss, 1994). Um estudo realizado por Ledoux *et al.* (1992) concluíram que o consumo de fumonisinas 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, e em quadros em que 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.

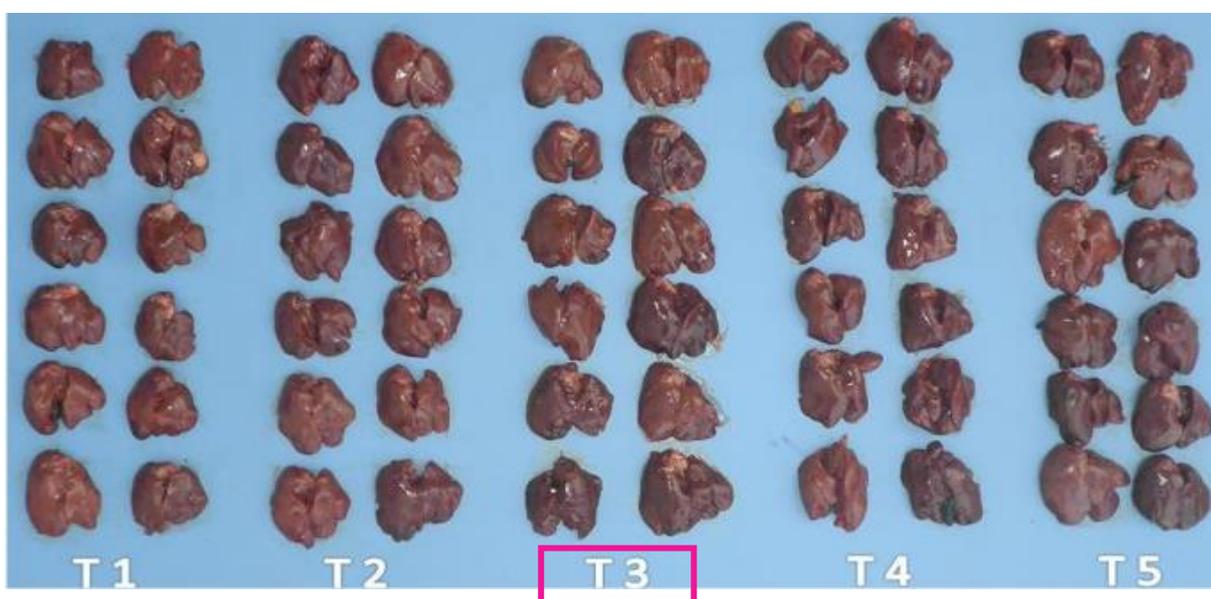
Vacari *et al.* (2017), ao associarem severidade de lesões de língua em frangos de corte com a qualidade do milho em ração, relataram que a porcentagem de lesões de grau 3 está positivamente correlacionada com a presença de vomitoxina, fumonisina e toxina T-2. A presença das fumonisinas pode aumentar a susceptibilidade de infecções parasitárias em frangos de corte, como a coccidiose (Grenier *et al.*, 2016). Mallmann *et al.* (2018) avaliaram os efeitos tóxicos da fumonisina sobre frangos de corte, no estudo utilizaram dietas sem a inclusão de fumonisinas e dieta com a inclusão de 5 mg/kg de fumonisina, os autores concluíram que a presença de FB₁ na dieta teve impacto negativo sobre o peso das aves, bem como sobre o consumo de ração das mesmas. Houve, ainda, um pequeno efeito da toxina sobre o fígado destes animais, o que pode ser observado pelo maior peso relativo do órgão, entretanto não houve efeito significativo da fumonisina sobre a conversão alimentar (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultados de peso médio, consumo médio de ração, conversão alimentar médio e peso relativo de fígado de aves intoxicadas com 5 mg de Fumonisina B1/kg de ração durante os 21 dias de vida

Níveis de Fumonisina (mg/kg)	Peso médio (g)	Consumo médio (g)	CA	Fígado (g)
0	820,12 ^a	970,33 ^a	1,19 ^a	2,81 ^b
5	762,37 ^b	877,67 ^b	1,15 ^a	2,99 ^a

Fonte: Mallmann *et al.* (2018)

Santes e Freitas (2021) demonstraram em seu trabalho que a inclusão de fumonisina na concentração de 100 ppm na dieta de frangos de corte pode causar diminuição no ganho de peso e consumo da dieta, causar piora na conversão alimentar das aves, além disso causar o aumento do tamanho do fígado das aves (Figura 10).



T1: Controle; T2: 0,50% SAFETOX; T3: 100 ppm Fumonisin; T4: 100 ppm Fumonisin + 0,20% Safetox ®; T5: 100 ppm Fumo + 0,50% Safetox ®

Figura 10 - Aspecto dos fígados das aves contaminadas e sadias

Fonte: Santes e Freitas (2021)

2.4.3 Desoxinivalenol

O desoxinivalenol (DON) (Figura 10) é uma micotoxina produzida por fungos do gênero *Fusarium* spp. e pertence à família dos tricotecenos, sendo provavelmente a micotoxina *Fusarium* de maior ocorrência, mas também são destacados os gêneros *Mirothecium*, *Cephalosporium*, *Verticimsporium* e *Stachybotrys* contaminando uma variedade de cereais, principalmente milho e trigo, tanto no mundo desenvolvido quanto no em desenvolvimento (Rocha *et al.* 2020). A produção dessas toxinas está relacionada a grãos colhidos tardiamente ou aqueles

que permanecem no campo durante o inverno, os fungos produzem essas toxinas em temperaturas baixas (0 a 15°C) (Maciel, 2023).

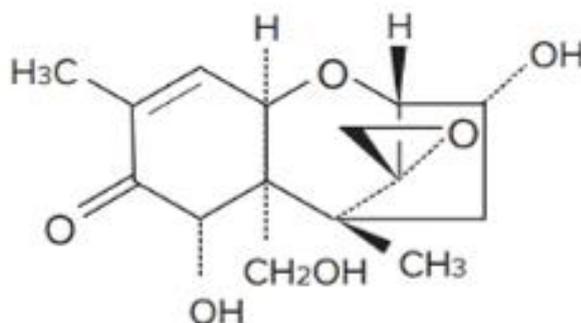


Figura 11 - Estrutura química do desoxinivalenol

Fonte: Adaptado de Spinosa, Górnaiak e Palermo-Neto (2020)

O desoxinivalenol e outros tricotecenos (incluindo a toxina T-2 e o diacetoxiscirpenol) foram implicados em surtos de doenças em animais de produção em muitas áreas do mundo, sendo o DON o tricoteceno mais frequentemente detectado em alimentos para animais. Embora menos tóxico do que outros tricotecenos, o DON é mais comum nas sementes de cártamo, cevada, centeio e trigo e em misturas de rações (Morgavi; Riley, 2007). De acordo com a Instrução Normativa N° 160, de 1 de julho de 2022, que estabelece um limite de micotoxinas nos alimentos, determina um limite para desoxinivalenol variando entre 750 e 2000 µg/kg (AN-VISA, 2022).

De acordo com Freire *et al.* (2007) o desoxinivalenol pode ser chamado de vomitoxina, visto que os animais intoxicados recusam a dieta. Além disso, o DON é uma micotoxina imunossupressora e imunotóxica que inibe a síntese de DNA, RNA e proteínas (Nievinski, 2009). Em relação à suscetibilidade aos efeitos tóxicos de DON, as aves são consideradas uma das espécies mais tolerantes, este fato é justificado pelo baixo grau de absorção e distribuição sistêmica desta micotoxina nos tecidos, uma vez que a metabolização ocorre principalmente no intestino e fígado, reduzindo a quantidade de DON presente na circulação sistêmica (Maresca, 2013).

Os frangos e ruminantes apresentam maior tolerância ao desoxinivalenol do que os suínos, entretanto, Antonissen *et al.* (2014) constataram efeito negativo em animais sofrendo com disbiose e que receberam a adição de dieta com presença adicional de DON (5 mg/kg) e FUM (20 mg/kg) no desempenho de frangos de corte. Os dados sugerem que a redução no desempenho é mais pronunciada na fase final da vida das aves, destacando o impacto das micotoxinas nos parâmetros de crescimento. Em grandes doses a contaminação por DON causa náuseas,

vômitos e diarreia, reduz o consumo de ração e ganho de peso, impacta o sistema nervoso das aves, causa hemorragia do intestino delgado, fígado e outros órgãos (Bunzen; Haese, 2006; Freire *et al.*, 2007).

Riahi *et al.* (2020) administraram por via oral duas concentrações diferentes de DON (4,65 e 15,12 mg/kg de ração) a frangos de corte de 1 dia de idade durante 42 dias, a fim de verificar o bem-estar, a fisiologia dos órgãos e os parâmetros bioquímicos. Os resultados não revelaram nenhum impacto no crescimento de frangos alimentados com DON na concentração de 4,65 mg/kg, mas com 15,12 mg/kg, foi induzida uma diminuição no ganho de peso corporal e na eficiência alimentar. Em relação aos pesos dos órgãos, foi observado aumento no timo e moela, enquanto houve diminuição no peso do cólon em ambos os níveis de concentração.

2.5 Adsorventes

Considerando que a contaminação por micotoxinas é um problema atual na produção animal, diversas alternativas têm sido propostas para a diminuição dos seus efeitos negativo, como seleção dos grãos, irradiação, tratamento com produtos químicos, utilização de agentes adsorventes, detoxificação enzimática e/ou microbiológica (Karlovsy *et al.*, 2016). Os adsorventes são aditivos tecnológicos, que vêm sendo amplamente utilizados na nutrição animal, principalmente de aves e suínos que apresentam uma maior susceptibilidade à toxidez das micotoxinas (Maia *et al.* 2021). Os adsorventes são incorporados às rações contaminadas por micotoxinas com o objetivo de inativar as moléculas tóxicas para os animais, evitando sua absorção e, conseqüentemente, prevenindo prejuízos zootécnicos (Pozzo *et al.*, 2016).

Os adsorventes são compostos que se ligam às micotoxinas presentes na ração contaminada, e essa ligação pode ocorrer por diferentes tipos de interações, como ligação hidrofóbica, ligações de hidrogênio, atração ou repulsão eletrostática e ligações de coordenação. Desta forma, o complexo micotoxina-adsorvente passa pelo trato digestivo do animal, impedindo a passagem das micotoxinas para o sangue e órgãos do animal, sendo eliminado pelas fezes, e assim, seus efeitos negativos sobre o organismo são evitados (Liu *et al.*, 2022; Vila-Donat *et al.*, 2018).

Segundo a Portaria nº 13 de 24 de maio de 2006 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), foi proposto ao Ministério pelo grupo técnico de trabalho sobre micotoxinas em alimentação animal a substituição do termo “adsorvente de micotoxinas” pela denominação geral “Aditivos anti-micotoxinas” (AAM), deixando claro que essa denominação

inclui os produtos que, adicionados ao alimento para animais, são capazes de adsorver, inativar, neutralizar ou bio-transformar as micotoxinas (Brasil, 2006).

Do ponto de vista técnico, são considerados dois os critérios para que um produto seja selecionado como adsorvente de micotoxinas, os resultados de avaliações *in vitro* e *in vivo*. Entretanto, para que um produto seja liberado para comercialização no Brasil, este deve ser devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e este registro somente é obtido após a realização de uma avaliação *in vivo* do produto que demonstre que este funcione, e para a manutenção do registro, é necessário apresentar, anualmente, um laudo de avaliação *in vitro* com resultado satisfatório, e tanto as avaliações *in vivo* como *in vitro* devem ser realizadas em laboratório credenciado pelo MAPA (Dammski, 2014).

Para um adsorvente ser considerado eficiente, este necessita apresentar algumas características: deve destruir inativar ou eliminar a toxina, não produzir resíduos tóxicos ou carcinogênicos nos produtos finais ou em alimentos obtidos a partir de animais que se alimentaram de uma dieta detoxificada. Além disso, deve manter o valor nutritivo e a aceitabilidade do produto, com o objetivo de destruir todos os esporos e micélios fúngicos para que não possam, em condições favoráveis, proliferar e produzir novas micotoxinas (Freitas *et al.*, 2012), deve apresentar eficiência, mesmo em baixas inclusões e diferentes valores de pH e adsorção seletiva para micotoxinas somente, não interagindo com outros ingredientes (Nery, 2020).

O nível efetivo de inclusão dos adsorventes na dieta irá depender da capacidade de ligação do adsorvente à micotoxina e do grau de contaminação da ração em questão. Uma alta capacidade de ligação irá minimizar o nível de inclusão, pois altos níveis de inclusão de adsorventes também podem alterar as propriedades físicas da ração, o que poderia comprometer o processamento (Dammski, 2014). Atualmente, os adsorventes dividem-se em dois grupos distintos: compostos inorgânicos (HSCAS, bentonitas, zeolitas), e orgânicos (a base de parede celular de levedura (YCW - yeast cell wall), bactérias ácido-láticas, fibras micronizadas, biossorventes e carvão ativado) (Di Gregorio *et al.*, 2014).

2.5.1 Mecanismo de adsorção

O principal mecanismo de adsorção dos adsorventes está relacionado com a troca de cargas entre o adsorvente e a micotoxinas, entretanto, como as estruturas das micotoxinas são diferentes, sua eficácia não é igual para todas elas (Brown *et al.*, 1992).

O mecanismo de adsorção que promove a ligação das micotoxinas à superfície dos minerais depende das cargas presentes em ambos, e esse processo é semelhante à atração entre

ímãs, onde polos opostos se atraem. Da mesma forma, o material mineral exibirá um comportamento similar: áreas com carga positiva em sua superfície irão atrair as regiões com carga negativa da molécula de micotoxina, e vice-versa, enquanto cargas iguais se repelem, o que impede a adsorção (Figura 11) (Van Dyck *et al.*, 2004).

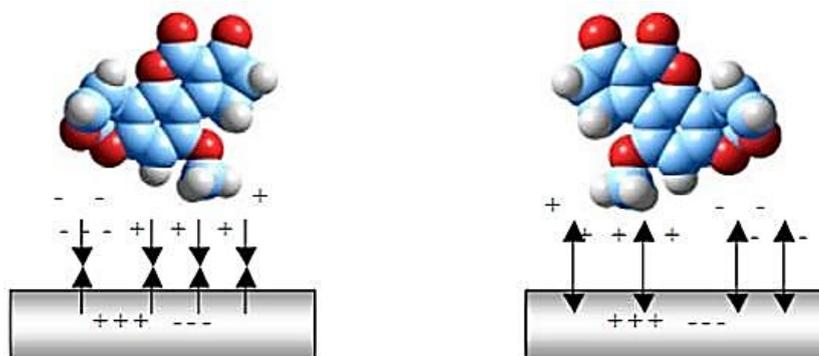


Figura 12 - Adsorção de micotoxinas em nível molecular

Fonte: Zavarize (2021)

Os adsorventes são substâncias de elevado peso molecular que, ao entrarem no sistema gastrointestinal (ambiente aquoso), conseguem se ligar às micotoxinas, impedindo sua absorção e promovendo a eliminação fecal desse complexo adsorvente-micotoxina (Tapia-Salazar *et al.*, 2010). Assim, o processo de adsorção das micotoxinas diminui seu efeito tóxico nas aves, além de prevenir a deposição dessas toxinas em produtos consumíveis, como carne e ovos. Atualmente existem no mercado diversos tipos de adsorventes de micotoxinas, desde produtos derivados de rochas vulcânicas até o uso de enzima. Entretanto, mesmo entre adsorventes com composições semelhantes, há variações na eficiência de adsorção das micotoxinas.

A adsorção é dependente principalmente da estrutura física do adsorvente que engloba a carga total, a distribuição da carga, o tamanho dos poros e, a área de superfície acessível. Além das características do adsorvente, devem ser consideradas as características das moléculas de adsorção, no caso as micotoxinas, como a polaridade, distribuição de carga (para compostos ionizados), solubilidade, tamanho e forma (Huwig *et al.*, 2001).

2.5.2 Adsorventes inorgânicos

Os adsorventes inorgânicos constituem-se em um material inerte capaz de fixar a micotoxina em sua superfície por meio da troca de cargas entre o adsorvente e a micotoxina (Groff-Urayama *et al.*, 2022). Os adsorventes inorgânicos são considerados adsorventes de primeira geração e sua capacidade de ligação depende das estruturas físico-químicas do adsorvente e das

micotoxinas. Isso inclui a distribuição de carga de adsorvente e micotoxinas, área de superfície e tamanho de poro do adsorvente, polaridade e forma das micotoxinas (Vila-Donat *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2022).

Entre os adsorventes inorgânicos estão os aluminossilicatos, sendo que esse grupo é composto por duas subclasses principais: filossilicatos e tectossilicatos, em que os filossilicatos incluem bentonitas, montmorilonitas, esmectitas, caulinitas e ilites, enquanto os tectossilicatos incluem os zeólitos (Maciel, 2023). No entanto, o uso de adsorventes inorgânicos apresenta limitações, como a adsorção indesejada de nutrientes da ração e o risco de complexação com outros produtos químicos. Apesar de sequestrarem efetivamente as aflatoxinas, eles parecem ser ineficazes na ligação de outras micotoxinas, especialmente tricotecenos, além disso, esses adsorventes têm desvantagens ecológicas, pois a degradação das micotoxinas ligadas a eles é lenta (Maciel, 2023).

Os aluminossilicatos são considerados a maior classe de minerais utilizados como aditivos adsorventes na alimentação animal devido à sua eficácia na mitigação na presença de micotoxinas, sua composição é baseada majoritariamente em Alumínio e Silício, com fórmula estrutural definida. Existem, principalmente, duas subclasses de aluminossilicatos: de origem vulcânica, formados pela deposição de cinzas vulcânicas, e os sedimentares, originados pelo intemperismo (Quadros; Redivo, 2023)

Os aditivos classificados de natureza inorgânica, que formam os adsorventes, possuem uma especificidade maior, sendo eles direcionados um para cada micotoxina, ou seja, aluminossilicatos hidratados de sódio (HSCAS), zeolitas, bentonitas, entre outros, podem adsorver somente micotoxinas específicas e, apesar de serem substâncias utilizadas por não apresentarem características nutricionais e serem baratas, apresentam uma baixa proteção contra micotoxinas (Bochio *et al.*, 2017).

Pavlak (2020) realizou uma pesquisa sobre os efeitos da utilização da zeólita clinoptilolita em diferentes concentrações no milho de rações fornecidas para frangos de corte, como um melhorador de desempenho. No experimento os autores forneceram na dieta milhos contaminados com fumonisina e desoxinivalenol (DON), sendo T1 Milho 1 (>6000 µg kg de fumonisina), e T2 Milho 2 (4200 µg kg de fumonisina e 160 µg kg de desoxinivalenol), e nos resultados obtidos verificou-se que ao receberem a inclusão de 5.000g ton¹ de zeólita, as aves apresentaram melhor conversão alimentar em comparação ao grupo que recebeu 10.000g ton¹, no milho tipo 2. Já no caso do milho tipo 1 a inclusão de 10.000g ton¹ apresentou melhora na conversão alimentar (Tabela 6). Além disso, a utilização de diferentes composições de milho influenciou

positivamente a saúde intestinal e a absorção de nutrientes, evidenciando que a combinação de zeólita com milho de alta qualidade pode otimizar a eficiência alimentar e reduzir os efeitos causados pelas micotoxinas.

Tabela 6 - Desdobramento da interação entre o tipo de milho (1 e 2) e a inclusão de zeólita clinoptilolita sobre a conversão alimentar aos 21 dias de idade

Milho	Inclusão de Zeólita Clinoptilolita g ton ¹		
	0	5000	10000
1	1,140 _B	1,176 _{Aa}	1,150 _{ABb}
2	1,152 _{AB}	1,142 _{Bb}	1,170 _{Aa}

AB Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna, diferem entre si pelo teste F.

Fonte: Adaptado de Pavlak (2020)

Ghazalah *et al.*, (2021) em experimento avaliando a eficácia do uso de diferentes níveis de nanoargila comercial e bentonita para amenizar os efeitos tóxicos das micotoxinas em dietas de frangos de corte, concluíram que a adição de nanoargila no nível de 0,20% houve um aumento significativo do desempenho dos frangos de corte durante 29–35 dias em comparação com todos os tratamentos (Tabela 7), frangos suplementados com 0,20% de nanossílica apresentaram o melhor ganho de peso corporal e índice de conversão alimentar em comparação aos outros tratamentos e ao grupo controle.

Tabela 7 - Efeitos da suplementação de nanossílica e bentonita no desempenho de frangos de corte machos entre 0 e 35 dias de idade

Idade (dias)	Peso Corporal (g)					
	Controle	Nanoargila				Bentonita
		0,05%	0,10%	0,15%	0,20%	
7	175,7	175,7	175,7	175,7	175,7	175,7
14	419,3 ^d	429,3 ^c	441,3 ^b	441,7 ^b	451,3 ^a	416,0 ^d
21	844,0 ^c	873,3 ^b	874,0 ^b	878,0 ^b	896,0 ^a	848,7 ^c
28	1397,7 ^c	1395,3 ^c	1398,3 ^c	1465,0 ^b	1497,3 ^a	1394,0 ^c
35	1925,0 ^d	1977,0 ^c	1975,0 ^c	2032,3 ^b	2061,0 ^a	2013,7 ^b

Idade (dias)	Consumo Ração (g)					
	Controle	Nanoargila				Bentonita
		0,05%	0,10%	0,15%	0,20%	
7 – 14	281,0 ^d	288,0 ^c	282,7 ^{cd}	305,3 ^b	295,3 ^b	277,0 ^d
15 – 21	570,3 ^a	572,3 ^a	567,3 ^b	573,0 ^a	566,7 ^{bc}	564,3 ^c
22 – 28	832,0 ^d	844,3 ^a	838,0 ^c	840,7 ^b	843,3 ^a	845,3 ^a
29 – 35	1092,7 ^b	1069,0 ^c	1062,7 ^d	1070,7 ^c	1056,0 ^e	1106,7 ^a

Fonte: Adaptado de Ghazalah (2021)

Embora adsorventes como nanossílica e bentonita possam melhorar o desempenho do crescimento, o uso excessivo dos mesmos pode levar a problemas de absorção de nutrientes, como observado na retenção alterada de nutrientes em dietas contaminadas (Ghazalah *et al.*, 2021).

Santes e Freitas (2021) avaliaram a eficácia do adsorvente de micotoxinas Safetox®, que possui em sua composição bentonita, parede celular de levedura, extrato de cardo marino e ativadores de adsorção. O estudo visou observar os efeitos do uso do adsorvente no desempenho zootécnico de frangos de corte intoxicados por aflatoxinas, com a adição de 0,15 e 0,30% da dose de adsorventes. Como resultado os autores observaram que as aves aos 14 e 21 dias 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) em relação às aves que receberam aflatoxinas sem o adsorvente de micotoxinas nas dietas (Tabela 8).

Tabela 8 - Peso médio (g) de frangos de corte intoxicados com aflatoxinas, com ou sem a adição de Safetox®, durante 14 e 21 dias de vida

Tratamentos	14 dias	21 dias
Controle	415,92 ^a	804,72 ^a
0,30% Safetox®	413,55 ^a	772,25 ^a
2,8 ppm Aflatoxinas	317,92 ^c	555,38 ^c
2,8 ppm Afla + 0,15% Safetox®	356,50 ^b	640,55 ^b
2,8 ppm Afla + 0,30% Safetox®	382,59 ^b	650,81 ^b

Fonte: Santes e Freitas (2021)

Em relação aos efeitos do uso de adsorventes de micotoxinas sobre a relação de peso de órgãos Santes e Freitas (2021) em seu estudo concluíram que 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 em suas dietas.

2.5.3 Adsorventes orgânicos

Os adsorventes orgânicos de micotoxinas são polímeros à base de carbono. Os adsorventes considerados orgânicos são compostos como os derivados de leveduras, que vêm se tornando cada vez mais comuns na alimentação animal. Esses compostos possuem a capacidade de adsorver diversas micotoxinas, e as leveduras, por sua vez, possuem em sua parede celular complexos de carboidratos que expressam funções adsorptivas de certas micotoxinas (Bochio *et al.*, 2017; Bretas, 2018). Dessa forma, a utilização das leveduras pode ser uma estratégia para minimizar os efeitos ocasionados por certos grupos de micotoxinas presentes nas rações sem apresentar efeitos negativos ao desempenho dos animais (Rodrigues, 2018).

Com o intuito de contornar as limitações de adsorção dos adsorventes inorgânicos, foram criados adsorventes orgânicos, chamados de segunda geração, derivados dos componentes

da parede celular de microrganismos. Os principais microrganismos utilizados como fonte desses adsorventes são leveduras, bactérias lácticas e conídios de *Aspergillus* (Xu *et al.*, 2022; Zhu *et al.*, 2016). Estes tipos de aditivos ligam-se às toxinas nos sítios de união e correspondem, em geral, aos derivados da *Saccharomyces cerevisiae*, como ferramenta biotecnológica, deve-se às características que esta possui, entre elas, a tolerância a baixos níveis de oxigênio, variações de temperatura, osmolaridade variante e atividade celular em ambiente ácido, tornando-se competitiva contra outros microrganismos (Fialho, 2008).

Os adsorventes orgânicos de micotoxinas apresentam diversas vantagens em relação aos inorgânicos, principalmente em termos de eficiência, segurança e impacto ambiental, esses adsorventes, frequentemente derivados de materiais naturais, demonstram capacidades superiores de adsorção e podem melhorar a saúde dos animais quando incorporados à alimentação. Os adsorventes orgânicos são mais biodisponíveis, permitindo menores taxas de inclusão nas dietas sem comprometer o desempenho (Zafar; Fatima, 2018), além disso estudos indicam que os minerais orgânicos levam a uma melhor absorção e menores taxas de excreção, reduzindo a poluição ambiental (Bao *et al.*, 2007).

Gallissot *et al.* (2024) utilizando adsorvente à base de algoargila (algoclay) na disponibilidade oral de três micotoxinas (desoxinivalenol; DON, ocratoxina A; OTA e aflatoxina B1; AFB1), demonstraram uma redução acentuada na biodisponibilidade de micotoxinas como Desoxinivalenol (39,9%), Ocratoxina A (44,3%) e Aflatoxina B1 (64,1%) na exposição sistêmica. O uso de adsorventes orgânicos tem sido associado à melhoria das respostas imunes e à redução dos danos histopatológicos no fígado de frangos de corte expostos a micotoxinas (Khatke; Singh; Mandal, 2012), além disso também apresentam melhora de digestibilidade dos nutrientes e a ingestão de ração, levando a um melhor desempenho de crescimento nos frangos de corte (Mgbeahuruike *et al.*, 2021).

Em comparação com seus equivalentes inorgânicos, a parede celular de levedura (YCW - yeast cell wall) tem apresentado uma maior capacidade de ligação a um espectro mais amplo de micotoxinas, como DON, ZEN, OTA e AFB1, Zeidan *et al.* (2018) relataram que a YCW e os compostos orgânicos voláteis de baixa fermentação de levedura (*Lachancea thermotolerans*) poderiam diminuir a síntese de AFs e DON em 82% e 93%, respectivamente, *in vitro*. Estudos realizados por Arif *et al.* (2020). Constataram que a adição de *Saccharomyces cerevisiae* em rações contaminadas com micotoxinas resultou em melhor desempenho zootécnico, maior eficiência produtiva e aumento da imunidade das aves.

Em estudo realizado pela empresa ICC Animal Nutrition (2024) onde foram avaliados os efeitos da utilização da parede celular de levedura (YCW) para atenuar os efeitos da exposição de aflatoxina em aves, revelou que a suplementação com YCW aumentou respostas imunes inatas de frangos de corte desafiados por aflatoxina. Essa descoberta sugere que a suplementação de YCW pode ser uma ferramenta valiosa para melhorar a saúde das aves expostas à contaminação por aflatoxina.

Liu *et al.* (2018) realizaram um estudo em que se investigou os efeitos da utilização de bactérias do ácido láctico (LAB) e esmectita como adsorventes em frangos desafiados com aflatoxina B1 (AFB1), as LAB ou esmectita (Chifeng Hemingsheng Chemical Development, Chifeng, China) foram adicionadas a 4.0×10^{10} UFC/kg ou 3.0 g/kg. Como resultados os autores encontraram que nos grupos que receberam LAB houve atenuação dos efeitos negativos da AFB1, com melhorias no ganho de peso e na saúde geral dos animais (Tabela 9), a suplementação com LAB e esmectita não afetou o consumo de ração, mas aumentou o ganho de peso corporal e reduziu a conversão alimentar. A esmectita também mostrou eficácia em adsorver a AFB1 no trato gastrointestinal, reduzindo sua biodisponibilidade e, conseqüentemente, os danos hepáticos. O tratamento combinado de LAB e esmectita apresentou os melhores resultados, indicando uma ação sinérgica entre os dois agentes.

Tabela 9 - Efeitos das bactérias do ácido láctico (LAB) e esmectita sobre desempenho de frangos de corte

Idade	Controle	AFB₁	LAB	Esmectita
1 - 42				
Consumo de ração (g/ave)	4519,52 ^a	4474,85 ^b	4496,19 ^{ab}	4497,54 ^{ab}
Ganho de peso corporal (g/ave)	2453,62 ^a	2385,38 ^b	2456,96 ^a	2427,27 ^a
Conversão alimentar	1,842 ^b	1,876 ^a	1,830 ^b	1,853 ^{ab}

Fonte: adaptado de Liu et al. (2018)

Farooqui *et al.* (2019) em estudo com o objetivo de investigar os efeitos de diferentes concentrações de aglutinantes de micotoxinas zeta plus® que possui em sua composição poli-siloxanos (Hidroxi terminado), sílica, alumíniosilicatos, hidrocarbonetos, pigmentos e aromas, e o também aglutinante toxfin dry® de composição sepiolita, bentonita, silimarina e betaína, no desempenho de crescimento, resposta imune e bioquímica sérica de frangos alimentados com aflatoxina (AFLA) e ocratoxina (OTA), a adição de aluminossilicato e o uso dos aglutinantes

zeta plus® e toxfin dry® a dieta melhorou significativamente o ganho de peso corporal, o consumo de ração e conversão alimentar em comparação com o grupo controle (Tabela 10).

O consumo de ração foi maior nos grupos TX1, TX2, NC, Z2 e Z1 em comparação ao grupo controle, este também apresentou pior desempenho no ganho de peso e conversão alimentar em relação aos outros grupos.

Tabela 10 - Médias de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte comerciais alimentados com aluminossilicatos e ligantes de micotoxinas à base de levedura

Tratamentos	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	C.A
NC	3171 ^a	1904 ^a	1,67 ^a
C	2951 ^b	1369 ^b	2,17 ^b
Z1	3117 ^a	1963 ^a	1,59 ^a
Z2	3123 ^a	2078 ^a	1,50 ^a
TX1	3190 ^a	1959 ^a	1,63 ^a
TX2	3178 ^a	2042 ^a	1,56 ^a

NC = controle negativo micotoxinas dentro do limite permitido, C = presença de micotoxinas acima do limite permitido, Z1 = Afla + OTA + 1 g/kg zeta plus, Z2 = Afla + OTA + 2 g/kg zeta plus, TX1 = Afla + OTA + 1 g/kg Toxfin Dry, TX2 = Afla + OTA + 2 g/kg Toxfin Dry.

Fonte: Adaptado de Farooqui *et al.* (2019)

3. Considerações Finais

A utilização de adsorventes na alimentação tem se mostrado como uma alternativa eficiente para mitigar os efeitos tóxicos das micotoxinas, promovendo uma melhora no desempenho zootécnico e na saúde dos animais. Diversos estudos demonstram que a adição de adsorventes à dieta de frangos de corte pode reduzir significativamente os danos causados, e a eficácia dos adsorventes varia de acordo com sua origem e mecanismo de ação, sendo essencial a escolha adequada para cada tipo de micotoxina. Em suma, o uso de adsorventes representa uma importante ferramenta na manutenção da produtividade e qualidade da produção avícola, contribuindo para a segurança alimentar e econômica do setor.

Por outro lado, é necessário considerar algumas limitações e desafios associados ao uso de adsorventes, apesar da eficácia de muitas formulações, há variações na capacidade de adsorção dependendo do tipo de micotoxina e das características específicas dos adsorventes, a seleção inadequada ou a baixa qualidade dos produtos pode comprometer os resultados esperados.

Contudo, a necessidade de estudos contínuos e regulamentações adequadas permanece fundamental para garantir que essas inovações atendam tanto aos padrões de segurança alimentar quanto aos objetivos de eficiência zootécnica.

4. Referências

AHSAN, U.; KUTER, E.; RAZA, I.; KÖKSAL, B.H.; CENGİZ, Ö.; YLDIZ, M.; KIZANLIK, P.K.; KAYA, M.; TATLI, O.; SEVİM, Ö. Dietary Supplementation of Different Levels of Phytogetic Feed Additive in Broiler Diets: The Dynamics of Growth Performance, Caecal Microbiota, and Intestinal Morphometry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. v. 20, n. 4. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v20n4/1516-635X-rbca-20-04-00737.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.

ALGABR, H. M., ALWASEAI, A., ALZUMIR, M. A., HASSEN A. A., TARESH, S. A. Occurrences and frequency of fungi and detection of mycotoxins on poultry rations in Yemen. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 42, n. 32, p. 1-12. 2018.

ANTONISSEN, G. *et al.* The impact of Fusarium mycotoxins on human and animal host susceptibility to infectious diseases. **Journal Toxins**, v. 6, p. 430-452, 2014. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/6/2/430#:~:text=In%20conclusion%2C%20Fusarium%20mycotoxins%20may,inna%20and%20adaptive%20immune%20system>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ANVISA. **Instrução Normativa – IN N° 160, de 1° de julho de 2022**. Ministério da Saúde – MS, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_160_2022_.pdf/03a02bb0-7856-4da4-a6f8-6a1e99d487d9. Acesso em: 07 jul. 2024.

ANUÁRIO DA AVICULTURA INDUSTRIAL 2023, **Anuário da avicultura industrial**, Itu, ed. 1323, n. 9, ano 114, p. 14-21, 2022. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150191>. Acesso em: 30 abr. 2024.

ARIF, M.; IRAM, A.; BHUTTA, M. A.; NAIEL, M. A.; EL-HACK, A.; MOHAMED, E.; TAHA, A. E. The biodegradation role of *Saccharomyces cerevisiae* against harmful effects of mycotoxin contaminated diets on broiler chicken's performance, immunity status, and carcass characteristics. **Animals**. v. 10, n. 2, p. 238. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. **Relatório anual 2024**. São Paulo, p. 150, 2024. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>. Acesso em: 01 mai. 2024.

BAO, Y. M.; CHOCT, M.; IJI, P. A.; BRUERTON, K. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in Tissues. **Poultry Science Association**, p. 448-455, 2007.

BARROS, M. S.; DAMACENA, R. R. T.; MOREIRA, L. R.; SILVA, J. S. A.; ARAÚJO, M. A. S. Fungos isolados da água, ração e cama aviária de frangos de corte da região da zona da mata do Estado de Alagoas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1-10, 2021.

BERCHIERI JUNIOR, A; SILVA, E.N; SESTI, L; ZUANAZE, M.A.F. **Doença das Aves**. 2ed. São Paulo: FACTA, 2009.

BERNARDO, G. L. **Cenário da avicultura no Brasil e as principais afecções - Revisão de literatura**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Medicina Veterinária) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25620>. Acesso em: 12 mar. 2024.

BOCCHIO, V.; TAKAHASHI, S. E.; GROFF, P. M.; SCHADECK, M. M.; MAIER, G. S. Efeitos da aflatoxina na produção avícola: Revisão. **PUBVET**, v. 11, n. 8, p. 832-839, 2017. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1288>. Acesso em: 21 mar. 2024.

BOEMO, L. S.; KARKOW, A. K.; LUCCA, W.; ROSA, A. P.; LUZ, T. S.; POTTER, L.; SANTURIO, J. M. Estudo meta-analítico de diferentes níveis de aflatoxinas no desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias alojados em baterias. **Acta Scientiae Veterinariae**, p. 1-4, 2015. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/acta-scientiae-veterinariae/43-\(2015\)/estudo-meta-analitico-de-diferentes-niveis-de-aflatoxinas-no-desempenh/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/acta-scientiae-veterinariae/43-(2015)/estudo-meta-analitico-de-diferentes-niveis-de-aflatoxinas-no-desempenh/). Acesso em: 29 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 1, de 13 de janeiro de 2020**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2020.

BRASIL. **O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Portaria nº 130, 24 de maio de 2006. Grupo de Trabalho sobre Micotoxinas em produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 25 de maio de 2006, Seção 2, p. 5.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 dez. 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **NORMATIVA Nº 44, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2015**, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-sda-mapa-ndeg-44-de-15-12-2015.pdf/view>. Acesso em: 7 mai. 2024.

BRETAS, A. A. Inclusão de adsorventes de micotoxinas para leitões. **Revista CES Medicina Veterinária Y Zootecnia**, v.13, n.1, p.80-95, 2018.

BROWN, T. P., ROTTINGHAUSGE, G.L., WILLIAMS, M.E. Fumonisin mycotoxicosis in broilers: Performance and pathology. **Avian Dis**, v.36, p.450- 454, 1992.

BÜNZEN, S.; HAESE, D. Controle de micotoxinas na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 1, p. 299-304, 2006. Disponível em: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-030.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2024.

CALADO, V. H. V. **Efeitos do uso de adsorventes em frangos de corte alimentados com dietas naturalmente contaminados com aflatoxina e fumonisina**. 2016. Dissertação (Mestre em ciência animal topical) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2016.

Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/4802/2/Victor%20Hugo%20de%20Vasconcelos%20Calado.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

CALUMBY, R. J. N.; SILVA, J. A.; SILVA, D. P.; MOREIRA, R. T. F.; ARAÚJO, M.A. S.; ALMEIDA, L. M. Isolamento e identificação da microbiota fúngica anemófila em Unidade de Terapia Intensiva. **Brazilian Journal of development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 19708-19722, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3839>. Acesso em: 4 abr. 2024.

CÂNDIDO, M. G. L. Ocorrência e efeitos das micotoxinas em monogástricos. **NutriNews**, 14 jul. 2021. Disponível em: <https://nutrinews.com/pt-br/ocorrencia-e-efeitos-das-micotoxinas-em-monogastricos/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

COSTA, L. S.; GARCIA, L. A. F.; BRENER, P. R. A. Panorama do setor de frango de corte no Brasil e a participação da indústria avícola paranaense no complexo dado seu alto grau de competitividade. **Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.singep.org.br/4singep/resultado/209.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2024.

CRUZ, R. A. S. **Cardiomiopatia dilatada em suínos no Brasil**. 2017. Tese (Doutor em Ciências Veterinárias na área de Medicina Veterinária Preventiva e Patologia.) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/163408/001024550.pdf;jsessionid=13E0AE2C6955D51831002A2AA8480FC5?sequence=1>. Acesso em: 20 mar. 2024.

DAMMSKI, A. P. **Principais micotoxinas e adsorventes na nutrição animal**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em zootecnia) - Universidade Federal do Paraná, 2014.

DANIELI, B.; SCHOGOR, A. L. B. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: Revisão. **Veterinária e Zootecnia**, p. 1-13, 16 jun. 2020.

DIAS, A. S. Micotoxinas em produtos de origem animal. **Revista científica de medicina veterinária**, n. 30, p. 1-15, 2018. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-cientifica-eletronica-de-medicina-veterina/30-\(2018\)/micotoxinas-em-produtos-de-origem-animal/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-cientifica-eletronica-de-medicina-veterina/30-(2018)/micotoxinas-em-produtos-de-origem-animal/). Acesso em: 16 abr. 2024.

DI GREGORIO, M. C.; DE NEEFF, D. V.; JAGER, A. V.; CORASSIN, C. H.; DE PINHO CARÃO, A. C.; DE ALBUQUERQUE, R.; DE AZEVEDO, A. C.; FERNANDES OLIVEIRA, C. A. Mineral adsorbent for prevention mycotoxins in animal feed. **Revista Toxin**, v. 33, p. 125-135, 2014.

DILKIN, P.; MALLMANN, C. A. Sinais clínicos e lesões causadas por micotoxinas. **LAMIC - Laboratório de Análises Micotoxicológicas da Universidade Federal de Santa Maria**32, p. 32-35, 2004.

DSM. Relevância das micotoxinas na produção de frangos de corte. **AviNews Brasil**, p. 56-63, 2023. Disponível em: <https://avinews.com/pt-br/relevancia-das-micotoxinas-na-producao-de-frangos-de-corte/#:~:text=A%20presen%C3%A7a%20frequente%20de%20micotoxinas,de%20rentabilidade%20para%20os%20avicultores>. Acesso em: 3 jun. 2024.

EDUCAPOINT. Uso de aditivos alimentares na nutrição. **Educapoint**, 2022. Disponível em: <https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-corte/uso-de-aditivos-alimentares/>. Acesso em: 9 jul. 2024.

FAROOQUI, M. Y.; KHALIQUE, A.; RASHID, M. A.; MEHMOOD, S.; MALIK, M. I. Aluminosilicates and yeast-based mycotoxin binders: Their ameliorated effects on growth, immunity and serum chemistry in broilers fed aflatoxin and ochratoxin. **South African Journal of Animal Science**. v. 49, n. 4, p. 619-627, 2019.

FIALHO, M. B. **Mecanismos de ação de compostos orgânicos voláteis antimicrobianos produzidos por *Saccharomyces cerevisiae* sobre o desenvolvimento de *Guignardia citricarpa*, agente causal da pinta preta dos citros**. 2008. Tese (Doutor em agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

FREIRE, F. C. O.; VIEIRA, I. G. P.; GUEDES, M. I. F.; MENDES, F. N. P. **Documentos 110 - Micotoxinas: Importância na Alimentação e na Saúde Humana e Animal**. Fortaleza – CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/427374>. Acesso em: 15 maio 2024.

FREITAS, B. V.; MOTA, M. M.; DEL SANTO, T. A.; AFONSO, E. R.; SILVA, C. C. **Micotóxicoses em suínos: Revisão**. 2012. Disponível em: http://pt.engormix.com/masuinocultura/saude/artigos/micotoxicoses-suinos-revisao-t1_245/145-p0.html. Acesso em: 01 ago. 2024.

GALLISSOT, M. *et al.* An Algoclay-Based Decontaminant Decreases Exposure to Aflatoxin B1, Ochratoxin A, and Deoxynivalenol in a Toxicokinetic Model, as well as Supports Intestinal Morphology, and Decreases Liver Oxidative Stress in Broiler Chickens Fed a Diet Naturally Contaminated with Deoxynivalenol. **Toxins**, v. 16, n. 207, p. 1-20, 7 ago. 2024.

GARCIA, L. A. F. **Economias de escala na produção de frangos de corte no Brasil**. 2004. Tese (Doutor em ciências, Área de concentração: Economia aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - SP, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-16112004-150759/pt-br.php>. Acesso em: 29 mar. 2024.

GHAZALAH, A. A.; ABD-ELSAMEE, M. O.; MOUSTAFA, K. E. M. E.; KHATTAB, M. A.; REHAN, A. A. A. Effect of Nanosilica and Bentonite as Mycotoxins Adsorbent Agent in Broiler Chickens' Diet on Growth Performance and Hepatic Histopathology. **Animals**. p. 1-10. 2021.

GIMENO, A.; MARTINS, M. L. **Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos**. Ed. 3. 2011: Disponível em: <https://specialnutrients.com/pdf/book/3%20edicion%20MICOTOXINAS%20LR%20Secure.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

GOBI, J. P.; VIANA, A. Micotoxinas parte III – aflatoxinas e seus efeitos deletérios na produção animal. **Polinutri**, p. 1-10, 2022. Disponível em: https://polinutri.com.br/upload/artigo/296_p.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

GODOI, M. J. S.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; BARRETO, S. L. T.; VARGAS JUNIOR, J. G. Utilização de aditivos em rações formuladas com milho normal e de baixa qualidade para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1005-

1011, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/LfrcXdC36LZT3wX3w9mNwjL/>. Acesso em: 17 mai. 2024.

GONZALEZ, N. F. G. **Aditivos anti-micotoxinas em dietas para frangos de corte**. 2013. Dissertação (Pós - Graduação em zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1446/1/DISSERTA-CAO_Aditivos%20anti-micotoxinas%20em%20dietas%20para%20frangos%20de%20corte.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

GRENIER, B.; DOHNAL, I.; SHANMUGASUNDARAM, R.; EICHER, S. D.; SELVARAJ, R. K.; SCHATZMAYR, G.; APPLGATE, T. J. Susceptibility of Broiler Chickens to Coccidiosis When Fed Subclinical Doses of Deoxynivalenol and Fumonisin—Special Emphasis on the Immunological Response and the Mycotoxin Interaction. **Journal Toxins**, p. 21-22, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27472362/>. Acesso em: 15 mai. 2024.

GROFF-URAYAMA, P. M. *et al.* Use of different adsorbents in broiler diets naturally contaminated by mycotoxins. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. 02-08, 2022.

GRUBER-DORNINGER, C.; JENKINS, T.; SCHATZMAYR, G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. **Journal Toxins**, p. 1-25, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/11/7/375>. Acesso em: 10 jul. 2024.

HESSELTINE, C. W. Conditions Leading to Mycotoxin Contamination of Foods and Feeds. **Northern Regional Research Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture**, p. 1-22, 1976. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ba-1976-0149.ch001>. Acesso em: 27 mai. 2024.

HUWIG, A. *et al.* Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. **Toxicology Letters**, v. 122, p. 179–188, 2001.

ICC ANIMAL NUTRITION. **Resposta imunológica de frangos de corte desafiados com aflatoxina: imunomodulação e efeitos da micotoxina**. 2024. Disponível em: <https://www.iccbrazil.com/resposta-imunologica-de-frangos-de-corte-desafiados-com-aflatoxina-imunomodulacao-e-efeitos-da-micotoxina/>. Acesso em: 24 jul. 2024.

KARLOVSKY, P. *et al.* Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination. **Mycotoxin Res**, p. 179-205, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12550-016-0257-7>. Acesso em: 14 abr. 2024.

KHATKE, P. A.; SINGH, R.; MANDAL, A. B. Efficacy of biological adsorbents to ameliorate aflatoxicosis in broiler chicken: Effect on immune response and histopathology of liver. **Indian Poultry Science Association**, [S. l.], v. 48, p. 27-32, 13 jun. 2012.

KIPPER, M. *et al.* Assessing the implications of mycotoxins on productive efficiency of broilers and growing pigs. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 3, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/rs9sfTRmtjq46xsdZBYj73f/?lang=en>. Acesso em: 24 jun. 2024.

KOBASHIGAWA, E.; CORASSIN, C. H.; FRANCO, L. T.; ULIANA, R. D.; OLIVEIRA, C. A. F. Aflatoxins and fumonisins in feed from a broiler operation system from São Paulo state,

Brazil. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/ZQqhzyXktXSyj9VW7Tj6XGv/?lang=en>. Acesso em: 25 jul. 2024.

KRSTOVIĆ, S.; GULJAŠ, D.; MILJANIĆ, J.; DAMJANOVIĆ, M.; JAJIĆ, I. Potential of different mycotoxin adsorbents under in vitro conditions. **Archives of veterinary medicine**, v. 16, n. 2, p. 53-66, 2023.

LANZA, F. E. *et al.* Prevalence of fumonisin-producing *Fusarium* species in Brazilian corn grains. **Crop Protection**, p. 232-237, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219414002555>. Acesso em: 15 abr. 2024.

LEDOUX, D. R.; BROWN, T. P.; WEIBKING, T. S.; ROTTINGHAUS, G. E. Fumonisin toxicity in broiler chicks. **Journal of veterinary diagnostic investigation**, p. 330-333, 1992. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/104063879200400317#:~:text=Dietary%20fumonisin%20resulted%20in%20depressed,containing%20diets%20for%2021%20days>. Acesso em: 12 jun. 2024.

LIU, M. *et al.* Invited review: Remediation strategies for mycotoxin control in feed. **Journal of Animal Science and Biotechnology volume**, v. 13, n. 19, p. 1-16, 2022. Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00661-4>. Acesso em: 16 set. 2024.

LIU, X.; FAN, L.; YIN, S.; CHEN, H.; HU, H. Molecular mechanisms of fumonisin B1-induced toxicities and its applications in the mechanism-based interventions. **Toxicon**, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31173793/>. Acesso em: 28 jul. 2024.

LIU, N.; DING, K.; WANG, J.; DENG, Q.; GU, K. Effects of lactic acid bacteria and smectite after aflatoxin B1 challenge on the growth performance, nutrient digestibility and blood parameters of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, p. 953–961. 2018.

LOPES, L. L. **Adsorvente a base de glucomanano em dietas de frangos de corte alimentados com milho contaminado**. 2011. Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal De Pelotas, Pelotas, 2011. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ppgz/files/2021/01/Adsorvente-a-base-de-glucomanano-em-dietas-de-frangos-de-corte-alimentados-com-milho-contaminado.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MACIEL, C. **Micotoxinas em ração para animais de abate: Uma revisão**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheira de Alimentos) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/267328/001187627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 mar. 2024.

MAGNOLI, A. P.; POLONI, V. L.; CAVAGLIERI, L. Impact of mycotoxin contamination in the animal feed industry. **ScienceDirect**, p. 99-108, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799318301450>. Acesso em: 22 mar. 2024.

MAIA, K. M.; ALCALDE, C. R.; BARBOSA, M. A.; MARCATO, S. M. Micotoxinas e adsorventes na alimentação animal. **Ciência animal**, v. 31, n. 4, p. 82-91, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9296>. Acesso em: 08 abr. 2024.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P. **Mycotoxins and mycotoxicosis in swine**. LAMIC, 2007. Disponível em: <https://www.specialnutrients.com/pdf/book/Mycotoxins%20and%20Mycotoxicosis%20in%20Swine%20Secure.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2024.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 3, de 28 de janeiro de 2009**. 29 jan. 2009. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sis-legis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1007272555>. Acesso em: 30 mai. 2024.

MARESCA, M. From the Gut to the Brain: Journey and Pathophysiological Effects of the Food-Associated Trichothecene Mycotoxin Deoxynivalenol. **Journal Toxins**, p. 784-820, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23612752/>. Acesso em: 5 ago. 2024.

MASCHING, S. *et al.* Gastrointestinal Degradation of Fumonisin B1 by Carboxylesterase FumD Prevents Fumonisin Induced Alteration of Sphingolipid Metabolism in Turkey and Swine. **Journal Toxins**, p. 1-17, 16 mar. 2016. DOI 10.3390/toxins8030084. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4810229/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MELO, A. M. C.; SILVA, T. C.; SILVA, A. G. S.; CARNEIRO, R. S. R.; PONTES, R. C.; SOUZA, H. C. C.; ALBUQUERQUE, I. M. B. Doença infecciosas das aves: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 2, p. 310-314, 2018. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/858/737>. Acesso em: 25 ago. 2024.

MERKLEY, J. W.; MAXWELL, R. J.; PHILLIPS, J. G.; HUFF, W. E. Hepatic Fatty Acid Profiles in Aflatoxin-Exposed Broiler Chickens. **Poultry Science**, p. 59-67, 1987. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3575240/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

MGBEAHURUIKE, A. C. *et al.* Reduction of the Adverse Impacts of Fungal Mycotoxin on Proximate Composition of Feed and Growth Performance in Broilers by Combined Adsorbents. **Journal Toxins**, v. 13, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/13/6/430#:~:text=The%20combined%20adsorbents%20improved%20the,to%20detoxify%20mycotoxin%20contaminated%20feeds>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MILES, C.; NISHIZAWA, M.; JÁCOME, M. F. **Uso Racional de aditivos de Crescimento para Frangos de Corte**. 2019. Disponível em: <https://avinews.com/pt-br/mitos-aditivos-de-crescimento-avicultura/amp/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

MORGAVI, D. P.; RILEY, R. T. An historical overview of field disease outbreaks known or suspected to be caused by consumption of feeds contaminated with Fusarium toxins. **ScienceDirect**, p. 201-212. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840107002167>. Acesso em: 16 jun. 2024.

NERY, L. R. Pontos-chave para a escolha de um adsorvente de micotoxinas. **Agroceres Multimix**, p. 25-26, 2020. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/view/86349>. Acesso em: 07 set. 2024.

NIEVINSKI, P. G. **Trigo: do grão a farinha (uma revisão sobre deoxinivalenol)**. 2009. Monografia (Curso de graduação em engenharia de alimentos) - Universidade Federal Do Rio

Grande Do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/25481>. Acesso em: 24 jul. 2024.

NORRED, W. P.; VOSS, K. A. Toxicity and Role of Fumonisin in Animal Diseases and Human Esophageal Cancer. **Journal of Food Protection**, v. 57, n. 6, p. 522-527, 1994. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31121665/>. Acesso em: 8 jul. 2024.

O PRESENTE RURAL, Atualização em ocorrência de micotoxinas na América Latina. **O presente rural**. 2023. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/atualizacao-em-ocorrencia-de-micotoxinas-na-america-latina/>. Acesso em: 25 mar. 2024.

PAIM, F. G. **Ocorrência de aflatoxinas em amostras brasileiras de milho no período de julho de 2016 a julho de 2017**. 2018. Monografia (Programa de residência em área profissional da saúde - Medicina veterinária) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12970>. Acesso em: 3 mai. 2024.

PAVLAK, M. S. D. **Zeólita clinoptilolita como melhorador de desempenho para frangos de corte**. 2020. Dissertação (Mestre em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2020. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5180/5/Maira_Pavlak_2020. Acesso em: 12 jun. 2024.

PERINCHERRY, L.; LALAK-KAŃCZUGOWSKA, J.; STĘPIEŃ, Ł. Fusarium-Produced Mycotoxins in Plant-Pathogen Interactions. **Journal Toxins**, p. 1-22, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/11/11/664>. Acesso em: 23 set. 2024.

PIA, J. **Uso de adsorvente nas rações de frangos de corte em diferentes fases**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Zootecnista.) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11348>. Acesso em: 23 abr. 2024.

PINOTTI, L.; OTTOBONI, M.; GIROMINI, C.; DELL'ORTO, V.; CHELI, F. Mycotoxin Contamination in the EU Feed Supply Chain: A Focus on Cereal Byproducts. **Journal Toxins**, p. 1-24, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/8/2/45>. Acesso em: 7 jul. 2024.

POZZO, M. D.; VAGAS, J.; KOZLOKI, V.; STEFANELLO, C. M.; SILVEIRA, A. M.; BAYER, C.; SANTURIO, J. M. Impacto dos adsorventes de micotoxinas β -glucana ou montmorilonita sobre a fermentação ruminal de bovinos *in vitro*. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.44, n.1342, p.1-6, 2016.

PRESTES, I. D.; ROCHA, L. O.; NUÑEZ, K. V. M.; SILVA, N. C. C. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000400013. Acesso em: 27 jun. 2024.

PRIGOL, C. **Uso de blend inativador de micotoxinas em dietas de frangos de corte contaminadas por deoxinivalenol e fumonisina**. 2023. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Chapecó, 2023. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000b5/0000b5c5.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

QUADROS, T.; REDIVO, R. **Aluminossilicatos: maior classe de minerais utilizados como aditivos adsorventes.** 3tres3.com, 2023. Disponível em: <https://www.3tres3.com.br/guia333/empresas/cargill-1/posts/16766#:~:text=Os%20aluminossilicatos%20s%C3%A3o%20considerados%20a,Sil%C3%ADcio%2C%20com%20f%C3%B3rmula%20estrutural%20definida.> Acesso em: 20 nov. 2024.

QU, L. *et al.* Toxic Mechanism and Biological Detoxification of Fumonisin. **Journal Toxins**, p. 1-21, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35324679/>. Acesso em: 4 jun. 2024.

RADWAN, I. A.; ABED, A. H.; ABDALLAH, A. S. Prevalence of fungal pathogens in broiler chickens and their environment. **Journal of Veterinary Medical Research**, v. 25, n. 2, p. 174-181, 2018. Disponível em: https://jvmr.journals.ekb.eg/article_43316_50f084fc2387ff7727f2c84b29473a35.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

REGES, J. T. A. *et al.* Ocorrência de fungos e micotoxinas em grãos de milho em Jataí-GO, Brasil. **Revista colombiana de investigaciones agroindustriales**, p. 34-39, 2016. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8739244.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2024.

RIAHI, I.; MARQUIS, V.; RAMOS, A. J.; BRUFAU, J.; ESTEVE-GARCIA, E.; PÉREZ-VENDRELL, A. M. Effects of Deoxynivalenol-Contaminated Diets on Productive, Morphological, and Physiological Indicators in Broiler Chickens. **Animals**, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/10/1795#:~:text=Results%20showed%20that%20feed%20artificially,not%20affect%20growth%20performance%20parameters.> Acesso em: 18 jul. 2024.

ROCHA, M. P.; TAVEIRA, J. H. S.; PRADO, S. M. A.; ATAÍDE, M. V. Sistema de armazenamento e incidência dos principais fungos produtores de micotoxinas em grãos. **Brazilian Journal of development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 50176-50193, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13763>. Acesso em: 9 jul. 2024.

RODRIGUES, A. M. D. **Capacidade probiótica e adsorvente de aflatoxina B1 por leveduras isoladas de viveiros de piscicultura.** 2018. (Tese de Doutorado em ciência animal). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufpi.br:8080/xmlui/handle/123456789/1579?show=full>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SALEH, A. A.; EID, Y. Z.; EBEID, T. E.; AMBER, K.; KAMIZONO, T.; OHTSUKA, A.; HAYASHI, K., *Aspergillus Awamori* as probiotic in broiler chickens, **In The 9th Asia Pacific Poultry conference 2-20 march 2011**, Taipei, Taiwan, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/download/53279015/ASPERGILLUS_AWAMORI_AS_PROBIOTIC_IN_BROI20170525-2879-1ye8itr.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

SAMSON, R. A.; VAN REENEN-HOEKSTRA, E. S.; FRISVAD, J. C.; FILTENBORG, O. **Introduction to Food and Airborne Fungi.** ed. 6, Utrecht, The Netherlands: Centraalbureau Voor Schimmelcultures, Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2000.

SANTES, F. H.; FREITAS, E. S. avaliação da eficácia do uso de adsorventes para micotoxinas na nutrição de frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 4, n. 1, p. 127-145, 2021. Disponível em: <https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/AB-MVFAG/article/view/388>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SERRANO-COLL1, H. A.; CARDONA-CASTRO, N. Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. **Revista CES Medicina**, v. 29, n. 1, p. 143-151, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2611/261140733012.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2024.

SILVA, M. G. M. Micotoxinas na Avicultura de Corte: Uma Revisão. **Revista FT**, v. 28, p. 1-5, 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/micotoxinas-na-avicultura-de-corte-uma-revisao/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

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. Disponível: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/N7kxXrKzsKmfTt6QHPRgYLF/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 18 ago. 2024.

SINDIRAÇÕES - Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Boletim Informativo do Setor – Maio 2024**. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2024/05/boletim_informativo_setor_mai24_vs_final_port_sindiracoes.pdf. Acesso em: 20 mai. 2024.

SKÓRA, J., MATUSIAK, K., WOJEWÓDZKI, P., NOWAK, A., SULYOK, M., LIGOCKA, A., OKRASA, M., HERMANN, J., GUTAROWSKA, B. Evaluation of microbiological and chemical contaminants in poultry farms. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.13, n. 2, p.192, 2016.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; PALERMO-NETO, J. **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. Ed. 2, São Paulo: Editora Manole, 2020.

SMITH, T. K.; SEDDON, I. R. Toxicological synergism between fusarium mycotoxins in feeds. **Toxicological synergism between Fusarium mycotoxins in feeds**, p. 257-269, 1998. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063209617>. Acesso em: 19 abr. 2024.

SOLIS-CRUZ, B. *et al.* Evaluation of Cellulosic Polymers and Curcumin to Reduce Aflatoxin B1 Toxic Effects on Performance, Biochemical, and Immunological Parameters of Broiler Chickens. **Journal Toxins**, p. 1-20, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/11/2/121#:~:text=Dietary%20addition%20of%200.3%25%20CEL,CEL%20showed%20a%20better%20integrated>. Acesso em: 5 jun. 2024.

SOUTO, P. C. M. C.; AUGUSTO, L.; DI GREGORIO, M. C.; OLIVEIRA, C. A. F. Principais micotoxicoses em suínos. **Veterinária e Zootecnia**, p. 480-494, 2017. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/286>. Acesso em: 21 jul. 2024.

STILO, S. **Aditivos nutricionais – As novidades e tendências apresentadas ao mercado brasileiro**. 2022. Disponível em: <https://www.editorastilo.com.br/animal-feed/aditivos->

nutricionais-as-novidades-e-tendencias-apresentadas-ao-mercado-brasileiro/. Acesso em: 17 nov. 2024.

SUGIHARTO, S. A review of filamentous fungi in broiler production. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 64, n. 1, p. 1-8, 2019a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178319300107>. Acesso em: 17 ago. 2024.

SUGIHARTO, S.; YUDIARTI, T.; ISROLI, I.; WIDIASTUTI, E.; PUTRA, F. D.; Effect of dietary supplementation with *Rhizopus oryzae* or *Chrysonilia crassa* on growth performance, blood profile, intestinal microbial population, and carcass traits in broilers exposed to heat stress. **Archives Animal Breeding**, n. 60, p. 347-356, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/aab-60-347-2017>. Acesso em: 01 set. 2024.

SUGIHARTO, S. Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 2, p. 99-111, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X1400037X>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SUGIHARTO, S. ISROLI, I.; YUDIARTI, T.; WIDIASTUTI, E.; WAHYUNI, H. I.; SARTONO, T. A. Effect of two-step fermentation by *Chrysonilia crassa* and *Bacillus subtilis* on nutritional values and antioxidative properties of agro-industrial by-products as poultry feed ingredients. **Journal of advanced veterinary and animal research**, v. 5, n. 4, p. 472-480, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31453160/>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SUGIHARTO, S. A review of filamentous fungi in broiler production. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 64, n. 1, p. 1-8, 11 jun. 2019 b. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178319300107?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8c0954dafa1d5218. Acesso em: 1 set. 2024.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. A avicultura brasileira e o mercado mundial de carnes. **Anuário 2023 da Avicultura Industrial**, n. 9, ed. 1323, p. 14-21, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1150191>. Acesso em: 1 mar. 2024.

TAPIA-SALAZAR M. et al. **Mycotoxins in aquaculture: occurrence in feeds components and impact on animal performance**. In: CRUZ-SUAREZ, L.E. et al. Avances en Nutrición Acuícola. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, p.514-546, 2010.

TARDIEU, D.; TRAVEL, A.; METAYER, J.; LE BOURHIS, C.; GUERRE, P. Fumonisin B1, B2 and B3 in Muscle and Liver of Broiler Chickens and Turkey Poults Fed with Diets Containing Fusariotoxins at the EU Maximum Tolerable Level. **Journal Toxins**, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6832716/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

TESSARI, E. N. C.; CARDOSO, A. L. S. P.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I.; ZANATTA, G. F. Prevalência de aspergilose pulmonar em pintos de um dia de idade. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo - SP, v. 71, n. 1, p. 75-77, 2004. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V71_1/tessari.pdf. Acesso em: 14 mai. 2024.

TESSARI, E. N. C.; CARDOSO, A. L. S. P. A Aflatoxina em frangos de corte. **Centro avançado de Ensino e Pesquisa do Agronegócio Avícola**. n.8, 2008. Disponível em: https://www.infobibos.com.br/Artigos/2008_3/aflatoxina/index.htm. Acesso em: 10 mai. 2024.

TESSARI, E. N. C.; CARDOSO, A. S. P. **Influência das fumonisinas sobre as aves**. Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio Avícola, 2010. Disponível em: <https://avinews.com/pt-br/mitos-aditivos-de-crescimento-avicultura/amp/>. Acesso em: 14 maio 2024.

VACCARI, I. C. M.; DUARTE, V.; RODRIGUES, D. R.; SANTOS, F. R.; MINAFRA, C. S. Association of the severity of tongue lesions in broiler chickens with the quality of corn in feed. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v. 52, n. 10, p. 942-945, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/CthbTFYTncJZcLspSVq4yMN/?lang=en>. Acesso em: 2 ago. 2024.

VACCINAR SAÚDE E NUTRIÇÃO ANIMAL. **Aditivos nutricionais estratégicos para a produção animal**. 2024. Disponível em: <https://nutricaoesaudeanimal.com.br/aditivos-nutricionais/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

VAN DICK, S et al. Dietary antioxidants. **Free Mix**, v. 12, n. 4, p. 17-19, 2004.

VIANA, C. H. R. Utilização de Aditivos para Bovinos de Corte em Confinamento. **Ensaio e Ciência**, v. 24, n. 5, p. 536-543, 2020. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/9000>. Acesso em: 8 ago. 2024.

VILA-DONAT, P.; MARÍN, S.; SANCHIS, V.; A. J. RAMOS. A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination. **Elsevier**, v. 114, p. 246-259, 2018.

VILELA, S. M. O.; MOTA, R. A.; SANTOS, A. P. F.; SILVA, L. B. G.; SILVA, J. S. A. Surto de Aspergilose ocular em pintos de corte (*Gallus gallus domesticus*, Linneaus, 1758). **Ciência Veterinária Tropical**, v. 7, p. 145-147. 2004.

WYATT, R. D. Poultry. In: Smith, D. & Henderson, R. **Mycotoxins and animal foods**. Boca Raton. 1991.

XU, R.; KIARI, E. G.; YIANNIKOURIS, A.; SUN, L.; KARROW, N. A. Nutritional impact of mycotoxins in food animal production and strategies for mitigation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, n. 69, p. 1-19. 2022. Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-022-00714-2>. Acesso em 14 ago. 2024.

YIANNIKOURIS, A.; APAJALAHTI, J.; SIIKANEN, O.; DILLON, G. P.; MORAN, C. A. *Saccharomyces cerevisiae* Cell Wall-Based Adsorbent Reduces Aflatoxin B1 Absorption in Rats. **Journal Toxins**, v. 13, n. 3 p. 1-20, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33805637/>. Acesso em: 29 jul. 2024.

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, n. 4, p. 194-202, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16499411/>. Acesso em: 13 mai. 2024.

ZAFAR, M. H.; FATIMA, M. Efficiency Comparison of Organic and Inorganic Minerals in Poultry Nutrition: A Review. **PSM veterinary research**, v. 3, n. 2, p. 53-59, 2018.

ZAVARIZE, K. **Quais são os pontos chaves na hora da escolha de um adsorvente de micotoxina?**. O presente rural, 6 abr. 2021. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/quais-sao-os-pontos-chaves-na-hora-da-escolha-de-um-adsorvente-de-micotoxina/>. Acesso em: 1 out. 2024.

ZEIDAN, R.; UL-HASSAN, Z.; AL-THANI, R.; BALMAS, V.; JAOUA, S. Application of low-fermenting yeast *Lachancea thermotolerans* for the control of toxigenic fungi *Aspergillus parasiticus*, *Penicillium verrucosum* and *Fusarium graminearum* and their mycotoxins. **Toxins**, v. 10, n. 6, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/10/6/242>. Acesso em: 22 set. 2024.

ZHU, Y.; HASSAN, Y. I.; WATTS, C.; ZHOU, T. Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients-A review of recent patents. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 19-29, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840116301353>. Acesso em> 01 jul. 2024.