

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

Guilherme Henrique Braga

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE MISTURADOR DE RAÇÃO
CASEIRO DE BAIXA ESCALA**

BambuÍ

2025

GUILHERME HENRIQUE BRAGA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE MISTURADOR DE RAÇÃO
CASEIRO DE BAIXA ESCALA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Matheus Campos Mattioli

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Geraldo

Bambuí

2025

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Bambuí*

B818d Braga, Guilherme Henrique.

Desenvolvimento de um protótipo de misturador de ração caseiro de baixa escala [manuscrito] / Guilherme Henrique Braga – 2025.

48 f. : il. ; color.

Orientador: Matheus Campos Mattioli.

Coorientador: Adriano Geraldo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. Mistura de ração. 2. Pequenos produtores. 3. Coeficiente de variação. 4. Baixo custo. 5. Aves caipiras. I. Mattioli, Matheus Campos. II. Geraldo, Adriano. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. IV. Título.

CDD 636.084

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Bambuí

Diretoria de Ensino

Departamento de Ciências Agrárias

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE MISTURADOR DE RAÇÃO CASEIRO
DE BAIXA ESCALA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 01/07/2025 pela banca examinadora

Bambuí, 08 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Andressa Santanna Natel, Professora Substituta**, em 08/07/2025, às 12:34, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Matheus Campos Mattioli, Professor Substituto**, em 08/07/2025, às 17:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Geraldo, Professor**, em 08/07/2025, às 18:16, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Machado, Professor**, em 09/07/2025, às 08:14, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2376438** e o código CRC **E29F46DB**.

Dedico este trabalho a uma pessoa muito importante em minha vida, minha namorada, Hellen, por me apoiar durante essa etapa tão importante da minha vida. Sua presença deu-me força nos dias mais difíceis e motivação para seguir em frente e sempre buscar o melhor de mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as maravilhas que tem realizado em minha vida, pela oportunidade de viver este momento tão especial da minha formação acadêmica e pela força concedida nos momentos difíceis ao longo da escrita deste trabalho.

Aos meus pais, Maria de Lourdes Henrique Braga e Bolivar Braga, minha eterna gratidão. Obrigado pelo amor incondicional e por sempre terem feito o possível e até o impossível para que eu pudesse alcançar meus objetivos e voar alto. Obrigado por nunca deixarem de acreditar em meu potencial e por estarem ao meu lado, mesmo nas fases mais desafiadoras dessa jornada. Todo o meu amor e reconhecimento são de vocês.

À minha irmã, Naisa Maria Braga, e ao meu afilhado, Felipe Henrique Braga Mota dos Santos, pelo carinho, apoio e pelos momentos inesquecíveis que compartilhamos. Suas palavras de incentivo e os conselhos amorosos foram fundamentais para me fortalecer durante este processo.

À minha avó, Antônia Maria de Souza, minha segunda mãe, por todos os ensinamentos, conselhos e gestos de amor que carrego com muito carinho. Aos meus avós que já partiram, minha eterna saudade e gratidão. Tenho certeza de que, onde quer que estejam, estão orgulhosos dessa conquista, que também é de vocês.

Agradeço a toda a minha família pelo apoio constante e incentivo em cada etapa dessa trajetória. Cada gesto de carinho fez diferença.

Aos meus colegas de sala, por todos os momentos vividos durante a graduação aprendizados, desafios, conquistas e memórias que levarei para sempre.

Aos meus grandes amigos Éder Gabriel, Luis Felipe, Renato Donizete, Hudson Costa e Gabriel Martins, obrigado por toda a amizade, parceria e apoio. Cada desafio superado ao lado de vocês tornou essa caminhada muito mais leve e especial.

Sou grato à empresa AVIVAR Alimentos S/A, por ter cedido o espaço de seu laboratório para a realização das análises deste trabalho. Agradeço, em especial, ao técnico Gustavo Francisco da Cruz, pelo acolhimento, paciência e pelos valiosos ensinamentos compartilhados.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, especialmente Andressa Santanna, Renisson Vargas, Cláudio Miguel, Leônidas Canuto, Silvana dos Santos e Luiz Machado, meu sincero agradecimento. Levo comigo cada conhecimento e orientação que recebi ao longo desses anos.

Ao meu orientador, professor Dr. Matheus Campos Mattioli, e meu coorientador, professor Dr. Adriano Geraldo, minha profunda gratidão. A dedicação, paciência e disponibilidade oferecidas por vocês foram fundamentais durante toda a elaboração deste trabalho. Obrigado por acreditarem em mim e por sempre buscarem as melhores respostas nos momentos de dúvida.

Por fim, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, minha segunda casa. Agradeço aos diretores, professores, técnicos e colaboradores terceirizados pelo acolhimento, paciência e apoio ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

RESUMO

A criação de aves caipiras no Brasil é uma prática, enraizada na cultura do país, especialmente em áreas rurais, onde os animais são criados soltos em quintais ou terreiros. No entanto, a alimentação dessas aves ainda é feita, em grande parte, de forma manual, com ingredientes simples e sem o auxílio de equipamentos adequados, o que compromete a qualidade nutricional da ração. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um protótipo de misturador de ração caseiro, feito com lata de leite metálica de 50 litros, de baixa escala e baixo custo, voltado para pequenos produtores. A metodologia adotada consistiu na construção do equipamento, que ocorreu em uma serralheria localizada no município de Bambuí, utilizando materiais acessíveis e reaproveitáveis, totalizando um custo de R\$840,00. Seu funcionamento dá-se de forma manual, dispensando o uso de energia elétrica, e a estrutura foi projetada para proporcionar eficiência e praticidade na homogeneização dos ingredientes. Para avaliar a eficiência da mistura, foi utilizado o fósforo como marcador. Para esse protótipo, utilizou-se uma formulação, totalizando 20 kg de ração. As amostras, com peso médio de 0,3 kg, foram coletadas em diferentes tempos de mistura (3, 5, 7, 10 e 15 minutos), analisando-se o coeficiente de variação (CV). O melhor resultado foi obtido com 10 minutos de mistura, que apresentou CV de 2,54%, evidenciando uma boa homogeneidade. Concluiu-se que o protótipo desenvolvido é tecnicamente viável e pode atender às demandas de pequenos produtores, promovendo a melhoria na qualidade da alimentação das aves e reduzindo o esforço físico no processo de preparação da ração.

Palavras-chave: Mistura de ração; Pequenos produtores; Coeficiente de variação; Baixo custo; Aves caipiras.

ABSTRACT

Raising free-range poultry in Brazil is a cultural practice, rooted in the country's culture, especially in rural areas, where the animals are raised freely in backyards or yards. However, the feeding of the birds is still done, for the most part, manually, with simple and unaided equipment, which demands the nutritional quality of the feed. In view of this, the present work aimed to develop a prototype of a homemade feed mixer, made with a 50-liter metal milk can, on a small scale and at a low cost, aimed at small producers. The methodology adopted consisted of the construction of the equipment that took place in a metalwork located in the municipality of Bambuí using accessible and reusable materials, totaling a cost of R\$840.00. It is operated manually, eliminating the need for electrical energy, and its structure was designed to provide efficiency and practicality in the homogenization of ingredients. To evaluate the efficiency of the mixture, phosphorus was used as a marker. For this prototype, a formulation totaling 20 kg of feed was used. The samples, with an average weight of 0.3 kg, were collected at different mixing times (3, 5, 7, 10 and 15 minutes), and the coefficient of variation (CV) was analyzed. The best result was obtained with 10 minutes of mixing, presenting a CV of 2.54%, which shows good homogeneity. It is concluded that the developed prototype is technically feasible and can meet the demands of small producers, promoting the improvement in the quality of poultry feed and reducing physical effort in the feed preparation process.

Key words: Feed Mixture; Small Producers; Variation Coefficient; Low Cost; Free-Range Poultry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Misturador Diagonal	23
Figura 2: Cantoneiras	24
Figura 3: Manivela de rotação.	25
Figura 4: Sustentação do Protótipo.....	26
Figura 5: Procedimento de pesagem dos ingredientes majoritários da formulação.	30
Figura 6: Pesagem do núcleo composto por minerais, vitaminas e aminoácidos.....	31
Figura 7: Pesagem do calcário em pedriscos e do calcário em pó.	31
Figura 8: Pesagem do fosfato bicálcico.....	31
Figura 9: Processo de pré-mistura dos ingredientes de menor proporção.....	32
Figura 10: Misturador Abastecido.....	33
Figura 11: Misturador em pleno funcionamento durante o processo de mistura.	34
Figura 12: Pesagem das amostras coletadas.....	34
Figura 13: Amostras devidamente identificadas.	34
Figura 14: Rações descartadas em sacos para descarte experimental.	35
Figura 15: Acondicionamento das amostras em sacolas plásticas para análises.....	35
Figura 16: NIR's (Near Infrared Reflectance) bancada.....	37
Figura 17: Amostras organizadas sobre a bancada.....	37
Figura 18: Célula de amostra, com fundo de quartzo transparente.	37
Figura 19: Identificação da amostra no software do equipamento NIR's.	38
Figura 20: Limpeza da célula de amostra com o auxílio de um pincel.	38
Figura 21: Coeficiente de variação, de acordo com o tempo de mistura.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de materiais que serão utilizados para a construção do protótipo.	26
Tabela 2: Materiais e Orçamento para Construção do Protótipo.....	27
Tabela 3: Composição da ração e teor de inclusão dos ingredientes para aves de postura utilizada nos testes de homogeneidade, para uma batida de 20 kg.	29
Tabela 4: Valores médios de Fósforo (P) e coeficiente de variação do P, nas dietas formuladas, em relação ao tempo de batida.	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
2.3	Hipótese	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Mercado da Avicultura Caipira	14
3.2	Evolução da Alimentação Animal	15
3.3	Importância da Alimentação Animal	16
3.4	Mistura de Alimentos na Avicultura	17
3.5	Tipos de Misturadores	18
3.6	Misturadores Alternativos	19
3.7	Processo de Mistura	19
3.8	Tempo Ótimo de Mistura	20
3.9	Uso de Marcadores	21
4	METODOLOGIA	22
4.1	Construção do Protótipo	22
4.2	Estrutura de funcionamento	23
4.3	Processo de Mistura	24
4.4	Sistema de Rotação	24
4.4.1	Deslocamento do protótipo	25
4.4.2	Materiais utilizados no protótipo	26
4.4.3	Orçamentação dos Materiais	27
4.4.4	Avaliação da eficiência de mistura	28
4.4.7	Análises laboratoriais	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A criação de aves caipiras no Brasil é uma prática, enraizada na cultura do país. As galinhas caipiras brasileiras têm origem nas aves trazidas pelos colonizadores, que trouxeram espécies de diversas partes do mundo. Essa mistura de raças acabou gerando uma grande variedade de aves, com diferentes cores de penas, tamanhos e comportamentos (SAGRILO *et al.*, 2007).

No Brasil, a criação caipira de aves ainda é realizada de forma bastante rudimentar, onde, na maioria das vezes, os animais são oriundos de misturas, ou seja, sem uma raça definida ou até mesmo sem nenhuma aptidão ou seleção. Além disso, a grande maioria desses animais são criados em fundos de quintais ou terreiros, onde são soltos ao ar livre, dormindo em poleiros ou em árvores.

Nos últimos 10 anos, o mercado tem se interessado por aves caipiras. Isso se dá devido à procura dos consumidores por alimentos mais naturais e saudáveis, fazendo com esse nicho acabe se tornando uma fonte de renda complementar para homens e mulheres do campo, por meio da comercialização de frangos caipiras vivos ou abatidos, além de ovos e pintinhos, que também podem ser comercializados. Os principais consumidores desses produtos são os cidadãos urbanos, que não se importam de pagar um preço diferenciado na carne e ovos de frangos caipiras desde que suas exigências sejam atendidas (KISHIBE *et al.*, 2019).

No entanto, quando falamos de arração de aves caipiras, muitas destas recebem uma alimentação básica, na qual, na grande maioria das vezes, o único alimento oferecido é o milho ou uma ração misturada manualmente à base de milho moído e farelo de soja.

Grande parte dessas misturas são realizadas de forma manual, sem os devidos equipamentos, o que colabora para que haja declínio na qualidade dos alimentos oferecidos, maior seletividade por parte das aves, além de maior esforço físico por parte do trabalhador. Um dos principais motivos pelo qual as rações das aves possuem uma baixa qualidade de mistura, acontece devido ao fato da grande maioria dos pequenos produtores serem de baixa renda, o que dificulta o investimento em um misturador vertical, pois são equipamentos com altos custos de aquisição. Estes custos são elevados para pequenos empreendimentos, colaborando para que a maioria dos pequenos produtores optem pela mistura manual (TEIXEIRA *et al.*, 2012).

Desta forma, o desenvolvimento de uma máquina caseira para realizar a homogeneização de ração para aves, de baixa escala, com preço acessível para pequenos produtores, visando aumentar a eficiência produtiva e reduzir o esforço físico dos trabalhadores, torna-se fundamental.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma máquina caseira de mistura de ração para aves em pequenas propriedades, com um preço acessível para pequenos e médios produtores, visando aumentar a eficiência produtiva e reduzir o esforço físico dos trabalhadores.

2.2 Objetivos Específicos

- Atender às necessidades e demandas de pequenos produtores e de baixa renda;
- Desenvolver um protótipo econômico e eficaz;
- Mostrar que o misturador caseiro pode operar com a mesma eficiência que um misturador industrial, aumentando o rendimento na criação de aves.

2.3 Hipótese

Diante dos constantes avanços da produção animal e suas exigências nutricionais, muitos produtores, principalmente os pequenos, veem-se, na maioria das vezes, dependentes das grandes fábricas de rações, uma vez que muitas destas já fornecem rações específicas, de acordo com cada animal. No entanto, com propósito de reduzir esses custos de produção, muitos produtores acabam fazendo a homogeneização da ração à mão, o que diminui os custos, mas, por outro lado, diminui a qualidade da mistura, devido à baixa homogeneidade da mistura, facilitando a seletividade dos animais, além de aumentar o esforço físico durante o processo de mistura.

Considerando essas situações, torna-se indispensável a utilização de máquinas capazes de auxiliar o produtor na realização de suas tarefas, tornando-as menos árduas e mais eficientes. Uma forma de sanar este problema seria por meio da aquisição de misturadores

verticais, porém, em razão do seu alto valor aquisitivo, este tipo de misturador acaba sendo inviável para pequenos produtores. Desta forma, o desenvolvimento de um protótipo de misturador caseiro, de baixa escala, tem como principal função ajudar os pequenos produtores na mistura de suas rações, porém, manualmente e sem custos elevados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mercado da Avicultura Caipira

A produção de frangos caipiras vem se alavancando ano após ano, sendo esse crescimento advindo de um mercado cada vez mais consciente em relação ao tipo de alimento consumindo. Além disso, a busca por alimentos mais saudáveis tem aumentado a procura pela carne de frango “caipira”, que são animais criados soltos em pequenas propriedades (DOS SANTOS *et al.*, 2020).

A criação de aves caipiras possui grande aceitação por parte dos pequenos produtores por ser uma alternativa que tem se mostrado muito promissora, pois trata-se de um sistema de produção que permite a adaptação, de acordo com as particularidades de cada produtor, sendo isso obtido a partir da rusticidade e grau de adaptação desses animais (DE SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2020).

No entanto, o consumo de alimentos está muito relacionado ao sistema de criação. Quando falamos em alimentação, muitas das vezes estes animais, quando pintainhos, recebem uma ração à base de quirela de milho e quando ficam maiores, são soltos e alimentam-se por conta própria, podendo ser essa alimentação à base de milho, sobras de alimentos de cozinha, restos de rações de outros animais, dentre outros (DE FIGUEIREDO *et al.*, 2015).

Poucos produtores fornecem rações balanceadas para suas aves, sendo que o principal motivo para o não fornecimento é o alto custo das rações já balanceadas pelas fábricas. Neste contexto, a utilização de ração balanceada nas propriedades pode reduzir os custos, no entanto, o investimento na aquisição de um misturador inviabilizaria essa estratégia, impulsionando estudos que levem ao desenvolvimento de maquinários mais acessíveis aos pequenos produtores (DE FIGUEIREDO *et al.*, 2015).

3.2 Evolução da Alimentação Animal

Não se sabe ao certo quando se deu o início ao processo de alimentação animal, pelo ser humano. Acredita-se que tenha começado a cerca de 12 mil anos atrás, devido ao aumento populacional em locais específicos, quando esses humanos deixaram de ser nômades e passaram a fazer plantios e engorda de animais. Contudo, esses animais, em sua grande maioria, alimentavam-se dos restos de comida dos próprios seres humanos (KUFFEL, 2020).

A produção de ração comercial, por sua vez, é um fenômeno relativamente recente. Um dos pioneiros nessa área foi James Spratt, que, em 1860, desenvolveu um biscoito comercial para cães, feito com farinha de trigo, raiz de beterraba, sangue bovino e outros vegetais. A ideia teve grande aceitação na Europa, o que contribuiu para sua rápida disseminação em outros países (FURLAN *et al.*, 2021). O setor começou a se expandir de forma significativa quando grandes empresas, com conhecimento e tecnologia, passaram a investir na área. Isso possibilitou o surgimento de uma ampla variedade de rações, especialmente as secas, destinadas a diversas espécies animais, como aves, bovinos e suínos (GATES, 2008).

No Brasil, a produção de rações comerciais teve início por volta da década de 1960, seguindo os modelos adotados na Europa e nos Estados Unidos. O aumento na criação de animais impulsionou significativamente a demanda por rações, o que levou ao avanço de tecnologias voltadas para atender a essa crescente necessidade (KUFFEL, 2020).

O primeiro modelo de fábrica de ração no país foi implantado pela Cooperativa Agrícola de Cotia, que, em 1941, construiu uma unidade em São Paulo com o objetivo de atender à demanda do setor de produção de ovos, que estava em expansão. À medida que o negócio crescia, a necessidade por rações também aumentava (COFFEY *et al.*, 2016). Esse cenário de crescimento acelerado incentivou o Brasil na busca por tecnologias modernas em equipamentos e aditivos zootécnicos, superando até mesmo grandes produtores mundiais de ração. Parte dessa vantagem competitiva deve-se ao fato de o país ser um dos maiores produtores de commodities agrícola, tais como milho e soja, com custo de produção mais baixo se comparado a outros países (KUFFEL, 2020).

O Brasil atualmente ocupa a terceira posição entre os maiores produtores de ração do mundo, com uma produção que ultrapassa 90 milhões de toneladas (SINDIRAÇÕES, 2024). À medida que setores como a avicultura, a bovinocultura e a suinocultura continuam em expansão, cresce também a demanda por rações. A China ainda continua sendo a maior produtora de rações e mundo. Em 2023, esse país produziu cerca de 262,71 milhões de toneladas. Em segundo lugar, temos os Estados Unidos com uma produção de 238,09 milhões

de toneladas e ocupando o terceiro lugar, temos o Brasil com 83,32 toneladas de ração, sendo o maior produtor de rações da América Latina (ALLTECH, 2024).

3.3 Importância da Alimentação Animal

Para muitos pesquisadores, a nutrição é definida como a capacidade que os seres vivos têm de metabolizar e utilizar os nutrientes de um determinado alimento ingerido, onde todos estes fatores colaboram para a manutenção do crescimento, reprodução e principalmente maior produtividade dos animais (MULTIMIX, 2019). Um dos principais gastos com a produção animal é a nutrição, que pode representar cerca de 70 a 80% dos custos de produção em uma propriedade (GOES *et al.*, 2013).

Grande parte das rações para aves, produzidas no Brasil, utiliza como base o milho e o farelo de soja. O milho é uma importante fonte de energia, com valor energético normalmente superior ao de outros cereais, como sorgo e trigo. Além disso, é bem palatável e altamente aceito pelos animais, o que facilita sua inclusão na dieta. Sua versatilidade também é um destaque, podendo ser utilizado de diversas formas, como grão moído, milho reidratado, silagem, farelo, entre outros (TORRES *et al.*, 2003).

Já o farelo de soja é a principal fonte proteica utilizada na alimentação animal. Isso se deve ao seu alto teor de proteína bruta, boa digestibilidade e perfil aminoácido de ampla aceitação por diversas espécies e, especialmente, ao custo mais acessível, principalmente no Brasil, que é um dos maiores produtores de soja do mundo (CONAB, 2025).

Além dos concentrados, os nutrientes desempenham um papel fundamental para o crescimento e saúde dos animais, desde que esses nutrientes sejam fornecidos em quantidades adequadas para os animais. Dentre esses nutrientes, temos as vitaminas, que são divididas em dois grupos: Vitaminas Lipossolúveis (A, D, E e K) e Hidrossolúveis (Vitaminas do complexo B e C) (CARDOSO *et al.*, 2015). Para Félix *et al.* (2009), as vitaminas participam de inúmeros processos metabólicos no organismo do animal além de também atuarem na melhora das funções imunológicas dos animais.

Assim como as vitaminas, os minerais são divididos em duas categorias, sendo os macrominerais, que são aqueles que entram na dieta em maiores quantidades, como Cálcio, Fósforo, Potássio, Sódio, Cloro e Enxofre, e os micronutrientes, que entram em menor quantidade na dieta, que é o caso do Cobre, Zinco, Ferro, Manganês, Iodo, Molibdênio, Selênio e Cr. Todos esses minerais são de extrema importância para a manutenção do organismo fisiológico dos seres vivos (CARDOSO *et al.*, 2015).

Para garantir o fornecimento eficiente de todos os nutrientes citados, é essencial observar alguns aspectos importantes, como a dosagem correta de cada ingrediente e o tempo adequado de mistura da ração. Esses cuidados são fundamentais para se garantir uma ração mais homogênea possível, promovendo uma distribuição uniforme dos nutrientes (MACHADO, 2024).

3.4 Mistura de Alimentos na Avicultura

A mistura de rações na propriedade requer alguns cuidados, principalmente, nas fórmulas específicas para cada fase de criação dos animais. Dentre os principais cuidados podemos citar: ler atentamente as indicações de cada produto e a pesagem de cada ingrediente, de acordo com a quantidade que entra na fórmula (DE LIMA; NONES, 1997). Para TEIXEIRA *et al.* (2012), uma boa homogeneidade na mistura dos alimentos fornecidos aos animais proporciona um melhor desempenho, bem como favorece o consumo das mesmas porções de nutrientes, sejam macro ou micronutrientes.

No entanto, em pequenas propriedades, muitos produtores acabam fazendo a mistura de forma manual, sem a utilização de equipamentos apropriados, o que colabora para diminuição da qualidade do alimento fornecido aos animais, ocasionando, com isso, a diminuição da uniformidade dos nutrientes da ração, podendo favorecer o aparecimento de problemas nutricionais que vão impactar o desempenho, saúde, bem-estar e longevidade dos animais (LIMA; NONES, 1997).

As aves caipiras são mais resistentes que as industriais, mas ainda assim precisam de uma ração balanceada para garantir boa saúde, excelente conversão alimentar, ganho de peso e produção de ovos. Elas devem ter livre acesso ao piquete gramado, onde encontram pasto, verduras, insetos, larvas e minhocas, dentre outros alimentos, que são essenciais para o sabor característico da carne e a cor dos ovos caipiras, parâmetros típicos do sistema de criação semi-intensivo ou caipira (KISHIBE *et al.*, 2019).

Silva Júnior *et al.* (2022) verificaram que aves caipiras, alimentadas com uma mistura balanceada, apresentaram desempenho superior, destacando-se pelo melhor ganho de peso e pela melhor qualidade das penas, cristas e barelas. Além disso, os animais demonstraram maior vitalidade e atividade, o que ressalta a importância da utilização de uma mistura adequada na formulação da ração para otimizar o desempenho e bem-estar dos animais.

A alimentação, como dito anteriormente, representa cerca de 70% dos custos totais da produção animal, tornando a homogeneidade da ração um fator de extrema importância para

o desempenho zootécnico dos animais. Segundo Neto *et al.* (2016), a mistura de ingredientes é uma etapa fundamental no processo de fabricação de rações. De nada adianta utilizar misturadores modernos e ingredientes de alta qualidade se o produto final não for homogêneo. A ração homogênea é aquela capaz de fornecer, de forma consistente e diária, todos os nutrientes necessários, em proporções adequadas, para que os animais possam expressar plenamente seu potencial produtivo. A falta de homogeneidade, por sua vez, pode acarretar em perdas econômicas e queda no desempenho dos animais (LIMA; NONES, 1997).

3.5 Tipos de Misturadores

Para a fabricação de rações, existem diversos tipos de misturadores, sendo os mais comuns e mais utilizados aqueles dos tipos Vertical, Horizontal e misturadores em “Y”. Para se ter uma ração de qualidade é fundamental atentar-se ao tempo de mistura dos ingredientes. Cada misturador possui seu tempo ótimo de homogeneização. (LIMA; NONES, 1997).

Segundo Machado (2024), os misturadores horizontais são comumente encontrados em fábricas de rações de grande porte, onde se tem um alto volume de rações produzidas. Esse misturador permite misturar ingredientes e preparar uma ração em poucos minutos, variando entre 3 a 6 minutos, permitindo uma mistura mais homogênea (menores coeficientes de variação entre diferentes amostras coletadas no mesmo tempo). No entanto, esse equipamento possui um alto valor de aquisição, além de apresentar maior consumo de energia elétrica se comparado com seu concorrente direto, o misturador vertical.

Ao contrário do misturador horizontal, o misturador vertical é mais utilizado em fábricas de pequeno e médio porte, bem como nas propriedades rurais, devido ao seu custo de aquisição inferior. Esse equipamento não necessita de outras instalações, como silos anexos para armazenagem de ingredientes ou para descarregar a mistura pronta. No entanto, como desvantagens, ele proporciona homogeneidade inferior se comparado ao horizontal e maior tempo de mistura, podendo variar de 10 a 15 minutos (MACHADO, 2024).

Ainda temos os misturadores em “Y”, que são comumente utilizados em misturas de pré-mixes e pré-mistura, podendo também ser usado na indústria farmacêutica, devido à facilidade de limpeza. Em linhas gerais, esses misturadores são utilizados para pequenas batidas em razão do seu tamanho. O misturador é constituído por cilindros de mesmo tamanho, conectados em ângulos de 75° e 95°, formando assim seu formato característico em “Y” (SOUSA *et al.*, 2024).

No mercado de produção de rações, temos uma vasta gama de misturadores disponíveis, sejam horizontais ou verticais, com preços variáveis. Para os pequenos produtores, esse tipo de investimento aumenta o custo fixo de produção, devido à empréstimo/financiamento. Atualmente, o valor médio de um misturador horizontal ultrapassa R\$ 120.000,00, enquanto os modelos verticais apresentam preços mais acessíveis, variando entre R\$ 10.000,00 e R\$ 15.000,00. Já o misturador em “Y” possui um custo aproximado de R\$ 18.000,00 (MF RURAL, 2025). Diante desse cenário, o desenvolvimento de misturadores alternativos, de menor custo e fácil fabricação, pode representar uma estratégia viável para promover a sustentabilidade produtiva, especialmente em sistemas de produção familiar (FREIRE *et al.*, 2018).

3.6 Misturadores Alternativos

O misturador alternativo é um equipamento construído com materiais reutilizáveis, que proporcionam um baixo custo de produção. Freire *et al.* (2018) construíram um misturador para aves a partir do uso de um tambor de 200L e outros materiais reciclados. Após o término da sua construção, foi relatado um custo de R\$1.084,00 para a produção.

Para avaliação da mistura da dieta, foram observados diferentes tempos de batida, considerando-se o tempo ideal de 10 a 20 minutos, o que proporcionou uma ótima homogeneização da ração (FREIRE *et al.*, 2018).

Nesse cenário, podemos observar que o uso de misturadores alternativos pode proporcionar misturas com a mesma qualidade, além de menores custos finais em equipamentos.

3.7 Processo de Mistura

O processo de mistura de rações desempenha uma das etapas mais importantes na produção de rações, pois nesse processo ocorre continuamente redistribuição dos ingredientes, com o objetivo de se obter um produto final mais homogêneo possível (CHAVES; PEREIRA; BOTELHO, 2023). O preparo e a mistura das rações constituem uma das etapas iniciais da produção, envolvendo a pesagem precisa dos ingredientes, por meio de balanças apropriadas, e o uso de misturadores para garantir a homogeneização da mistura. Trata-se de um processo em cadeia, no qual qualquer falha poderá comprometer todas as etapas subsequentes, impossibilitando a obtenção de uma mistura eficaz (LIMA; NONES, 1997).

Segundo Rocha (2014), o processo de mistura ocorre por meio de três mecanismos principais: cisalhamento, convecção e difusão. O cisalhamento acontece quando se formam camadas dentro da massa de ingredientes e a mistura ocorre a partir da troca de partículas entre essas camadas. Já a convecção envolve o deslocamento de grupos de partículas em blocos, promovendo uma mistura parcial em larga escala. Por fim, a difusão ocorre quando as partículas se movimentam individualmente em relação às demais, proporcionando uma mistura mais fina e homogênea.

A maioria das misturas é realizada com o uso de diferentes tipos de equipamentos, cada um com componentes de mistura e parâmetros tecnológicos específicos. Além disso, as rações são compostas por uma variedade de ingredientes, cada qual com propriedades físicas distintas, como tamanho, forma e densidade. Essas diferenças interferem diretamente no processo, tornando a obtenção de uma mistura verdadeiramente homogênea um grande desafio (NETO *et al.*, 2016).

Os misturadores são equipamentos utilizados por longos períodos nas propriedades, mas, com o passar do tempo, apresentam perda de eficiência na mistura. Essa redução na qualidade, geralmente, está associada à ausência de manutenções preventivas, prática que muitos produtores ainda negligenciam. Uma das formas mais eficazes de avaliar a qualidade da mistura é por meio do uso de marcadores, que permitem verificar o grau de homogeneidade da ração, bem como determinar o tempo ideal de homogeneização (LIMA; NONES, 1997). Esses aspectos serão abordados com mais profundidade ao longo deste trabalho.

A Portaria SDA nº 798/2023 “estabelece que, para garantir a qualidade de produtos medicamentoso na alimentação animal, deve-se monitorar a homogeneidade da mistura conforme as Boas Práticas de Fabricação” (artigo 22). A homogeneidade pode ser avaliada por contagem de partículas, expressa em termos de probabilidade (p), que deverá ser $> 5\%$, ou pela concentração da substância ativa, expressa pelo coeficiente de variação (CV), sendo este $< 10\%$. Sendo respaldado em literatura técnico-científica ou nas características do princípio ativo (BRASIL, 2023).

3.8 Tempo Ótimo de Mistura

O tempo de mistura é o tempo que cada misturador tem para realizar a homogeneização completa dos ingredientes. O tempo inadequado na mistura de rações pode

comprometer a uniformidade das dietas, deixando-as menos homogêneas (WICKER; POOLE, 1991).

Segundo Lima e Nones (1997), todo misturador deve possuir um tempo ótimo de mistura, o qual deve ser fornecido pelo fabricante do equipamento. Na prática, esse tempo ótimo corresponde ao período em que se obtém a melhor distribuição das partículas, levando em consideração os erros inerentes à amostragem e às análises. Embora o tempo de mistura seja um dos principais fatores que influenciam a eficiência do processo, é fundamental considerar outros aspectos, como o desgaste dos componentes do equipamento, o tamanho das partículas dos ingredientes, o modelo do misturador, o número de giros, a velocidade dos mecanismos internos, como helicoidais e roscas sem-fim. Diante disso, a avaliação isolada do tempo de mistura não é suficiente para garantir a eficiência em todos os tipos de equipamentos (CIFTCI; ERCAN, 2003).

Uma das formas mais utilizadas para avaliar o tempo de mistura é por meio do uso de marcadores, os quais permitem verificar a homogeneidade da ração. Essa avaliação é realizada a partir da coleta de amostras em pontos aleatórios do misturador, durante seu funcionamento, em intervalos de tempo previamente definidos. Em cada intervalo, são retiradas amostras para analisar a eficiência da mistura ao longo do processo. Ao final, calcula-se o Coeficiente de Variação (CV), que indica o grau de uniformidade da mistura (TEIXEIRA *et al.*, 2012; MACHADO, 2024).

3.9 Uso de Marcadores

Com o objetivo de minimizar erros durante o processo de homogeneização das rações, são utilizados marcadores, que geralmente consistem em compostos inertes que é o caso dos marcadores indiretos, como *microtracers*, microminerais e metil-violeta. Atualmente, os *microtracers* têm sido os mais utilizados, devido à sua menor toxicidade, maior estabilidade e facilidade de detecção. Esses marcadores são compostos por partículas de ferro revestidas com corantes estabilizados e atóxicos, contendo entre 22.000 e 32.000 partículas por grama. Essas características tornam os *microtracers* uma alternativa segura, prática e eficaz para a avaliação da homogeneidade das rações (MALLMANN *et al.*, 2011).

Além dos marcadores indiretos, os microingredientes, especialmente os micronutrientes, como o cobalto, manganês, ferro, zinco e cobre, também são amplamente utilizados como marcadores analíticos, na avaliação da homogeneidade da mistura. Esses elementos, estão presentes em baixos teores nas formulações, o que permite análises

laboratoriais precisas, sendo excelentes indicadores da uniformidade da mistura (SOUSA *et al.*, 2024). Segundo Zinn (1999), empresas de nutrição animal frequentemente utilizam esses compostos em testes internos de controle de qualidade, o que reforça a confiabilidade desses marcadores, contribuindo para maior precisão na avaliação.

Gonçalves (2015) aponta alguns fatores que devem ser levados em consideração durante a escolha dos marcadores, dentre elas a inclusão, que deve ser igual ou menor que 0,5% na mistura, deverá ser uma única fonte para que não haja alterações durante as análises. Em grandes fábricas, onde são feitas várias batidas de rações por dia, o teste com marcadores pode ser feito com a inclusão de 100 gramas por tonelada (EISENBERG, 2004).

Existem três tipos principais de *Microtracers* à base de ferro, utilizados na avaliação da homogeneidade de rações: o *Microtracer* F (ferro granulado, com aproximadamente 25.000 partículas por grama), o *Microtracer* FS (aço inoxidável, com cerca de 50.000 partículas por grama) e o *Microtracer* RF (pó de ferro reduzido, com mais de 1.000.000 de partículas por grama) (BARASHKOV *et al.*, 2007).

Segundo Butolo (2002), a quantidade de mistura deve respeitar a proporção de 50 gramas por tonelada, bem como o número de coletas, que deve ser de, no mínimo, dez amostras por misturador, independente do seu porte.

4 METODOLOGIA

4.1 Construção do Protótipo

O protótipo foi construído em uma serralheria, localizada no município de Bambuí, estado de Minas Gerais, na região Centro-Oeste do estado (CEP: 38.900-000).

A implementação do protótipo ocorreu no primeiro semestre de 2025. Inicialmente, desenvolveu-se o projeto de estrutura de montagem e funcionamento do protótipo do misturador. Na sequência, foi realizado o orçamento e montagem do protótipo. Logo após a construção, fez-se os primeiros testes do protótipo de misturador, com uma ração formulada para aves de postura, totalizando 20 kg de ração, que foi misturada em diferentes tempos, considerando para isso 3, 5, 7, 10 e 15 minutos.

4.2 Estrutura de funcionamento

O misturador foi composto por uma lata metálica de leite, com capacidade para 50 litros, posicionada sobre uma base com inclinação de 45° em relação ao eixo de rotação, que se encontra na posição horizontal. Esse modelo, conhecido como misturador diagonal, caracterizado pelo movimento rotacional que ocorre em um plano inclinado, favoreceu uma mistura mais eficiente dos ingredientes (Figura 1).

Já na parte superior da lata, foi posicionada a tampa de acesso articulada, com travamento simples, que desempenha um papel essencial para carregamento dos ingredientes, bem como no descarregamento da ração já misturada. Além de permitir fácil acesso ao interior do equipamento, a tampa também contribui para evitar desperdícios de ingredientes.

Internamente, o misturador contou com um sistema de cantoneiras metálicas dispostas em formato de "X", fixadas a um eixo central, que atravessou a lata longitudinalmente. Essas cantoneiras atuam como elementos agitadores, sendo responsáveis por promover o deslocamento dos ingredientes durante a rotação, assegurando uma homogeneização eficaz da mistura.

As dimensões, angulação e posicionamento dessas cantoneiras serão detalhados mais adiante nesta seção, com base em medições e ilustrações que permitem visualizar a disposição interna do sistema de mistura. Essa descrição técnica é fundamental para compreender a funcionalidade e a eficiência do equipamento desenvolvido.

Figura 1: Misturador Diagonal

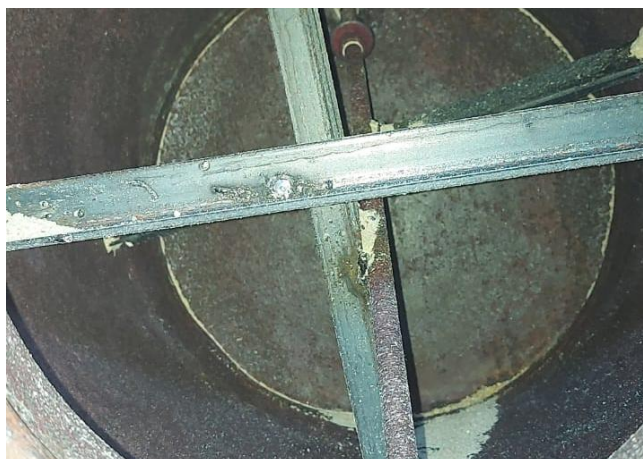


Fonte Elaborada pelo autor (2025).

4.3 Processo de Mistura

Durante o movimento rotacional da lata de leite, as rações são deslocadas por entre misturadores fixos, que são cantoneiras, posicionadas aleatoriamente ao longo do eixo longitudinal de rotação (Figura 2). Como o misturador é de pequeno porte, foram instaladas apenas três cantoneiras sendo o espaço entre elas de 15 cm, a largura individual das cantoneiras é de 3cm de largura e 33cm de altura. Durante o processo de mistura, as cantoneiras impulsionam os ingredientes, rompendo zonas de estagnação e garantindo o contato contínuo entre partículas de diferentes tamanhos. Esses movimentos contribuem para a distribuição uniforme dos componentes, reduzindo a possibilidade de segregação e melhorando a qualidade final da ração produzida.

Figura 2: Cantoneiras



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4.4 Sistema de Rotação

O sistema de rotação do misturador de ração é acionado manualmente, por meio de uma manivela projetada para proporcionar um movimento controlado e eficiente do misturador, durante o processo de homogeneização dos ingredientes (Figura 3).

A operação é realizada pelo usuário, que imprime força à manivela, gerando o torque necessário para a rotação do tambor. Esse movimento rotacional aciona os elementos internos fixos (cantoneiras), responsáveis por promover a agitação, elevação e redistribuição da ração em seu interior. Durante os testes, foi monitorada a rotação do tambor ao longo de 1 minuto, totalizando aproximadamente 35 voltas completas. Vale destacar que essas voltas foram realizadas de forma lenta e constante, uma vez que a rotação excessivamente rápida pode

comprometer a eficiência da mistura. Em altas velocidades, os ingredientes tendem a se deslocar para as paredes do tambor, dificultando sua adequada incorporação e prejudicando a uniformidade da mistura.

A ação mecânica gerada pela manivela garante uma movimentação contínua e eficiente do material particulado, fazendo com que haja a mistura uniforme. Esse sistema manual, além de simples e de baixo custo, otimiza o deslocamento dos componentes dentro do tambor, sendo adequado para aplicações de pequena escala e contextos onde não se dispõe de energia elétrica.

Figura 3: Manivela de rotação.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4.4.1 Deslocamento do protótipo

Por se tratar de um equipamento de pequeno porte e massa reduzida, o misturador pode ser facilmente transportado manualmente, como ilustrado na Figura 4, dispensando o uso de sistemas auxiliares de mobilidade, como rodízios e alças. Sua estrutura leve permite que uma única pessoa realize o transporte, com segurança e praticidade, o que torna seu uso adequado para ambientes com espaço limitado ou de uso ocasional, como pequenas propriedades rurais ou laboratórios experimentais.

Figura 4: Sustentação do Protótipo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4.4.2. Materiais utilizados no protótipo

Para a construção do misturador, foram necessários materiais diversos para compor a estrutura e possibilitar o funcionamento. Na Tabela 1, são listados os componentes utilizados para a confecção do misturador, com suas respectivas descrições e funções na montagem do protótipo, e orçamento.

Tabela 1: Lista de materiais que serão utilizados para a construção do protótipo.

Materiais	Descrição	Função
1. Lata de leite	01 Lata de leite metálica, com capacidade de 50 litros, utilizada como recipiente para o processo de mistura da ração.	A lata será responsável por conter os ingredientes e facilitar o movimento durante a agitação.
2. Eixo	01 Eixo com comprimento de 80 cm.	O eixo será montado ao longo do tambor, sendo responsável pela rotação do mesmo, durante o processo de mistura.
3. Mancais Simples	02 Mancais simples, com dimensões de 109 mm de comprimento, 109 mm de altura, 50 mm de largura e diâmetro interno de 35 mm.	Serão utilizados para suportar e garantir a rotação estável do eixo, proporcionando menor atrito e maior durabilidade.

4. Cantoneiras	3 Cantoneiras de 3 x 14 cm.	Serão utilizadas para reforçar a estrutura do misturador e assegurar uma mistura homogênea da ração.
5. Tubo quadrado de aço carbono	01 Chapa de aço carbono de 3 mm de espessura, com dimensões de 160 x 210 mm.	Essa chapa será utilizada na confecção de partes da estrutura, como a base ou tampas de acesso, para garantir durabilidade e resistência ao protótipo.
6. Manivela	01 Vergalhão CA-50 10 mm (3/8), dobrada em forma angular, com três segmentos retos, unidos por dobras em ângulos próximos de 90°.	Transmissão de torque suficiente para acionar o sistema de mistura.

Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

4.4.3 Orçamentação dos Materiais

Todo desenvolvimento de equipamentos, independentemente de sua natureza, requer um orçamento prévio que possibilite a estimativa dos custos envolvidos. A orçamentação é essencial para se obter uma visão geral dos valores referentes aos materiais e à mão de obra necessários para a execução do projeto. A Tabela 2 apresenta, de forma detalhada, os materiais que foram utilizados na confecção do protótipo, especificando a quantidade de cada item e seus respectivos custos.

Tabela 2: Materiais e Orçamento para Construção do Protótipo.

Material	Descrição	Função	Quantidade	Custo Total (R\$)
Lata de Leite Metálica	Lata metálica de 50 litros, utilizada como recipiente para a mistura da ração.	Conter os ingredientes e facilitar o movimento durante a agitação.	01	R\$ 200,00
Eixo	01 Eixo com comprimento de 80 cm.	Responsável pela rotação do tambor no processo de mistura.	01	R\$ 80,00

Mancais Simples	Mancais de 109 x 109 x 50 mm, com diâmetro interno de 35 mm.	Suportar o eixo e garantir rotação estável, com menor atrito.	02	R\$ 100,00 (R\$ 50,00 cada)
Cantoneiras	3 Cantoneiras de 3 x 14 cm.	Reforçar a estrutura do misturador e assegurar a mistura homogênea.	03	R\$ 50,00
Tubo de Aço Carbono	Chapa de aço carbono 3 mm espessura, com dimensões de 160 x 210 mm.	Utilizada na base ou tampas de acesso para garantir resistência.	01	R\$ 50,00
Manivela	Vergalhão CA-50 de 10 mm, dobrado em ângulos de 90°, com três segmentos retos.	Transmitir torque manual ao sistema de mistura.	01	R\$ 60,00
TOTAL				R\$ 840

Fonte: Elaborado pelo autor 2024.

4.4.4 Avaliação da eficiência de mistura

Após a finalização da construção do protótipo, foi realizada a avaliação da eficiência de homogeneização da mistura. Para isso, determinou-se a concentração do elemento fósforo (P), em vários pontos do equipamento, para se avaliar a uniformidade da mistura. O fósforo foi escolhido em virtude de apresentar boa estabilidade química, baixa volatilidade e distribuição relativamente uniforme quando bem misturado, além de ser um mineral que está em baixas concentrações na maior parte dos ingredientes, ser suplementado a partir de uma fonte direta e comumente presente em formulações de rações. Essas características fazem do fósforo um marcador confiável para aferir a homogeneidade em misturas de ingredientes sólidos.

Além disso, o fósforo possui fácil detecção laboratorial e baixa concentração no fosfato bicálcico. De acordo com Rostagno *et al.* (2024), o fosfato bicálcico contém aproximadamente 18,5% de fósforo. Assim, ao ser incluído em 2% na formulação, estima-se

que a mistura completa contivesse cerca de 0,37% de fósforo total, considerando a maior parte do o fósforo proveniente deste ingrediente. No entanto, como o fósforo também está presente em outros ingredientes da ração, é necessário considerar sua contribuição para o teor final de fósforo na mistura.

Os testes foram conduzidos nas instalações da fábrica de ração do IFMG - *Campus Bambuí*. Para a avaliação da homogeneidade da mistura, foi proposto um padrão de dieta normalmente utilizada para aves de postura (Tabela 3), simulando condições reais de operação, o que possibilitou uma análise prática e confiável do desempenho. Foram preparadas cinco batidas, cada uma contendo 20 kg de ração, que foram submetidas a tempos pré-estabelecidos de mistura, sendo 3, 5, 7, 10 e 15 minutos.

Tabela 3: Composição da ração e teor de inclusão dos ingredientes para aves de postura utilizada nos testes de homogeneidade, para uma batida de 20 kg.

Ingrediente	Inclusão (%)	Quantidade (kg)
Milho	70	14
Farelo de Soja	20	4
Farelo de Trigo	5	1
Fosfato Bicálcico	2	0,4
Calcário	1	0,2
Núcleo	2	0,4

Fonte: Elaborado pelo autor 2025

Apesar do misturador possuir capacidade máxima para 50 kg de mistura, optou-se por utilizar apenas 40% dessa capacidade, totalizando, aproximadamente, 20 kg de ração formulada por batida. Essa decisão foi tomada com base em observações práticas durante o uso do equipamento, que demonstraram que, ao utilizarmos 80% de sua capacidade (40Kg), o misturador ficava excessivamente cheio, dificultando a movimentação eficiente dos ingredientes. Além disso, o excesso de carga poderia comprometer a estrutura física do protótipo.

Após a preparação do misturador no ambiente, procedeu-se à pesagem individual dos ingredientes que compuseram a formulação da ração para uma batida de 20 kg (Tabela 2). Para essa etapa, foi utilizada uma balança eletrônica digital de bancada (Prix, modelo 9094 Plus), com capacidade máxima de 15 kg e precisão de 1g. O equipamento foi

devidamente posicionado sobre uma superfície nivelada, em local protegido de correntes de ar e vibrações, conforme as recomendações do fabricante, assegurando a precisão das medições e a confiabilidade dos dados obtidos nos ensaios.

O primeiro componente pesado foi o fubá de milho, seguido do farelo de soja e do farelo de trigo, todos acondicionados em sacos plásticos, que foram previamente higienizados, conforme apresentado na Figura 5. Os ingredientes utilizados em menor proporção, núcleo mineral, o calcário e o fosfato bicálcico, foram pesados separadamente e armazenados em sacolas plásticas limpas, adequadas para pequenas quantidades (Figura 6, 7 e 8).

Vale destacar que, para a batida, foram utilizados 50% de calcário em pedriscos (100 g) e 50% de calcário em pó (100 g). Considerando a equivalência funcional de ambos na formulação, optou-se por utilizar 50% de cada tipo, com o objetivo de equilibrar a granulometria do ingrediente na mistura final.

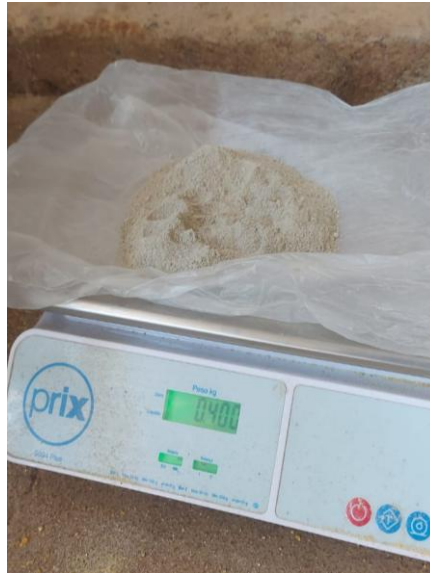
Após a pesagem, os ingredientes de menor proporção passaram por um processo de pré-mistura, juntamente com o farelo de soja, antes de serem adicionados ao misturador. Essa prática visa melhorar a distribuição desses componentes na mistura total, promovendo maior homogeneidade. O procedimento consistiu na adição dos ingredientes minoritários ao saco contendo o farelo de soja. Em seguida, o saco foi fechado manualmente e submetido a movimentos de agitação rítmicos (vibração manual), conforme representado na Figura 9, até que se obtivesse uma mistura preliminar visualmente homogênea, assegurando uma dispersão mais eficaz desses nutrientes na composição final da ração.

Figura 5: Procedimento de pesagem dos ingredientes majoritários da formulação.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Figura 6: Pesagem do núcleo composto por minerais, vitaminas e aminoácidos.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025)

Figura 7: Pesagem do calcário em pedriscos e do calcário em pó.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 8: Pesagem do fosfato bicálcico.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 9: Processo de pré-mistura dos ingredientes de menor proporção.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Após o processo de pesagem individual de cada ingrediente, bem como a pré-mistura dos ingredientes de menor proporção, os ingredientes foram acondicionados dentro do misturador. Com a tampa virada para cima, o misturador foi abastecido primeiramente com milho moído, seguido pelo farelo de trigo e, por fim, o farelo de soja juntamente à pré-mistura dos ingredientes minoritários.

Na Figura 10, pode ser observado o misturador com todos os ingredientes, então a lata foi fechada com sua tampa, para evitar perdas de material durante o processo de agitação, garantindo assim a integridade da mistura e prevenindo desperdícios.

Nas sequências, iniciou-se a fase de mistura para o teste de homogeneidade. Com o auxílio de um cronômetro, foi iniciada a primeira das cinco batidas experimentais. A primeira batida correspondeu ao tempo de 3 minutos, durante o qual o misturador permaneceu em movimento rotativo contínuo, sem pausas, até o término do tempo estabelecido. A Figura 11 ilustra o equipamento em funcionamento durante esse processo. Ao final do tempo de batida, o movimento foi interrompido e iniciou-se imediatamente a coleta das amostras. O processo de pesagem e mistura foi repetido para cada tempo pré-estabelecido de batida (5, 7, 10 e 15 minutos)

Para facilitar o procedimento de coleta, a mistura foi descarregada sobre um saco previamente higienizado, distribuindo-se o conteúdo de forma a permitir a retirada de amostras em diferentes regiões da mistura. Foram coletadas, aleatoriamente, dez amostras em dez pontos distintos, de forma a representar adequadamente o conteúdo total. Cada amostra, com peso total de aproximadamente 300 g, foi acondicionada em sacos plásticos limpos, devidamente pesados e rotulados com o tempo de mistura correspondente e o número da amostra, utilizando caneta permanente (Figura 12 e 13).

Os sacos contendo as amostras foram vedados com fita adesiva, a fim de evitar vazamentos e perdas de material (Figura 15). Esse procedimento padronizado de coleta e armazenamento foi fundamental para manter a integridade das amostras durante as etapas de análise laboratorial, assegurando a confiabilidade dos dados avaliados.

Ao final do teste dos cinco tempos de mistura, foram obtidas 50 amostras, sendo dez para cada tempo de mistura. Essas amostras foram encaminhadas para análise de homogeneidade do fósforo, no laboratório da fábrica de ração da empresa AVIVAR Alimentos. Posteriormente, os sacos identificados e vedados foram enviados ao Laboratório de Análise de Alimentos dessa mesma empresa para continuidade das análises. Após a coleta, as rações produzidas em cada batida foram reunidas e encaminhadas para a alimentação dos animais do Setor de Avicultura do IFMG – *Campus Bambuí* (Figura 14).

Figura 10: Misturador Abastecido.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 11: Misturador em pleno funcionamento durante o processo de mistura.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 12: Pesagem das amostras coletadas.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 13: Amostras devidamente identificadas.



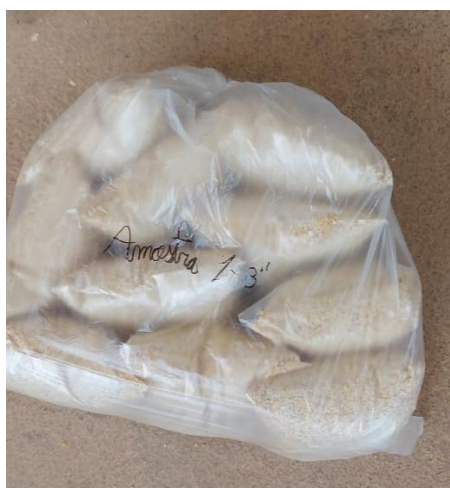
Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 14: Rações descartadas em sacos para descarte experimental.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 15: Acondicionamento das amostras em sacolas plásticas para análises.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

4.4.7 Análises laboratoriais

Os testes de homogeneidade de mistura foram realizados por meio da detecção do elemento marcador fósforo, no laboratório de análise de alimentos da Empresa Avivar Alimentos. A determinação do fósforo foi realizada no equipamento de Reflectância do Infravermelho Próximo (NIR's - *Near Infrared Reflectance*), com calibração (curva analítica) para quantificação de fósforo, viabilizando sua análise direta (Figura 16). Esse equipamento realiza análises por meio da espectroscopia no infravermelho próximo, o que dispensa a necessidade de trituração das amostras ou de sua digestão com ácidos. Trata-se, portanto, de um método mais rápido e prático, possibilitando a obtenção dos resultados em poucas horas.

Apesar de sua eficiência, é importante destacar que o uso do NIR, na análise de minerais, apresenta algumas limitações, conforme descrito na literatura (NEWISI-NIRS2,

1996). Minerais puros, em especial nas formas iônicas ou salinas, não apresentam bandas de absorção significativas nessa faixa espectral, uma vez que tais formas não sofrem excitação pela luz infravermelha. Dessa forma, os melhores resultados são geralmente obtidos quando os minerais estão complexados com moléculas orgânicas ou na forma de quelatos, que interagem com a radiação NIR (FONTANELI *et al.*, 2002).

O procedimento analítico seguiu as etapas descritas a seguir. Primeiramente, as amostras foram retiradas das sacolas plásticas e dispostas sobre a bancada em ordem sequencial, iniciando-se pela batida de 3 minutos. Todas as amostras desse tempo foram organizadas numericamente (1 a 10 respectivamente), conforme ilustrado na Figura 17. Em seguida, a primeira amostra foi aberta e uma pequena quantidade foi transferida para a célula de amostra (ou cuba), que possui fundo de quartzo transparente, permitindo a passagem da luz infravermelha para a leitura (Figura 18). A amostra foi então nivelada cuidadosamente na célula, a fim de ocupar toda a área disponível, evitando espaços vazios que comprometem a análise.

Posteriormente, realizou-se a identificação da amostra no software do equipamento, inserindo as seguintes informações: nome da ração (no caso, ração para aves de postura), número da amostra, tempo de batida e data da coleta (Figura 19). Após o preenchimento correto desses dados, a análise foi iniciada.

Esse processo foi repetido para todas as amostras. Ao final de cada análise, procedeu-se a limpeza da célula de amostra, com o auxílio de um pincel, a fim de evitar a contaminação cruzada entre amostras (Figura 20).

Após o término das análises no equipamento NIR, os dados gerados foram extraídos para um dispositivo de armazenamento (*pendrive*) e transferidos para um computador. Em seguida, acessou-se o software analítico da empresa Evonik, para o qual todos os espectros obtidos foram devidamente importados, possibilitando a leitura e interpretação dos resultados referentes às amostras analisadas.

Posteriormente, os dados processados foram exportados para uma planilha de Excel, onde foram organizados para a realização das análises estatísticas. O principal parâmetro estatístico utilizado foi o coeficiente de variação (CV), empregado para avaliar a homogeneidade da mistura entre as amostras coletadas em diferentes tempos de batida.

Figura 16: NIR's (Near Infrared Reflectance) bancada.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 17: Amostras organizadas sobre a bancada.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 18: Célula de amostra, com fundo de quartzo transparente.



Fonte: Elaborada pelo Autor (2025).

Figura 19: Identificação da amostra no software do equipamento NIR's.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 20: Limpeza da célula de amostra com o auxílio de um pincel.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi observado um valor médio de fósforo de 5.848,9 mg/kg ao longo dos diferentes tempos de batida avaliados. Não foram identificadas diferenças significativas entre os teores de fósforo em diferentes tempos de mistura ($P > 0,05$), para cada um dos diferentes tempos, o que sugere que o misturador foi eficiente mesmo em tempos mais baixos. Outro aspecto relevante foi a baixa quantidade de ração utilizada por batida, limitada a apenas 20 kg. Esse fator pode ter contribuído significativamente para a eficiência do processo de

homogeneização, favorecendo uma melhor distribuição do marcador fósforo na massa total da ração, gerando um baixo coeficiente de variação (CV) dos teores de fósforo entre os tratamentos, que variou de 2,53% (para o tempo de 10 minutos) a 5,94% (para o tempo de 5 minutos), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Valores médios de Fósforo (P) e coeficiente de variação do P, nas dietas formuladas, em relação ao tempo de batida.

Variável	Tratamento					p-valor
	3 min	5 min	7 min	10 min	15 mon	
Teor de P (mg/kg)	5887,9	5878,4	5812,6	5916,1	5749,6	0.59
CV (%)	3,18604	5,94443	5,282885	2,539351	4,796343	-

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

No presente trabalho, o fósforo foi utilizado como marcador para observar a eficiência na homogeneidade da mistura. Segundo Neto *et al.* (2016), o uso de micro-ingredientes como marcadores de ração é muito utilizado em fábricas de rações, uma vez que estes ingredientes entram em quantidades reduzidas nas formulações, o que favorece sua utilização como indicadores de distribuição na massa total da ração.

Paiano *et al.* (2014) destacam alguns elementos que podem ser usados como marcadores de homogeneidade em rações, dentre eles a DL- Metionina, L-Lisina-HCl, proteína bruta, cloreto de sódio, manganês, fósforo, além de *Microtracers* e antimicrobianos. Entretanto, o uso de minerais como marcadores vai depender da sua sensibilidade analítica e por sua facilidade de detecção, mesmo em proporções mínimas.

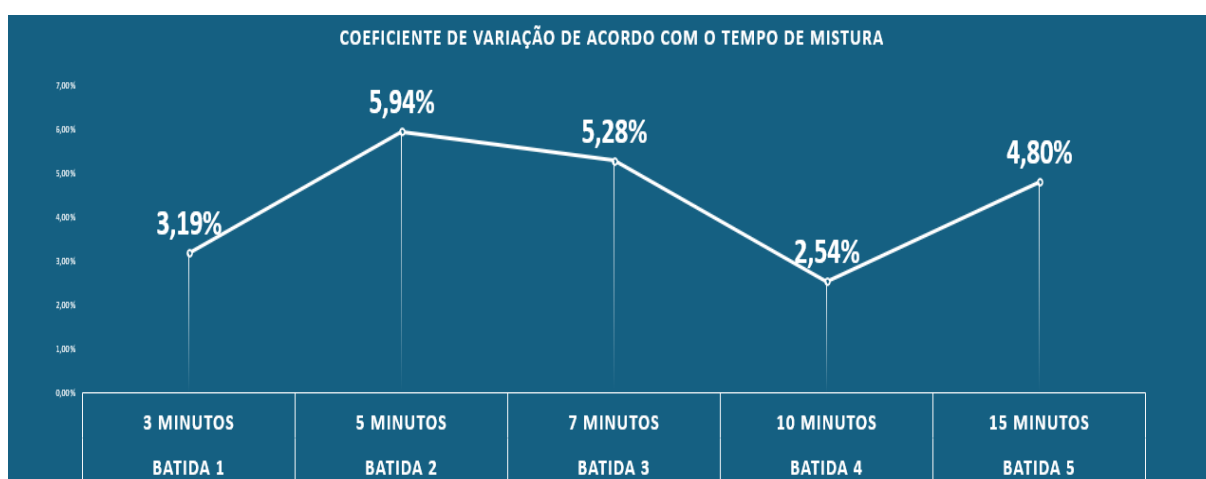
Colares (2020) realizou um estudo utilizando o manganês como marcador de homogeneidade, obtendo um coeficiente de variação (CV) de 8,38% em uma mistura realizada em uma betoneira. Este resultado pode ser considerado satisfatório, segundo os critérios geralmente aceitos na indústria de nutrição animal, os quais admitem coeficientes de variação abaixo de 10% como indicativos de misturas adequadas (BRASIL, 2023).

Na Figura 21, observa-se que o valor numérico do coeficiente de variação (CV) do fósforo foi menor nos tempos de mistura de 3 minutos (3,18%) e 10 minutos (2,53%), em comparação aos tempos de 5 minutos (5,94%), 7 minutos (5,28%) e 15 minutos (4,79%).

Notadamente, o tempo de 3 minutos apresentou um CV relativamente baixo, o que nos leva à hipótese de que pode ter ocorrido algum erro durante o processo de amostragem.

Segundo Mohallem *et al.* (2008), quando se trabalha com tempos de mistura inferiores a 5 minutos, em dietas para frangos, coeficientes de variação muito baixos podem indicar falhas na coleta das amostras ou na leitura das análises laboratoriais. No presente estudo, foi observado um CV de 3,18% no primeiro tempo de mistura avaliado, onde este valor, à primeira vista, indicaria uma excelente homogeneidade. No entanto, é fundamental considerar que a quantidade de ração processada por batida foi reduzida (20 kg), o que pode ter favorecido a distribuição do fósforo na mistura e contribuído diretamente para a redução da variabilidade entre amostras. Assim, embora o resultado seja tecnicamente satisfatório, ele deve ser interpretado com cautela, considerando-se as condições operacionais do protótipo.

Figura 21: Coeficiente de variação, de acordo com o tempo de mistura.



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

No tempo de 10 minutos, foi possível observar uma maior homogeneidade dos ingredientes na mistura, evidenciada pelo coeficiente de variação (CV) de 2,54%. Esse resultado indica uma boa uniformidade da ração nesse tempo de processamento.

De acordo com Brasil (2023), misturadores industriais de ração devem apresentar coeficientes de variação (CV) entre 5% e 10%. Em geral, valores mais próximos de 5% são característicos de misturadores horizontais, enquanto coeficientes próximos a 10% são considerados aceitáveis para misturadores verticais, devido às suas particularidades operacionais.

Segundo De Souza Godoi *et al.* (2007), os misturadores verticais necessitam, em média, de 10 a 15 minutos após a adição completa dos ingredientes para atingir um nível

adequado de homogeneidade da mistura. Esse tempo é considerado suficiente para garantir a distribuição uniforme dos componentes, respeitando as limitações do equipamento. No caso do protótipo avaliado neste estudo, o tempo de 10 minutos apresentou os melhores resultados em termos de homogeneidade, com o menor coeficiente de variação entre os tratamentos. Esse desempenho sugere que o equipamento foi capaz de promover uma boa dispersão dos ingredientes e uma distribuição eficiente do fósforo, utilizado como marcador, em toda a massa da ração.

No entanto, como destaca Neto *et al.* (2016), embora o tempo de mistura seja um fator fundamental para a eficiência do processo, outros aspectos também devem ser levados em consideração. Entre eles, destacam-se o tamanho das partículas dos ingredientes, o desgaste dos componentes internos do misturador e o modelo do equipamento utilizado. Esses fatores podem influenciar significativamente a qualidade da mistura.

O misturador manual de pequeno porte, utilizado no presente estudo, demonstrou bom desempenho, atingindo resultados satisfatórios de homogeneização com um tempo de operação de 10 minutos. Esse desempenho vai de acordo com achados da literatura, como os de Freire *et al.* (2018), que, ao testarem um protótipo de misturador caseiro para aves, utilizando ingredientes como farelo de soja, milho, pré-mix, calcário calcítico e sal comum, observaram que se necessita de um tempo de 15 minutos para alcançar a homogeneização completa da mistura.

Resultados semelhantes foram obtidos por Colares (2020), que avaliou a eficiência de um misturador confeccionado a partir de uma betoneira adaptada, registrando um coeficiente de variação (CV) de 8,38%, o que reforça a viabilidade de soluções alternativas e de baixo custo na produção de rações.

Lima e Nones (1997) destacam que, mesmo em sistemas com misturadores industriais, os tempos médios de mistura variam de 12 a 15 minutos após o carregamento completo dos ingredientes, reforçando ainda mais o bom desempenho obtido com o equipamento manual testado.

6 CONCLUSÃO

Os dados obtidos neste estudo validam a utilização do misturador de pequeno porte, demonstrando que o mesmo é capaz de proporcionar uma homogeneização eficiente, em apenas 10 minutos de operação. Esse desempenho atende aos parâmetros técnicos exigidos pela

indústria de alimentação animal, bem como às exigências da Portaria SDA nº 798/2023, que estabelece um coeficiente de variação (CV) inferior a 10% como critério mínimo de aceitabilidade para a uniformidade da mistura (BRASIL, 2023).

Além do seu bom desempenho, o equipamento destaca-se por suas vantagens operacionais e econômicas, apresentando-se como uma alternativa viável e acessível para pequenos produtores. Seu funcionamento totalmente manual elimina a necessidade de instalação elétrica, reduzindo custos com energia e oportunizando a fabricação de rações mesmo em ambientes limitados.

Em resumo, o misturador de pequeno porte desenvolvido e testado neste trabalho reúne eficiência técnica e baixo custo, características que o tornam uma solução funcional e estratégica para a produção de rações em pequena escala, sem comprometer a qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

- ALLTECH. **Agri-Food Outlook**: perspectiva do setor agroalimentar, 2024. Disponível em: https://www.alltech.com/sites/default/files/2024-04/pt-br-la-agrifood-outlook-report-v7_FINAL.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025
- BARASHKOV, N.; EISENBERG, D.; EISENBERG, S.; MOHNKE, J. Presentation on the XII Int. Feed Technology Symposium, Serbia, Novi sad, November, **Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications**. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA nº 798, de 10 de maio de 2023. Estabelece os critérios mínimos e os procedimentos para fabricação e emprego de produtos destinados à alimentação animal com medicamentos de uso veterinário. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 maio 2023. Seção 1, p. 1. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal_aa/port_798-2023_medicamentos_em_alimenta%C3%A7%C3%A3o_animal.pdf. Acesso em: 3 jul. 2025.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Campinas, SP. 430p, 2002.
- CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, Eliana N. Castiglioni. Interação entre imunidade e nutrição das aves: revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 24, n. 0, 2015.
- CHAVES, Nathália Ferreira; PEREIRA, Luana Chrystian; BOTELHO, Luiz Fernando Rocha. Análise de dados de uma fábrica de ração: utilização de partículas de ferro para avaliação da homogeneidade. **Anais do COMEIA**, v. 14, p. 99-99, 2023.
- COFFEY, David *et al.* Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 4, p. e3, 2016.
- COLARES, Herbeth Leite. Métodos Alternativos de Mistura da Produção de Ração. 2020. CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Produtos 360°. **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: 1 jul. 2025.
- CIFTCI, Y.; ERCAN, A. Effects of diets of different mixing homogeneity on performance and carcass traits of broilers. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 12, n. 1, p. 163-171, 2003.
- DA SILVA JÚNIOR, Adalberto Francisco; MARCIANO, Luany Emanuella Araujo; BATISTA, Antônio Marcos Azevedo. Manejo e controle zootécnico de aves caipiras de dupla aptidão. **International Journal of Agrarian Sciences**, PDVAGRO, v. 1, n. 1, p. 49-63, 2022.
- DE FIGUEIREDO, Elsio Antonio Pereira; DE AVILA, Valdir Silveira; SAATKAMP, Marcio Gilberto. **Frangos diferenciados: caipira**. 2015. 16 páginas.
- DE LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. **Os cuidados com a mistura de rações na propriedade**. 1997.

DE SOUZA GODOI, Mauro Jarbas; DETTMAMM, Edênio. Fabricação de Ração: determinação do tempo de mistura em misturador horizontal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 4, n. 6, p. 487-490, 2007.

DE SOUSA JÚNIOR, José Carlos; ROCHA, Fernanda Rodrigues Taveira; COELHO, Karyne Oliveira. Análise bibliométrica sobre galinha e frango caipira/colonial. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e773986354-e773986354, 2020.

DOS SANTOS, Larissa Izac dos *et al.* A evolução do mercado do frango caipira no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 567-577, 2020.

EISENBERG, D.A. Mixer performance, cross-contamination testing examined. **Feedstuffs**, v.76, p. 1-2, 2004.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; SORBARA, J.O.B. Níveis vitamínicos para frangos de corte. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.2, p.619-626, mar-abr, 2009

FREIRE, Marcus Cesar de Vaz *et al.* **Misturador de Rações Diagonal para Aves**. 2018/2. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE – UNINORTE, [S. l.], 2018. 13 páginas.

FONTANELI, Roberto Serena *et al.* Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 594-598, 2002.

FURLAN, Ana Clara Santos; GOBETTI, S. T. C. A evolução da alimentação comercial para cães e gatos no Brasil. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 46-57, 2021

GATES, M. **A brief history of comercial pet food**. Disponível em: <https://feline-nutrition.org/features/a-brief-history-of-commercial-pet-food>. Acesso em: 15 maio. 2025.

GOES, Rafael Henrique de Tonissi *et al.* Alimentos e alimentação animal. **Coleção Cadernos Acadêmicos**, 2013.

KISHIBE, Rosemeire *et al.* **Manual da produção de aves caipiras** [em linha]. nov. 2019. 28 páginas.

KUFFEL, Fernando José Malmann. **Projeto de uma indústria de ração animal baseada no processamento de cereais**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2020.

LIMA, G.J.M.M.; NONES, K. Determinação do tempo ótimo de mistura de um misturador de rações. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1997. 2p. (EMBRAPA-CNPSA). **Instrução técnica para o suinocultor - Área de comunicação empresarial**. ISSN 1516-554X. nov. 1997.

MACHADO, Luiz Carlos. **Análise e controle de qualidade dos alimentos para animais - ACQAPA**. [S. l.: s. n.], 2024.

MARCON, Wilson A. *et al.* Avaliação da qualidade da mistura de rações utilizando microtracer® em misturadores verticais. **Anais da VIII Jornada de Iniciação Científica (JINC)**, p. 25, 2015.

MALLMANN, B.A.; TYSKA, D.A.L.A.; DILKIN, P.; MALLMANN, C.A. O uso do microtracers como marcador da homogeneidade de mistura. In: **Sociedade de Veterinária do Rio Grande do Sul**, 2011, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, SOVERGS, 2011.

MF RURAL. **Misturador horizontal**. MF Rural. Disponível em: <https://www.mfrural.com.br/busca/misturador-horizontal>. Acesso em: 1 jul. 2025.

MOHALLEM, Daniel Fernandes *et al.* Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 449-453, 2008.

MULTIMIX, A. **Nutrição Animal: Bovinos, Suínos e Aves - agBlog**. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/nutricao-animal/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

NETO, DURVAL RESENDE *et al.* **Avaliação da qualidade de uma mistura de ração para bovinos em misturador horizontal com o uso do microtracers como marcador da homogeneidade**. Uberaba–MG 2016.

NEWISI-NIRS2. **Routine operation, calibration and network system management software for near infrared instruments**. NIRSYSTEMS Inc. Silver Spring, 1996. 368p.

NUNES, Fernanda Couce. **Boas práticas de fabricação na produção de rações para aves, micotoxinas e controle**. 2022.

PAIANO, Diovani *et al.* Macro ingredientes como indicadores da qualidade de mistura de rações. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1463-1473, 2014.

ROCHA, A.G. **Uniformidade da mistura das rações e seu efeito no desempenho de frangos de corte**. Santa Maria/RS: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária Preventiva) - Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2014.

ROSTAGNO H. S., ALBINO L. F. T., CALDERANO A. A., HANNAS M. I., SAKOMURA N. K., PERAZZO F. G., ROCHA G. C., SARAIVA A., ABREU M. L. T., GENOVA J. L., TAVERNARI F. C. **Tabelas Brasileiras para Suínos e Aves: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 5 ed., DZO-UFV, 2024, 531p.

SAGRILO, E. *et al.* **CRIAÇÃO de galinhas caipiras**. 2007.

SINDIRAÇÕES - Compendio Brasileiro de Alimentação Animal 2023A. Versão Digital

SOUSA, Jonas Rogério de Melo *et al.* **Homogeneidade da mistura na fabricação de premix para alimentação animal: efeito do volume de ocupação e tipo de misturador**. 2024.

TEIXEIRA, Mauri *et al.* Avaliação da qualidade da mistura de ração em misturador horizontal considerando a homogeneidade dos ingredientes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, 2012.

TORRES, Delma Maria *et al.* Dietas a base de milho e farelo de soja suplementadas com enzimas na alimentação de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 199-205, 2003.

ZINN, R. A. A Guide to Feed Mixing. **University of California, Davis**, 1999.