

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA (FMVZ)

MICHELLE FLAUSINO CONCEIÇÃO

INDICADORES INTERNOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO IDEAL DE
MISTURA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Uberlândia -MG

Agosto/2026

MICHELLE FLAUSINO CONCEIÇÃO

INDICADORES INTERNOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO IDEAL DE
MISTURA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Drº Bruno Serpa Vieira

Uberlândia - MG

Agosto/2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C744 Conceição, Michelle Flausino, 2001-
2026 INDICADORES INTERNOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO
IDEAL DE MISTURA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE [recurso
eletrônico] / Michelle Flausino Conceição. - 2026.

Orientador: Bruno Serpa Vieira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Medicina Veterinária.
Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. Vieira, Bruno Serpa, 1981-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Medicina
Veterinária. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MICHELLE FLAUSINO CONCEIÇÃO

INDICADORES INTERNOS PARA DETERMINAÇÃO DO TEMPO IDEAL DE
MISTURA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Nutrição animal

Cidade, data: Uberlândia – MG, 5 de agosto de 2026.

Banca Examinadora:

Bruno Serpa Vieira (Universidade Federal de Uberlândia)

Lúcio Vilela Carneiro Girão (Universidade Federal de Uberlândia)

Hellen Faria de Carvalho (Médica Veterinária)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ser minha força em todos os momentos e por me ensinar a encontrar sentido até mesmo nos dias em que me senti perdida ao longo dessa caminhada. Foi Ele quem me concedeu coragem, perseverança e o amor pela profissão e pela vida que desejo construir.

À minha família, expresso minha mais profunda gratidão pelo apoio incondicional e pelo incentivo aos estudos desde a infância.

Em especial, à minha mãe, Patricia, que sempre foi meu maior exemplo de dedicação, determinação. Mesmo enfrentando as dificuldades de criar dois filhos pequenos, ela nunca desistiu dos próprios sonhos e conquistou, com muito esforço, sua formação, mostrando que a educação transforma vidas. Graças à sua determinação, nossa realidade foi transformada, e hoje, ao vê-la alcançar a estabilidade que tanto buscou, encontro a inspiração para construir a minha própria trajetória.

Ao meu pai, José Maria, agradeço por nunca medir esforços para oferecer o melhor para mim e para o meu irmão, fazendo tudo o que esteve ao seu alcance e, muitas vezes, até além, para que tivéssemos oportunidades e pudéssemos seguir nossos sonhos.

Ao meu irmão, Mateus, agradeço por todas as jantas preparadas durante as semanas de prova e por ter me feito sentir em casa, mesmo adaptando a uma nova cidade e rotina. Obrigada por suportar meus momentos de estresse (nem sempre com bom humor), mas por nunca deixar que isso fosse maior do que a nossa irmandade.

Ao meu noivo, Bruno, agradeço por caminhar ao meu lado durante toda a graduação. Obrigada pela paciência, pelo incentivo, pela compreensão e pela forma amorosa com que sempre me apoiou e acreditou em mim. Tudo isso fez toda a diferença para que eu chegasse até aqui.

Aos meus professores, agradeço pelos ensinamentos compartilhados ao longo da graduação, fundamentais para minha formação profissional. Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Bruno Serpa Vieira, pela confiança, orientação e por ser um exemplo de dedicação à

pesquisa e ao ensino. Sua determinação em reconstruir e fortalecer o setor de avicultura da universidade é admirável e inspira todos que têm a oportunidade de trabalhar ao seu lado.

Às minhas amigas Ana Julia e Rhina, agradeço por me inspirarem, acreditarem no meu potencial e por me apresentarem ao universo do marketing. O apoio, as oportunidades e a confiança que depositaram em mim me permitiram empreender durante a graduação, proporcionando a estabilidade necessária para que eu pudesse seguir essa caminhada com mais tranquilidade.

Aos meus amigos mais próximos, Pardi, Cirqueira, Maju e Rafa, e aos demais amigos do grupo "Segregados", da Medicina Veterinária, obrigada por tornarem essa jornada mais leve e divertida. Compartilhar os desafios, as conquistas e as inúmeras situações engraçadas que renderam boas lembranças fez toda a diferença. Independentemente do caminho que cada um seguir a partir de agora, levarei para sempre no coração tudo o que vivemos.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, ao Laboratório de Produção e Experimentação Avícola (LAPEA) e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação como médica-veterinária.

RESUMO

A homogeneidade da mistura é um dos principais fatores relacionados à qualidade das rações para frangos de corte, pois influencia a distribuição uniforme dos nutrientes e aditivos na dieta. Entre os fatores que afetam esse processo, o tempo de mistura exerce papel fundamental na obtenção de uma mistura homogênea. Assim, este estudo teve como objetivo determinar o tempo ideal de mistura de rações para frangos de corte em um misturador horizontal, utilizando a matéria mineral e o manganês como indicadores internos da homogeneidade. O experimento foi conduzido no Laboratório de Produção e Experimentação Avícola da Universidade Federal de Uberlândia (LAPEA/UFU), utilizando um misturador horizontal com capacidade de 250 kg, operando a aproximadamente 32 rotações por minuto (rpm). Foram avaliados os tempos de mistura de 2, 4, 6, 8 e 10 minutos, com coleta de amostras em pontos previamente estabelecidos do misturador para determinação da matéria mineral e da concentração de manganês. A homogeneidade foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV), e os dados foram submetidos à análise de regressão para estimativa do tempo ótimo de mistura. A regressão estimou tempos ótimos de 4,84 minutos para o manganês e 4,25 minutos para a matéria mineral, correspondentes aos menores coeficientes de variação estimados de 1,32% e 2,81%, respectivamente. Os resultados demonstraram que aproximadamente cinco minutos de mistura foram suficientes para obter elevada homogeneidade da ração nas condições experimentais avaliadas, sem evidência de benefícios adicionais com o prolongamento do tempo de mistura. Esses resultados podem contribuir para a otimização do processo de fabricação e para o aprimoramento do controle de qualidade na produção de rações para frangos de corte.

Palavras-chave: Homogeneidade de mistura; Misturador horizontal; Matéria mineral; Manganês; Frangos de corte; Coeficiente de variação.

ABSTRACT

Feed homogeneity is one of the main factors associated with the quality of broiler diets, as it directly influences the uniform distribution of nutrients and feed additives. Among the factors affecting this process, mixing time plays a fundamental role in achieving a homogeneous mixture. Therefore, this study aimed to determine the optimal mixing time for broiler diets in a horizontal mixer using mineral matter and manganese (Mn) as internal indicators of feed homogeneity. The experiment was conducted at the Poultry Production and Experimentation Laboratory of the Federal University of Uberlândia (LAPEA/UFU), using a 250-kg horizontal mixer operating at approximately 32 rpm. Feed samples were collected after 2, 4, 6, 8, and 10 minutes of mixing at previously established points inside the mixer for mineral matter determination and manganese analysis. Feed homogeneity was evaluated using the coefficient of variation (CV), and regression analysis was performed to estimate the optimal mixing time. The regression estimated optimal mixing times of 4.84 minutes for manganese and 4.25 minutes for mineral matter, corresponding to the lowest estimated CV values of 1.32% and 2.81%, respectively. The results demonstrated that approximately five minutes of mixing were sufficient to achieve a high degree of feed homogeneity under the experimental conditions, with no additional improvement from longer mixing times. These findings may contribute to the optimization of feed manufacturing processes and to improving quality control in broiler feed production.

Keywords: Feed homogeneity; Horizontal mixer; Mineral matter; Manganese; Broilers; Coefficient of variation.

SUMÁRIO

3. OBJETIVOS	11
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
4.1. PROCESSO DE MISTURA NA FABRICAÇÃO DE RAÇÕES.....	12
4.2. FATORES QUE INFLUENCIAM A HOMOGENEIDADE DA MISTURA.....	12
4.3. AVALIAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DA MISTURA	13
4.4. INDICADORES INTERNOS DA HOMOGENEIDADE DA MISTURA.....	14
4.5. TEMPO DE MISTURA E SEUS EFEITOS SOBRE A HOMOGENEIDADE.....	15
4.6. RELAÇÃO ENTRE HOMOGENEIDADE DA MISTURA E DESEMPENHO ANIMAL	16
5. METODOLOGIA	16
5.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO E PREPARO DA RAÇÃO EXPERIMENTAL	16
5.2. ANÁLISES LABORATORIAIS E AVALIAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DA MISTURA.....	21
5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6.1. HOMOGENEIDADE DA MISTURA AVALIADA PELO MANGANÊS	22
6.2 HOMOGENEIDADE DA MISTURA AVALIADA PELA MATÉRIA MINERAL.....	23
6.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS INDICADORES INTERNOS	24
7. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

A avicultura é um dos principais segmentos da produção animal no Brasil, destacando-se pelo elevado volume de produção e pela grande participação no mercado internacional de carne de frango. Esse desempenho é resultado do avanço tecnológico, do melhoramento genético, do manejo, da sanidade e da nutrição das aves, fatores que contribuem para elevados índices produtivos e para a competitividade do setor (EMBRAPA, 2019).

Entre os fatores que influenciam a eficiência da produção, a alimentação representa a maior parcela dos custos de criação de frangos de corte, correspondendo a aproximadamente 70% do custo total de produção (SOUSA, 2024). Dessa forma, a fabricação de rações de qualidade é fundamental para garantir o adequado fornecimento de nutrientes e o melhor aproveitamento do potencial produtivo das aves. Nesse contexto, a etapa de mistura assume papel essencial, pois é responsável por promover a distribuição uniforme dos ingredientes, assegurando que cada porção da ração apresente composição semelhante à formulação estabelecida (STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017).

A eficiência da mistura é influenciada por diversos fatores, como o tipo de misturador, as características físicas dos ingredientes, a sequência de adição dos componentes, o volume de ocupação do equipamento e o tempo de mistura. O controle dessas variáveis é indispensável para a obtenção de misturas homogêneas e para a manutenção da qualidade do produto (SOUSA, 2024).

A avaliação da homogeneidade da mistura é realizada por meio da determinação do coeficiente de variação (CV) de um marcador previamente selecionado, sendo amplamente aceito que valores iguais ou inferiores a 10% indicam adequada uniformidade da mistura. A utilização de indicadores internos constitui uma ferramenta importante para o monitoramento do desempenho dos misturadores e para a determinação do tempo ideal de mistura, contribuindo para o controle de qualidade na fabricação de rações (RUBIO et al., 2023).

Embora existam recomendações gerais para avaliação da homogeneidade da mistura, o tempo necessário para atingir uma distribuição uniforme dos ingredientes pode variar conforme o tipo de misturador, as características da formulação e as condições operacionais adotadas. Assim, a determinação do tempo ideal de mistura para cada equipamento torna-se

necessária para otimizar o processo produtivo, assegurar a qualidade da ração e fornecer subsídios para o controle de qualidade na fabricação de alimentos para aves.

2. JUSTIFICATIVA

A alimentação representa a maior parcela dos custos de produção na avicultura, tornando a qualidade da ração um fator essencial para a eficiência do sistema produtivo (SOUSA, 2024). Entre as etapas do processo de fabricação, a mistura dos ingredientes exerce papel fundamental, pois é responsável por garantir a distribuição uniforme dos nutrientes, contribuindo para a qualidade do produto e para a padronização das dietas fornecidas às aves (STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017).

A homogeneidade da mistura pode ser influenciada por diversos fatores, como as características dos ingredientes, o tipo de misturador e as condições operacionais adotadas, destacando-se o tempo de mistura como um dos principais determinantes da uniformidade dos ingredientes (KNARR et al., 2025). Dessa forma, a determinação do tempo ideal de mistura é importante para otimizar o processo produtivo, reduzir a variabilidade entre amostras e fornecer parâmetros para o controle de qualidade na fabricação de rações (RUBIO et al., 2023).

Embora existam recomendações para avaliação da homogeneidade da mistura, cada equipamento apresenta características próprias de funcionamento, tornando necessária a definição de parâmetros específicos para sua operação. Assim, a determinação do tempo ideal de mistura em um misturador horizontal, utilizando um indicador interno e o coeficiente de variação como critério de avaliação, pode contribuir para a padronização do processo de fabricação de rações e para a obtenção de misturas mais homogêneas.

3. OBJETIVOS

Determinar o tempo ideal de mistura em um misturador horizontal, utilizando manganês e matéria mineral como indicadores internos da homogeneidade da mistura.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Processo de mistura na fabricação de rações

A fabricação de rações é composta por uma sequência de etapas que incluem recebimento e armazenamento das matérias-primas, preparação dos ingredientes, processamento e finalização do produto. Durante o processamento são realizadas operações como dosagem e mistura de ingredientes, podendo ainda ocorrer peletização ou extrusão, dependendo do tipo de ração produzida. A eficiência de cada uma dessas etapas influencia na qualidade do produto, tornando indispensável a adoção de boas práticas de fabricação ao longo de todo o processo. (SOUSA, 2024).

A etapa de mistura é considerada uma das mais importantes da fabricação de rações, pois tem como objetivo promover a distribuição uniforme dos ingredientes, de modo que cada porção do alimento apresente composição nutricional semelhante à formulação estabelecida. A adequada homogeneização garante que macro e microingredientes, incluindo vitaminas, minerais e aditivos, sejam distribuídos de forma homogênea, assegurando maior qualidade da ração e fornecimento consistente de nutrientes aos animais (STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017; FAHRENHOLZ, 2019).

4.2. Fatores que influenciam a homogeneidade da mistura

A homogeneidade é resultado da interação entre características dos ingredientes, manejo do processo e do equipamento utilizado. Diversos fatores podem interferir na distribuição uniforme dos componentes da ração, entre eles o tipo de misturador, as propriedades físicas dos ingredientes, o nível de ocupação do equipamento, a sequência de adição dos componentes, a velocidade de operação e o tempo de mistura. Dessa forma, o controle dessas variáveis é essencial para garantir a eficiência do processo de fabricação e a qualidade do produto (KNARR et al., 2025; STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017).

As características físicas dos ingredientes exercem influência direta sobre a eficiência da mistura. Diferenças no tamanho das partículas, densidade, formato e propriedades de superfície podem favorecer a segregação dos componentes, dificultando a obtenção de uma

distribuição uniforme dos nutrientes. Além disso, ingredientes adicionados em menores proporções exigem maior controle durante o processo de mistura para garantir sua adequada incorporação à dieta (SOUSA, 2024).

Outro fator importante é a operação do misturador. A sequência de adição dos ingredientes influencia diretamente a eficiência da homogeneização, sendo recomendado que os ingredientes de maior inclusão sejam adicionados antes daqueles presentes em menores quantidades. Da mesma forma, o volume de ocupação do misturador deve respeitar sua capacidade operacional, uma vez que tanto o excesso quanto a insuficiência de carga podem comprometer a movimentação dos ingredientes e reduzir a eficiência da mistura (SOUSA, 2024).

A velocidade de operação e as condições de manutenção do equipamento também interferem na homogeneidade da mistura. De modo geral, maiores rotações por minuto (RPM) tendem a tornar o processo de mistura mais rápido; entretanto, a velocidade ideal depende do tipo de misturador e das condições de operação do equipamento (FEI, 2009 apud SOUSA, 2024). Além disso, componentes desgastados, acúmulo de resíduos e falhas de manutenção podem reduzir a eficiência do misturador e aumentar a variabilidade da distribuição dos ingredientes. Entre todos os fatores operacionais, destaca-se o tempo de mistura, cuja determinação adequada é indispensável para alcançar uma mistura homogênea (STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017; FAHRENHOLZ, 2019).

4.3. Avaliação da homogeneidade da mistura

A avaliação da homogeneidade da mistura é uma etapa fundamental no controle de qualidade na fabricação de rações, pois é verificado se os ingredientes foram distribuídos de maneira uniforme ao longo da batelada. Uma mistura homogênea assegura que cada porção da ração apresente composição nutricional semelhante à formulação estabelecida, reduzindo variações no fornecimento de nutrientes e promovendo maior confiabilidade ao processo produtivo. Dessa forma, a avaliação da homogeneidade também possibilita monitorar o desempenho do misturador e identificar falhas operacionais que possam comprometer a qualidade da ração (FAHRENHOLZ, 2019; STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017).

O método mais empregado para avaliar a homogeneidade da mistura é o coeficiente de variação (CV), obtido pela relação entre o desvio-padrão e a média dos resultados das amostras analisadas. Quanto menor o valor do CV, maior é a uniformidade da distribuição do marcador e, conseqüentemente, da mistura. Na indústria de alimentação animal, valores de CV iguais ou

inferiores a 10% são amplamente aceitos como indicativos de mistura homogênea, sendo esse critério adotado tanto em pesquisas quanto em programas de controle de qualidade (CLARK; BEHNKE; POOLE, 2007; STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017; SOUSA, 2024).

Uma avaliação confiável de homogeneidade depende também de um plano de amostragem adequado. As amostras devem ser coletadas em diferentes pontos da mistura ou durante a descarga da batelada, de forma representativa, permitindo estimar corretamente a variabilidade da distribuição dos ingredientes. De modo geral, recomenda-se a coleta de seis a dez amostras por batelada, uma vez que um número insuficiente de amostras pode comprometer a representatividade dos resultados e influenciar a interpretação do coeficiente de variação (FAHRENHOLZ, 2019; SOUSA, 2024).

4.4. Indicadores internos da homogeneidade da mistura

A avaliação da homogeneidade da mistura é realizada por meio da determinação da concentração de um marcador presente na ração. Esse marcador deve estar distribuído uniformemente ao longo da mistura, permitindo que sua variabilidade entre as amostras seja utilizada para estimar a eficiência do processo de homogeneização. A escolha adequada do indicador é fundamental para que os resultados obtidos representem corretamente o desempenho do misturador, servindo de alerta antecipado para possíveis falhas no processo de mistura (CLARK; BEHNKE; POOLE, 2007; RUBIO et al., 2023).

Diversos componentes podem ser usados como indicadores da homogeneidade da mistura, incluindo minerais, aminoácidos sintéticos, íons cloreto e microtraçadores, desde que sejam provenientes de uma única fonte e apresentem facilidade de quantificação analítica. A utilização de marcadores de fonte única reduz a interferência de outros ingredientes presentes na formulação, aumentando a confiabilidade da avaliação da uniformidade da mistura (STARK; SAENSUKJAROENPHON, 2017; CLARK; BEHNKE; POOLE, 2007).

Entre os minerais utilizados como indicadores, destaca-se o manganês, frequentemente empregado em estudos de homogeneidade devido à sua presença em premixes minerais e à possibilidade de determinação por métodos laboratoriais. Sousa (2024) verificou que o coeficiente de variação do manganês permaneceu inferior a 10% em diferentes condições de mistura, demonstrando sua aplicabilidade como indicador da homogeneidade. Além do manganês, outros minerais também podem ser utilizados como indicadores internos, desde que

apresentem distribuição representativa na mistura e possam ser determinados por métodos analíticos confiáveis (RUBIO et al., 2023).

Uma vez definido o indicador utilizado para avaliar a homogeneidade da mistura, torna-se necessário compreender quais fatores operacionais influenciam esse parâmetro, destacando-se o tempo de mistura como um dos principais determinantes da uniformidade dos ingredientes.

4.5. Tempo de mistura e seus efeitos sobre a homogeneidade

O tempo de mistura é um dos principais fatores que determinam a homogeneidade da ração. Seu objetivo é proporcionar tempo suficiente para que os ingredientes sejam distribuídos uniformemente, garantindo que cada porção da mistura apresente composição semelhante à formulação estabelecida. A definição do tempo ideal é realizada por meio da avaliação do coeficiente de variação (CV), sendo amplamente aceito que valores iguais ou inferiores a 10% indicam uma mistura adequada (RUBIO et al., 2023; CLARK; BEHNKE; POOLE, 2007).

Misturadores horizontais são amplamente utilizados na indústria de alimentação animal devido à sua elevada eficiência de mistura e à capacidade de atingir rapidamente uma distribuição uniforme dos ingredientes. Entretanto, o tempo necessário para alcançar a homogeneidade varia conforme as características da formulação, o tipo de misturador e as condições operacionais adotadas (SOUSA, 2024).

Quando o tempo de mistura é insuficiente, parte dos ingredientes pode permanecer distribuída de forma desigual, resultando em maiores valores de coeficiente de variação e comprometendo a uniformidade da ração. Por outro lado, tempos excessivos também podem ser prejudiciais, pois favorecem a segregação dos ingredientes em razão das diferenças de tamanho de partículas e densidade, reduzindo a uniformidade da mistura. Dessa forma, a determinação do tempo ideal de mistura é essencial para assegurar a qualidade do produto e a eficiência do processo produtivo (ROCHA et al., 2022).

4.6. Relação entre homogeneidade da mistura e desempenho animal

Apesar da importância da homogeneidade da mistura para a qualidade da ração, poucos estudos avaliaram diretamente sua relação com o desempenho animal. Rocha et al. (2022) verificaram que o aumento do tempo de mistura reduziu o coeficiente de variação da ração, indicando maior homogeneidade. Entretanto, os autores observaram que o efeito da desuniformidade sobre o desempenho depende da fase de criação. Frangos com mais de 12 dias de idade não apresentaram prejuízos quando alimentados com rações com coeficiente de variação de até 22,6%, desde que as dietas atendessem às exigências nutricionais. Em contrapartida, aves na fase inicial demonstraram maior sensibilidade, sendo recomendado utilizar rações com coeficiente de variação de até 7,5% para evitar perdas de desempenho.

De forma semelhante, Rubio et al. (2023) observaram que tempos reduzidos de mistura não comprometeram o desempenho de frangos nas fases de crescimento e terminação. Os autores ressaltam, contudo, que a correta seleção do marcador e da metodologia utilizada para determinação do coeficiente de variação é essencial para que a homogeneidade da mistura seja avaliada de forma confiável.

5. METODOLOGIA

5.1. Local de realização e preparo da ração experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Produção e Experimentação Avícola (LAPEA), localizado na Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). As atividades incluíram o preparo da ração, o procedimento de mistura, a coleta das amostras e o encaminhamento do material para análise laboratorial.

As formulações utilizadas durante o programa de alimentação dos frangos de corte foram denominadas T1, T2, T3, T4 e T5, correspondendo às diferentes fases de criação das aves (Tabela 1). O presente estudo foi conduzido utilizando exclusivamente a formulação T3 (17–27 dias), correspondente à terceira mistura.

Os ingredientes empregados na formulação T3 foram previamente pesados de acordo com a formulação estabelecida para a produção da ração (Tabela 1), elaborada com base nas recomendações nutricionais das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2024). Os macroingredientes e os microingredientes foram pesados separadamente para garantir a precisão da formulação. Em seguida, os microingredientes foram previamente

homogeneizados com uma pequena quantidade de milho, formando uma pré-mistura com o objetivo de favorecer sua distribuição uniforme durante o processo de mistura.

Tabela 1 - Formulação da ração experimental utilizada no estudo

INGREDIENTES	(T1) 0-8d	(T2) 8-17	(T3) 17-27d	(T4) 27-35d	(T5) 35-42d
Milho	48,25	49,98	55,77	58,77	60,32
Farelo de soja	43,40	41,81	37,75	34,96	33,19
Óleo de soja degomado	3,43	3,63	3,00	3,14	3,57
Calcário calcítico	1,48	1,36	0,99	0,87	0,82
Fosfato bicálcico	2,23	2,03	1,31	1,10	0,99
Sal comum (NaCl)	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46
Premix mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix vitamínico ²	0,13	0,13	0,10	0,10	0,07
Lisina	0,12	0,13	0,16	0,17	0,18
Metionina	0,34	0,32	0,34	0,32	0,32
Treonina	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

¹ Premix mineral composto por sulfato de ferro, óxido de manganês, óxido de zinco, sulfato de cobre, iodato de cálcio e óleo mineral. Níveis de garantia expressos por quilograma do produto. ² Premix vitamínico composto por vitaminas A, D₃, E, K₃, B₁, B₂, B₆ e B₁₂, ácido pantotênico, ácido nicotínico, ácido fólico, biotina e selenito de sódio. Níveis de garantia expressos por quilograma do produto.

Fonte: Elaborado pela autora com dados do estudo (2026).

A mistura foi realizada em um misturador horizontal com capacidade nominal de 250 kg, equipado com cuba metálica em formato de "U", eixo horizontal central e elementos misturadores helicoidais distribuídos ao longo de toda a cuba, acionados por motoredutor lateral de 2 cv potência (Figura 1). Para este estudo, foi preparada uma mistura de aproximadamente 253 kg de ração, sendo o equipamento operado a aproximadamente 32 rotações por minuto (rpm).

Inicialmente, os macroingredientes foram adicionados ao misturador. Em seguida, foi incorporada a pré-mistura contendo os microingredientes, momento em que se iniciou a contagem do tempo de mistura, mantendo o equipamento em funcionamento durante todo o processo (Figura 2). Após um minuto de mistura, foi realizada a adição do óleo vegetal, sem interrupção do funcionamento do equipamento.

Figura 1. Misturador horizontal utilizado no experimento



Fonte: Acervo da autora (2026).

A primeira coleta foi realizada aos 2 minutos de mistura, correspondendo a um minuto após a adição do óleo. As coletas subsequentes foram efetuadas aos 4, 6, 8 e 10 minutos de mistura, mantendo as condições operacionais durante todo o procedimento.

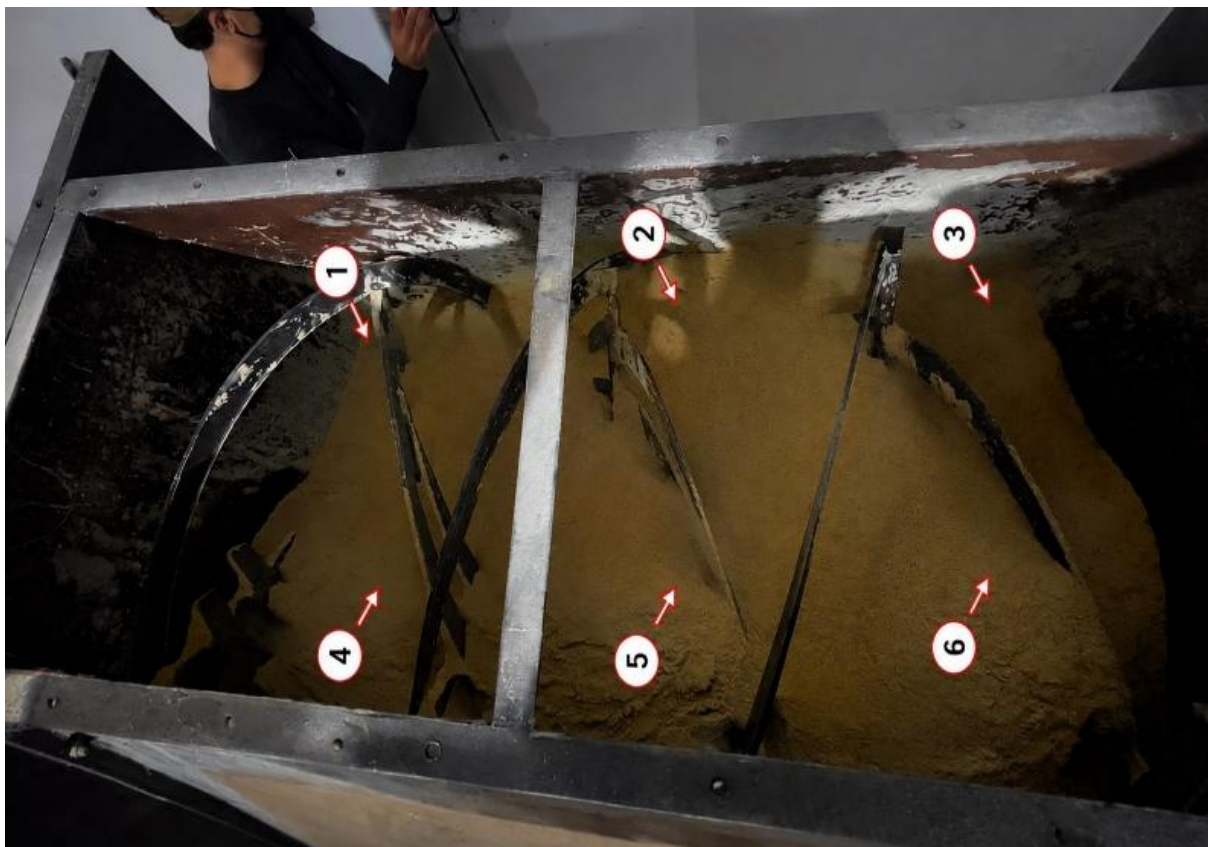
Em cada tempo experimental, foram coletadas seis amostras utilizando uma concha de coleta, totalizando 30 amostras ao final do experimento. As coletas foram realizadas sempre nos mesmos seis pontos previamente definidos no interior do misturador, de forma a representar diferentes regiões da área interna e possibilitar a avaliação da distribuição dos ingredientes (Figura 3).

Figura 2. Etapas do preparo da mistura e adição dos ingredientes para a fabricação da ração experimental. (A) Pesagem dos microingredientes; (B) Macroingredientes separados para a mistura da ração; (C) Adição dos ingredientes ao misturador; (D) Momento da coleta para análise



Fonte: Acervo da autora (2026).

Figura 3. Misturador horizontal utilizado no experimento e localização dos seis pontos de coleta das amostras



Fonte: Acervo da autora (2026).

A coleta foi realizada manualmente com o auxílio de uma concha de coleta. Após a retirada do material, cada amostra foi identificada de acordo com o ponto de coleta e o respectivo tempo de mistura, acondicionada em embalagem individual e armazenada sob congelamento até o encaminhamento para as análises laboratoriais (Figura 4).

Figura 4. Procedimento de coleta e acondicionamento das amostras de ração



Fonte: Acervo da autora (2026).

5.2. Análises laboratoriais e avaliação da homogeneidade da mistura

Após a coleta, cada uma das 30 amostras foi dividida em duas frações. Uma delas foi encaminhada ao Labor Nutri, localizado em Uberlândia–MG, para determinação da concentração de manganês (Mn), expressa em mg/kg, por espectrometria de absorção atômica. A segunda fração foi destinada ao Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), onde foram realizadas as determinações de matéria seca (105 °C por 12 horas) e matéria mineral (600 °C por 4 horas), conforme metodologia preconizada pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2023). A homogeneidade da mistura foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV), calculado para as concentrações de manganês e matéria mineral obtidas em cada amostra.

5.3. Análise estatística

Os dados das concentrações de manganês e matéria mineral foram previamente testados quanto à normalidade. Os coeficientes de variação (CV) foram calculados para os cinco tempos de mistura a partir da relação entre o desvio-padrão e a média das seis amostras coletadas em cada tempo, sendo os resultados expressos em porcentagem. Os dados foram analisados por regressão polinomial de segundo grau, considerando o tempo de mistura como variável

independente e o coeficiente de variação como variável dependente. A significância dos coeficientes foi avaliada a 5% de probabilidade. Foram apresentados o coeficiente de determinação (R^2), a equação ajustada e o ponto de mínimo da curva, calculado pela expressão , correspondente ao tempo de mistura estimado de maior homogeneidade da ração.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Homogeneidade da mistura avaliada pelo manganês

Os coeficientes de variação da concentração de manganês obtidos em cada tempo de mistura estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficientes de variação (CV) do manganês e da matéria mineral em função do tempo de mistura

Tempo de mistura (min)	CV – Manganês (%)	CV – Matéria mineral (%)
2	1,78	3,73
4	1,28	3,62
6	1,24	3,32
8	2,08	5,90
10	2,51	11,43

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

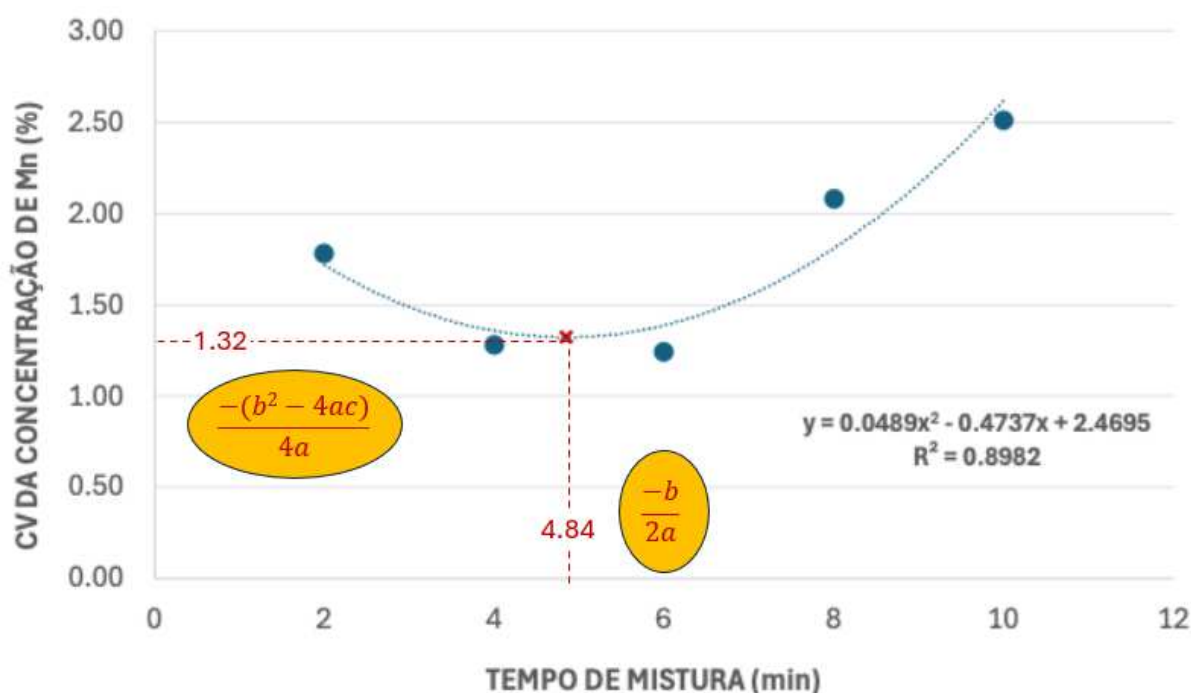
Em praticamente todos os tempos avaliados, os coeficientes de variação permaneceram inferiores a 10%, limite amplamente utilizado para caracterizar uma mistura homogênea de rações. A única exceção foi a matéria mineral aos 10 minutos de mistura, que apresentou CV de 11,43%. De modo geral, observou-se redução do coeficiente de variação entre 2 e 6 minutos de mistura, seguida de aumento nos tempos de 8 e 10 minutos.

A Figura 5 mostra o comportamento do coeficiente de variação (CV) do manganês em função do tempo de mistura, no qual o coeficiente de variação diminuiu inicialmente com o aumento do tempo de mistura, atingiu um ponto mínimo e, posteriormente, voltou a aumentar. A partir da regressão polinomial, foi estimado um tempo ótimo de mistura de 4,84 minutos, correspondente ao menor coeficiente de variação (1,32%). Considerando a velocidade de operação do misturador (32 rotações por minuto), esse tempo corresponde a aproximadamente 155 revoluções do equipamento. Esse resultado indica que a máxima homogeneidade da ração

foi alcançada em um tempo intermediário, evidenciando que o aumento do tempo de mistura não resulta, necessariamente, em maior uniformidade dos ingredientes.

Após o tempo ótimo estimado, observou-se aumento progressivo do coeficiente de variação, alcançando, aos 10 minutos de mistura, valor superior ao registrado no tempo inicial de 2 minutos.

Figura 5 – Regressão polinomial do coeficiente de variação (CV) da concentração de manganês em função do tempo de mistura



Fonte: Acervo da autora (2026).

6.2 Homogeneidade da mistura avaliada pela matéria mineral

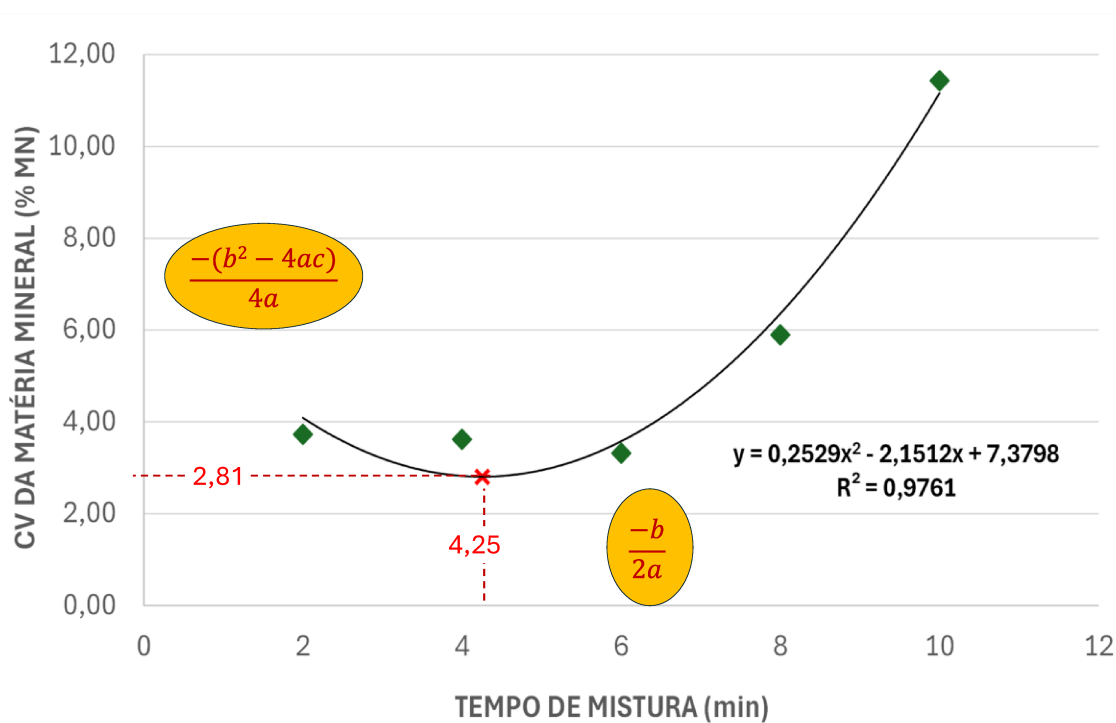
Os coeficientes de variação da matéria mineral obtidos em cada tempo de mistura estão apresentados na Tabela 2. Observou-se redução gradual do coeficiente de variação entre os tempos de 2 e 6 minutos de mistura, seguida de aumento aos 8 e 10 minutos.

O menor coeficiente de variação observado experimentalmente foi registrado aos 6 minutos (3,32%), enquanto o maior valor ocorreu aos 10 minutos de mistura (11,43%), ultrapassando o limite de CV 10% que é usado para caracterizar uma mistura homogênea.

Na Figura 6 apresenta comportamento semelhante ao observado para o manganês, com redução inicial do coeficiente de variação, seguida de aumento quando foi aproximando do 10°

minuto. A regressão polinomial estimou um tempo ótimo de mistura de 4,25 minutos, correspondente ao menor coeficiente de variação estimado (2,81%). Considerando a velocidade de operação do misturador (32 rotações por minuto), esse tempo corresponde a aproximadamente 136 revoluções do equipamento. Esse resultado evidencia que a máxima homogeneidade da mistura foi alcançada em um tempo intermediário de processamento.

Figura 6 – Regressão polinomial do coeficiente de variação (CV) da matéria mineral em função do tempo de mistura



Fonte: Acervo da autora (2026).

6.3. Comparação entre os indicadores internos

Os resultados obtidos demonstraram que os indicadores internos manganês e matéria mineral apresentaram comportamento semelhante ao longo do processo de mistura. As regressões polinomiais estimaram tempos ótimos de 4,84 minutos para o manganês (aproximadamente 155 revoluções do misturador) e 4,25 minutos para a matéria mineral (aproximadamente 136 revoluções), considerando a velocidade de operação de 32 rotações por minuto. A proximidade entre esses valores indica que ambos os indicadores identificaram um intervalo semelhante de máxima homogeneidade, reforçando que aproximadamente cinco minutos de mistura (cerca de 160 revoluções) são suficientes para promover adequada

distribuição dos ingredientes nas condições experimentais avaliadas. Esses resultados corroboram a recomendação de que o tempo de mistura deve ser determinado para cada equipamento e formulação, pois pode variar conforme as características dos ingredientes, o tipo de misturador e as condições de operação (SOUSA, 2024; KNARR et al., 2025).

Embora ambos os indicadores tenham identificado comportamento semelhante da homogeneidade da mistura, o manganês apresentou menores coeficientes de variação ao longo dos tempos avaliados, evidenciando maior sensibilidade para detectar pequenas alterações na distribuição dos ingredientes. Esse resultado é coerente com o fato de o manganês ser proveniente de uma única fonte, o premix mineral, característica recomendada por Clark, Behnke e Poole (2007) para marcadores utilizados na avaliação da homogeneidade. Sousa (2024) também verificou coeficientes de variação inferiores a 10% utilizando manganês como indicador interno, reforçando sua eficiência para essa finalidade.

Por outro lado, a matéria mineral, por representar a fração mineral total da ração, tende a apresentar menor sensibilidade para detectar pequenas diferenças na distribuição dos ingredientes. Ainda assim, foi capaz de identificar a evolução da homogeneização da mistura e estimar um tempo ótimo muito próximo ao obtido com o manganês, demonstrando potencial como alternativa prática para o monitoramento da eficiência da mistura.

O comportamento observado neste estudo, caracterizado pela redução inicial do coeficiente de variação seguida de aumento em tempos prolongados de mistura, está de acordo com a literatura, que demonstra que o prolongamento excessivo da mistura nem sempre resulta em maior homogeneidade e pode favorecer a segregação dos ingredientes em razão de diferenças no tamanho das partículas e na densidade (ROCHA et al., 2022; SOUSA, 2024). Além disso, a eficiência observada pode ter sido favorecida pela pré-mistura dos microingredientes e pela sequência de adição adotada, conforme recomendado por Sousa (2024), fatores que contribuem para uma distribuição mais uniforme dos ingredientes durante o processo de mistura.

Em conjunto, os resultados demonstram que tanto o manganês quanto a matéria mineral são indicadores internos adequados para avaliação da homogeneidade da mistura em misturadores horizontais destinados à fabricação de rações para frangos de corte. Entretanto, o manganês apresentou maior sensibilidade para detectar pequenas variações na distribuição dos ingredientes, enquanto a matéria mineral mostrou-se uma alternativa de menor complexidade analítica para o monitoramento rotineiro do processo.

7. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste estudo, o tempo de mistura de aproximadamente 5 minutos (cerca de 160 rotações) foi determinado como ideal para promover máxima homogeneidade da ração em um misturador horizontal, utilizando tanto o manganês quanto a matéria mineral como indicadores internos. Os resultados obtidos podem contribuir para o estabelecimento de parâmetros de controle de qualidade e otimização do processo de mistura em condições semelhantes às avaliadas.

REFERÊNCIAS

- CLARK, P. M.; BEHNKE, K. C.; POOLE, D. R. Effects of marker selection and mix time on the coefficient of variation (mix uniformity) of broiler feed. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 3, p. 464–470, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/16.3.464>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Projeções do agronegócio: Brasil 2019. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- FAHRENHOLZ, A. C. Good practices: mixing and sampling. **Animal Feed Science and Technology**, v. 250, p. 51–52, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.017>.
- KNARR, L. E. et al. A horizontal mixer and batch-to-mix system increased free methionine mix uniformity in complete diets compared with a vertical mixer. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 34, art. 100554, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.japr.2025.100554>.
- ROCHA, A. G. et al. Growth performance of broiler chickens fed on feeds with varying mixing homogeneity. **Veterinary and Animal Science**, v. 17, art. 100263, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100263>.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 5. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2024.

RUBIO, A. A. et al. The impact of marker selection, in-line near-infrared spectroscopy, and feed mix time on coefficient of variation, body weight uniformity, and growth performance of broilers during starter, grower, and finisher periods. **Poultry Science**, v. 102, art. 103109, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103109>.

SINDIRAÇÕES. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. São Paulo: Sindirações, 2023.

SOUSA, J. R. M. Homogeneidade da mistura na fabricação de premix para alimentação animal: efeito do volume de ocupação e tipo de misturador. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5503>.

STARK, C.; SAENSUKJAROENPHON, M. Testing mixer performance. Manhattan: Kansas State University Research and Extension, 2017. (MF3393).