UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

JHEYSON CAETANO DETONI

QUALIDADE DO MILHO COM ÊNFASE EM DANOS MECÂNICOS

ALEGRE

ESPÍRITO SANTO

2025

JHEYSON CAETANO DETONI

QUALIDADE DO MILHO COM ÊNFASE EM DANOS MECÂNICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Júnior

ALEGRE

ESPÍRITO SANTO

2025

JHEYSON CAETANO DETONI

QUALIDADE DO MILHO COM ÊNFASE EM DANOS MECÂNICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 22 de agosto de 2025

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
JOSE GERALDO DE VARGAS JUNIOR
Data: 02/09/2025 23:05:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Geraldo de Vargas Junior
Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

Documento assinado digitalmente
RAPHAEL PIRES BOLZAN
Data: 03/09/2025 11:31:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr Raphael Pires Bolzan

Instituto Federal do Espírito Santo.

Documento assinado digitalmente
NATALIA CARNELLI BRIEL
Data: 03/09/2025 11:03:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Natália Carnelli Briel
Bacharel em Zootecnia

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre foi minha base e meu alicerce, com amor, paciência e compreensão presentes em todos os momentos desta jornada acadêmica.Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada demonstração de confiança foram fundamentais para que eu não desistisse diante das dificuldades. A vocês, que compartilharam comigo os sonhos, as vitórias e também os desafios, deixo registrada minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas ao longo desta jornada.Aos meus pais, que sempre acreditaram no meu potencial e me ofereceram todo amor, incentivo e suporte necessários para seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis. Sem vocês, nada disso seria possível.Aos meus familiares e amigos, pelo carinho, compreensão e palavras de apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador, José Geraldo pela paciência, dedicação e orientação fundamental na construção deste trabalho.Sua contribuição foi essencial para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.Agradeço a banca avaliadora por ter aceito o convite e pelas considerações neste trabalho.Aos meus amigos e amigas, em especial Jeovane, Flávio, Wendel, Dhomin, Sthefanie, Amanda, Betyna, Natália, Poliana obrigada pela parceria, companheirismo e por tornarem essa caminhada mais leve.Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa trajetória.

RESUMO

A qualidade física do milho é um fator determinante para a eficiência alimentar dos animais, impactando diretamente No desempenho zootécnico e, por consequência, toda a cadeia de produção animal. Este trabalho teve como objetivo avaliar como a integridade física do grão de milho influencia a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho produtivo de aves e suínos. Além disso, buscou-se analisar quais padrões de qualidade física são exigidos de acordo com a forma de utilização final do milho na alimentação animal, considerando diferentes processos, como ração peletizada, moagem para rações fareladas, silagem de grão seco e silagem de grão úmido. A presente revisão foi baseada em informações obtidas em artigos científicos, dissertações, publicações técnicas e dados oficiais. Os resultados evidenciam que danos físicos ao milho reduzem a densidade energética, comprometem a digestibilidade do amido e aumentam os riscos de contaminação por fungos e micotoxinas, afetando diretamente o desempenho animal. Aves e suínos, apresentam grande sensibilidade às alterações físicas do grão, exigindo maior controle sobre a padronização da matéria-prima. Foi observado que a forma de processamento e o destino final do milho influenciam significativamente as exigências de qualidade. A produção de rações peletizadas requer grãos íntegros, com baixa umidade e mínima contaminação. Para moagem, o índice de grãos quebrados afeta diretamente o rendimento do processo. Conclui-se que, prezar por grãos íntegros, dentros dos parões físicos físdo milho é essencial não apenas para a qualidade nutricional, mas também para a segurança sanitária e o rendimento econômico. A pesquisa destaca ainda a necessidade de investimentos em tecnologias pós-colheita e no desenvolvimento de políticas de classificação mais rigorosas para o milho destinado à alimentação animal.

Palavras-chave: alimentação animal; qualidade física; digestibilidade; suinocultura; avicultura.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS vii
LISTA DE FIGURAS viii
1. INTRODUÇÃO 1
2. REVISÃO DE LITERATURA 2
2.1 Contextualização da produção de milho no Brasil 2
2.2 Importância do milho na alimentação animal 5
2.3 Relevância da qualidade física do grão 6
2.4 Avaliação dos danos mecânicos 8
2.5 Influência da qualidade do milho na digestibilidade 14
2.6 Destino do milho 17
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 20
4. REFERÊNCIAS 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites Máximos de Tolerância Expressos em Percentual (%)..... 4

Tabela 2 - Tipos de Danos Mecânicos em Grãos de Milho e Seus Impactos..... 11

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Frequência de Citação dos Danos Mecânicos ao Milho na Literatura... xx

1. INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil destaca-se como uma das mais expressivas do mundo, sendo fundamental tanto para a alimentação humana quanto para o funcionamento efetivo da cadeia produtiva animal. Entretanto, a qualidade física dos grãos, como grãos quebrados, ardidos, impurezas e danos por umidade, tem se mostrado decisiva para garantir o desempenho zootécnico, a segurança alimentar e a rentabilidade dos sistemas de produção (EMBRAPA, 2018).

Nesse contexto, observa-se que a integridade estrutural do grão exerce papel principal na digestibilidade e na energia disponível, impactando diretamente o desempenho em aves e suínos. Embora haja avanços no controle pós-colheita, os danos mecânicos ainda são fontes expressivas de perda nutricional e econômica (GOMIDES et al., 2024).

Por outro lado, tecnologias como moagem, peletização,reidratação e silagem buscam explorar o milho como matriz energética. Mas somente serão eficazes se a matéria-prima atender a requisitos físicos mínimos. A falha na manutenção desses padrões compromete a eficiência das tecnologias e impacta todo o desempenho zootécnico (SOARES et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2023).

A justificativa para esse trabalho repousa na necessidade de sintetizar o conhecimento sobre os danos físicos do milho e sua influência cruzada em múltiplas etapas da cadeia produtiva. Ao integrar dados sobre efeitos digestivos, econômicos e tecnológicos, a revisão bibliográfica pretende contribuir para a tomada de decisões em campo, fornecendo diretrizes capazes de reduzir desperdícios e melhorar a eficiência alimentar.

Além disso, existe lacuna na literatura no que diz respeito à análise comparativa dos impactos da qualidade do grão em espécies com fisiologias digestivas distintas. Estudos têm sido fragmentados, focando apenas em um sistema ou tecnologia, o que dificulta uma visão abrangente para formulações e manejo integrados (GIGANTE, 2021;MARCHIORI et al., 2023).

Do ponto de vista prático, obter uma compreensão consolidada da importância da integridade física do milho permite a proposição de normas claras para a classificação e aceitação de lotes, tanto para uso em silagem quanto para preparo de

rações industriais. Dessa forma, promove-se maior estabilidade na produção e menor custo por unidade de ganho (FAUSTINO et al., 2020).

A relevância do estudo também se estende ao setor industrial de rações, que necessita de ingredientes com perfil físico compatível com maquinários de processamento e desempenho previsível no animal. A utilização de milho fora dos padrões pode acarretar perdas operacionais sem controle, tornando-se desafio tecnológico e econômico (FERREIRA et al., 2024).

Ainda, ao examinar as exigências físicas do milho conforme sua destinação (silagem, moagem ou peletização), este trabalho oferece subsídios para que diferentes elos da cadeia produtiva para que adotem critérios específicos de manejo, reduzindo falhas e aprimorando resultados, especialmente em sistemas de intensificação animal.

O estudo também busca fortalecer a interface entre pesquisa acadêmica e extensão rural. Ao gerar recomendações práticas baseadas em evidências, promove-se a transferência de tecnologias a pequenos e médios produtores, que muitas vezes não têm acesso a informações sobre controle de qualidade pós-colheita (EMBRAPA, 2021).

Por fim, o incremento do conhecimento sobre os requisitos físicos do milho para diferentes usos e espécies abre caminho para o desenvolvimento de ferramentas de monitoramento, como sensores de análise de integridade e densidade associados à inteligência artificial, que podem simplificar e agilizar a classificação de lotes em escala comercial.

Assim, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar a influência da qualidade física do milho na digestibilidade e no desempenho zootécnico na avicultura e suinocultura. Levando em consideração os impactos do destino final dos grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contextualização da produção de milho no Brasil

A produção de milho no Brasil segue em alta, impulsionada pela demanda interna e externa. A safra de 2024/2025 foi estimada em 323 milhões de toneladas, com crescimento de 8,3% em relação ao ano anterior (EMBRAPA, 2020; IBGE, 2025).

O aumento deveu-se à expansão da área cultivada e à maior produtividade, apoiada por tecnologias como híbridos e melhor manejo (EMBRAPA, 2020; IBGE, 2025).

O Brasil consolidou-se recentemente como o maior exportador mundial de milho, resultado de uma combinação de avanços tecnológicos, expansão da área cultivada e melhorias na infraestrutura logística (EMBRAPA, 2020). Apesar de ser o terceiro maior produtor global, atrás apenas de Estados Unidos e China, o país se destaca no comércio internacional pela elevada disponibilidade do grão para exportação, superando concorrentes tradicionais (EMBRAPA, 2021).

Esse desempenho é sustentado pelo trabalho contínuo de pesquisa e desenvolvimento, que proporcionou ganhos expressivos de produtividade — a produção nacional saltou de 35,2 para mais de 130 milhões de toneladas nas últimas décadas, evidenciando o papel da inovação agrícola (EMBRAPA, 2023).

Em suínos, estudos com coprodutos derivados da produção de etanol de milho demonstraram ampla variação nutricional (medida em proteína bruta e energia metabolizável), reforçando a necessidade de avaliar qualidade individual de lotes (VARIABILITY, 2023). Isso reforça que danos e composição do grão impactam a formulação de dietas.

Johnson et al. (2002) já haviam descrito que o processamento mecânico do milho ensilado reduz o número de grãos inteiros e melhora digestibilidade total do amido, corroborado por práticas modernas de colheita em que a integridade física determina valor nutricional final (MSU EXTENSION, 2023). Durante o ensilamento, a fragmentação correta da casca e exposição do endosperma potencializam a fermentação microbiana, promovendo melhor digestibilidade (GOMIDES et al,2023).

Além disso, o grão danificado pode ser usado em dietas peletizadas para suínos e aves, mas sua composição varia bastante conforme coproduto ou lote (VARIABILITY , 2023). Assim, formulações precisam basear-se em análise laboratorial para garantir exigências nutricionais adequadas.

Para suínos, a alta variabilidade nos coprodutos do etanol (DDGS) — com até 20% de variação em extrato etéreo — impacta diretamente na energia disponível (VARIABILITY, 2023), demonstrando que a qualidade física e química do grão (quebrado e extraído) interfere na formulação de dietas certeiras.

Esses dados confirmam que, para maximizar produção de aves e suínos, o milho deve ter qualidade física adequada: grãos inteiros minimamente danificados e processados conforme espécie e sistema (Gomide et al., 2023; Variability, 2023; Brizuela et al., 2025). Estratégias como moagem fina, flaking e ensilagem controlada comprovam-se eficazes na conversão alimentar animal.

A classificação do milho no Brasil é regulamentada pela Instrução Normativa nº 60/2011, a qual estabelece critérios de qualidade indispensáveis para a comercialização e utilização do grão (MAPA, 2011). Entre os parâmetros definidos, destaca-se o teor de umidade, limitado a 14%, condição essencial para evitar o desenvolvimento de fungos e reduzir perdas durante o armazenamento (EMBRAPA, 2020).

De acordo com os limites estabelecidos, o milho é classificado em três tipos: o Tipo 1, que apresenta maior qualidade, admite até 3% de grãos quebrados, 1% de ardidos e 1% de impurezas; o Tipo 2, com até 5%, 3% e 2%, respectivamente; e o Tipo 3, que tolera até 10%, 6% e 3%. Amostras que excedem esses valores são enquadradas como “fora de tipo”, ficando abaixo dos padrões oficiais de comercialização(MAPA,2011).

Tabela 1 - Limites Máximos de Tolerância Expressos em Percentual (%)

Tipo de Milho	Grãos Avariados (ardidos)	Total de Avariados	Grãos Quebrados	Matérias estranhas, impurezas	Carunchados
Tipo 1	1,00%	6,00%	3,00%	1,00%	2,00%
Tipo 2	2,00%	10,00%	4,00%	1,50%	3,00%
Tipo 3	3,00%	15,00%	5,00%	2,00%	4,00%
Fora de Tipo	5,00%	20,00%	>5,00%	>2,00%	8,00%

Fonte: MAPA,2011.

Outro critério relevante refere-se às impurezas e matérias estranhas, como fragmentos de sabugo, palha, areia e sementes de outras espécies, que comprometem a qualidade do produto (SILVA et al., 2019). Também são avaliados os grãos quebrados e partidos, definidos como fragmentos maiores que um quarto do grão, bem como os grãos ardidos ou avariados, que incluem aqueles fermentados, deteriorados, mofados ou escurecidos (BATISTA et al., 2023).

2.2 Importância do milho na alimentação animal

Inicialmente, destaca-se que o milho é fundamental na alimentação dos animal,sendo base energética predominantemente nas dietas de suínos e aves. A EMBRAPA (2018) ressalta que esse grão confere alta densidade energética, contribuindo com cerca de 95% dos grãos empregados nessas categorias. Consequentemente, sua ampla disponibilidade nacional garante sustentabilidade nas cadeias zootécnicas, reduzindo dependência de insumos externos.

No contexto avícola, Gomides et al. (2024) apresentam evidências contundentes de que grãos com qualidade física elevada — especificamente com baixo dano mecânico — resultam em melhor conversão alimentar. Isso porque o perfil tecnológico e morfológico do milho interfere diretamente no aproveitamento do amido e nutrientes. Logo, rações formuladas com insumos de engenharia controlada indicam maior eficiência produtiva. Essa relação evidencia a necessidade de criteriosidade na seleção do milho empregado.

Em concordância com esse panorama, Marchiori et al. (2023) investigam a uso de coprodutos de milho processados em dietas de aves, constatando incremento significativo na digestibilidade de amido. Isso evidencia como a qualidade física e histórico de processamento do grão exercem influência decisiva na eficiência nutricional. Logo, ressalta-se a importância da integração entre o controle da integridade dos grãos e a formulação dietética. Dessa forma, a avaliação da origem e do manejo do milho torna-se estratégica.

Gigante (2021) evidencia que grãos mecanicamente definidos se revelam mais aproveitáveis, resultando em maior conversão alimentar. Portanto, o equilíbrio entre integridade e dano mecânico controlado é essencial nos sistemas intensivos. Isso sim, evidencia que tecnologias de processamento agregam valor ao milho, beneficiando sistemas de alta produtividade.

Em aves de corte, Ferreira et al. (2024) testaram milho fermentado com probióticos, verificando melhoria na conversão alimentar e saúde intestinal. Portanto, o milho processado funcionalmente agrega benefícios além da energia, como o aumento da digestibilidade atuando na eficiência do sistema digestivo. Isso ilustra

como tecnologias emergentes ampliam o escopo do milho na nutrição animal. Sendo assim, aponta-se caminho para avanços em dietas inteligentes.

Paralelamente, EMBRAPA (2020) reforça que qualidade física e manejo pós-colheita são fatores-chave na manutenção do potencial nutritivo do milho. Assim, práticas de secagem, armazenamento e processamento têm impacto direto na composição das rações. Por consequência, isso reduz perdas e garante segurança alimentar do rebanho. Logo, a cultura do milho requer atenção desde o campo até a alimentação do animal.

No setor suíno, EMBRAPA Suínos e Aves (2021) destaca que a digestibilidade do milho varia conforme as fases de crescimento, acentuando a importância de grãos bem processados em dietas de leitões ou terminadores. Consequentemente, gera-se eficiência produtiva e adequação ao potencial genético. Dessa forma, evidencia-se que qualidade do milho deve acompanhar ciclos de produção.

Ademais, EMBRAPA (2025) alerta que a ação de pragas durante o armazenamento causa danos mecânicos nos grãos, reduzindo valor nutritivo e elevando risco de contaminação. Assim, reforça-se que medidas profiláticas e monitoramento são fundamentais. Portanto, o milho destinado à alimentação animal exige manejo integrado em todas as etapas.

Nos Anais do JINC-2024, EMBRAPA Suínos e Aves (2024) apresentaram avanços que destacam milho tratado como tecnologia acessível para produtores comerciais e pequenos. Isso evidencia a capacidade do setor de difundir inovações simples, mas eficazes. Assim, amplia-se o leque de agricultores que podem obter ganhos com fermentação, moagem e reidratação.

É notório que o milho, por sua multifuncionalidade e adaptabilidade, se firmou como insumo essencial na alimentação animal. Sua importância vai além da oferta energética, envolvendo aspectos físicos, nutricionais e tecnológicos. Assim, práticas de manejo e processamento elevam seu potencial zootécnico. Logo, essa matéria-prima permanece como pilar de sistemas eficientes e competitivos no setor.

2.3 Relevância da qualidade física do grão

A qualidade física do grão de milho é um fator determinante para o desempenho zootécnico dos animais, especialmente por sua influência direta na digestibilidade e na eficiência alimentar. Grãos íntegros, com baixa incidência de danos mecânicos, preservam suas propriedades nutricionais e reduzem perdas no processo de formulação de rações (EMBRAPA, 2018). O aspecto físico do milho, portanto, vai além da estética comercial, assumindo papel estratégico na nutrição animal de precisão.

Além disso, a integridade do grão está intimamente relacionada ao aproveitamento do amido, um dos principais componentes energéticos das dietas. Conforme apontado por Gomides et al. (2024), grãos com elevado grau de quebra ou fermentação indesejada durante o armazenamento apresentam menor aproveitamento nutricional por monogástricos, como aves e suínos, resultando em conversão alimentar menos eficiente. Isso compromete tanto o desempenho produtivo quanto a viabilidade econômica do sistema.

Não obstante, a composição do grão também varia conforme sua integridade física. O IF Goiano (2016) destaca que grãos quebrados tendem a apresentar maior exposição a fungos e micotoxinas, comprometendo a segurança alimentar. Isso é particularmente grave em sistemas confinados, onde a ingestão contínua de ração contaminada pode gerar distúrbios metabólicos, queda de produtividade e até mortalidade.

Em sistemas de produção de frangos de corte, Ferreira et al. (2024) apontam que o uso de milho fermentado com probióticos resultou em melhor conversão alimentar, desde que o grão fermentado mantivesse boa estrutura física. A presença de fragmentos finos ou farelados pode comprometer a uniformidade da ração e reduzir sua palatabilidade, prejudicando a ingestão e o desempenho zootécnico.

Além disso, a EMBRAPA (2020) reforça que práticas como secagem inadequada ou transporte ineficiente aumentam significativamente os danos mecânicos ao grão. Tais falhas logísticas afetam negativamente a qualidade final do produto destinado à alimentação animal, evidenciando a necessidade de um controle rigoroso desde a pós-colheita até o armazenamento.

A EMBRAPA Suínos e Aves (2021) também aponta que os suínos são particularmente sensíveis à variabilidade na qualidade física do milho. Em dietas para leitões, por exemplo, grãos quebrados e mal classificados reduzem a digestibilidade

da ração, atrasando o ganho de peso e afetando os índices zootécnicos esperados. O controle de qualidade, nesse caso, é crucial para não comprometer fases críticas de desenvolvimento.

Ainda no âmbito do armazenamento, a EMBRAPA (2025) destaca que grãos fisicamente danificados são mais suscetíveis ao ataque de pragas e à deterioração fúngica. Esses problemas não apenas reduzem o valor nutricional, mas também representam risco sanitário, o que compromete a segurança alimentar de toda a cadeia produtiva.

Andrade et al. (2020) mostram que até mesmo os coprodutos derivados do milho, como o DDGS (Grãos secos de destilaria com solúveis), têm sua composição nutricional influenciada pela qualidade física da matéria-prima original. Isso significa que o dano ao grão afeta não só a ração direta, mas também os derivados utilizados na alimentação animal, ampliando a importância do controle físico, uma vez que impurezas, micotoxinas e perdas de amido podem comprometer tanto o valor nutricional quanto a segurança dos subprodutos.

Portanto, é evidente que a qualidade física do grão de milho não pode ser negligenciada em nenhuma etapa da cadeia produtiva. Seja para consumo direto, silagem, subprodutos ou rações industrializadas, a integridade estrutural do grão influencia decisivamente a performance animal, os custos de produção e a segurança alimentar. A adoção de práticas adequadas de manejo, transporte e processamento se configura como uma exigência técnica inadiável no contexto da produção animal moderna (EMBRAPA, 2018; Gomides et al., 2024; Soares et al., 2020).

2.4 Avaliação dos danos mecânicos

A avaliação dos danos mecânicos em grãos de milho — como grãos quebrados, ardidos e presença de impurezas — é elemento essencial para assegurar qualidade física e eficiência zootécnica. Akowuah et al. (2018) demonstram que a temperatura de secagem afeta diretamente a integridade do grão, indicando fraturas e fissuras que podem reduzir a viabilidade do amido disponível para o animal.

Os parâmetros físicos do grão requer entendimento integrado entre propriedades mecânicas e tratamento pós-colheita. Conforme Martins Netto et al. (2017), a danificação mecânica durante beneficiamento compromete não apenas a

viabilidade fisiológica da semente, mas também sua integridade estrutural, resultando em grãos quebrados e ardidos que se refletem em menor valor nutritivo.

Por conseguinte, Batista et al. (2023) enfatizam a correlação entre densidade específica do grão e liberação de energia metabolizável. Grãos com danos internos ou superficiais tendem a apresentar densidade menor, o que compromete o rendimento energético, implicando diretamente na performance de suínos e aves.

Estudos de DeVos et al. (2018) sobre extração de amidos confirmam que o grau de dano ao grão interfere na eficiência de extração e qualidade do amido bruto. Grãos rachados permitem maior perda durante processamento, o que reflete tanto nos índices laboratoriais quanto na avaliação do potencial energético para a alimentação animal.

Ademais, enquanto avaliações visuais ajudam a classificar impurezas, os estudos apontam que a presença de fragmentos vegetais e pedras compromete a uniformidade da ração. Martins Netto et al. (2017) observam que sementes de milho com danos mecânicos apresentam queda de vigor, aumentando susceptibilidade e perdas na armazenagem. Assim, a integridade física deve ser mensurada independentemente para garantia de performance nutricional. Além disso, a presença de danificações mecânicas pode elevar o risco de contaminações por fungos e micotoxinas.

O impacto superficial dos danos mecânicos também afeta a capacidade do grão de responder a processos como flaking ou ensilagem, de modo que a avaliação prévia de integridade se revela como condição estratégica para o sucesso de fases nutricionais posteriores. Neste contexto, Akowuah et al. (2018) mostram que secagens inadequadas predispõem o grão a rachaduras internas invisíveis, que só se revelam sob análise por densidade e testes de quebra, o que determina que avaliações visuais sejam complementadas por testes técnicos físicos.

Um grão íntegro e de alta qualidade tende a apresentar uma densidade elevada, o que reflete uma maior proporção de endosperma vítreo (duro), rico em amido e mais resistente a danos durante o manuseio e o transporte (EMBRAPA, 2020). Por outro lado, a diminuição da densidade pode ser um indicativo de maior teor de endosperma farináceo ou de danos internos, como rachaduras por estresse e vazios, que comprometem a resistência e a digestibilidade do grão (MARTINS NETTO

et al., 2017). A avaliação dessa característica, geralmente realizada por meio do peso do hectolitro, é crucial para prever o desempenho do milho na ração, uma vez que diferentes densidades afetam diretamente os valores energéticos e a metabolizabilidade do insumo para os animais (BATISTA et al., 2023).

Em termos práticos e com base em pesquisas, a faixa de 72 a 75 kg/hL é frequentemente considerada como referência para um milho de excelente qualidade na indústria de rações. Essa densidade mais alta é associada a um maior teor de endosperma vítreo e a um melhor valor energético. Estudos demonstram essa relação direta, indicando que variações no peso do hectolitro estão correlacionadas com diferenças na metabolizabilidade dos nutrientes (BATISTA et al., 2023).

A relação entre grau de dano mecânico e qualidade nutricional também é ressaltada por DeVos et al. (2018), que observam redução na eficiência de extração de amido bruto em grãos danificados, o que implica perdas econômicas e menor valor energético do grão.

Em termos práticos, a triagem por densidade e peneiramento pode ser integrada a sistemas de recepção e classificação de grãos em fábricas de ração, reduzindo riscos de inclusão de material ineficiente ou contaminado, delineando um modelo preventivo a ser adotado no manejo pós-colheita. Neste sentido, Martins Netto et al. (2017) enfatizam a necessidade de adotar índices de qualidade física no beneficiamento de sementes, mas que tais índices também devem ser aplicados nos grãos destinados à alimentação animal, ampliando o escopo de vigilância técnica.

Em vista disso, a avaliação crítica dos danos deve considerar tanto exigências químicas quanto físicas, como densidade, tamanho, integridade estrutural e teor de impurezas, o que permite tomar decisões inteligentes sobre o uso dos grãos.

Ao conjugar testes físicos, de densidade, integridade e viabilidade, torna-se possível desenvolver bancos de dados que informem sobre padrões de qualidade aceitáveis, criando critérios técnicos para atender à legislação e às demandas de desempenho zootécnico.

Finalmente, os resultados desses métodos, aplicados de modo sistemático e integrado, permitem a seleção criteriosa de lotes, minimizando danos físicos e

maximizando valor alimentar, com impacto direto na competitividade da pecuária nacional.

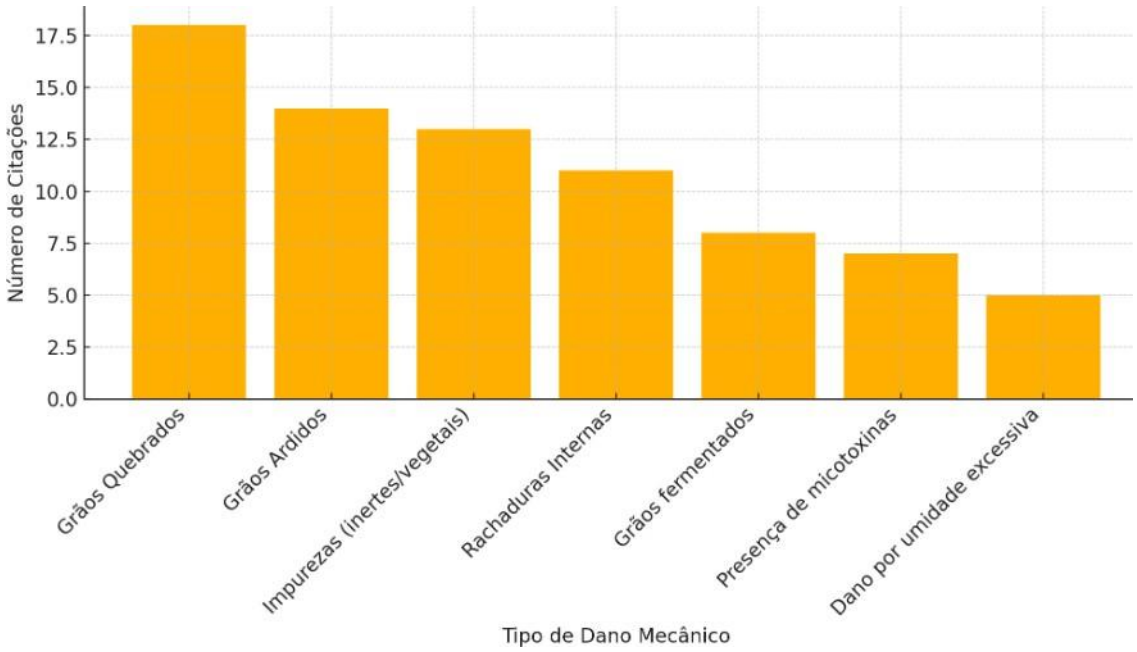
Assim, a avaliação dos danos mecânicos — contemplando grãos quebrados, ardidos e impurezas — deve ser encarada não como mera exigência documental, mas como instrumento estratégico na gestão da qualidade do milho para alimentação animal, conforme destacado por Akowuah et al. (2018), Martins Netto et al. (2017) e Batista et al. (2023).

Tabela 2 - Tipos de Danos Mecânicos em Grãos de Milho e Seus Impactos

Tipo de Dano Mecânico	Frequência de Citação na Literatura (nº de artigos)	Impacto Nutricional
Grãos Quebrados	23,68%	Reduz valor energético e digestibilidade; aumenta risc contaminação
Grãos Ardidos	18,42%	Afeta palatabilidade e pode indicar presença de fungo toxinas
Impurezas (inertes/vegetais)	17,11%	Dilui densidade nutricional da ração
Rachaduras Internas	14,47%	Compromete o aproveitamento do amido; difícil identificação visual
Grãos Fermentados	10,53%	Reduz aceitação da dieta; pode alterar o pH da silage
Presença de Micotox	9,21%	Efeito tóxico para animais; risco à saúde e ao desempenho produtivo
Dano por Umidade Excessiva	6,58%	Acelera fermentações indesejadas e perdas nutricion

FONTE: Autoria própria, 2025.

Gráfico 1 - Frequência de Citação dos Danos Mecânicos ao Milho na Literatura.



FONTE: Autoria própria, 2025.

A tabela e o gráfico acima sintetizam os principais tipos de danos mecânicos identificados em grãos de milho. A análise quantitativa mostra que os grãos quebrados foram os mais citados seguidos pelos grãos ardidos e pelas impurezas. Esse padrão evidencia uma preocupação recorrente dos pesquisadores com o comprometimento físico do milho durante a colheita, transporte e armazenagem.

A Instrução Normativa nº 60/2011 do MAPA é a norma que define os padrões de qualidade para a classificação do milho no Brasil. Desse modo, ela estabelece limites máximos de tolerância para diferentes tipos de defeitos, visando garantir a segurança e o valor comercial do grão.

Em relação à composição, a porcentagem de impurezas não pode exceder 1% para nenhum dos tipos de milho. No que diz respeito aos grãos quebrados, os limites variam: até 5% para o Tipo 1, 6% para o Tipo 2 e 8% para o Tipo 3. Já a categoria de grãos avariados — que inclui grãos ardidos, mofados e fermentados — apresenta os limites mais rigorosos, sendo de 3% para o Tipo 1, 6% para o Tipo 2 e 8% para o Tipo 3.Sendo assim, qualquer lote que ultrapasse esses percentuais é considerado “Fora de Tipo”. Como resultado, isso pode levar a perdas financeiras e restrições de

mercado, destacando a necessidade de um controle de qualidade eficiente na pós-colheita(MAPA,2011).

A predominância dos grãos quebrados nas análises indica que este tipo de dano afeta diretamente o valor energético do milho, além de aumentar a susceptibilidade à contaminação fúngica e à deterioração (GOMIDES et al., 2024). Isso ocorre porque a quebra expõe o endosperma, facilitando a ação de micro-organismos e a perda de nutrientes essenciais, como o amido.

Já os grãos ardidos, frequentemente associados à presença de fungos e toxinas, são altamente relevantes na segurança alimentar. A ingestão contínua de rações com milho ardido pode afetar a saúde animal e até resultar em perdas econômicas severas, conforme apontado pela EMBRAPA (2018). Por isso, o controle rigoroso desses danos é fundamental nos processos de beneficiamento e classificação dos grãos.

As impurezas, embora muitas vezes negligenciadas, exercem impacto direto sobre a densidade nutricional da dieta animal. Ao aumentar a proporção de elementos inertes, como fragmentos vegetais ou pedras, há diluição do valor nutricional por unidade de massa consumida, prejudicando o desempenho zootécnico (FAUSTINO et al., 2020).

Outro dano relevante é a presença de rachaduras internas, que são difíceis de detectar visualmente, mas têm impacto expressivo sobre a digestibilidade. Estudos como os de UFRRJ (2020) evidenciam que essas microfraturas comprometem a estrutura do grão e reduzem a eficiência do processamento enzimático nos animais.

As micotoxinas, embora tenham frequência menor de citação, são de extrema gravidade por seus efeitos tóxicos. Mesmo em baixas concentrações, essas substâncias têm potencial carcinogênico e imunossupressor, tornando sua presença inaceitável nas dietas de produção (GIGANTE, 2021).

Por fim, o dano causado pela umidade excessiva, embora menos citado, representa fator-chave na deterioração da qualidade do milho. Grãos colhidos ou armazenados com teor de umidade elevado estão mais propensos a fermentações indesejadas, perda de energia metabolizável e crescimento microbiano (EMBRAPA, 2020).

Esses dados reforçam a importância da adoção de boas práticas desde o campo até o processamento, com foco no manejo pós-colheita. Avaliações criteriosas, amostragem representativa e uso de tecnologias de classificação automatizada são estratégias recomendadas para mitigar tais danos.

A literatura demonstra que as perdas não se limitam à redução do valor nutricional. Elas comprometem também o desempenho zootécnico, a rentabilidade da cadeia produtiva e até a segurança alimentar. A rastreabilidade e o monitoramento da qualidade tornam-se, portanto, ferramentas estratégicas.

A análise dos danos mecânicos deve ser integrada a outros indicadores de qualidade do milho, como umidade, densidade aparente e presença de microrganismos. Esse enfoque sistêmico contribui na formulação de rações e no planejamento nutricional.

A partir dos dados apresentados, percebe-se que as estratégias de mitigação precisam considerar tanto as práticas agrícolas quanto os processos industriais. Isso inclui desde a regulagem correta das colhedoras até o controle da secagem, da armazenagem e do transporte.

Assim, garantir a integridade física dos grãos de milho vai além da estética do produto. Trata-se de uma condição fundamental para a manutenção de seu valor zootécnico e para a sustentabilidade da produção animal.

2.5 Influência da qualidade do milho na digestibilidade

A qualidade do milho é fator determinante na nutrição animal, impactando diretamente a digestibilidade dos nutrientes. Quando os grãos apresentam danos físicos como quebras, rachaduras ou ardidos, há comprometimento da integridade estrutural, o que interfere na liberação do amido e na estabilidade dos compostos energéticos (EMBRAPA, 2018). Essa realidade afeta tanto monogástricos quanto ruminantes, embora com mecanismos distintos.

Para aves, por exemplo, o milho de boa qualidade é essencial devido à curta permanência do alimento no trato gastrointestinal e à dependência de enzimas endógenas para digestão. Grãos quebrados ou fermentados podem alterar a densidade da ração e reduzir o aproveitamento de energia metabolizável (GOMIDES

et al., 2024). Além disso, grãos danificados favorecem contaminações fúngicas, afetando a saúde intestinal.

Em suínos, que também, a digestibilidade é altamente influenciada pela forma física do milho. A presença de impurezas e a variação no tamanho das partículas interferem negativamente no aproveitamento do amido e na uniformidade da dieta (EMBRAPA, 2021). Conforme Batista et al. (2023), há relação direta entre densidade do grão e coeficiente de digestibilidade aparente.

Na avicultura, a uniformidade da moagem do milho e sua qualidade interferem diretamente na conversão alimentar. De acordo com Marchiori et al. (2023), grãos de baixa qualidade comprometem o ganho de peso e aumentam o índice de mortalidade em frangos de corte, além de exigirem maior uso de aditivos nutricionais.

Na suinocultura, o milho representa a principal fonte de energia. A substituição do milho seco por reidratado mostrou melhora significativa na digestibilidade, conforme Silva et al. (2018), sobretudo quando os grãos não apresentavam ardidos nem rachaduras. Isso confirma a importância da preservação da integridade física durante o armazenamento.

A composição química do milho, embora relativamente constante, sofre alterações conforme o grau de dano mecânico. A pesquisa da EMBRAPA (2020) destaca que grãos quebrados possuem maior umidade e maior superfície exposta, favorecendo o crescimento microbiano e as perdas de amido, o que interfere na digestão. Nesse sentido, grãos íntegros favorecem uma digestibilidade mais eficiente, enquanto grãos danificados aumentam os riscos de contaminação, reduzem a disponibilidade energética e alteram o processo de fermentação.

Além disso, grãos fermentados apresentam alteração no pH e produção de compostos secundários, tornando-os menos palatáveis. Aves e suínos tendem a rejeitar rações com odor alterado, reduzindo o consumo voluntário (FAUSTINO et al., 2020). Tal comportamento gera impacto direto na eficiência alimentar e no desempenho final.

A diminuição da qualidade do milho, com destaque para a contaminação por micotoxinas, é um fator crítico que afeta a palatabilidade da ração, com impactos distintos na suinocultura e na avicultura. Por possuírem um paladar mais sensível, os

suínos são mais suscetíveis a rejeitar alimentos que apresentem sabores e odores anômalos. Essa aversão acarreta uma redução significativa no consumo de ração, comprometendo o desempenho zootécnico e o ganho de peso, como demonstrado por estudos recentes (DE SOUZA; FERREIRA, 2021).

Quando o milho apresenta contaminação por micotoxinas, resultante de grãos ardidos ou mal armazenados, há prejuízos severos para a digestibilidade, além de riscos à saúde animal. Isso se aplica especialmente a suínos e aves, cujos sistemas digestivos são mais sensíveis a compostos tóxicos (EMBRAPA, 2025).

A contaminação do milho por micotoxinas é um dos maiores desafios da produção animal, com impacto direto na saúde e no desempenho do rebanho. As micotoxinas como as aflatoxinas conhecidas por sua hepatotoxicidade, as fumonisinas e a zearalenon associadas a disfunções reprodutivas e neurológicas em suínos comprometem a palatabilidade do alimento e, consequentemente, reduzem o consumo de ração e o ganho de peso (DE SOUZA; FERREIRA, 2021). Além das perdas produtivas, a ingestão desses compostos causa danos sistêmicos e supressão imunológica (SILVA et al., 2018), exigindo rigoroso controle da qualidade do grão para mitigar os prejuízos econômicos e garantir a sanidade do plantel.

A suplementação com enzimas exógenas, como proteases e amilases, tem sido alternativa para melhorar a digestibilidade em dietas com milho de baixa qualidade. Entretanto, sua eficiência está diretamente ligada à condição do grão utilizado (FERREIRA et al., 2024), reforçando a necessidade de seleção rigorosa na pós-colheita.

Kang et al. (2021) analisaram o efeito do flaking sobre a digestibilidade do milho e concluíram que grãos íntegros processados adequadamente apresentam melhores resultados que grãos danificados, mesmo após tratamento. Isso ressalta a importância da qualidade desde a origem do grão.

Para aves em fase de postura, o milho de baixa qualidade pode levar à queda na produção de ovos e à redução na qualidade da casca, segundo dados da EMBRAPA Suínos e Aves (2021). A integridade dos grãos, associada ao correto armazenamento, é essencial para manter os parâmetros zootécnicos.

Devos et al. (2018) investigaram a extração de amidos em grãos de milho com diferentes graus de dano físico e concluíram que grãos íntegros têm maior rendimento e eficiência. Tal constatação reforça a relevância da qualidade do grão para o fornecimento de energia às diferentes espécies.

Segundo Martins Netto et al. (2017), danos mecânicos ocorridos durante o beneficiamento comprometem o desempenho de animais. Portanto, é fundamental implementar boas práticas de colheita e secagem para preservar as características físicas do milho.

Assim sendo, a digestibilidade do milho depende não apenas da espécie animal, mas da integridade do grão e de seu processamento. A manutenção da qualidade desde a colheita até o consumo é indispensável para maximizar os resultados zootécnicos, garantir a segurança alimentar e otimizar os custos de produção (EMBRAPA, 2020; GOMIDES et al., 2024; OLIVEIRA et al., 2023).

2.6 Destino do milho

A destinação final do milho impõe diferentes exigências quanto à sua qualidade física e nutricional. Cada forma de aproveitamento— como ração peletizada, moído ou uso em silagem de grão úmido/seco — apresenta particularidades que impactam diretamente os parâmetros necessários para o uso eficiente do grão (EMBRAPA, 2018). Assim, entender essas demandas é crucial para evitar perdas zootécnicas e econômicas.

No caso da ração peletizada, voltada principalmente para aves e suínos, a uniformidade física do milho é determinante. Grãos com diferentes tamanhos ou presença de impurezas comprometem a qualidade do pellet, prejudicando sua estabilidade e aceitação pelos animais (GOMIDES et al., 2024). Além disso, o excesso de umidade ou de grãos ardidos compromete o processo de peletização, podendo causar deterioração durante o armazenamento.

A moagem do milho exige cuidados similares. O grão deve estar limpo, seco e íntegro para garantir bom rendimento industrial e uniformidade da partícula moída. Conforme Batista et al. (2023), a granulometria final impacta diretamente a

digestibilidade e o aproveitamento energético, especialmente para suínos e aves. A presença de fragmentos danificados reduz a eficiência do processo e pode comprometer a formulação das rações.

A ração peletizada requer milho livre de contaminantes pois o calor do processo de peletização pode intensificar odores indesejáveis e volatilizar compostos. A pesquisa de Ferreira et al. (2024) revelou que a presença de ardidos, mesmo em pequenas proporções, compromete o consumo voluntário em frangos de corte, afetando negativamente o ganho de peso.

No caso da moagem, para suinos o milho deve apresentar homogeneidade física e química. De acordo com Oliveira et al. (2023), partículas irregulares prejudicam o balanço nutricional das dietas, além de aumentarem o custo por unidade de ganho devido à digestibilidade reduzida.

O destino do milho também afeta a logística de armazenamento e transporte. Grãos com mais impurezas, umidade ou rachaduras têm menor resistência ao armazenamento prolongado e são mais propensos ao desenvolvimento de micotoxinas (EMBRAPA, 2025). Assim, mesmo em sistemas que toleram certa variabilidade, como o uso em silagem, a qualidade inicial ainda é determinante.

Na avicultura de postura, a peletização é comum para facilitar o consumo e reduzir perdas por seleção de partículas. No entanto, quando a matéria-prima apresenta variação na qualidade, os pellets perdem consistência e liberam pó, o que prejudica a performance zootécnica e compromete os resultados produtivos (MARCHIORI et al., 2023).

Observa-se que os grãos de menor qualidade pode ser utilizados com menor prejuízo em silagens, mas resultam em dietas menos eficientes. Já a exigência de qualidade na indústria de rações para aves e suínos pressiona por grãos mais limpos e com menor índice de impurezas (GOMIDES et al., 2024).

Em dietas de precisão para suínos, como aquelas que utilizam tecnologias de alimentação em fases de vida,a variação na qualidade do milho prejudica a padronização da dieta. Isso afeta diretamente a taxa de conversão alimentar e a deposição de tecido magro (ANDRADE et al., 2020), demonstrando a importância de controle rigoroso na qualidade dos ingredientes.

A decisão sobre a destinação do milho deve ser acompanhada de planejamento técnico e econômico. Akowuah et al. (2018) alertam que o processamento inadequado ou o uso de milho de baixa qualidade em sistemas que exigem alta digestibilidade resulta em aumento de custos por unidade de ganho, afetando a rentabilidade da produção animal.

Portanto, a destinação do milho define não apenas a forma como ele será processado, mas também os níveis de exigência em termos de qualidade. Seja na forma de ração peletizada, moagem ou silagem, a integridade física, o teor de umidade e a presença de impurezas devem ser rigorosamente controlados para garantir eficiência produtiva, saúde animal e sustentabilidade econômica (EMBRAPA, 2021; GOMIDES et al., 2024; SOARES et al., 2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dessa pesquisa, evidenciou-se a importância da qualidade física do milho na cadeia produtiva animal. A presença de danos mecânicos, impurezas e grãos ardidos demonstrou ter uma correlação direta com a digestibilidade nutricional e o desempenho zootécnico de monogástricos. Os dados confirmam que a integridade do grão é um fator preponderante, desde a colheita até a sua utilização final, influenciando a eficiência de conversão alimentar e o retorno econômico.

Constatou-se que as alterações na qualidade física do milho não se restringem a aspectos estéticos ou comerciais. Tais danos comprometem a composição bromatológica, a sanidade do grão e sua funcionalidade como principal fonte energética em dietas. A digestibilidade do amido é significativamente comprometida pela presença de grãos fragmentados ou contaminados por micotoxinas, resultando em perdas nutricionais e sanitárias que se traduzem em custos operacionais e desafios à saúde animal.

4. REFERÊNCIAS

AKOWUAH, J. O. et al. Drying temperature effect on kernel damage and viability of maize dried in a solar biomass hybrid dryer. **Open Journal of Applied Sciences**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 506-517, 2018.

ANDRADE, R. et al. Effect of corn distillers' dried grains on intake and digestibility in young bulls. **Animal**, [S. l.], 2020.

BATISTA, L. F. et al. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade de grãos de milho com diferentes densidades específicas. **Ciência Animal Brasileira**, [S. l.], v. 24, e74343, 2023.

BIA e ZOOTEC. Rehydrated Corn Grain Silage with Wet Brewery Residue. **Revista BIA**, [S. l.], 2024.

BRASIL,Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico do Milho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, n. 246, p. 3-5, 23 dez. 2011.

DE SOUZA, A.; FERREIRA, L. Impacto da contaminação por micotoxinas no consumo de ração e no desempenho de suínos. **Revista de Zootecnia Aplicada**, v. 18, n. 2, p. 45-53, 2021.

DEVOS, R. J. B. et al. Extracção e caracterização de amidos de milho. In: SIMPÓSIO DE ALIMENTOS, 10., 2018, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo, RS: RAIS, 2018.

DURÃES, F. O. M. et al. **Milho safrinha.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Documentos, 115).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura do milho no Brasil: aspectos de pós-colheita e qualidade física dos grãos.** Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasil pode superar a Índia na produção de grãos em 2023. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Dia Internacional do Milho: Brasil é destaque mundial. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica do milho pipoca. [S. l.]: Embrapa, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Informações Técnicas para o Cultivo do Milho e Sorgo na Região Subtropical do Brasil – Pós-colheita e Qualidade de Grãos. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Melhoramento Genético de Sorgo e aplicabilidade como substituto do milho.** Brasília, DF: Embrapa, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pragas de Grãos Armazenados – Milho: impacto na qualidade após danos mecânicos.** [S. l.]: Embrapa, 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A produção brasileira de grãos: salto quantitativo. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tabela de Composição Química e Valores Energéticos para Suínos e Aves.** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2019.

FAUSTINO, T. F. et al. Utilização de grão de milho reidratado e casca de café na alimentação animal. **Revista Científica Rural**, [S. l.], v. 22, n. 1, 2020.

FERREIRA, M. F. et al. Optimization of Solid-State Fermented Corn Distillers Dried Grains with Probiotics for Broilers. **Frontiers in Animal Science**, [S. l.], 2024.

GANDRA, J. R. et al. Rehydrated Corn Grain Silage and Exogenous Protease: Effects on Dairy Cow Performance, Metabolism, and Starch Digestibility. **Dairy**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2025.

GIGANTE, L. **Processamento do milho em dietas de alto grão para ruminantes.** 2021. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2021.

GOMIDES, L. et al. Influência da qualidade do milho no desempenho das aves. **Agroceres Multimix**, [S. l.], 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE prevê safra de 322,6 milhões de toneladas para 2025, com crescimento de 10,2% frente a 2024. **Agência de Notícias**, 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO. **Características nutricionais e físicas do milho com foco em digestibilidade.** [S. l.]: IF Goiano, 2016.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 2002.

MARCHIORI, M. S. et al. Damasceno et al. 2023: efeitos de coprodutos na digestibilidade de aves. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2023.

MARTINS NETTO, D. A. et al. **Impacto da danificação mecânica na qualidade fisiológica de sementes de milho durante beneficiamento.** 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.

MSU EXTENSION. **Health & Nutrition Impact Reports.** 2023.

OLIVEIRA, A. et al. Effect of Particle Size of Silage of Flint Corn Grain on Dairy Cows. **Animals**, [S. l.], v. 13, n. 12, 2023.

RIBEIRO, Caroline. **Eficácia do caulim como indicador de consumo e digestibilidade para bovinos.** 2017. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017.

SILVA, T. R. G. et al. Evaluation of different detoxification procedures on nutritional and energy value of castor bean cake for pigs. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S. l.], v. 70, n. 2, p. 563-569, 2018.

SOARES, F. A. et al. **Silagem de grãos de milho reidratado com aditivos.** 2020. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Silagens de milho: efeitos do dano mecânico na qualidade do grão.** São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2020.