

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**UNIFORMIDADE DE MISTURA DAS RAÇÕES E SEU  
EFEITO NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Alexandre Gomes da Rocha**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

# **UNIFORMIDADE DE MISTURA DAS RAÇÕES E SEU EFEITO NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

**Alexandre Gomes da Rocha**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Área de Concentração em Medicina Veterinária Preventiva, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Medicina Veterinária.**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**UNIFORMIDADE DE MISTURA DAS RAÇÕES E SEU EFEITO NO  
DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

elaborada por  
**Alexandre Gomes da Rocha**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Medicina Veterinária**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann**  
(Presidente/Orientador)

---

**Prof. Dr. Alex Maiorka (UFPR)**

---

**Dr. Plínio Barbarino Jr. (Biomín do Brasil)**

Santa Maria, 23 de Junho de 2014.

## AGRADECIMENTOS

A Cooperativa Central Aurora Alimentos, pela cessão da granja experimental, fábricas de rações e demais equipamentos utilizados em algumas etapas deste trabalho. Cito especialmente o nome do Diretor de Agropecuária, Marcos Antonio Zordan, pessoa que permitiu a continuidade do meu desenvolvimento profissional com este mestrado.

Ao Professor Carlos Augusto Mallmann, por ter acreditado e por ser orientador do projeto de pesquisa que resultou nesta dissertação. Também, pela efetiva orientação, ensino e convívio profissional.

Ao Professor Paulo Dilkin, coorientador deste trabalho, pelos conselhos e valiosas correções dos trabalhos desenvolvidos como etapas deste programa de mestrado.

A Adisseo do Brasil Nutrição Animal Ltda., pelo suporte na aquisição dos equipamentos que foram essenciais para execução deste estudo e pelas análises laboratoriais.

Ao amigo Roberto Montanhini Neto, que por várias vezes me auxiliou desde o início deste trabalho com o projeto de pesquisa até a conclusão com esta dissertação. O seu apoio conferiu um caráter mais científico a esta dissertação e aos artigos que foram ou serão publicados como resultado geral deste trabalho. Seu auxílio foi essencial também nas análises estatísticas e discussão dos resultados.

A Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda., pelas análises laboratoriais dos aminoácidos industriais que foram utilizados como indicadores.

Ao amigo Savério André Dadalt, com quem muito aprendi durante os anos de trabalho em conjunto na Cooperativa Central Aurora Alimentos. Posso dizer que, quase tudo o que sei sobre fábricas de rações aprendi com esta pessoa espiritualmente desenvolvida, honesta e trabalhadora, cuja simplicidade esconde conhecimentos de uma vida profissional dedicada ao trabalho e aprendizado autodidata em fábricas de rações.

A DSM Nutritional Products Ltd., pelas análises de vitamina B<sub>2</sub>.

A Universidade Federal de Santa Maria, professores e funcionários que compõem esta estrutura de ensino público.

Ao Professor Enio Junior Seidel do Departamento de Estatística do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM, pelas orientações e discussão de algumas das análises estatísticas empregadas nesse trabalho.

Aos colegas de trabalho da Cooperativa Central Aurora Alimentos, César, Alessandro, Rodrigo, Giovani, Cristiano, Douglas, Leandro, Alcione, Marcelo, Arlindo e demais que de

alguma forma auxiliaram na execução deste trabalho que é muito importante para mim. Meu sincero muito obrigado.

Aos colegas do LAMIC, Adriano, Alexandro, Maurício, Francis, Luciane, Marília, Andressa, Fernanda, Mara, Camila, Elisiane, Fabiana e demais com os quais convivi. O trabalho com vocês proporcionou-me novos aprendizados e novos amigos.

Ao colega Oendel Dala Costa, que com o seu conhecimento em desenvolvimento de sistemas computacionais aceitou a proposta de desenvolvimento de uma ferramenta que, apesar de inicialmente simples pode gerar novos trabalhos futuros e grande repercussão.

Aos meus irmãos Angela, Amauri e Ana Paula. As escolhas profissionais que fiz me distanciaram de vocês e dos nossos Pais, mas o laço que nos une é eterno. Agradeço à Patrícia e à Sofia, vocês também fazem parte da minha família. Lembrar-me de todos vocês me motiva e ameniza a saudade que sinto.

Finalmente, agradeço aos meus pais, Marins e Neusa, que educaram a mim e meus irmãos para que tenhamos uma vida honesta. Seus exemplos e palavras valem para a vida toda e nada foi em vão. A educação é o maior bem que vocês nos deram.

Quem comete uma injustiça é sempre mais infeliz que o injustiçado.

Onde não há igualdade, a amizade não perdura.

O castigo dos bons que não fazem política é ser governado pelos maus.

(Platão)

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária  
Universidade Federal de Santa Maria

### **UNIFORMIDADE DE MISTURA DAS RAÇÕES E SEU EFEITO NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

Autor: Alexandre Gomes da Rocha  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann  
Santa Maria, 23 de Junho de 2014.

Objetivou-se comparar diferentes indicadores utilizados no controle de qualidade para a determinação da eficiência de mistura de rações, e realizaram-se análises de correlações entre os métodos analíticos utilizados na mensuração dos indicadores empregados. Em etapa complementar, avaliou-se o efeito da falta de homogeneidade de mistura das rações sobre o desempenho de frangos de corte. Na primeira etapa, após análise da eficiência do equipamento de mistura foram comparados nove indicadores de eficiência de mistura seca e dois de mistura úmida. Nos testes de eficiência de mistura constataram-se valores inconstantes do coeficiente de variação (CV) após o tempo necessário para atingir CV inferior a 5%. Na comparação de indicadores de mistura seca, cinco destes apresentaram coeficientes de variação (CVs) médios menores do que 5% e no teste comparação de indicadores de mistura úmida, com um dos indicadores obteve-se este resultado. Nas análises de correlações não se observaram valores expressivos que justifiquem o emprego de métodos alternativos de análises dos indicadores. Na segunda etapa, frangos de corte foram criados em quatro fases produtivas, com rações com CVs entre 5,35 e 49,48%, e foram avaliados o desempenho zootécnico e a uniformidade dos pesos destes animais. Os resultados obtidos indicaram que rações com CVs até 22,63%, não causam efeitos sobre o desempenho zootécnico dos frangos de corte com idade superior a 12 dias. A falta de uniformidade das rações, com CV até 49,48%, não afeta a uniformidade dos pesos dos frangos de corte durante o crescimento e no momento do abate. Concluindo o estudo, foi desenvolvido um sistema computacional orientativo para avaliações de eficiência de mistura em equipamentos industriais de produção de rações.

**Palavras-chave:** Homogeneidade. Coeficiente de Variação. Dispersão de Sólidos. Aminoácidos Industriais. Microminerais. Microtracers<sup>®</sup>. Frangos de Corte. Dispersão de Pesos. Peso de Abate.

## **ABSTRACT**

Master's Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária  
Universidade Federal de Santa Maria

### **FEED MIX UNIFORMITY AND ITS EFFECT ON PERFORMANCE OF BROILERS**

Author: Alexandre Gomes da Rocha

Adviser: Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann

Santa Maria, June 23, 2014.

The aim of this study was to compare different indicators used on quality control to access the feed mixture uniformity, and were made correlation analysis between the analytical methods used to measure de indicators employed. On a following step, it was evaluated the effect of lack of feed mixture homogeneity on performance of broilers. In the first step, after the analysis of feed mixer efficiency, nine indicators of dry mixture efficiency and two for wet mixture were compared. On the mixer efficiency tests were observed inconstant values of coefficient of variation (CV) after the time needed to achieve CV below 5%. On the comparison of the indicators of dry mixture, five of them presented mean coefficients of variation (CVs) less than 5%, and on the wet mixture indicators comparison test one indicator presented this result. On the correlation analysis, no expressive results were observed, and then the use of alternative methods on the analysis of the indicators can't be justified by this means. On the second step, broilers were reared in four productive phases, with diets with CVs between 5.35 e 49.48%, and were evaluated performance and uniformity of weights of these animals. The obtained results showed that the diets with CVs up to 22.63% cause no effects on the performance of broilers with age above than 12 days. The lack of uniformity of the diets with CV up to 49.48%, don't affect the uniformity of weights of broilers during the rearing period and at slaughter. Concluding the study, it was developed a computer system to guide evaluations of mixture efficiency on industrial equipment of feed production.

**Key-words:** Homogeneity. Coefficient of Variation. Solids Dispersion. Industrial Aminoacids. Minor Minerals. Microtracers<sup>®</sup>. Broilers. Weighs' Dispersion. Slaughter Weight.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – 1A - Misturador utilizado nos testes de eficiência de mistura e para comparação dos indicadores. Porta para adição de ingredientes e inspeção (A), porta para limpeza e coleta de amostras (B), dispositivo para abertura da comporta de descarga (C), sistemas de injeção de líquidos, um com 2 bicos com orifício de saída de 1,50 mm (D), um com 2 bicos com orifício de saída de 0,71 mm (E) e outros dois com 2 bicos com orifício de saída de 0,61 mm em cada (F e G), quadro de comando com cronômetro regressivo (H) e manivela para acionamento manual do eixo (I). 1B - Tubo em inox (J) e caneca com capacidade para 40 gramas de ração (K) para coletar as amostras nos locais 7, 8, 9 e 10.....23
- Figura 2 – Locais (marcados por números) das coletas das amostras demonstrados em figura esquemática do misturador utilizado para produzir as rações para os testes de eficiência de mistura e de comparação dos indicadores. Vista superior (A) e corte b1 – b2 (B). .....27
- Figura 3 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl (A), DL-Metionina (B) e L-Treonina (C) após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura seca. Local é referente aos locais descritos na figura 2. ....32
- Figura 4 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de ácido hidroxila DL-Metionina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura úmida. Local é referente aos locais descritos na figura 2. ....33
- Figura 5 – Fitas *Quantab Chlorine Titrators* utilizadas em 10 amostras descritas no item 1.2.5. B1-1, B1-3 e B1-9 com picos de leitura ocultos sob o número da escala. B1-10 com pico de leitura mais pontiagudo do que os demais.....45
- Figura 6 – Sonda para coleta de amostras de dentro do misturador. Recipiente para coleta da amostra (A), tampa desacoplável (B) e haste de metal (C). .....53
- Figura 7 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 1 dia de idade. A – 30 segundos de mistura da ração. B – 60 segundos de mistura da ração. C – 90 segundos de mistura da ração. D – 120 segundos de mistura da ração.....69
- Figura 8 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 12 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 38,85%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 20,43%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 10,74%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 7,46%.....69
- Figura 9 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 21 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 49,84%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 22,63%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 8,92%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,41% .....70
- Figura 10 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 33 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 34,83%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 11,88%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 9,78%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,35%.....71
- Figura 11 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 40 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 40,82%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 10,01%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 10,77%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,83%.....72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição das rações utilizadas para os testes de eficiência de mistura seca (Composição 1), de comparação dos indicadores de mistura seca (Composição 2), de eficiência de mistura úmida (Composição 3), de comparação dos indicadores de mistura úmida (Composição 4) e características físicas dos ingredientes. ....	26
Tabela 2 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura seca.....	31
Tabela 3 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de ácido hidroxila DL-Metionina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura úmida. ....	31
Tabela 4 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl 99%, DL-Metionina, L-Treonina, zinco, manganês, cobre, vitamina B <sub>2</sub> , Microtracers <sup>®</sup> F-Red e cloro após 65 segundos de mistura seca em cinco ciclos. Médias dos coeficientes de variação dos cinco ciclos e probabilidades dos testes de homogeneidade de variâncias. ....	35
Tabela 5 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl 50% e ácido hidroxila DL-Metionina após 65 segundos de mistura úmida em cinco ciclos. Médias dos coeficientes de variação dos cinco ciclos e probabilidades dos testes de homogeneidade de variâncias. ....	35
Tabela 6 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Treonina após 65 segundos de mistura seca e após 65 segundos de mistura úmida (composições 2 e 4 – Tabela 1) em cinco ciclos de mistura. Média dos coeficientes de variação dos cinco ciclos. ....	37
Tabela 7 – Análises de regressão entre cloretos solúveis por titulometria e cloro por fitas do método <i>Quantab Chlorine Titrators</i> e entre os coeficientes de variação dos cinco ciclos de mistura calculados com os resultados analíticos de ambos os métodos. ....	45
Tabela 8 – Médias dos resultados analíticos por HPLC e por equipamento NIRS dos indicadores L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina, e estatísticas NIRS do modelo de calibração do equipamento para estes indicadores. ....	46
Tabela 9 – Análises de regressão entre HPLC e NIRS dos resultados analíticos de L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina em 50 amostras. ....	47
Tabela 10 – Composições das rações, em quilogramas de ingredientes por tonelada, utilizadas para alimentação dos frangos de corte de acordo com a fase de criação. ....	54
Tabela 11 – Frações bromatológicas calculadas das rações utilizadas para as fases 1, 2, 3 e 4. Os teores de aminoácidos são os totais. Os resultados estão apresentados em porcentagem (%) da matéria natural. ....	55
Tabela 12 – Frações bromatológicas analisadas das rações utilizadas para as fases 1, 2, 3 e 4 conforme os tratamentos aplicados. Os resultados estão apresentados em porcentagem (%) da matéria natural. ....	56
Tabela 13 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 1 (1 – 12 dias de idade).....	60
Tabela 14 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 2 (13 – 21 dias de idade).....	61
Tabela 15 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 3 (22 – 33 dias de idade).....	63
Tabela 16 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 4 (34 – 40 dias de idade).....	64

Tabela 17 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte no período total de produção (1 – 40 dias de idade).	65
Tabela 18 – Médias, coeficientes de variação médios, e valores de curtose e assimetria médios das distribuições dos pesos das aves nos dias 1, 12, 22, 33 e 40, de acordo com os tratamentos aplicados no dia 1 e de acordo com os coeficientes de variação das rações nos demais dias.....	68
Tabela 19 – Modelo de tabela do programa orientativo, para digitação dos resultados analíticos dos indicadores e cálculo dos CVs de cada ciclo de mistura.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Carbono
CA	Conversão alimentar
CCu	Cloreto de cobre
Cl <sup>-</sup>	Íon cloro
cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CR	Consumo de ração
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
CVs	Coefficientes de variação
DGM	Diâmetro geométrico médio
DL-HMTBA	Ácido hidroxila DL-Metionina
DML	DL-Metionina
DPG	Desvio padrão geométrico
Fe	Ferro
g	Gramma
GP	Ganho de peso
H	Hidrogênio
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
I	Iodo
kg	Quilograma
L	Litro
LLL	L-Lisina HCl 50%
LLP	L-Lisina HCl 99%
LT	L-Treonina
m	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MFB	Microtracer <sup>®</sup> F-Blue
MFR	Microtracer <sup>®</sup> F-Red
mg	Miligramma
MJ	Mega joule
MLR	Regressão linear múltipla
µm	Micrômetro
Mn	Manganês
MPLS	Quadrados mínimos parciais modificado
N	Nitrogênio
NaCl	Cloreto de sódio
NIRS	Espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo
nm	Nanômetro
O	Oxigênio
Π	Pi
PH	Peso hectolitro
PLS	Quadrados mínimos parciais
PPG	Número de partículas por grama
r	Coefficiente de correlação
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
rpm	Revoluções por minuto
s	Segundo

Se	Selênio
SE	Erro padrão da estimativa
SEC	Erro padrão de calibração
SECV	Erro padrão de validação cruzada
SMn	Sulfato de manganês
SZn	Sulfato de zinco
t	Tonelada
VB2	Vitamina B <sub>2</sub>
Viab.	Viabilidade
Vit.	Vitamina
Zn	Zinco

## **ANEXOS**

Anexo A – Carta de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais – UFSM.....	87
---	----

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
Objetivos.....	19
1. COMPARAÇÃO DE DIFERENTES INDICADORES UTILIZADOS NO CONTROLE DE QUALIDADE PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE MISTURA DE RAÇÕES.....	20
1.1. Introdução .....	20
1.2. Materiais e métodos .....	22
1.2.1. Equipamentos.....	22
1.2.2. Indicadores .....	24
1.2.3. Produção das rações .....	25
1.2.3.1. Sequência de adição dos ingredientes .....	25
1.2.4. Coleta das amostras – teste de eficiência de mistura seca .....	27
1.2.5. Coleta das amostras – teste de comparação dos indicadores de mistura seca.....	28
1.2.6. Coleta das amostras – teste de eficiência de mistura úmida .....	28
1.2.7. Coleta das amostras – teste de comparação dos indicadores de mistura úmida.....	28
1.2.8. Análises laboratoriais dos indicadores .....	29
1.2.9. Cálculos e análises estatísticas .....	29
1.3. Resultados e discussão .....	30
1.4. Conclusões .....	39
2. ANÁLISES DE CORRELAÇÕES ENTRE CLORETOS SOLÚVEIS OBTIDOS POR TITULOMETRIA E CLORO OBTIDOS PELO MÉTODO <i>QUANTAB</i> E ENTRE RESULTADOS ANALÍTICOS DOS AMINOÁCIDOS INDUSTRIAIS POR HPLC E NIRS .....	40
2.1. Introdução .....	40
2.2. Materiais e métodos .....	42
2.2.1. Amostras .....	42
2.2.2. Equipamentos.....	43
2.2.3. Análises laboratoriais.....	43
2.2.4. Procedimentos de calibração e análises .....	43
2.2.5. Análises estatísticas.....	44
2.3. Resultados e discussão .....	44
2.4. Conclusões .....	48
3. DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES COM DIFERENTES HOMOGENEIDADES REPRESENTADAS PELOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO .....	49
3.1. Introdução .....	49
3.2. Materiais e métodos .....	50
3.2.1. Animais .....	50
3.2.2. Rações .....	51
3.2.3. Análises estatísticas.....	57
3.3. Resultados e discussão .....	57
3.4. Conclusões .....	76
4. INTERFACE COMPUTACIONAL ORIENTATIVA PARA AVALIAÇÕES DE EFICIÊNCIA DE MISTURA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES.....	77
REFERÊNCIAS .....	80

## INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento que as rações representam a maior parte do custo na produção animal. Na indústria avícola estima-se que pelo menos 70% dos custos de produção sejam da alimentação. Na produção de aves de corte são expressivos os cuidados empregados com as concentrações dos nutrientes das rações, pois se sabe o efeito biológico que as deficiências causam. Além disso, com a pesquisa e seleção genética houve melhora na taxa de crescimento, rendimento de carcaça e eficiência alimentar a índices não imagináveis até pouco tempo atrás. Por outro lado, mesmo que seja notório que o processamento das rações com alta qualidade impactará diretamente no ganho de peso e conversão alimentar dos animais, historicamente os investimentos neste segmento são menores se comparados à indústria de processamento de carnes, embora o custo com o processamento das rações represente uma porção pouco significativa do custo final das rações. O custo total do processamento das rações é composto pelos custos em algumas unidades de operação, tais como recebimento, moagem, dosagem, mistura, peletização, expedição e entrega (KÖSTER, 2003).

Durante muitos anos a agroindústria utilizou grãos de cereais e farelos de oleaginosas com baixa eficiência, pois tais *commodities* tinham preços relativamente baixos. Entretanto, os altos custos recentes destes ingredientes estimularam reavaliações da maioria dos processos empregados no passado, e também, alternativas que auxiliassem a reduzir os custos com a alimentação dos animais (HANCOCK et al., 1997).

Os nutricionistas frequentemente se referem a três diferentes rações: aquela calculada que está no papel, a ofertada aos animais e a última que é realmente consumida. Esta frase foi originalmente pensada em termos de eficiência de mistura (STOKES, 1997).

Apesar de existirem pesquisas sobre este processo, a mistura de ingredientes é como uma arte, e embora o seu uso seja amplamente difundido, ainda há uma total falta de compreensão dos fundamentos que envolvem a mistura (HALL; FARRALL; RIPPEN, 1986).

A mistura ocorre por mecanismos físicos de movimento das partículas, que são a convecção, a difusão e o cisalhamento. A convecção é o movimento com o qual grupos de partículas são deslocados uns em relação aos outros, permitindo que uma mistura parcial ocorra em grandes escalas. A difusão ocorre quando partículas se movem individualmente em relação às demais, promovendo a mistura fina. O cisalhamento ocorre quando há a formação

de camadas no interior da massa e a mistura realiza-se devido à troca de partículas entre camadas adjacentes (LACEY, 1954).

Quando qualquer partícula muda a sua trajetória de circulação, então ocorre a mistura. Se o movimento das partículas, relativo às outras, ocorrer apenas na camada superficial, então esta será a única região na qual a mistura ocorrerá. Se duas partículas idênticas trocarem de posições, esta mistura será inútil. A mistura eficiente ocorre apenas quando partículas diferentes trocam de posições ou percorrem caminhos diferentes (DONALD; ROSEMAN, 1962).

Misturar materiais granulares é um processo complexo, no qual os componentes são distribuídos aleatoriamente pelo movimento caótico das partículas. As misturas são produzidas em equipamentos de diferentes tipos, formas de componentes de mistura e parâmetros tecnológicos. Normalmente as rações são compostas por vários ingredientes com propriedades físicas diferentes, então a mistura eficiente frequentemente pode ser muito difícil (ZAWIĞŁAK; GROCHOWICZ; SOBCZAK, 2011).

Há grandes diferenças entre as propriedades das partículas, tais como densidade, forma e características de superfície (carga eletrostática), que podem dificultar o processo de mistura. Fatores adicionais que podem afetar o processo de mistura são o ângulo de repouso, a fluidez, a friabilidade, a aglomeração e a umidade das partículas. A ausência relativa de forças adesivas ou coesivas nas partículas está relacionada ao tamanho e à umidade das mesmas (PERRY; GREEN; MALONEY, 1984).

A segregação, que é a tendência que as partículas têm de se separar de acordo com o tamanho e/ou densidade é um problema que geralmente ocorre em misturas de partículas sólidas. As partículas mudam a sua posição relativa dentro da massa em resposta ao movimento, e um arranjo subsequente pode ser mais aleatório ou pode haver uma tendência à segregação. O processo de mistura de partículas com frequência pode ser prontamente reversível, pois componentes eficientemente misturados podem ser separados quase completamente em estágios subsequentes (HARNBY; EDWARDS; NIENOW, 1985). A segregação ocorre devido a diferenças no tamanho, densidade, forma e elasticidade das partículas. A diferença no tamanho é a mais importante e em certos casos a densidade tem relativa importância. Forma e elasticidade das partículas geralmente têm menor efeito sobre este processo (WILLIAMS, 1976).

É improvável que ocorra segregação em misturas de partículas menores do que 10  $\mu\text{m}$ , porque à medida que o tamanho das partículas diminui as forças de separação entre as partículas são menos dominantes e as forças de ligações interpartículas, tais como Wan der

Waals, eletrostáticas ou ligações pela umidade se tornam mais significantes. Partículas sólidas com tamanho maior do que 75  $\mu\text{m}$  tendem a fluir livremente. Em um componente sólido fluído, as partículas têm uma alta mobilidade individual e são propensas a segregar. A adição de pequenas quantidades de líquidos pode transformar uma mistura altamente segregável em uma mistura coesiva e que dificilmente irá segregar (HARNBY et al., 1985).

Os processos de mistura e segregação não podem ser tratados separadamente em processos que envolvem partículas sólidas. A qualidade da mistura final é determinada pela importância relativa destes dois mecanismos (HARNBY et al., 1985).

A mistura de ingredientes ou a dispersão de uma fase em outra é um processo importante em muitas operações de produção pecuária, e na maioria dos processos de mistura o objetivo é produzir uma distribuição aleatória das partículas utilizando o mínimo de energia, no menor tempo possível (RIELLY et al., 1994). Portanto, as fábricas de rações consomem energia e tempo se misturam as rações além do necessário. Entretanto, se as rações não estiverem eficientemente misturadas, algumas porções podem conter concentrações diferentes de nutrientes. Estas variações podem causar perdas econômicas e também aumentar a ocorrência de resíduos indesejados de produtos veterinários (BARASHKOV et al., 2007).

A mistura é um processo aleatório no qual o fluxo dos materiais é sistematicamente distribuído e reorganizado infinitamente (SOMMERS, 1981). A resultante distribuição das partículas ou componentes pode ser descrita estatisticamente. Normalmente a expressão da qualidade da mistura visa indicar a variação que existe entre frações da mistura, a qual se relaciona com uma mistura perfeita. O coeficiente de variação (CV) pode ser utilizado como expressão da qualidade da mistura. Depois de um tempo infinito, a concentração de um nutriente ou indicador em qualquer fração da mistura será completamente uniforme, portanto, o CV será igual a zero. Quando a concentração em um ponto arbitrário é igual à média, o estado desta mistura é chamado de homogêneo (NAGATA, 1975). Uma mistura eficiente será aquela com a máxima uniformidade possível dentro do mesmo ciclo, e com ciclos sucessivos também uniformes.

O coeficiente de variação, em porcentagem, pode ser calculado por:

$$CV (\%) = \left( \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}}{\bar{x}} \right) \cdot 100$$

Onde:

CV = coeficiente de variação (%);

$x_i$  = valor de cada observação;

$\bar{x}$  = média aritmética das observações;

n = número de observações.

A mistura perfeita será aquela na qual qualquer amostra retirada do todo terá exatamente a mesma composição, o que essencialmente nunca ocorre (WILLIAMS, 1976).

### **Objetivos:**

- a) avaliar a eficiência de um equipamento de mistura e comparar diferentes indicadores utilizados no controle de qualidade para determinação da eficiência de mistura de rações.
- b) analisar a correlação dos resultados entre cloretos solúveis com o método de titulometria e do íon cloro com as análises rápidas por fitas e a correlação dos resultados dos aminoácidos industriais entre cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS).
- c) avaliar o efeito de rações com diferentes homogeneidades, representadas pelos coeficientes de variação, sobre o desempenho de frangos de corte.
- d) desenvolver uma interface computacional para orientar avaliações de eficiência de mistura em equipamentos industriais de produção de rações.

# 1. COMPARAÇÃO DE DIFERENTES INDICADORES UTILIZADOS NO CONTROLE DE QUALIDADE PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE MISTURA DE RAÇÕES

## 1.1. Introdução

O aumento das demandas por qualidade e as tendências da racionalização e da mecanização dos processos de mistura conduziram à elaboração de critérios científicos para comparar a eficiência dos misturadores (LINDLEY, 1991).

Devido à falta de praticidade para avaliar a homogeneidade de cada nutriente de uma ração, o uso de ingredientes naturalmente constituintes das rações (indicadores internos) ou indicadores intencionalmente adicionados (indicadores externos) para avaliá-la é uma prática difundida (EISENBERG, 1992). O processo de mistura em plantas de produção de rações pode ser validado ao testar um ou mais microingredientes adicionados às rações, com inclusões de até 100 gramas por tonelada. Os resultados analíticos podem ser indicativos da eficiência de mistura dos demais ingredientes (EISENBERG, 2004). Assim, ao avaliar a eficiência de um misturador, as amostras coletadas deverão conter um indicador predefinido. Ao selecionar um indicador para testar a eficiência de mistura algumas características devem ser avaliadas, tais como acurácia da análise laboratorial, facilidade e custo de análise, ingrediente de uso comum e que esteja presente em um único ingrediente da mistura (CLARK; BEHNKE; POOLE, 2007).

Recomendam-se avaliações da eficiência de mistura quando ocorrem mudanças drásticas nas composições das rações ou quando se deseja melhorias do desempenho dos animais (CIFTCI; ERCAN, 2003). Na maioria dos países os testes de eficiência de mistura são realizados pelo menos uma vez ao ano, satisfazendo assim os requisitos de garantia da qualidade. Na Alemanha, Holanda e França estes requisitos são aplicados integralmente e grandes esforços têm sido despendidos para desenvolver procedimentos de alta confiabilidade. Isso inclui estudos para validar vários indicadores, tais como medicamentos, aminoácidos, vitaminas, microminerais, metil violeta e Microtracers<sup>®</sup> (EISENBERG, 2004).

De acordo com o *FDA Regulatory Guidelines*, FDA (1990), todos os equipamentos utilizados para produção de rações medicadas devem ter a capacidade de produzir misturas

eficientes, com a concentração pretendida dos produtos veterinários utilizados. No Brasil, entre as exigências para implantação da Instrução Normativa 65 de 21 de Novembro de 2006, há o seguinte critério a ser observado no estudo de validação do procedimento de limpeza de equipamentos: eficiência do misturador, cujo coeficiente de variação não pode ser superior a 5%. Coeficientes de variação superiores a 5% deverão ser investigados e corrigidos. A avaliação da eficiência de mistura pode ser conduzida por meio de indicadores indiretos, tais como Microtracers<sup>®</sup>, microminerais e outros (BRASIL, 2009).

Até o momento não existe um procedimento padronizado que atenda os requisitos de precisão, segurança, custo e utilidade necessários para ser aceitável, mas está claro que, à medida que os órgãos regulatórios publicam documentos que exigem a validação dos equipamentos de mistura, é urgente e indispensável que as indústrias produtoras de rações entrem em consenso de quais são o nível de homogeneidade necessário e o método que será utilizado para mensurá-la (BEHNKE, 1996a;1996b).

Embora o tempo de mistura seja considerado o principal fator que afeta a eficiência de mistura, outros fatores tais como o tamanho das partículas dos ingredientes, uso e desgaste dos componentes de mistura do equipamento, limpeza e modelo do misturador, número de giros em um ciclo de mistura, velocidade dos helicóides, pás, ou roscas elevadoras, amostragem e escolha do indicador também podem influenciar. Portanto, um tempo de mistura específico não é aconselhável para todos os equipamentos (CIFTCI; ERCAN, 2003; CLARK et al., 2007).

Na prática o tempo ótimo de mistura deve ser aquele no qual foi obtida uma distribuição aleatória das partículas, considerando os erros decorrentes da amostragem e das análises. Presumindo que estes processos são independentes, então a variação total será expressa pela soma das variações da imperfeição da mistura, da amostragem, do erro analítico e do erro puro (STANIFORTH, 1982). Em uma equação podemos expressar da seguinte forma:

$$\sigma^2 = \sigma_M^2 + \sigma_S^2 + \sigma_A^2 + \sigma_P^2$$

Onde:

$\sigma^2$  = variância total;

$\sigma_S^2$ ,  $\sigma_A^2$  e  $\sigma_P^2$  = variâncias da amostragem, do erro analítico, e do erro puro, respectivamente;

$\sigma_M^2$  = variância da imperfeição da mistura.

A melhor maneira de estabelecer um tempo correto de mistura é fazendo um teste de eficiência do misturador (HERRMAN; BEHNKE, 1994). Os testes de eficiência são exclusivos para cada misturador e devem ser conduzidos periodicamente em cada equipamento para assegurar que os tempos de mistura empregados estão adequados (GROESBECK et al., 2007).

## **1.2. Materiais e métodos**

### **1.2.1. Equipamentos**

Utilizou-se um misturador de pás (modelo MHI-002 P, Clam<sup>®</sup> Indústria e Comércio Ltda., Faxinal dos Guedes – SC – Brasil) com único eixo, com capacidade para 50,26 L, com diâmetro e comprimento de 40 cm e redução de saída de 35 rpm (Figura 1). Nos sistemas de injeção de líquidos os bicos são para *spray* tipo leque em ângulo aberto. Considerando o peso hectolitro dos ingredientes (Tabela 1) e a inclusão porcentual de cada um destes, o peso hectolitro calculado das composições 1 e 2 corresponde a 818 g/L, e das composições 3 e 4 corresponde a 820 g/L, que resultam em 61% de preenchimento para as composições 1 e 3 e 54% de preenchimento do volume total do equipamento nas composições 2 e 4.

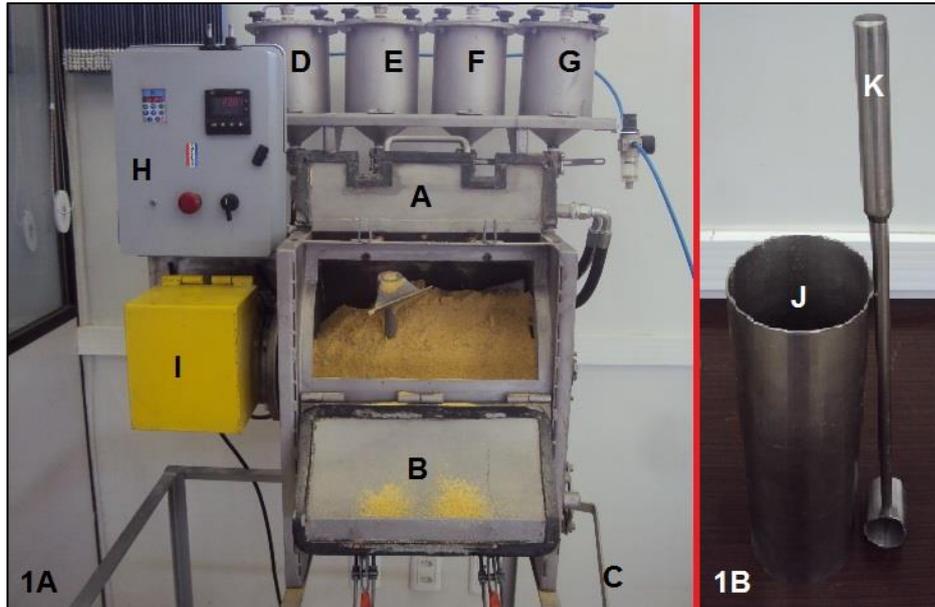


Figura 1 – 1A - Misturador utilizado nos testes de eficiência de mistura e para comparação dos indicadores. Porta para adição de ingredientes e inspeção (A), porta para limpeza e coleta de amostras (B), dispositivo para abertura da comporta de descarga (C), sistemas de injeção de líquidos, um com 2 bicos com orifício de saída de 1,50 mm (D), um com 2 bicos com orifício de saída de 0,71 mm (E) e outros dois com 2 bicos com orifício de saída de 0,61 mm em cada (F e G), quadro de comando com cronômetro regressivo (H) e manivela para acionamento manual do eixo (I). 1B - Tubo em inox (J) e caneca com capacidade para 40 gramas de ração (K) para coletar as amostras nos locais 7, 8, 9 e 10.

Utilizou-se uma balança com capacidade para 25 kg (precisão de 5 gramas) para pesagem dos macroingredientes e uma balança com capacidade para 0,32 kg (precisão de 0,001 gramas) para pesagem dos microingredientes. Para determinação do diâmetro geométrico médio (DGM) e do desvio padrão geométrico (DPG) das partículas dos ingredientes e das rações foi utilizado um agitador eletromagnético para peneiras da marca Bertel<sup>®1</sup> a 480 vibrações por minuto durante 10 minutos de agitação. Empregou-se um “kit” peso hectolitro Motomco<sup>®2</sup> com volume de 0,25 L e balança com capacidade para 10 kg (precisão de 2 gramas) para mensurar o peso hectolitro (PH) dos ingredientes.

<sup>1</sup> Agitador eletromagnético para peneiras redondas. Bertel Indústria Metalúrgica Ltda. Caieiras – SP – Brasil. [www.bertel.com.br](http://www.bertel.com.br)

<sup>2</sup> Kit peso hectolitro. Motomco Mundi Indústria, Comércio, Importação e Exportação Ltda. Cuiabá – MT – Brasil. [www.motomco.com.br](http://www.motomco.com.br)

### 1.2.2. Indicadores

Para o teste de eficiência de mistura seca foram utilizados como indicadores os aminoácidos industriais L-Lisina HCl 99% (LLP), DL-Metionina (DLM) e L-Treonina (LT). Para o teste de comparação dos indicadores de mistura seca foram utilizados Microtracer<sup>®</sup>F-Red<sup>1</sup> (MFR), sulfato de manganês (SMn), cloreto de cobre (CCu), sulfato de zinco (SZn), vitamina B<sub>2</sub> (VB2) e cloreto de sódio (NaCl), além dos indicadores utilizados no teste de eficiência de mistura seca.

Para o teste de eficiência de mistura úmida foi utilizado como indicador o ácido hidroxila DL-Metionina (DL-HMTBA). Para o teste de comparação dos indicadores de mistura úmida foram utilizados DL-HMTBA e o aminoácido industrial L-Lisina HCl 50% (LLL). Ambos, DL-HMTBA e LLL foram previamente diluídos em água na proporção 50:50 (v/v), pois em testes preliminares sem a diluição em água observou-se que não ocorria injeção em formato de leque e o tempo de injeção ficou reduzido.

O indicador LLP foi previamente peneirado no conjunto de peneiras 595 µm, 297 µm e prato, e apenas a fração retida na peneira 297 µm (DGM de 420 µm calculado com o GranuCalc<sup>2</sup>) foi utilizada para produção das rações. O NaCl foi previamente peneirado no conjunto de peneiras 420 µm, 297 µm e prato e apenas a fração retida na peneira 297 µm (DGM de 353 µm calculado com o GranuCalc) foi utilizada para o teste de comparação dos indicadores.

O SMn, CCu, SZn e VB2 estavam no premix vitamínico mineral utilizado na inclusão de 1,9 kg de premix por tonelada de ração, correspondendo às inclusões de 165,4 gramas de SMn, 23,6 gramas de CCu, 244,3 gramas de SZn e 8,6 gramas de VB2 por tonelada de ração. Foram calculados teores nas rações de 51,3 mg/kg, 13,7 mg/kg, 85,5 mg/kg e 6,8 mg/kg de manganês, cobre, zinco e VB2, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Microtracer<sup>®</sup>F-Red. Micro-Tracers, Inc. San Francisco – CA – USA. [www.microtracers.com](http://www.microtracers.com)

<sup>2</sup> Aplicativo para o cálculo do diâmetro geométrico médio (DGM) e do desvio padrão geométrico (DPG) de partículas de ingredientes. Núcleo de Tecnologia da Informação – NTI. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia – SC – Brasil. [www.cnpsa.embrapa.br/?ids=Uf4p62k3z](http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=Uf4p62k3z)

### 1.2.3. Produção das rações

As quantidades dos ingredientes das rações foram calculadas de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2011), para frangos de corte machos de desempenho superior com 13 a 22 dias de idade, com 13 MJ/kg de energia metabolizável, conforme a tabela 1.

Todos os ingredientes foram pesados manualmente. O milho moído, farelo de soja, farinha de carne e ossos, óleo de soja, DL-HMTBA e LLL foram adicionados diretamente no misturador. Os demais ingredientes foram previamente adicionados em um recipiente de vidro com tampa e submetidos a uma pré-mistura com movimentos de rotação durante 2 minutos, reproduzindo o efeito de um misturador de tambor rotativo, e por fim adicionados ao misturador.

#### 1.2.3.1. Sequência de adição dos ingredientes

Para as avaliações de mistura seca adicionaram-se os ingredientes ao misturador na sequência: milho moído, farelo de soja e farinha de carne e ossos. Ligou-se o misturador durante as dez primeiras revoluções do eixo para a distribuição destes ingredientes. Com o equipamento funcionando, adicionaram-se os demais ingredientes sólidos pré-misturados. Para as avaliações de mistura úmida, esta sequência foi repetida, seguida de 65 segundos de mistura seca, injeção sequencial do óleo de soja, LLL e DL-HMTBA por 20, 7 e 8 segundos, respectivamente, totalizando 35 segundos apenas para injeção dos ingredientes líquidos.

Tabela 1 – Composição das rações utilizadas para os testes de eficiência de mistura seca (Composição 1), de comparação dos indicadores de mistura seca (Composição 2), de eficiência de mistura úmida (Composição 3), de comparação dos indicadores de mistura úmida (Composição 4) e características físicas dos ingredientes.

Ingrediente	Composição 1 (g)	Composição 2 (g)	Composição 3 (g)	Composição 4 (g)	Características físicas			
					DGM <sup>12</sup>	DPG <sup>13</sup>	PPG <sup>14</sup>	PH <sup>15</sup>
Milho moído	14.865,22	13.090,77	14.834,72	13.054,56	603	1,60	3.824	0,828
Farelo de soja moído	8.150,00	7.172,00	8.150,00	7.172,00	620	1,81	4.076	0,756
Farinha de carne e ossos	650,00	572,00	650,00	572,00	611	1,69	3.998	0,782
Óleo de soja degomado	900,00	792,00	900,00	792,00	-	-	-	-
Calcário calcítico	127,50	112,20	127,50	112,20	241	1,95	3.998	1,982
Sal granulado iodado	115,00	101,20	115,00	101,20	353	1,00	3.712	1,458
P. vitamínico mineral <sup>1</sup>	47,50	41,80	47,50	41,80	237	2,29	6.892	1,169
L-Lisina HCl 99% <sup>2</sup>	36,35	31,90	-	-	420	1,00	6.638	0,685
L-Lisina HCl 50% <sup>3</sup>	-	-	55,00	48,40	-	-	-	-
DL-Metionina 99% <sup>4</sup>	50,75	44,66	-	-	273	2,39	7.039	0,994
DL-HMTBA <sup>5</sup>	-	-	62,50	55,00	-	-	-	-
L-Treonina 98% <sup>6</sup>	20,25	17,82	20,25	17,82	108	1,72	18.712	0,945
Cloreto de colina 60%	14,40	-	14,40	12,67	594	1,52	4.769	0,674
Protease <sup>7</sup>	3,12	2,75	3,12	2,75	360	1,88	7.474	0,719
Fitase <sup>8</sup>	2,50	2,20	2,50	2,20	821	1,21	3.619	0,643
Xilanase+betaglucanase <sup>9</sup>	1,25	1,10	1,25	1,10	513	2,12	5.474	0,680
Antioxidante <sup>10</sup>	3,75	3,30	3,75	3,30	266	2,61	5.714	1,257
Anticoccidiano <sup>11</sup>	12,50	11,00	12,50	11,00	413	1,50	4.329	1,068
Microtracers <sup>®</sup> F-Red	-	1,10	-	-	-	-	25.000	-
Total	25.000,00	22.000,00	25.000,00	22.000,00	-	-	-	-

<sup>1</sup>Premix vitamínico mineral - concentrações por kg: vit. A (4.275 KUI), vit. D<sub>3</sub> (1.395 KUI), vit. E (22.500 mg), vit. K<sub>3</sub> (1.350 mg), vit. B<sub>1</sub> (1.350 mg), vit. B<sub>2</sub> (3.600 mg), vit. B<sub>6</sub> (1.800 mg), vit. B<sub>12</sub> (9.900 µg), ácido pantotênico (9.000 mg), niacina (18.000 mg), ácido fólico (900 mg), biotina (76.500 µg), Cu (7.200 mg), Fe (27.000 mg), Mn (27.000 mg), I (450 mg), Zn (45.000 mg) e Se (180 mg). <sup>2</sup>AjiLys<sup>®</sup> 99. <sup>3</sup>AjiLys<sup>®</sup> 64. <sup>4</sup>Rhodimet<sup>®</sup> NP 99 (Ácido 2-amino-4(metil)io) butanóico). <sup>5</sup>Rhodimet<sup>®</sup> AT 88 (Ácido 2-hidróxi-4(metil)io) butanóico). <sup>6</sup>L-Threonine 98%. <sup>7</sup>Poultrygrow TM 250. <sup>8</sup>Ronozyme<sup>®</sup> HiPhos (M). <sup>9</sup>Rovabio<sup>®</sup> Excel AP. <sup>10</sup>Feedguard<sup>®</sup>. <sup>11</sup>Maxiban<sup>®</sup> 80 80. <sup>12</sup>Diâmetro geométrico médio. <sup>13</sup>Desvio padrão geométrico. <sup>14</sup>Número de partículas por grama. <sup>15</sup>Peso hectolitro.

#### 1.2.4. Coleta das amostras – teste de eficiência de mistura seca

Coletaram-se as amostras de dentro do misturador de acordo com as recomendações de EISENBERG (1992), nos locais indicados na figura 2.

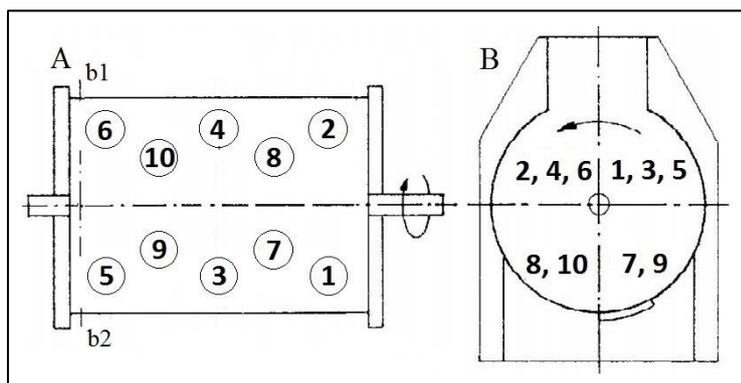


Figura 2 – Locais (marcados por números) das coletas das amostras demonstrados em figura esquemática do misturador utilizado para produzir as rações para os testes de eficiência de mistura e de comparação dos indicadores. Vista superior (A) e corte b1 – b2 (B).

Após o término da adição dos microingredientes conforme o item 1.2.3.1 realizou-se a mistura. Após 20 segundos o misturador foi desligado para a coleta de 10 amostras de 40 gramas de ração cada. Para coletar as amostras nos locais 7, 8, 9 e 10 foi introduzido um tubo de inox de extremidades abertas com 11 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento (Figura 1B-J) até o fundo do misturador. Do interior do tubo removeu-se a porção superior até chegar próximo à base do misturador, com uma caneca de inox (Figura 1B-K) coletou-se a amostra e a ração removida foi devolvida ao tubo. Após o término das coletas neste tempo o equipamento foi acionado para dar continuidade ao processo de mistura dos mesmos ingredientes. O procedimento de coleta foi repetido para 35, 50, 65, 80, 95, 110, 125, 140 e 155 segundos de mistura. Para cada tempo, somando as 10 amostras, foram retirados 0,4 kg de ração do misturador.

#### 1.2.5. Coleta das amostras – teste de comparação dos indicadores de mistura seca

Produziram-se cinco novos ciclos de mistura sucessivos de rações com 65 segundos de mistura seca para comparar os indicadores e para avaliar a uniformidade entre os ciclos, utilizando a composição 2 detalhada na tabela 1. O cloreto de colina não foi utilizado nesta composição para não interferir na análise dos íons cloro no teste do *Quantab Chlorine Titrators*<sup>1</sup>.

O procedimento de adição dos ingredientes foi o descrito no item 1.2.3.1. Depois de terminada a adição dos microingredientes foi iniciada a contagem do tempo de mistura e aos 65 segundos o misturador foi desligado para a coleta das amostras. As amostras foram coletadas nos locais descritos na figura 2. De cada um dos locais (1, 2, 3, 4, 5, e 6) foram coletadas 7 amostras, 6 com 160 gramas cada e 1 com 40 gramas. Em seguida removeu-se uma camada de ração até o nível de 5 cm abaixo do eixo do misturador e realizou-se a coleta do mesmo número e massa de amostras de cada um dos outros locais (7, 8, 9 e 10).

#### 1.2.6. Coleta das amostras – teste de eficiência de mistura úmida

O procedimento de adição dos ingredientes foi o descrito no item 1.2.3.1. A contagem do tempo de mistura iniciou-se após a adição do DL-HMTBA. O procedimento de coleta de amostras foi o mesmo empregado no teste de eficiência de mistura seca (item 1.2.4).

#### 1.2.7. Coleta das amostras – teste de comparação dos indicadores de mistura úmida

Foram produzidos cinco novos ciclos de mistura sucessivos de rações com 65 segundos de mistura úmida para comparar os indicadores e para avaliar a uniformidade ente os ciclos, utilizando a composição 4 detalhada na tabela 1.

---

<sup>1</sup> Quantab® Chloride Titrator. Hach Co. Loveland – CO – USA. [www.hach.com](http://www.hach.com)

O procedimento de adição dos ingredientes foi o descrito no item 1.2.3.1. O procedimento de coleta de amostras foi o mesmo empregado no teste de comparação dos indicadores de mistura seca (item 1.2.5).

#### 1.2.8. Análises laboratoriais dos indicadores

As análises para quantificação dos aminoácidos industriais LLP, DLM, LT e LLL foram realizadas conforme o método L257 do Official Journal of the European Communities (COMMUNITIES, 1998)<sup>1</sup>. As análises de cobre, manganês e zinco foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com o método 968.03 (A.O.A.C., 2005)<sup>2</sup>. As análises de VB2 foram realizadas conforme o método descrito por SCHÜEP; STEINER (1988)<sup>3</sup>. As análises de cloro foram realizadas de acordo com o método descrito por CLARK (2006), utilizando os tituladores *Quantab Chlorine Titrator* (baixa variação, de 30 a 600 mg/kg de Cl<sup>-</sup> equivalentes a 0,005 a 0,100% como NaCl)<sup>4</sup>. As análises de MFR foram realizadas conforme o método descrito por DJURAGIC et al. (2009)<sup>5</sup>. As análises de DL-HMTBA foram realizadas de acordo com o método descrito por ONTIVEROS; SHERMER; BERNER (1987)<sup>6</sup>. As análises de todos os indicadores foram feitas sem repetição, e os resultados utilizados com base na matéria natural.

#### 1.2.9. Cálculos e análises estatísticas

Os dados foram analisados com o pacote estatístico Statgraphics Centurion XV (MANUGISTICS, 1995). Aplicou-se procedimento de análise de dados variáveis com comparação de múltiplas amostras para obtenção dos coeficientes de variação (CVs) dos grupos de amostras. Para os testes de eficiência de mistura seca e úmida o tempo de mistura

---

<sup>1</sup> Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda.. [www.lisina.com.br](http://www.lisina.com.br)

<sup>2</sup> CBO Análises Laboratoriais. Campinas – SP, Brasil. [www.analiselaboratorial.com.br](http://www.analiselaboratorial.com.br)

<sup>3</sup> Analytical Research Center (ARC) – DSM Nutritional Products Ltd. Basel, Suíça.

<sup>4</sup> Laboratório de Análises Micotoxicológicas (LAMIC). Santa Maria – RS, Brasil. [www.lamic.ufsm.br](http://www.lamic.ufsm.br)

<sup>5</sup> Laboratório RMN Vet. Curitiba – PR, Brasil.

<sup>6</sup> Adisseo do Brasil Nutrição Animal Ltda. Santa Maria – RS, Brasil. [www.adisseo.com](http://www.adisseo.com)

foi o fator de agrupamento dos resultados analíticos e para os testes de comparação dos indicadores o ciclo de mistura foi o fator de agrupamento dos resultados analíticos.

Na análise dos resultados aplicou-se o procedimento de análise de homogeneidade de variâncias de Levene, para detectar possíveis diferenças entre os ciclos de mistura dentro de cada indicador.

Com os CVs dos cinco ciclos de mistura de cada indicador realizou-se o teste não paramétrico de comparação de medianas de Kruskal-Wallis, para detectar o indicador que apresentou o menor CV. Os dados não apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P > 0,05$ ).

Com os CVs do indicador LT dos testes de comparação de indicadores de mistura seca e mistura úmida realizou-se um teste de comparação de médias para verificar se houve redução do CV após a mistura úmida.

Por fim realizou-se uma análise de regressão com múltiplos fatores para detectar possíveis correlações entre os indicadores.

O número de partículas por grama foi calculado com a equação:

$$PPG = \frac{6}{(PH \cdot \pi \cdot DGM)}$$

Onde:

PPG = número de partículas por grama;

6 = constante para partículas cúbicas;

PH = peso hectolitro ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$\pi = 3,14159265358979$ ;

DGM = diâmetro geométrico médio das partículas (cm).

### 1.3. Resultados e discussão

Segundo HERRMAN; BEHNKE (1994), fatores tais como tamanho, forma, densidade, carga estática das partículas, sequência de adição e quantidade dos ingredientes, modelo, limpeza e desgaste do misturador e tempo de mistura determinam a dispersão dos ingredientes em uma ração. Neste estudo as características relativas ao misturador, sequência

de adição dos ingredientes e o tempo de mistura foram comuns para todos os indicadores avaliados.

Nos testes de eficiência do misturador o tempo de 65 segundos de mistura foi considerado o mínimo necessário para obter CV menor ou igual a 5%, tanto para mistura seca quanto para mistura úmida (Tabelas 2 e 3 – Figuras 3 e 4).

Tabela 2 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura seca.

Indicador	Tempo de mistura (segundos)									
	20	35	50	65	80	95	110	125	140	155
L-Lisina HCl	8,05	5,39	3,59	6,17	3,20	6,15	4,96	4,52	5,67	3,54
DL-Metionina	6,43	5,49	5,12	6,11	4,40	5,06	3,80	3,59	4,65	3,52
L-Treonina	9,02	4,62	5,65	3,11	1,91	2,31	2,13	2,27	2,11	2,12

Tabela 3 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de ácido hidroxila DL-Metionina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura úmida.

Indicador	Tempo de mistura (segundos)									
	20	35	50	65	80	95	110	125	140	155
DL-HMTBA <sup>1</sup>	12,80	8,48	5,81	3,91	3,99	3,29	3,73	5,26	3,46	4,71

<sup>1</sup>DL-HMTBA – Ácido hidroxila DL-Metionina.

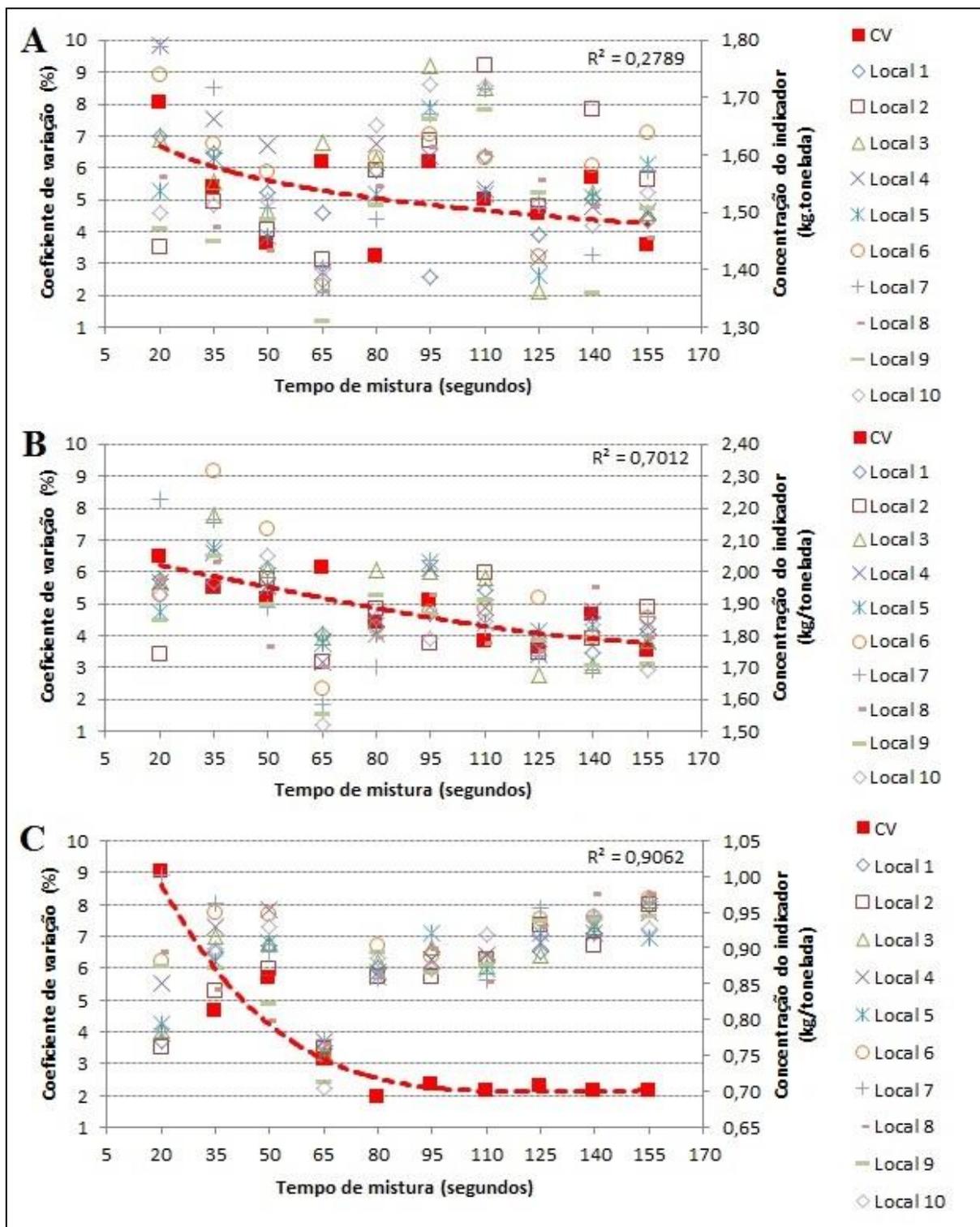


Figura 3 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl (A), DL-Metionina (B) e L-Treonina (C) após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura seca. Local é referente aos locais descritos na figura 2.

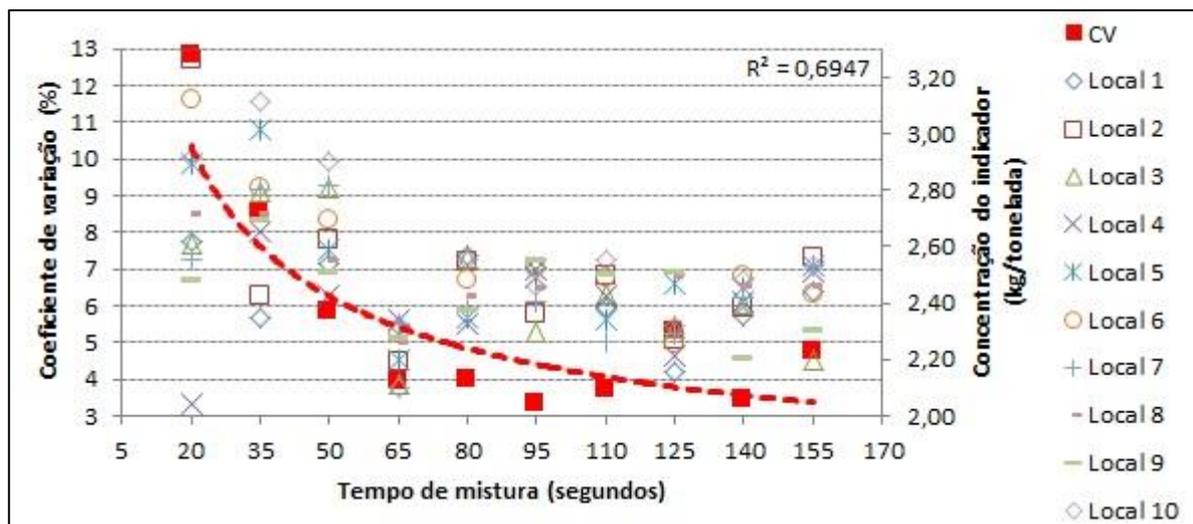


Figura 4 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de ácido hidroxila DL-Metionina após diferentes tempos no mesmo ciclo de mistura da ração para o teste de eficiência de mistura úmida. Local é referente aos locais descritos na figura 2.

Observou-se redução gradual do CV nos testes de eficiência de mistura nos tempos de 20, 35 e 50 segundos (Tabela 2), em seguida apresentando inconstância nos resultados do CV nos demais tempos, tanto para LLP quanto para DLM. O comportamento do indicador LT foi semelhante, exceto pelo CV aos 35 segundos de mistura. Graficamente as inconstâncias podem ser observadas na figura 3. CLARK et al. (2007), com um misturador horizontal de helicóide dupla fita constataram que os aminoácidos industriais LLP e DLM também apresentaram redução do CV ao longo do tempo e CV menor do que 10% depois de 300 segundos de mistura.

Com a mesma variação analítica de 3%, a amplitude da variação dos resultados dos CVs pode ter relação inversa com o número de partículas por grama destes três indicadores (Tabela 1), pois LLP, DLM e LT têm, respectivamente, 6.638, 7.039 e 18.712 partículas por grama, com amplitudes de variação do CV de mistura (a partir de 50 segundos de mistura) de 2,97, 2,59 e 1,20 pontos percentuais, respectivamente para estes indicadores.

A caracterização das partículas é o ponto chave para entender a homogeneidade das misturas, e estas informações ainda não foram completamente compreendidas na indústria de produção de rações. A distribuição final do indicador na mistura e, portanto, a sua homogeneidade é afetada pelo tamanho e densidade das partículas (ALLEN, 1997; CLARK et al., 2007).

No teste de eficiência de mistura úmida, o indicador DL-HMTBA apresentou redução gradual no CV até 65 segundos de mistura (Tabela 3), quando atingiu CV de 3,91%. Após este tempo de mistura os resultados foram inconstantes (Figura 4), assim como os observados no teste de eficiência de mistura seca, indicando que aumentos do tempo não são traduzidos em maior eficiência de mistura.

De acordo com BARASHKOV et al. (2007), a interpretação dos resultados deve ser feita comparando o CV obtido entre as amostras com o CV analítico do método, o qual é o esperado entre análises repetidas da mesma amostra. Para um indicador qualquer, se o CV analítico de 2% pode ser obtido, então este deve ser o alvo de CV de mistura, e da mesma forma, se o menor CV analítico possível for de 15%, este deverá ser o limite para considerar uma ração eficientemente misturada.

CVs analíticos entre 5 e 8% para minerais, de 5% ou menos para aminoácidos industriais e entre 2 e 3% para microtracers foram relatados por BARASHKOV et al. (2007). Neste estudo o CV analítico estimado para VB2 é de 10% (SCHÜEP; STEINER, 1988), para aminoácidos industriais é de 3%<sup>1</sup>, para cobre e zinco é de 20%<sup>2</sup> e para manganês é de 15%<sup>2</sup>. Coeficientes de variação analíticos entre 2 e 3% para minerais são válidos apenas se as análises forem feitas em matérias-primas, como por exemplo, os óxidos e sulfatos de manganês e zinco.

Analisando todos os resultados de CVs médios do teste de comparação de indicadores do presente estudo (Tabelas 4 e 5), apenas com o CCu e a VB2 não se atingiu um CV abaixo de 10%. Observa-se pelos testes de homogeneidade de variâncias, com todos os indicadores, que não houve diferenças significativas entre os cinco ciclos de mistura dentro de cada indicador, comprovando a eficiência de mistura em ciclos sucessivos. Na comparação dos indicadores de mistura seca os menores CVs foram obtidos com os indicadores LT, DLM e NaCl e na comparação dos indicadores de mistura úmida não houve diferença entre os indicadores avaliados.

---

<sup>1</sup> Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda.

<sup>2</sup> CBO Análises Laboratoriais.

Tabela 4 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl 99%, DL-Metionina, L-Treonina, zinco, manganês, cobre, vitamina B<sub>2</sub>, Microtracers®F-Red e cloro após 65 segundos de mistura seca em cinco ciclos. Médias dos coeficientes de variação dos cinco ciclos e probabilidades dos testes de homogeneidade de variâncias.

Indicador	Ciclo de mistura					Média <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5		
Vitamina B <sub>2</sub>	30,18	26,35	22,98	17,56	7,67	20,95 <sup>a</sup>	0,370
Cobre	19,32	8,25	13,29	14,77	17,50	14,63 <sup>a</sup>	0,370
Microtracers®F-Red	8,30	6,35	6,16	9,42	7,95	7,64 <sup>b</sup>	0,584
Manganês	5,04	7,29	5,83	6,88	6,29	6,27 <sup>bc</sup>	0,913
L-Lisina HCl 99%	5,37	4,26	4,86	4,83	4,13	4,69 <sup>d</sup>	0,846
Zinco	4,90	3,85	3,33	5,04	4,67	4,36 <sup>d</sup>	0,742
Cloro	3,19	5,88	6,22	3,70	3,19	4,44 <sup>cde</sup>	0,343
DL-Metionina	3,34	2,84	5,51	4,67	3,54	3,98 <sup>de</sup>	0,288
L-Treonina	3,91	2,56	2,53	3,61	2,91	3,11 <sup>de</sup>	0,451

<sup>1</sup>Médias dos CVs dos cinco ciclos de mistura. Letras diferentes na coluna indicam que há diferença (P<0,05) entre as medianas pelo teste de Kruskal-Wallis. <sup>2</sup>Teste de homogeneidade de variâncias de Levene. Valor de P≥0,05 indica que não há diferença entre os desvios padrões dos cinco ciclos de mistura para o mesmo indicador.

Tabela 5 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Lisina HCl 50% e ácido hidroxila DL-Metionina após 65 segundos de mistura úmida em cinco ciclos. Médias dos coeficientes de variação dos cinco ciclos e probabilidades dos testes de homogeneidade de variâncias.

Indicador	Ciclo de mistura					Média <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5		
DL-HMTBA <sup>3</sup>	6,39	6,93	4,91	3,01	3,48	4,94 <sup>a</sup>	0,244
L-Lisina HCl 50%	7,26	3,62	5,07	7,03	4,25	5,45 <sup>a</sup>	0,628

<sup>1</sup>Médias dos CVs dos cinco ciclos de mistura. Letras diferentes na coluna indicam que há diferença (P<0,05) entre as medianas pelo teste de Kruskal-Wallis. <sup>2</sup>Teste de homogeneidade de variâncias de Levene. Valor de P≥0,05 indica que não há diferença entre os desvios padrões dos cinco ciclos de mistura para o mesmo indicador.

<sup>3</sup>DL-HMTBA - Ácido hidroxila DL-Metionina.

Ao verificar-se a quantidade de NaCl analisada constatamos que a média total das 50 amostras (Item 1.2.5) foi equivalente a 5,4 kg/t, sendo que foram adicionados 4,6 kg/t. As análises dos ingredientes milho moído, farelo de soja, farinha de carne e ossos e calcário calcítico como mesmo método indicaram que o milho moído e a farinha de carne e ossos contribuíram com 8,96% e 4,95% do total de cloro quantificado, respectivamente, e a soma de ambos corresponderia a adição de sal de 0,7 kg/t de ração, embora HERRMAN; BEHNKE

(1994) em seu estudo tenham desconsiderado que o cloro analisado estava presente em outros ingredientes constituintes da ração.

De acordo com CLARK et al. (2007), o indicador LLP também contém o íon cloro e tem o potencial de distorcer a interpretação dos resultados de CV como parâmetro de avaliação da eficiência de mistura. Ainda, segundo HERRMAN; BEHNKE (1994), o sal tem algumas características interessantes para a sua escolha como indicador, tais como custo e facilidade de análise, maior densidade do que a maioria dos ingredientes e forma cúbica. Se o equipamento misturar homogeneamente o sal, os outros ingredientes constituintes das rações não representarão problema durante a mistura.

Os resultados de CVs do estudo de MCCOY et al. (1994), em um misturador horizontal com único eixo de helicóide dupla fita com 53 rpm, 142 L de capacidade e carga de 86 kg foram de 13,13% para Microtracers<sup>®</sup> e 8,69% para NaCl com 35 revoluções completas do eixo do misturador (correspondente a 40 segundos de mistura). Os CVs obtidos neste estudo foram entre 6,16% e 9,42% com MFR e entre 3,19% e 6,22% com NaCl (Tabela 4) com 38 revoluções do eixo (35 rpm por 65 segundos).

CLARK et al. (2007), trabalhando com um misturador Sprout Waldron de helicóide dupla fita, com capacidade para 454 kg e rações com 600 µm de DGM, coletando as amostras após o misturador (a ração passou por rosca transportadora, elevador e silo de ensaque), com tempos de mistura seca e tempo de mistura úmida (0 + 30; 60 + 90; 120 + 180 segundos) que somados resultaram em 30, 150 e 300 segundos obtiveram CVs de 36,25%, 20,80% e 17,59%, respectivamente para manganês e 21,77%, 11,72% e 15,08%, respectivamente para Microtracers<sup>®</sup>.

No presente estudo os maiores resultados dos CVs obtidos foram 7,29 e 9,42% para manganês e MFR, respectivamente (Tabela 4), com avaliação apenas da mistura seca com 65 segundos. Estes valores são menores se comparados com os obtidos por CLARK et al. (2007), o que pode ser devido aos locais de coleta dentro do misturador neste estudo, ração com DGM de 562 µm, e ao fato de não haver melhoras significativas do CV de mistura após a adição de líquidos naquele estudo. Este último fato pode ser constatado nos resultados descritos na tabela 6, na qual se observa que não houve melhora no CV do indicador LT após a adição de líquidos e mistura durante 65 segundos adicionais. De acordo com AMORNTHEWAPHAT; BEHNKE; HANCOCK (1998), a eficiência de mistura é melhorada (menor CV) quando o DGM das partículas é reduzido, e quando há transporte com queda livre ocorre segregação das partículas e isso aumenta o CV das rações.

O CV para LT após a mistura úmida foi significativamente maior do que o CV após a mistura seca (Tabela 6), demonstrando a inconstância do CV após atingir o valor mínimo. Apesar de serem amostras provenientes composições diferentes, evidenciadas pelos ingredientes líquidos e sólidos equivalentes, os demais ingredientes e procedimentos empregados foram idênticos para ambas as avaliações.

Tabela 6 – Coeficientes de variação (%) dos resultados analíticos de L-Treonina após 65 segundos de mistura seca e após 65 segundos de mistura úmida (composições 2 e 4 – Tabela 1) em cinco ciclos de mistura. Média dos coeficientes de variação dos cinco ciclos.

Indicador	Ciclo de mistura					Média <sup>1</sup>
	1	2	3	4	5	
L-Treonina – mistura seca	3,91	2,56	2,53	3,61	2,91	3,11 <sup>b</sup>
L-Treonina – mistura seca + úmida	4,10	4,12	4,45	3,69	4,11	4,09 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias dos CVs dos cinco ciclos de mistura. Letras diferentes na coluna indicam que há diferença ( $P < 0,05$ ) entre as médias pelo teste F.

As concentrações médias obtidas nas rações de 64,9 mg/kg, 22,4 mg/kg e 116,9 mg/kg de manganês, cobre e zinco, respectivamente, foram maiores do que os valores calculados de 51,3 mg/kg, 13,7 mg/kg e 85,5 mg/kg. Ao analisar os ingredientes milho moído, farelo de soja e farinha de carne e ossos constatou-se que a soma de cada mineral nestes três ingredientes contribuiu com 16,4 mg/kg, 7,2 mg/kg e 42,7 mg/kg nos teores de manganês, cobre e zinco, respectivamente, justificando os valores divergentes dos esperados e demonstrando que estes microminerais estão presentes em mais de um ingrediente constituinte da ração. De acordo com PFOST et al. (1966), não se deve utilizar um indicador cujo teor analítico terá contribuição de outros ingredientes além do próprio indicador.

Na comparação dos indicadores de eficiência de mistura seca (Tabela 4), observa-se que os maiores resultados de CVs foram obtidos com os indicadores de menores inclusões, que foram VB2, CCu, MFR e SMn, com inclusões de 8,6, 23,6, 50,0 e 165,4 g/t, respectivamente. Estes dados demonstram que a quantidade utilizada do indicador é uma decisão muito importante em avaliações de eficiência de mistura, sendo que, quanto menor a inclusão do indicador, maiores serão os CVs.

Na análise dos CVs de DL-HMTBA e LLL não houve diferença entre os indicadores de mistura úmida (Tabela 5). Convém ressaltar que um sistema de injeção de líquidos que

forme leques bem definidos em toda a superfície da massa e o tempo de injeção suficiente para pelo menos três revoluções do eixo do misturador são essenciais para uma mistura eficiente de ingredientes líquidos em misturas de partículas sólidas.

A utilização de indicadores externos, tais como MFR, é uma prática comum, até mesmo em avaliações de eficiência de mistura úmida. Estes indicadores permitem uma avaliação indireta da eficiência de mistura quando comparados com os indicadores internos, que têm mecanismos de adição específicos e apresentam como benefício serem nutrientes constituintes das rações. Porém, segundo EISENBERG (1992), uma vantagem do MFR é que a análise pode ser feita no local de produção das rações. Isso pode ser especialmente útil quando diagnósticos de problemas de mistura necessitam de respostas rápidas.

Resultados de institutos europeus têm apresentado uma boa correlação entre alguns microingredientes utilizados em testes de eficiência de mistura. O custo, facilidade de uso e familiaridade com os vários indicadores e seus métodos de análise têm sido os critérios mais importantes na escolha do indicador (EISENBERG, 2004). Neste estudo detectamos correlações moderadas entre os resultados analíticos de LLP e DLM (0,58), entre LLP e LT (0,53), entre DLM e LT (0,39) e entre DL-HMTBA e LLL (0,54). Todas as outras correlações foram abaixo de 0,29, de acordo com os coeficientes de correlação de Pearson. As maiores correlações ocorreram entre os indicadores analisados com a mesma metodologia, e com CVs analíticos de 3%, demonstrando que a variação analítica é um fator importante nas avaliações de eficiência de mistura.

As análises de eficiência de mistura podem fornecer informações para prevenir ou detectar possíveis problemas que podem ocorrer no misturador, tais como irregularidade do tamanho das partículas do ingrediente alvo, incrustamento, desgaste ou quebra dos elementos de mistura, enchimento acima ou abaixo dos níveis recomendados, sequência de adição dos ingredientes e tempo de mistura inadequado (CLARK et al., 2007).

Neste estudo avaliou-se com as mesmas condições experimentais os resultados da eficiência de mistura com onze indicadores. Verificou-se que a mistura por tempo prolongado não produzirá uma mistura perfeita, devido a variações da imperfeição da mistura, da amostragem, do erro analítico e do erro puro. A escolha dos indicadores é crucial para avaliações de eficiência de mistura, destacando-se positivamente aqueles com menores CVs analíticos, maior número de PPG, maiores inclusões por tonelada e presentes em um único ingrediente constituinte das rações. Sempre que possível, as coletas de amostras deverão ser feitas de dentro do misturador, pois os equipamentos transportadores podem causar segregação, e a avaliação da eficiência do equipamento de mistura pode ser prejudicada. As

avaliações de eficiência de mistura seca e úmida devem ser conduzidas separadamente, com indicadores de características físicas adequadas para tais.

#### **1.4. Conclusões**

Com base nos resultados deste estudo, em testes de eficiência de mistura, após obter CV de 5% os demais resultados foram inconstantes, demonstrando a necessidade de ajustes exatos da variável tempo.

Pela presença de manganês, cobre, zinco e cloro como constituintes naturais dos ingredientes, é possível afirmar que o uso de SMn, CCu, SZn e NaCl como indicadores, para avaliações de eficiência de misturas de rações pode induzir a erros nas interpretações dos resultados.

Recomenda-se a utilização dos indicadores LLP, DLM, LT e MFR para mistura seca e HMTBA e LLL para mistura úmida no controle de qualidade de eficiência de mistura de rações.

## 2. ANÁLISES DE CORRELAÇÕES ENTRE CLORETOS SOLÚVEIS OBTIDOS POR TITULOMETRIA E CLORO OBTIDOS PELO MÉTODO *QUANTAB* E ENTRE RESULTADOS ANALÍTICOS DOS AMINOÁCIDOS INDUSTRIAIS POR HPLC E NIRS

### 2.1. Introdução

O NaCl é um ingrediente comum na maioria das rações para animais de produção, portanto os íons sódio e cloro podem ser utilizados como indicadores analíticos. As análises do conteúdo de tais íons podem ser realizadas por várias técnicas, tais como as químicas e os testes rápidos de titulação com fitas. O primeiro método é trabalhoso e requer estrutura e pessoas qualificadas. O segundo método é simples, rápido e barato (CIFTCI; ERCAN, 2003). Entre os métodos de titulação com fitas destaca-se o teste do *Quantab Chlorine Titrators* que fornece resultados de concentração de NaCl comparáveis àqueles obtidos com análises laboratoriais tradicionais (WILCOX; UNRUH, 1986).

A cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) é um dos métodos analíticos mais utilizados para fins qualitativos e quantitativos. A cromatografia é um método físico-químico de separação fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido às interações entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária. A grande variedade de combinações entre fases móveis e estacionárias a torna uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação (DEGANI; CASS; VIEIRA, 2011; TONHI et al., 2002). A técnica de cromatografia líquida para análise de aminoácidos livres emprega uma resina de troca iônica, e a detecção dos aminoácidos é realizada por colorimetria após a reação com ninidrina pós-coluna (CARREIRA et al., 2002).

Os métodos tradicionais de análises bromatológicas, tais como a cromatografia, têm sido amplamente utilizados, no entanto, são métodos demorados e de custo elevado. Como método alternativo, tem-se a espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (NIRS), que é um método potencialmente preciso, não destrutivo e capaz de prever características relevantes (ALOMAR; MONTERO; FUCHSLOCHER, 1999).

O uso da técnica de NIRS aplica-se também em análises farmacêuticas para identificação e avaliação da qualidade de matérias primas, análise de várias propriedades de

drágeas, de produtos injetáveis, para determinação da homogeneidade de pomadas entre outras aplicações (EL-HAGRASY et al., 2001).

Os aparelhos de NIRS emitem luz da região do espectro eletromagnético entre 700 e 2.500 nm. Aliados a um software estatístico, permitem a identificação, qualificação e quantificação de compostos orgânicos nos alimentos. A técnica baseia-se no princípio de que diferentes ligações químicas na matéria orgânica absorvem ou emitem luz em comprimentos de onda diferentes quando a amostra é irradiada (SALIBA et al., 2003).

Para utilizar equipamentos NIRS em análises qualitativas ou quantitativas de misturas, o indicador a ser detectado deve conter grupos C-H-, N-H-, e O-H-. Estas combinações de elementos químicos são encontradas em todos os materiais orgânicos e absorvem a radiação NIRS (KEHLENBECK, 2011).

Ao se desenvolver uma calibração, relacionam-se às informações espectrais com as informações de referência (composição química), definindo o tratamento matemático dos dados, o segmento do espectro a incluir e o método de regressão a empregar (FONTANELI et al., 2002). Os espectros e os valores de referência são utilizados para calibrar os equipamentos NIRS, com espectros de leituras de pelo menos 60 amostras. Estas amostras então são analisadas por métodos de referência, e são chamadas de amostras de calibração. Para criar uma calibração, uma correlação matemática pode ser estabelecida entre estes dois grupos de dados. E esta correlação pode ser feita por várias técnicas, tais como regressão linear múltipla (MLR) e quadrados mínimos parciais (PLS). Cada uma destas técnicas estabelece uma correlação matemática entre a variação dos resultados espectrais do NIRS com a variação do parâmetro analisado pela técnica convencional. A correlação pode então ser utilizada para prever os valores em novas amostras com teores desconhecidos (INTERNATIONAL, 2005).

O software WinISI<sup>®</sup>, INTERNATIONAL (1999), estima a precisão da predição com um processo de validação cruzada, o qual utiliza o mesmo conjunto de amostras que era previamente utilizado para calibração. Neste método cada amostra da calibração terá o seu valor predito, e conjuntos de predição são feitos removendo uma amostra (ou mais) de calibração fixa, e o processo é repetido até que todas as amostras tenham um ciclo em um conjunto de predição. O erro, portanto, representará uma estimativa da precisão de predição. A habilidade da predição do software geralmente é avaliada por parâmetros como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o erro padrão de predição ou calibração (SEC) (CAMPESTRINI, 2005).

A estratégia local de calibração com o WinISI<sup>®</sup> demanda que, para cada amostra desconhecida ser predita, uma equação específica seja obtida de um grupo de amostras selecionado do banco de dados, com base na semelhança dos seus respectivos espectros, aumentando o grau de precisão nas predições (CAMPESTRINI, 2005). Após ter as calibrações prontas, poucos minutos seriam necessários para ter resultados de um ou mais constituintes, os quais precisariam de dias para ser analisados por métodos convencionais de química úmida. Devido a esta rapidez e a possibilidade de fazer várias análises simultaneamente, aumentou o interesse no uso da técnica de análises por NIRS (KHANDAKER; KHALEDUZZAMAN, 2012).

Conduziu-se esta etapa do trabalho para avaliar a correlação entre os resultados de cloretos solúveis obtidos por titulometria e os resultados de cloro pelo método *Quantab Chlorine Titrators* e para avaliar a correlação dos resultados analíticos de aminoácidos industriais por HPLC e por NIRS.

## **2.2. Materiais e métodos**

### 2.2.1. Amostras

As amostras do item 1.2.5 com o indicador NaCl foram utilizadas para as análises de cloro com as fitas *Quantab Chlorine Titrators* e para as análises de cloretos solúveis.

Utilizaram-se como amostras de calibração no equipamento NIRS aquelas descritas no item 1.2.4, com os indicadores LLP, DLM e LT. As amostras descritas no item 1.2.5 foram utilizadas após a obtenção das curvas de calibração, das quais foram obtidos os resultados por HPLC e por NIRS. Com os resultados de ambos os métodos realizaram-se as análises de regressão.

### 2.2.2. Equipamentos

Utilizou-se um moinho Marconi<sup>®</sup> MA090/CF<sup>1</sup> com rotor vertical com 4 martelos fixos, com peneira de aço inox com aberturas de 1 milímetro para moagem das amostras que foram analisadas no equipamento NIRS.

Para leituras por NIRS utilizou-se um equipamento FOSS<sup>®</sup> XDS 2.500<sup>2</sup>, com faixa de comprimento de onda de 400 a 2.500 nm, e leituras a cada 2 nm.

### 2.2.3. Análises laboratoriais

As análises de cloretos solúveis foram realizadas de acordo com o Método de Mohr, descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (LUTZ, 2005)<sup>3</sup>. As análises de LLP, DML e LT foram realizadas conforme descrito no item 1.2.8.

### 2.2.4. Procedimentos de calibração e análises

Após coletadas, as 100 amostras descritas no item 1.2.4 foram moídas e escaneadas no equipamento NIRS com o software ISIScan<sup>®4</sup>. Os espectros foram armazenados até o recebimento dos resultados das análises por HPLC. Em seguida aplicou-se o procedimento de Quadrados Mínimos Parciais Modificado (MPLS) com o Software WinISI<sup>®</sup> (INTERNATIONAL, 1999), com o qual se obtiveram as curvas de calibração para os aminoácidos industriais LLP, DLM e LT. O modelo desenvolvido com o algoritmo MPLS e os dados espectrais foram processados pelo método matemático mais adequado. A validação foi testada pelo próprio software, com o método de validação cruzada, e permitiu o cálculo de erros de predição dos dados, que foram o erro padrão de calibração (SEC) e o erro padrão de validação cruzada (SECV).

---

<sup>1</sup> Marconi Equipamentos para Laboratórios Ltda. Piracicaba – SP, Brasil. [www.marconi.com.br](http://www.marconi.com.br)

<sup>2</sup> FOSS – Denmark. [www.foss.dk](http://www.foss.dk)

<sup>3</sup> Centro de Qualidade Analítica Ltda. Campinas – SP, Brasil. [www.cqa.com.br](http://www.cqa.com.br)

<sup>4</sup> ISIScan<sup>®</sup> [www.winisi.com/product\\_isiscan.htm](http://www.winisi.com/product_isiscan.htm)

Nas curvas do equipamento NIRS foram analisadas as 50 amostras descritas no item 1.2.5 (LLP, DLM e LT) para comparação com os resultados obtidos por HPLC.

#### 2.2.5. Análises estatísticas

Aplicou-se o procedimento de análise de regressão simples com único fator sobre os resultados analíticos. Para os modelos que tiveram significância são apresentadas as equações de predição.

Na regressão do indicador NaCl o resultado analítico de cloretos solúveis foi considerado a variável dependente e o resultado obtido com o método de análise por fitas foi considerado a variável independente.

Para os aminoácidos industriais o resultado analítico de cada indicador obtido por HPLC foi considerado a variável dependente e o resultado obtido da curva de calibração do equipamento NIRS foi considerado a variável independente.

### 2.3. Resultados e discussão

Não houve correlação significativa ( $P > 0,454$ ) entre os resultados analíticos de cloretos solúveis pelo método de titulometria e os resultados de cloro analisados com as fitas do método *Quantab Chlorine Titrators* (Tabela 7). Os CVs calculados com os resultados analíticos obtidos pelos dois métodos também não apresentaram correlação significativa ( $P > 0,480$ ). As variações obtidas neste estudo podem ser relativas à escala de leitura das fitas do método *Quantab Chlorine Titrators*, pois em alguns casos o pico de leitura pode ficar oculto sob o número ou a escala das fitas, ou o formato do pico pode ser diferente entre as fitas, dificultando a leitura exata pelo analista (Figura 5).

CIFTCI; ERCAN (2003) compararam os resultados de cloro obtidos por métodos analíticos tradicionais com aqueles obtidos com o teste rápido com fitas Merckquant e concluíram que os valores médios absolutos do NaCl (após a conversão de  $\text{Cl}^-$  em NaCl) foram menores ( $P < 0,001$ ) com o método Merckquant (0,342 vs 0,482%), justificando que as diferentes bases analíticas entre os métodos podem ter ocasionado tais resultados. No mesmo

estudo (CIFTCI; ERCAN, 2003), consideraram que os CVs obtidos com os resultados analíticos foram similares ( $P < 0,0009$ ) entre os dois métodos, com alto coeficiente de correlação ( $r = 0,92$ ), indicando que o método Merckquant pode ser utilizado para determinar a homogeneidade de mistura com o NaCl como indicador.

Tabela 7 – Análises de regressão entre cloretos solúveis por titulometria e cloro por fitas do método *Quantab Chlorine Titrators* e entre os coeficientes de variação dos cinco ciclos de mistura calculados com os resultados analíticos de ambos os métodos.

Indicador	Modelo	P	r	R <sup>2</sup>	SE
Titulometria / <i>Quantab</i>	Linear	0,4542	-0,1083	1,1723	0,0400
Coefficientes de variação	Linear	0,4811	0,4203	17,6646	0,0127

P – probabilidade significância da regressão. Valor de  $P > 0,05$  indica que não há correlação significativa. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa.



Figura 5 – Fitas *Quantab Chlorine Titrators* utilizadas em 10 amostras descritas no item 1.2.5. B1-1, B1-3 e B1-9 com picos de leitura ocultos sob o número da escala. B1-10 com pico de leitura mais pontiagudo do que os demais.

Os valores médios analisados por HPLC nas 50 amostras foram 1,649, 2,037 e 1,084 (Tabela 8), respectivamente para LLP, DLM e LT. Estes valores foram diferentes ( $P < 0,0001$ ) daqueles preditos pelo equipamento NIRS (Tabela 8). Além disso, os coeficientes de determinação do modelo de calibração do equipamento NIRS calculados pelo WinISI<sup>®</sup> foram de 11,97, 25,07 e 39,28%, respectivamente para LLP, DLM e LT, indicando que os modelos matemáticos empregados não foram eficientes para prever os teores dos indicadores, e que a variação dos dados em relação aos resultados por HPLC, na maior parte, não é devida ao modelo.

Não foram encontrados valores de referência destes indicadores analisados por equipamentos NIRS. Estudos semelhantes de calibração de teores de proteína bruta (PB) e fibra bruta (FB) em forragens relatam SEC de 0,33 e 0,51%, respectivamente para PB e FB, e SECV de 0,37 e 0,58%, respectivamente para PB e FB, mas com coeficientes de determinação mais altos, de 72,42 e 73,45% (KHANDAKER; KHALEDUZZAMAN, 2012).

Tabela 8 – Médias dos resultados analíticos por HPLC e por equipamento NIRS dos indicadores L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina, e estatísticas NIRS do modelo de calibração do equipamento para estes indicadores.

Indicador	Número amostras	Média das amostras			Estatísticas de validação		
		HPLC	NIRS	P	SEC	SECV	R <sup>2</sup>
L-Lisina HCl	50	1,649 <sup>a</sup>	1,583 <sup>b</sup>	<0,0001	0,930	0,960	11,97
DL-Metionina	50	2,037 <sup>a</sup>	1,950 <sup>b</sup>	<0,0001	1,020	1,050	25,07
L-Treonina	50	1,084 <sup>a</sup>	0,875 <sup>b</sup>	<0,0001	0,430	0,440	39,28

P – probabilidade de significância do teste de comparação de médias de Student-Newman-Keuls. Letras diferentes na linha indicam que há diferença ( $P < 0,05$ ) entre as médias. SEC – Erro padrão de calibração. SECV – erro padrão de validação cruzada. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação.

Os dados das análises de regressão com as 50 amostras analisadas para LLP, DLM e LT (Tabela 9) demonstram que não houve efeito para LLP ( $P > 0,24$ ). Houve efeito quadrático ( $P < 0,04$ ) para DLM e efeito linear ( $P < 0,02$ ) para LT, com correlações baixa (0,2989) e moderada (0,3606), respectivamente para estes dois indicadores. Entretanto, os coeficientes de determinação foram baixos, indicando que apenas 8,94 e 13,00% da variação dos dados são explicados pelo modelo, respectivamente para DLM e LT.

Tabela 9 – Análises de regressão entre HPLC e NIRS dos resultados analíticos de L-Lisina HCl, DL-Metionina e L-Treonina em 50 amostras.

Indicador	Modelo	P	R	R <sup>2</sup>	SE
L-Lisina HCl	Quadrático	0,2457	0,1672	2,7964	0,0823
DL-Metionina	Quadrático	0,0350	0,2989	8,9356	0,0843
L-Treonina	Linear	0,0101	0,3606	13,0048	0,0485

P – probabilidade significância da regressão. Valor de P>0,05 indica que não há correlação significativa entre os métodos. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa.

$$\text{DL-Metionina HPLC} = 1,10203 + 24,5809 \cdot \text{DL-Metionina NIRS}^2$$

$$\text{L-Treonina HPLC} = 0,276448 + 9,22518 \cdot \text{L-Treonina NIRS}$$

Onde:

DL-Metionina HPLC = Teor de DL-Metionina obtido por HPLC (kg/t);

DL-Metionina NIRS = Teor de DL-Metionina obtido por equipamento NIRS (kg/t);

L-Treonina HPLC = Teor de L-Treonina obtido por HPLC (kg/t);

L-Treonina NIRS = Teor de L-Treonina obtido por equipamento NIRS (kg/t).

De maneira geral os dados da calibração local com 100 amostras demonstraram uma associação positiva para as análises por NIRS e HPLC. De acordo com CAMPESTRINI (2005), a robustez em calibrações locais de aparelhos NIRS só é alcançada com um grande banco de dados de amostras com espectroscopia e dados de referência.

Provavelmente a ineficiência dos modelos matemáticos foi devida ao reduzido número e única origem das amostras de calibração, e o aumento do número de amostras irá melhorar os coeficientes de regressão e determinação, e então será possível utilizar as curvas para predição do teor de aminoácidos industriais adicionados às rações com equipamento NIRS.

## 2.4. Conclusões

De acordo com os resultados deste trabalho, não há correlação entre cloretos solúveis obtidos por titulometria e cloro obtido com o método *Quantab Chlorine Titrators* e, portanto este segundo método não fornece resultados precisos para avaliações de eficiência de mistura de rações.

Com base nas condições deste experimento, é possível afirmar que há correlação positiva entre os resultados obtidos por HPLC e NIRS para os indicadores DL-Metionina e L-Treonina.

O número reduzido de amostras utilizado na curva de calibração do equipamento NIRS reduz a eficiência do equipamento em predizer os resultados de aminoácidos industriais com maiores coeficientes de determinação.

### **3. DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÕES COM DIFERENTES HOMOGENEIDADES REPRESENTADAS PELOS COEFICIENTES DE VARIAÇÃO**

#### **3.1. Introdução**

A mistura dos ingredientes é uma operação muito importante na fabricação de rações. É necessária quando os ingredientes são combinados para serem fornecidos como alimento completo aos animais (MCCOY et al., 1994). Com o aumento da utilização de ingredientes de baixa inclusão, tais como aminoácidos industriais e outros aditivos, a mistura eficiente tornou-se ainda mais importante para proporcionar um suprimento adequado de nutrientes em todas as fases de produção (GROESBECK et al., 2007). O processo de mistura é considerado um dos mais críticos na produção de rações. O seu objetivo é criar uma distribuição aleatória dos nutrientes em todas as porções da massa, de tal forma que proporcione a ingestão diária adequada destes nutrientes aos animais (CIFTCI; ERCAN, 2003).

Intuitivamente a homogeneidade das rações é desejável, se não necessária para maximizar a utilização dos nutrientes. Para melhorar o crescimento, produção e saúde cada animal deve receber uma ração balanceada que forneça os nutrientes e aditivos em concentrações adequadas (MCCOY et al., 1994). A homogeneidade dos nutrientes é crítica para uma nutrição adequada quando o alimento é ofertado a animais com baixo consumo diário, tais como pintainhos e leitões recém-desmamados (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990).

A homogeneidade e o peso médio de um lote são parâmetros importantes na produção de frangos de corte (DALANEZI et al., 2005; MOLENAAR et al., 2008). Frequentemente a importância da uniformidade de pesos dos frangos é enfatizada pela indústria frigorífica. O processo de automação requer carcaças uniformes para atingir altos padrões de qualidade dos produtos processados e maior aproveitamento (GRIFFIN et al., 2005). Os processos de manejo utilizados afetam a uniformidade em um lote de produção, e de fato a homogeneidade de pesos ao abate pode ser fortemente influenciada por eventos que ocorrem durante o período de produção (JUDICE; MUNIZ; CARVALHEIRO, 1999).

Apesar de que a homogeneidade dos nutrientes nas rações é aceita incontestavelmente como necessária, há poucas pesquisas que a correlacionam com o desempenho animal (CIFTCI; ERCAN, 2003). Há poucos estudos disponíveis para comprovar o nível de homogeneidade das rações que não impactaria o desempenho animal. Apesar de existir uma extensa revisão de literatura, não há dados quantitativos que indiquem o efeito de baixa homogeneidade no desempenho animal (GROESBECK et al., 2007; MCCOY et al., 1994).

Segundo BEHNKE (1996a), ainda são necessárias pesquisas para documentar integralmente o nível de homogeneidade necessário para melhorar o desempenho animal e a formulação, a nutrição e assuntos regulatórios ainda são as bases da pressuposição para a homogeneidade de nutrientes ou aditivos, e poucos resultados científicos sustentam essa suposição.

## **3.2. Materiais e métodos**

### **3.2.1. Animais**

O protocolo experimental foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSM com o parecer número 066/2013 (Anexo A).

Selecionaram-se 2.520 pintainhos de corte machos da linhagem Cobb<sup>®</sup> 500 oriundos de ovos de matrizes com 49 semanas de idade. A seleção ocorreu no incubatório, e todos os pintainhos foram pesados individualmente com balanças de precisão de 0,001 gramas. Como exemplo, pintainhos com peso entre 42,5 e 43,5 gramas de peso foram considerados com peso médio de 43,0 gramas.

Selecionaram-se os pintainhos com 43 a 51 gramas de peso para o experimento, sendo que cada repetição foi composta por 5 pintainhos de 43 gramas, 8 de 44 gramas, 11 de 45 gramas, 12 de 46 gramas, 8 de 47 gramas, 9 de 48 gramas, 7 de 49 gramas, 7 de 50 gramas e 3 de 51 gramas.

Alojaram-se os pintainhos em 4 tratamentos distribuídos aleatoriamente, com 9 repetições por tratamento e 70 pintainhos em cada repetição. Foram alojados em boxes (2,0 m x 3,0 m) com piso de concreto coberto por uma camada de maravalha, com um comedouro do

tipo tubular, um bebedouro do tipo pendular e uma campânula de aquecimento com resistência elétrica em cada box, em aviário convencional com cortinas duplas.

Permitiu-se o consumo de água *ad libitum* desde o alojamento até o carregamento para o abate, e de ração desde o alojamento até 6 horas antes do carregamento das aves para o abate. Periodicamente os comedouros foram verificados e abastecidos para assegurar o fornecimento constante de ração, e os bebedouros foram higienizados diariamente.

Registraram-se as temperaturas mínima e máxima em todos os dias do período de criação, e como resumo semanal obteve-se temperaturas mínima e máxima de 26 e 34, 26 e 31, 20 e 32, 20 e 29, 16 e 31 e 18 e 29° C de temperatura nas semanas 1 a 6 respectivamente.

O programa de luz foi estabelecido conforme segue: dias 1 a 6 com 24 horas de luz, dia 7 com 1 hora de escuro, dia 8 com duas horas de escuro, dia 9 com 3,5 horas de escuro, dias 10 a 12 com 6 horas de escuro, dias 13 a 21 com 8 horas de escuro e dia 22 ao abate com 6 horas de escuro.

Quando ocorreram mortes das aves, o peso da ave e o consumo de ração das aves do box foram registrados, para fazer as devidas correções no final de cada fase de produção.

As fases de produção foram estabelecidas em: fase 1 (1-12 dias), fase 2 (13-21 dias), fase 3 (22-33 dias) e fase 4 (34-40 dias). Ao final de cada fase de produção foram coletados os dados de peso individual de cada ave e consumo de ração de cada box.

### 3.2.2. Rações

As quantidades dos ingredientes das rações foram calculadas de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho superior. O período total de criação foi dividido em quatro fases de produção de acordo com a idade dos frangos. As composições de ingredientes das rações estão apresentadas na tabela 10.

Todas as rações foram produzidas na Cooperativa Central Aurora Alimentos – Fábrica de Rações Xanxerê - SC, e ofertadas às aves na forma física farelada. Em cada fase de produção dos frangos foi produzido um ciclo de mistura com 1,5 toneladas de ração para cada tratamento. Os tratamentos foram representados pelos tempos de mistura das rações de 30, 60, 90 e 120 segundos. O início do tempo de mistura foi considerado após a adição dos ingredientes que estavam no funil de adição localizado sobre o misturador.

O milho, farelo de soja e soja desativado descascado foram pesados automaticamente em uma balança com capacidade para 2,0 toneladas. Estes ingredientes foram pré-misturados em um misturador vertical com capacidade para 1,5 toneladas antes da moagem conjunta (moinho Imoto<sup>®</sup> TM 150, com potência de 150 HP, peneiras com aberturas de 6,5 mm de diâmetro) e depois de moídos foram adicionados no misturador (Horizontal tipo U, com diâmetro de 1,5 metros e comprimento de 3,6 metros, Imoto<sup>®</sup> – Indústria de Motores e Máquinas Ltda.). Devido à pré-mistura dos macroingredientes antes da moagem conjunta a homogeneidade destes ingredientes não corresponde àquela mensurada pelo indicador que foi adicionado com os microingredientes.

A farinha de carne e ossos e o calcário calcítico foram pesados automaticamente em uma balança com capacidade para 500 kg e adicionados no misturador. O sal granulado iodado e o aditivo antimicotoxinas foram pesados manualmente em uma balança com capacidade para 60 kg, e adicionados no funil de adição localizado sobre o misturador. Os demais ingredientes foram pesados manualmente em uma balança com capacidade para 25 kg, e pré-misturados em um misturador Y antes da adição no funil localizado sobre o misturador.

Estes procedimentos foram empregados porque representam aqueles utilizados pela maioria das fábricas de rações industriais.

Após o tempo de mistura de cada tratamento o misturador foi desligado para coletar 10 amostras de rações de dentro do misturador nos locais descritos na figura 2. As amostras dos locais 7, 8, 9 e 10 foram coletadas com o auxílio de uma sonda plástica com haste de metal (Figura 6). As amostras referentes aos outros locais (1, 2, 3, 4, 5 e 6) foram coletadas na superfície da massa com uma concha plástica. Com estas amostras foram realizadas as análises para determinar o CV de mistura. Os CVs para o período total foram calculados ponderadamente de acordo com as quantidades de ração consumidas em cada fase.

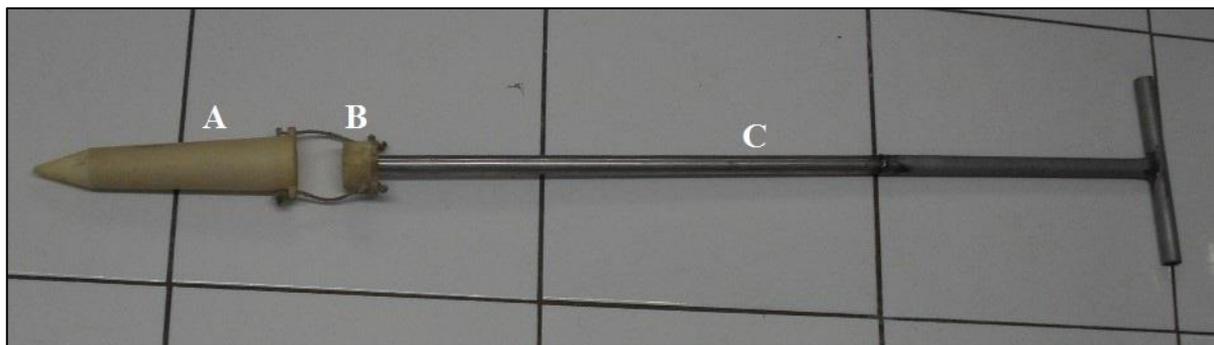


Figura 6 – Sonda para coleta de amostras de dentro do misturador. Recipiente para coleta da amostra (A), tampa desacoplável (B) e haste de metal (C).

Logo em seguida as rações foram descarregadas no reservatório inferior ao misturador e transportadas por uma rosca com 0,3 m de diâmetro e 1,0 m de comprimento até uma gaveta de ensaue. A primeira porção de 50 kg da ração de cada tratamento foi descartada antes de iniciar o ensaue das rações que foram utilizadas para o experimento. As rações foram ensacadas (40 kg) em sacas de rafia laminada e identificadas com a correspondente fase de produção dos frangos e o tempo de mistura da ração. Em seguida as rações foram transportadas até o aviário experimental.

Tabela 10 – Composições das rações, em quilogramas de ingredientes por tonelada, utilizadas para alimentação dos frangos de corte de acordo com a fase de criação.

Ingrediente	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Milho moído	488,000	594,667	640,000	673,333
Farelo de soja moído	224,860	108,858	72,914	41,911
Farinha de carne e ossos	32,000	20,000	12,000	6,667
Soja desativado descascado	230,667	254,667	254,667	260,000
Calcário calcítico	5,733	7,400	7,667	7,333
Sal granulado iodado	4,800	4,933	4,667	4,533
Premix vitamínico mineral <sup>1</sup>	2,000	1,900	1,500	0,900
Aditivo antimicotoxinas <sup>2</sup>	2,000	-	-	-
L-Lisina HCl 99% <sup>3</sup>	2,147	1,913	1,673	1,653
DL-Metionina 99% <sup>4</sup>	3,607	2,420	1,967	1,640
L-Treonina 98% <sup>5</sup>	1,513	1,093	0,853	0,747
L-Valina 96,5% <sup>6</sup>	1,187	0,740	0,573	0,453
Cloreto de colina 60%	0,576	0,499	0,499	0,460
Enzima protease <sup>7</sup>	0,125	0,125	0,125	0,125
Enzima fitase <sup>8</sup>	0,020	0,020	0,020	0,020
Enzima xilanase + betaglucanase <sup>9</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Antioxidante <sup>10</sup>	0,125	0,125	0,125	0,125
Aditivo anticoccidiano <sup>11</sup>	0,500	0,500	-	-
Aditivo anticoccidiano <sup>12</sup>	-	-	0,550	-
Aditivo promotor de crescimento <sup>13</sup>	0,040	0,040	-	-
Aditivo promotor de crescimento <sup>14</sup>	-	-	0,100	-
Microtracer <sup>®</sup> F-Blue	0,050	0,050	0,050	0,050
Energia metabolizável calculada (MJ/kg)	12,54	13,17	13,38	13,59
Idade das aves (dias)	1 a 12	13 a 21	22 a 33	34 a 40

<sup>1</sup>Concentrações por quilograma: vit. A (4.275 KUI), vit. D<sub>3</sub> (1.395 KUI), vit. E (22.500 mg), vit. K<sub>3</sub> (1.350 mg), vit. B<sub>1</sub> (1.350 mg), vit. B<sub>2</sub> (3.600 mg), vit. B<sub>6</sub> (1.800 mg), vit. B<sub>12</sub> (9.900 µg), ácido pantotênico (9.000 mg), niacina (18.000 mg), ácido fólico (900 mg), biotina (76.500 µg), Cu (7.200 mg), Fe (27.000 mg), Mn (27.000 mg), I (450 mg), Zn (45.000 mg) e Se (180 mg). <sup>2</sup>Adsorb Afla. <sup>3</sup>AjiLys<sup>®</sup> 99. <sup>4</sup>Rhodimet<sup>®</sup> NP 99 (Ácido 2-amino-4(metiltio) butanóico). <sup>5</sup>L-Threonine 98%. <sup>6</sup>L-Valine Feed Grade. <sup>7</sup>Poultrygrow TM 250. <sup>8</sup>Ronozyme<sup>®</sup> HiPhos (M). <sup>9</sup>Rovabio<sup>®</sup> Excel AP. <sup>10</sup>Feedguard<sup>®</sup>. <sup>11</sup>Maxiban<sup>®</sup> 80 80. <sup>12</sup>Coxistac<sup>®</sup> Premix 12%. <sup>13</sup>Stafac<sup>®</sup> 500. <sup>14</sup>Flavimpex<sup>®</sup> 80.

Tabela 11 – Frações bromatológicas calculadas das rações utilizadas para as fases 1, 2, 3 e 4. Os teores de aminoácidos são os totais. Os resultados estão apresentados em porcentagem (%) da matéria natural.

Nutriente	Fase				Nutriente	Fase			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Matéria seca	89,78	89,78	89,75	89,70	M + C	1,11	0,90	0,82	0,76
Proteína bruta	24,57	20,00	18,21	16,93	Treonina	1,06	0,86	0,77	0,71
Fibra bruta	3,12	2,86	2,77	2,72	Triptofano	0,30	0,24	0,22	0,20
Extrato etéreo	7,28	7,82	7,84	7,96	Valina	1,25	1,00	0,90	0,83
M. mineral	5,64	4,65	4,20	3,85	Arginina	1,73	1,40	1,27	1,18
Cálcio	0,80	0,67	0,57	0,49	Histidina	0,64	0,54	0,50	0,47
Fósforo total	0,59	0,46	0,40	0,35	Isoleucina	1,04	0,84	0,76	0,71
Lisina	1,59	1,28	1,15	1,07	Leucina	2,02	1,74	1,63	1,56
Metionina	0,73	0,57	0,51	0,46	Fenilalanina	1,19	0,98	0,90	0,85
Cisteína	0,38	0,33	0,31	0,30	Sódio	0,22	0,22	0,21	0,20

M. Mineral – matéria mineral. M + C – metionina + cisteína.

Tabela 12 – Frações bromatológicas analisadas das rações utilizadas para as fases 1, 2, 3 e 4 conforme os tratamentos aplicados. Os resultados estão apresentados em porcentagem (%) da matéria natural.

Nutriente	Tratamentos - Fase 1				Tratamentos - Fase 2				Tratamentos - Fase 3				Tratamentos - Fase 4			
	30 s	60 s	90 s	120 s	30 s	60 s	90 s	120 s	30 s	60 s	90 s	120 s	30 s	60 s	90 s	120 s
Matéria seca	88,95	89,01	88,99	89,12	88,97	89,11	89,40	89,26	88,95	88,91	89,16	89,23	88,20	88,02	88,14	88,23
Proteína bruta	25,09	25,08	25,51	24,52	20,55	20,76	20,15	20,64	19,25	19,19	18,94	18,62	17,95	16,90	17,17	17,45
Fibra bruta	2,22	2,61	2,67	2,84	1,39	1,85	1,99	2,07	1,50	1,91	1,94	1,91	1,65	1,83	1,81	2,07
Extrato etéreo	5,61	5,51	6,35	7,86	8,36	8,44	7,95	8,28	7,83	8,78	8,05	7,45	8,52	7,76	7,98	8,29
Matéria mineral	5,64	5,51	6,35	7,86	4,58	4,40	4,58	4,50	3,94	4,24	3,98	4,21	3,88	3,86	3,74	3,70
Cálcio	0,71	0,89	0,80	0,78	0,75	0,65	0,69	0,65	0,45	0,47	0,55	0,58	0,47	0,46	0,49	0,47
Fósforo total	0,57	0,61	0,60	0,57	0,44	0,35	0,42	0,47	0,37	0,35	0,37	0,38	0,33	0,39	0,35	0,35
Lisina total	1,50	1,64	1,63	1,52	1,33	1,24	1,23	1,29	1,07	1,10	1,11	1,09	0,99	0,99	1,00	1,02
Metionina total	0,55	0,68	0,62	0,65	0,65	0,49	0,50	0,44	0,38	0,40	0,42	0,42	0,38	0,41	0,41	0,39
Cisteína total	0,36	0,38	0,37	0,35	0,31	0,33	0,33	0,31	0,28	0,32	0,32	0,31	0,30	0,28	0,29	0,31
M + C total	0,91	1,06	1,00	1,00	0,95	0,82	0,83	0,75	0,65	0,72	0,74	0,73	0,67	0,69	0,70	0,70
Treonina total	1,02	1,14	1,11	1,11	0,98	0,89	0,89	0,84	0,78	0,77	0,81	0,79	0,71	0,70	0,72	0,73
Valina total	1,14	1,23	1,26	1,17	1,03	0,95	0,96	0,93	0,81	0,88	0,85	0,86	0,79	0,77	0,80	0,82
Alanina total	1,12	1,18	1,25	1,11	1,03	1,02	1,01	0,96	0,89	0,92	0,90	0,94	0,87	0,85	0,89	0,89
Arginina total	1,47	1,63	1,64	1,62	1,36	1,35	1,35	1,40	1,06	1,04	1,17	1,21	1,06	0,99	0,99	1,06
Glicina total	1,14	1,18	1,24	1,18	0,93	0,88	0,90	0,93	0,75	0,82	0,78	0,81	0,73	0,68	0,71	0,72
Histidina total	0,54	0,63	0,63	0,61	0,53	0,53	0,51	0,53	0,49	0,52	0,53	0,50	0,47	0,46	0,43	0,46
Isoleucina total	0,95	1,03	1,06	0,97	0,83	0,79	0,79	0,80	0,69	0,73	0,73	0,71	0,65	0,64	0,66	0,67
Leucina total	1,86	1,97	2,05	1,97	1,71	1,65	1,65	1,68	1,49	1,57	1,57	1,54	1,47	1,40	1,47	1,50
Fenilalanina total	1,14	1,22	1,28	1,22	1,06	0,99	0,98	0,99	0,86	0,93	0,90	0,91	0,85	0,86	0,85	0,88
Serina total	1,12	1,22	1,22	1,20	0,99	0,97	0,96	0,93	0,86	0,89	0,90	0,87	0,81	0,79	0,81	0,82
Tirosina total	0,78	0,85	0,86	0,84	0,74	0,69	0,68	0,69	0,61	0,61	0,65	0,66	0,60	0,59	0,57	0,61
DGM ( $\mu\text{m}$ )	995	961	996	1.045	1.122	1.113	1.103	1.092	1.117	1.113	1.073	1.107	1.087	1.078	1.132	1.115
DPG	2,07	2,02	2,02	1,97	2,03	1,98	2,01	1,99	2,01	2,06	2,04	2,08	2,05	2,14	2,05	2,04

### 3.2.3. Análises estatísticas

Aplicou-se o procedimento de análise de regressão simples com único fator sobre os CVs de mistura das rações e sobre dados desempenho zootécnico dos frangos. Para os dados zootécnicos cada box representou uma unidade experimental e de cada um foi obtido o ganho de peso médio, consumo de ração médio e conversão alimentar média de cada ave e viabilidade da das aves em cada repetição para cada fase de produção. Foram avaliados os efeitos linear e quadrático. Realizou-se uma regressão do tempo de mistura como variável independente e CV de mistura das rações como variável dependente e outra regressão com o CV de mistura as rações como variável independente e os dados de desempenho zootécnico como variáveis dependentes. Para os modelos que tiveram significância são apresentadas as equações de predição.

Os dados médios de desempenho zootécnico de cada box apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P > 0,05$ ), exceto para conversão alimentar nas fases 1 e 4, ganho de peso na fase 4 e viabilidade em todas as fases, exceto a 1. Os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos a testes de comparação de médias, e os demais a testes de comparação de medianas.

Verificou-se a uniformidade dos pesos dos frangos com um teste de comparação de médias dos coeficientes de variação dos pesos dentro de cada box. Exceto pelos coeficientes de variação dos pesos aos 12 dias que foram submetidos a uma transformação logarítmica para ajusta-los à normalidade os demais coeficientes de variação para os pesos aos 21, 33 e 40 dias tiveram distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P > 0,05$ ).

A uniformidade da distribuição dos pesos de cada tratamento considerando todas as aves também foi verificada com os índices de curtose e assimetria das distribuições aplicando-se o procedimento de comparação de medianas com teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

### 3.3. Resultados e discussão

Neste estudo investigou-se a homogeneidade dos microingredientes e consequentemente dos nutrientes por estes representados, mensurados indiretamente pelos CVs obtidos com Microtracer<sup>®</sup> F-Blue (MFB). Os CVs obtidos foram entre 35,85 e 7,46%

para a fase 1, entre 49,48 e 5,41% para a fase 2, entre 34,83 e 5,35% para a fase 3, entre 40,82 e 5,83% para a fase 4 e entre 39,54 e 5,67% para o período total.

CLARK (2006) trabalhando com um misturador Sprout Waldron de helicóide dupla fita com tempos de mistura de 10, 20, 30, 40 e 120 segundos avaliando a homogeneidade apenas de um ingrediente (DLM) obteve reduções significativas do CV deste ingrediente em todas as fases de produção com o aumento do tempo de mistura. Foram obtidos CVs entre 144,6 e 3,38% para a fase 1 (0-16 dias), entre 129,4 e 3,45% para a fase 2 (17-32 dias) e entre 134,8 e 5,64% para a fase 3 (33-41 dias).

As amplitudes dos CVs observadas neste estudo foram menores do que aquelas do estudo de CLARK (2006), e ainda assim, para todas as a fases houve efeitos linear e quadrático ( $P < 0,0001$ ) de correlação negativa entre o tempo e o CV de mistura, ou seja, com aumento do tempo de mistura o CV diminuiu. Em todas as fases o maior coeficiente de determinação foi para o efeito linear (Tabelas 13 a 17).

MCCOY et al. (1994) avaliaram a falta de homogeneidade representada pelo CV dos indicadores em rações para frangos de corte, em dois experimentos, o primeiro com uma fase até 21 dias e o segundo com duas fases até 28 dias de idade dos frangos. Os autores trabalharam com rações para atender 100% e 80% dos requerimentos nutricionais segundo o NRC (1984), nos experimentos 1 e 2, respectivamente. O misturador do estudo de MCCOY et al. (1994) era do tipo horizontal de helicóide dupla fita, 53 rpm, 142 L de capacidade, no qual foram produzidos 80 kg de ração em cada ciclo de mistura. No experimento 1 os autores trabalharam com três tratamentos representados pelos tempos de mistura de 23, 57 e 91 segundos e obtiveram CVs de 43,0, 10,8 e 13,1% respectivamente para NaCl, 50,0, 14,8 e 17,1% respectivamente para MFR e 47,6, 12,0 e 14,6% respectivamente para MFB, e não observaram diferenças significativas no ganho de peso diário, consumo de ração diário, resistência óssea, mineralização óssea, proteína bruta, gordura e minerais da carcaça entre os tratamentos ( $P > 0,12$ ). Para a eficiência alimentar também não houve diferença entre os tratamentos ( $P > 0,09$ ), e segundo os autores CVs acima de 10 a 15% parecem ser adequados para o máximo crescimento, produção de carne magra e desenvolvimento ósseo, e até mesmo para eficiência alimentar.

No presente estudo não foram observados efeitos dos tratamentos (Tabela 13) sobre o desempenho dos frangos na fase 1 (1-12 dias), para consumo de ração ( $P > 0,53$ ), ganho de peso ( $P > 0,29$ ), conversão alimentar ( $P > 0,48$ ) e viabilidade ( $P > 0,13$ ), apesar de esta ser a fase na qual a falta de homogeneidade das rações potencialmente produziria os maiores efeitos, pois de acordo com ENSMINGER et al. (1990), devido ao fato de pintainhos consumirem

poucas gramas de ração diariamente é preciso que a quantidade adequada de todos os nutrientes essenciais esteja nestas poucas gramas. No estudo de CLARK (2006), o autor observou efeito linear para o ganho de peso ( $P < 0,001$ ) e quadrático para conversão alimentar ( $P < 0,001$ ), e nenhum efeito sobre o consumo de ração ( $P > 0,17$ ) na fase 1 (1-16 dias).

Na fase 1 deste estudo, analisando pelos testes de comparação de médias e medianas, os melhores índices de ganho de peso (372,94 e 366,62 gramas, para 120 e 30 segundos de mistura das rações, respectivamente) e conversão alimentar (1,079 e 1,093, para 120 e 30 segundos de mistura das rações, respectivamente) não poderiam ser justificados pelo tratamento correspondente ao maior tempo de mistura, pois os resultados foram iguais àqueles do menor tempo.

Houve mortalidade acima do normal na fase 1, devido à colibacilose, que foi diagnosticada pelos sinais clínicos e lesões anatomopatológicas. Após o diagnóstico os animais foram medicados via água com Trimetox<sup>®</sup> (sulfametoxazol + trimetoprima), na dose e período de uso indicados pelo fabricante. Apesar de não haver diferença estatística na viabilidade desta fase pelo teste de comparação de médias, ocorreram 69% mais mortes no tratamento que recebeu ração com 30 segundos de mistura em relação ao tratamento que recebeu ração com 120 segundos de mistura, de forma aleatória devido à colibacilose ou como consequência do maior CV da ração. De 1-12 dias foram 22, 9, 11 e 13 mortes, para os tratamentos 30, 60, 90 e 120 segundos de mistura das rações, respectivamente. A maior mortalidade porcentual pode ter ocasionado menor morbidade, e consequente melhor desempenho dos animais restantes no tratamento de 30 segundos de mistura da ração. Ao retirar este tratamento da análise, a regressão é significativa para ganho de peso ( $P < 0,0001$ ) e conversão alimentar ( $P < 0,0002$ ), e continua não significativa para consumo de ração ( $P > 0,54$ ) e viabilidade ( $P > 0,48$ ). Desta forma o CV da ração de 20,43% afetaria o desempenho dos frangos de corte até 12 dias de idade.

Tabela 13 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 1 (1 – 12 dias de idade).

Tratamento	CV <sup>1</sup> (%)	CR <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup> (g)	CA <sup>4</sup>	Viab. <sup>5</sup> (%)
30 segundos	35,85	400,56	366,62 <sup>ab</sup>	1,093 <sup>BC</sup>	96,35
60 segundos	20,43	400,78	357,25 <sup>c</sup>	1,122 <sup>A</sup>	98,57
90 segundos	10,74	401,67	364,00 <sup>b</sup>	1,104 <sup>AB</sup>	98,09
120 segundos	7,46	402,33	372,94 <sup>a</sup>	1,079 <sup>C</sup>	97,94
CV <sup>6</sup>	NA <sup>7</sup>	1,53	2,37	2,072	2,85
P – Linear	<0,0001	0,5396	0,2997	0,4812	0,1834
r	-0,9614	-0,1057	-0,1777	0,1212	-0,2269
R <sup>2</sup>	92,4263	1,1167	3,1595	1,4698	5,1462
SE	3,1240	6,1866	8,6301	0,0229	2,7490
P – Quadrático	<0,0001	0,5785	0,6764	0,9679	0,1301
r	-0,8979	-0,0958	-0,0720	0,0069	-0,2571
R <sup>2</sup>	80,6256	0,9170	0,5187	0,0048	6,6099
SE	4,9965	6,1928	8,7469	0,0231	2,7278

<sup>1</sup>CV (%) – Coeficiente de variação das rações. <sup>2</sup>CR – consumo de ração. <sup>3</sup>GP – ganho de peso. <sup>4</sup>CA – conversão alimentar. <sup>5</sup>Viab. - viabilidade. <sup>6</sup>CV – coeficiente de variação dos dados zootécnicos. <sup>7</sup>NA – não aplicável. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa. P – probabilidade de significância da análise de regressão. Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença pelo teste de comparação de médias de Student-Newman-Keuls (P<0,05). Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença pelo teste de comparação de medianas de Kruskal-Wallis (P<0,05).

$$\text{CV fase 1} = 42,335 - 0,3162 \cdot \text{tempo}$$

$$\text{CV fase 1} = 31,702 - 0,00193807 \cdot \text{tempo}^2$$

Onde:

CV fase 1 = coeficiente de variação da ração utilizada para a fase 1 (%);

Tempo = tempo de mistura em segundos.

Na tabela 14, correspondente aos resultados zootécnicos da fase 2, verifica-se que não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo de ração (P>0,67), ganho de peso (P>0,57), conversão alimentar (P>0,57) e viabilidade (P>0,89), apesar do CV de mistura apresentar comportamento linear altamente significativo (P<0,0001) em relação ao tempo de mistura. O CV para 120 segundos de mistura foi semelhante ao do padrão de exigência atual do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 14 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 2 (13 – 21 dias de idade).

Tratamento	CV <sup>1</sup> (%)	CR <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup> (g)	CA <sup>4</sup>	Viab. <sup>5</sup> (%)
30 segundos	49,48	960,67	697,37	1,378	99,84
60 segundos	22,63	964,33	703,82	1,370	100,00
90 segundos	8,92	969,56	705,70	1,374	99,84
120 segundos	5,41	957,89	696,16	1,376	99,83
CV <sup>6</sup>	NA <sup>7</sup>	1,85	2,45	1,150	0,41
P – Linear	<0,0001	0,7606	0,6944	0,7222	0,9599
r	-0,9414	-0,0526	-0,0678	0,0614	0,0087
R <sup>2</sup>	88,6268	0,2767	0,4569	0,3765	0,0075
SE	6,0137	18,0529	17,3776	0,0160	0,4163
P – Quadrático	<0,0001	0,6766	0,5740	0,5790	0,8921
r	-0,8674	-0,0720	-0,0969	0,0956	-0,0234
R <sup>2</sup>	75,2411	0,5178	0,9388	0,9147	0,0549
SE	8,8729	18,0310	17,3357	0,0160	0,4162

<sup>1</sup>CV (%) – Coeficiente de variação das rações. <sup>2</sup>CR – consumo de ração. <sup>3</sup>GP – ganho de peso. <sup>4</sup>CA – conversão alimentar. <sup>5</sup>Viab. - viabilidade. <sup>6</sup>CV – coeficiente de variação dos dados zootécnicos. <sup>7</sup>NA – não aplicável. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa. P – probabilidade de significância da análise de regressão.

CV fase 2 = 58,09 - 0,4864 . tempo

CV fase 2 = 41,4623 - 0,00294109 . tempo<sup>2</sup>

Onde:

CV fase 2 = coeficiente de variação da ração utilizada para a fase 2 (%);

Tempo = tempo de mistura (s).

De acordo com MCCOY et al. (1994), no seu segundo experimento com tempos de mistura de 6, 20 e 91 segundos, os CVs foram de 40,5, 12,1 e 9,7%, respectivamente para NaCl, 53,4, 16,6 e 11,3%, respectivamente para MFR e 53,9, 17,0 e 10,6%, respectivamente para MFB, e obtiveram efeito quadrático para ganho de peso diário (P<0,04), consumo de ração (P<0,10), e eficiência alimentar (P<0,07), apenas quando comparados os tratamentos correspondentes aos tempos de mistura de 6 e 20 segundos. Nenhuma diferença foi constatada quando foram comparados os tratamentos correspondentes a 20 e 91 segundos de mistura.

Neste estudo observaram-se efeitos linear e quadrático, para consumo de ração (P<0,003) e ganho de peso (P<0,004) na fase 3 (22-33 dias), e não houve efeito na conversão alimentar (P>0,07) e viabilidade (P>0,09). Pelo teste de comparação de médias observa-se

que houve menor consumo de ração e conseqüentemente menor ganho de peso no tratamento correspondente a 30 segundos de mistura, com CV de 34,83% (Tabela 15).

No estudo de CLARK (2006), na fase 2 (17-32 dias), o autor observou efeito quadrático ( $P < 0,003$ ) com maiores consumos das rações com CVs de 52,19, 24,75 e 17,13%, correspondentes aos tempos de mistura de 20, 30, 40 segundos, respectivamente, sobre os demais tempos que foram 10 e 120 segundos, que corresponderam a CVs de 129,35 e 3,45%, respectivamente.

MCCOY et al. (1994) concluíram que o efeito observado no experimento 2 foi devido à deficiência dos nutrientes essenciais, obtida com rações que atendiam 80% dos requerimentos das aves, desta forma a falta de homogeneidade resultaria em conseqüências sobre o desempenho animal. Tais informações demonstram que se houverem nutrientes além do requerimento a resposta à homogeneidade de mistura pode ser mitigada.

Os teores analisados de aminoácidos nas rações deste experimento (Tabela 12) confirmam que na fase 1, para o tratamento 30 segundos, obteve-se 74% do valor calculado para metionina total, e dos demais aminoácidos em todos os tratamentos obteve-se teores maiores do que 82% em relação ao teor calculado. Na fase 2 o menor teor obtido foi para o tratamento 120 segundos, com 78% do teor calculado de metionina total, e todos os demais aminoácidos foram acima de 83%. Na fase 3 obteve-se teores analisados de metionina de 75, 80, 83 e 84% em relação ao teor calculado para os tratamentos 30, 60, 90 e 120 segundos, respectivamente, e todos os demais teores de aminoácidos acima de 80% do valor calculado. Na fase 4 o menor teor analisado foi para o aminoácido metionina, para o tratamento 30 segundos, com 82% do teor calculado, e de todos os demais aminoácidos obteve-se teores acima de 84% do valor calculado.

Sobre a conclusão de MCCOY et al. (1994), de maneira geral não é possível atribuir que uma parte das diferenças observadas nos resultados zootécnicos no presente estudo foi devido às diferenças nos teores analisados dos nutrientes nas rações, pois as recomendações tanto de ROSTAGNO et al. (2011), quanto do NRC (1984) são semelhantes, e neste estudo os teores de nutrientes abaixo do esperado não coincidem com os piores desempenhos e maiores CVs nas rações.

Tabela 15 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 3 (22 – 33 dias de idade).

Tratamento	CV <sup>1</sup> (%)	CR <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup> (g)	CA <sup>4</sup>	Viab. <sup>5</sup> (%)
30 segundos	34,83	1.988,44 <sup>b</sup>	1.221,43 <sup>b</sup>	1,629	98,55
60 segundos	11,88	2.017,78 <sup>ab</sup>	1.251,57 <sup>a</sup>	1,612	99,19
90 segundos	9,78	2.031,33 <sup>a</sup>	1.256,92 <sup>a</sup>	1,616	99,35
120 segundos	5,35	2.027,89 <sup>a</sup>	1.254,08 <sup>a</sup>	1,617	99,35
CV <sup>6</sup>	NA <sup>7</sup>	1,71	2,28	1,199	1,18
P – Linear	<0,0001	0,0031	0,0020	0,0959	0,0942
r	-0,8857	-0,4799	-0,4986	0,2818	-0,2832
R <sup>2</sup>	78,4467	23,0318	24,8612	7,9404	8,0187
SE	5,4598	30,7533	25,0235	0,0189	1,1412
P – Quadrático	<0,0001	0,0031	0,0016	0,0790	0,0938
r	-0,8005	-0,4792	-0,5059	0,2965	-0,2835
R <sup>2</sup>	64,0841	22,9599	25,5946	8,7940	8,0374
SE	7,0480	30,7677	24,9011	0,0188	1,1411

<sup>1</sup>CV (%) – Coeficiente de variação das rações. <sup>2</sup>CR – consumo de ração. <sup>3</sup>GP – ganho de peso. <sup>4</sup>CA – conversão alimentar. <sup>5</sup>Viab. - viabilidade. <sup>6</sup>CV – coeficiente de variação dos dados zootécnicos. <sup>7</sup>NA – não aplicável. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa. P – probabilidade de significância da análise de regressão. Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença pelo teste de comparação de médias de Student-Newman-Keuls (P<0,05).

CV fase 3 = 38,095 - 0,3018 . tempo

CV fase 3 = 27,5431 - 0,00179009 . tempo<sup>2</sup>

CR fase 3 = 2.038,48 - 1,43047 . CV fase 3

CR fase 3 = 2.028,71 - 0,0334061 . CV fase 3<sup>2</sup>

GP fase 3 = 1.264,92 - 1,22393 . CV fase 3

GP fase 3 = 1.256,74 - 0,0290466 . CV fase 3<sup>2</sup>

Onde:

CV fase 3 = coeficiente de variação da ração utilizada para a fase 3 (%);

Tempo = tempo de mistura (s);

CR fase 3 = consumo de ração na fase 3 (g).

GP fase 3 = ganho de peso na fase 3 (g);

No presente estudo observou-se efeito linear (Tabela 16), para consumo de ração (P<0,05) na fase 4 (34-40 dias), com CVs de 40,82, 10,01, 10,77 e 5,83% para os tempos de mistura de 30, 60, 90 e 120 segundos, respectivamente. Exclusivamente nesta fase houve efeito (P<0,02) dos tratamentos sobre o peso inicial das aves, e o maior peso inicial dos

frangos que receberam a ração com menor CV provavelmente influenciou positivamente o consumo de ração.

No período total (1-40 dias) observaram-se efeitos linear e quadrático (Tabela 17) para consumo de ração ( $P < 0,02$ ) e viabilidade ( $P < 0,03$ ), com CVs ponderados de 39,54, 14,50, 9,92 e 5,67% para os tempos de mistura de 30, 60, 90 e 120 segundos, respectivamente.

CLARK (2006) não observou efeito sobre o desempenho na fase 3 (33-41 dias), com CVs de 134,83, 21,22, 23,16, 20,57, e 5,64%, respectivamente para os tempos de mistura de 10, 20, 30, 40 e 120 segundos. No período total (1-41 dias) constatou efeito quadrático para ganho de peso ( $P < 0,001$ ) e consumo de ração ( $P < 0,002$ ), mas o autor não apresentou os dados de CVs com os quais fez as análises de regressão para este período.

Tabela 16 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte na fase 4 (34 – 40 dias de idade).

Tratamento	CV <sup>1</sup> (%)	CR <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup> (g)	CA <sup>4</sup>	Viab. <sup>5</sup> (%)
30 segundos	40,82	1.073,67	573,29	1,876	99,19
60 segundos	10,01	1.088,67	576,80	1,890	98,70
90 segundos	10,77	1.106,89	571,69	1,939	98,84
120 segundos	5,83	1.111,89	578,02	1,926	99,83
CV <sup>6</sup>	NA <sup>7</sup>	3,56	5,24	4,229	1,15
P – Linear	<0,0001	0,0438	0,8166	0,1734	0,8722
r	-0,8345	-0,3379	-0,0041	-0,2320	-0,0278
R <sup>2</sup>	69,6357	11,4178	-0,1605	5,3816	0,0772
SE	7,9167	37,2812	30,5629	0,0796	1,1532
P – Quadrático	-0,0001	0,0501	0,8393	0,1752	0,9702
r	-0,7399	-0,3290	-0,0350	-0,2310	0,0064
R <sup>2</sup>	54,741	10,8264	0,1226	5,3363	0,0042
SE	9,6652	37,4054	30,5687	0,0797	1,1536

<sup>1</sup>CV (%) – Coeficiente de variação das rações. <sup>2</sup>CR – consumo de ração. <sup>3</sup>GP – ganho de peso. <sup>4</sup>CA – conversão alimentar. <sup>5</sup>Viab. - viabilidade. <sup>6</sup>CV – coeficiente de variação dos dados zootécnicos. <sup>7</sup>NA – não aplicável. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa. P – probabilidade de significância da análise de regressão.

$$CV \text{ fase } 4 = 42,91 - 0,347367 \cdot \text{tempo}$$

$$CV \text{ fase } 4 = 30,5002 - 0,00202115 \cdot \text{tempo}^2$$

$$CR \text{ fase } 4 = 1.110,98 - 0,931639 \cdot CV \text{ fase } 4$$

$$CR \text{ fase } 4 = 1.104,12 - 0,0184613 \cdot CV \text{ fase } 4^2$$

Onde:

CV fase 4 = coeficiente de variação da ração utilizada para a fase 4 (%);

Tempo = tempo de mistura (s);

CR fase 4 = consumo de ração na fase 4 (g).

Tabela 17 – Efeito do tempo de mistura sobre o CV das rações, e do CV das rações sobre o desempenho dos frangos de corte no período total de produção (1 – 40 dias de idade).

Tratamento	CV <sup>1</sup> (%)	CR <sup>2</sup> (g)	GP <sup>3</sup> (g)	CA <sup>4</sup>	Viab. <sup>5</sup> (%)
30 segundos	39,54	4.423,33	2.858,71	1,547	93,97
60 segundos	14,50	4.471,56	2.889,44	1,547	96,51
90 segundos	9,92	4.509,44	2.898,40	1,556	96,19
120 segundos	5,67	4.500,00	2.901,37	1,551	96,98
CV <sup>6</sup>	NA <sup>7</sup>	1,80	1,81	0,858	3,21
P – Linear	<0,0001	0,0146	0,0516	0,3822	0,0253
r	-0,9026	-0,4036	-0,3270	-0,1501	-0,3725
R <sup>2</sup>	81,4607	16,2897	10,6932	2,2532	13,8778
SE	5,8281	74,6928	50,1487	0,0134	2,8956
P – Quadrático	<0,0001	0,0167	0,0543	0,4073	0,0251
r	-0,8189	-0,3964	-0,3234	-0,1424	-0,3728
R <sup>2</sup>	67,0557	15,7099	10,4597	2,0286	13,9013
SE	7,7690	74,9510	50,2142	0,0134	2,8952

<sup>1</sup>CV (%) – Coeficiente de variação das rações. <sup>2</sup>CR – consumo de ração. <sup>3</sup>GP – ganho de peso. <sup>4</sup>CA – conversão alimentar. <sup>5</sup>Viab. - viabilidade. <sup>6</sup>CV – coeficiente de variação dos dados zootécnicos. <sup>7</sup>NA – não aplicável. r – coeficiente de correlação. R<sup>2</sup> – coeficiente de determinação. SE – erro padrão da estimativa. P – probabilidade de significância da análise de regressão.

CV fase T = 43,955 - 0,353967 . tempo

CV fase T = 31,6334 - 0,00210754 . tempo<sup>2</sup>

CR fase T = 4.518,46 - 2,43427 . CV fase T

CR fase T = 4.499,81 - 0,0498347 . CV fase T<sup>2</sup>

GP fase T = 2.909,30 - 1,28202 . CV fase T

GP fase T = 2.899,57 - 0,0264322 . CV fase T<sup>2</sup>

Viab. fase T = 97,4074 - 0,0858754 . CV fase T

Viab. fase T = 96,7655 - 0,00179171 . CV fase T<sup>2</sup>

Onde:

CV fase T = coeficiente de variação ponderado de todas as rações (%);

Tempo = tempo de mistura (s);

CR fase T = consumo de ração na fase total de produção (g);

GP fase T = ganho de peso na fase total de produção (g);

Viab. fase T = viabilidade na fase total de produção (%).

CIFTCI; ERCAN (2003), em um estudo com frangos de corte criados em 3 fases (1-14, 15-35 e 36-42 dias) com 3 tratamentos representados por tempos de mistura de 12, 35 e 225 segundos obtiveram CVs do íon cloro de 38,36, 11,86 e 7,39%, respectivamente para a fase 1, 30,42, 11,31 e 9,78%, respectivamente para a fase 2 e 21,46, 14,57 e 8,90%, respectivamente para a fase 3. Não foram observados efeitos dos tratamentos sobre ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade, rendimento de carcaça, gordura abdominal e coeficiente de variação de pesos individuais entre os tratamentos.

No estudo de CIFTCI; ERCAN (2003), os autores concluíram que a falta de uniformidade não afetou o desempenho dos frangos porque as rações foram calculadas para atender ou exceder os requerimentos nutricionais, de acordo com o NRC (1994) e, portanto, os frangos podem tolerar CVs de até 38,36%, mas deve-se tomar cuidado ao trabalhar com dietas com deficiências nutricionais.

Exceto por erros nos cálculos dos requerimentos nutricionais, das composições das rações ou nas matrizes nutricionais dos ingredientes, dificilmente serão ofertadas aos animais rações deficientes em nutrientes, pois é uma prática antieconômica e potencialmente geradora de dejetos mais poluentes.

Neste estudo os CVs das rações correspondentes ao tratamento de 30 segundos de mistura foram 35,85, 49,48, 34,83, 40,82 e 39,54% para as fases 1, 2, 3, 4 e total, respectivamente. Por serem valores muito acima do padrão recomendado pela indústria, foram simuladas análises de regressão excluindo os CVs deste tratamento. Considerando os maiores CVs observados nos tratamentos 60, 90 e 120 segundos de mistura, teríamos CVs das rações de 20,43, 22,63, 11,88, 10,77 e 14,50% para as mesmas fases, respectivamente. Desta forma foi observado efeito sobre o desempenho dos frangos de corte apenas na fase 1, com CV da ração de 20,43%, no ganho de peso ( $P < 0,0034$ ) e na conversão alimentar ( $P < 0,0004$ ). Observaram-se efeitos na fase 1 mesmo após remover o tratamento correspondente a 60 segundos de mistura.

Nas análises de homogeneidade dos pesos (Tabela 18 e Figura 7) observa-se que no alojamento o CV dos pesos, a curtose e assimetria foram iguais dentro das fases, destacando-se o valor de curtose negativa (curva leptocúrtica) e assimetria positiva moderada. Analisando as medidas de dispersão dos pesos dentro das demais fases houve diferença significativa apenas para a curtose na fase 3, com a distribuição mais homogênea (menor base da curva de Gauss) nos tratamentos com coeficientes de variação de 5,35 e 34,83% correspondentes aos tempos de mistura de 120 e 30 segundos, respectivamente.

Analisando os dados de dispersão dentro de cada tratamento (Tabela 18), os correspondentes aos tempos de mistura de 60, 90 e 120 segundos apresentaram comportamentos iguais. O CV dos pesos, a curtose e a assimetria foram maiores nos dias 12, 21, 33 e 40 em relação ao dia do alojamento dos frangos, indicando que a dispersão dos pesos já havia aumentado na pesagem aos 12 dias, pois o CV dos pesos aumentou 88, 91 e 78% nesta pesagem, respectivamente para os tratamentos citados, e depois permaneceu constante até a data do abate dos frangos. Obtiveram-se CVs das rações entre 5,35 e 22,63%, nestes tratamentos e nestas fases.

Dentro do tratamento correspondente a 30 segundos de mistura das rações (Tabela 18), o aumento do CV dos pesos foi menor se comparado aos outros, 74% na pesagem aos 12 dias, mas superou porcentualmente os demais tratamentos, com mais 25% na pesagem aos 21 dias, atingindo CV dos pesos 99% maior em relação ao dia do alojamento. Neste tratamento obtiveram-se CVs das rações entre 34,83 e 49,48%, e distribuições de pesos com graus de homogeneidade iguais aos demais tratamentos.

De maneira geral, a curtose que era negativa em todos os tratamentos (Tabela 18) aumentou na pesagem aos 12 dias, tornando-se positiva, e assim permaneceu até a última pesagem. Isso demonstra uma dispersão maior dos pesos com achatamento da curva de distribuição, passando de uma curva leptocúrtica para platicúrtica.

Tabela 18 – Médias, coeficientes de variação médios, e valores de curtose e assimetria médios das distribuições dos pesos das aves nos dias 1, 12, 22, 33 e 40, de acordo com os tratamentos aplicados no dia 1 e de acordo com os coeficientes de variação das rações nos demais dias.

Tratamento – tempo de mistura – dia 1					
Parâmetro	30 segundos	60 segundos	90 segundos	120 segundos	*P
Peso médio	46,686	46,686	46,686	46,686	1,000
CV de pesos	4,818 <sup>C</sup>	4,827 <sup>B</sup>	4,827 <sup>B</sup>	4,818 <sup>B</sup>	0,579
Curtose	-0,947 <sup>C</sup>	-0,949 <sup>B</sup>	-0,949 <sup>B</sup>	-0,947 <sup>B</sup>	0,560
Assimetria	0,185 <sup>C</sup>	0,186 <sup>B</sup>	0,186 <sup>B</sup>	0,185 <sup>B</sup>	0,560
Tratamento – CV da ração – dia 12 – fase 1					
Parâmetro	35,85%	20,43%	10,74%	7,46%	*P
Peso médio	413,572 <sup>b</sup>	403,987 <sup>c</sup>	410,722 <sup>b</sup>	419,666 <sup>a</sup>	<0,001
CV de pesos	8,383 <sup>B</sup>	9,095 <sup>A</sup>	9,205 <sup>A</sup>	8,593 <sup>A</sup>	0,638
Curtose	1,542 <sup>B</sup>	2,819 <sup>A</sup>	3,151 <sup>A</sup>	1,171 <sup>A</sup>	0,642
Assimetria	-0,688 <sup>B</sup>	-1,054 <sup>A</sup>	-1,075 <sup>A</sup>	-0,808 <sup>A</sup>	0,486
Tratamento – CV da ração – dia 21 – fase 2					
Parâmetro	49,48%	22,63%	8,92%	5,41%	*P
Peso médio	1.110,700	1.107,780	1.116,300	1.115,880	0,287
CV de pesos	9,576 <sup>AB</sup>	9,193 <sup>A</sup>	9,103 <sup>A</sup>	9,048 <sup>A</sup>	0,858
Curtose	3,311 <sup>A</sup>	3,017 <sup>A</sup>	3,019 <sup>A</sup>	2,677 <sup>A</sup>	0,993
Assimetria	-0,892 <sup>AB</sup>	-1,119 <sup>A</sup>	-1,028 <sup>A</sup>	-1,072 <sup>A</sup>	0,692
Tratamento – CV da ração – dia 33 – fase 3					
Parâmetro	34,83%	11,88%	9,78%	5,35%	*P
Peso médio	2.332,040 <sup>b</sup>	2.359,380 <sup>a</sup>	2.372,950 <sup>a</sup>	2.369,930 <sup>a</sup>	0,007
CV de pesos	10,021 <sup>A</sup>	9,576 <sup>A</sup>	9,300 <sup>A</sup>	8,591 <sup>A</sup>	0,249
Curtose	3,001 <sup>abAB</sup>	6,108 <sup>aA</sup>	3,597 <sup>aA</sup>	1,134 <sup>ba</sup>	0,027
Assimetria	-1,173 <sup>A</sup>	-1,664 <sup>A</sup>	-1,163 <sup>A</sup>	-0,765 <sup>A</sup>	0,087
Tratamento – CV da ração – dia 40 – fase 4					
Parâmetro	40,82%	10,01%	10,77%	5,83%	*P
Peso médio	2.905,040 <sup>b</sup>	2.936,340 <sup>a</sup>	2.944,590 <sup>a</sup>	2.948,070 <sup>a</sup>	0,042
CV de pesos	10,048 <sup>AB</sup>	9,237 <sup>A</sup>	9,576 <sup>A</sup>	9,145 <sup>A</sup>	0,585
Curtose	4,834 <sup>A</sup>	3,501 <sup>A</sup>	4,944 <sup>A</sup>	3,038 <sup>A</sup>	0,433
Assimetria	-1,562 <sup>A</sup>	-1,281 <sup>A</sup>	-1,389 <sup>A</sup>	-1,139 <sup>A</sup>	0,494
Valores de **P – dentro do tratamento – entre as fases					
CV de pesos	<0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	
Curtose	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002	
Assimetria	<0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	

Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferenças significativas (\*P<0,05) entre os tratamentos e dentro das fases pelo teste de Student-Newman-Keuls para o CV de pesos, e pelo teste de Kruskal-Wallis para o peso médio, curtose e assimetria. Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa (\*\*P<0,05) dentro do tratamento e entre as fases para o CV de pesos, curtose e assimetria pelo teste de Kruskal-Wallis.

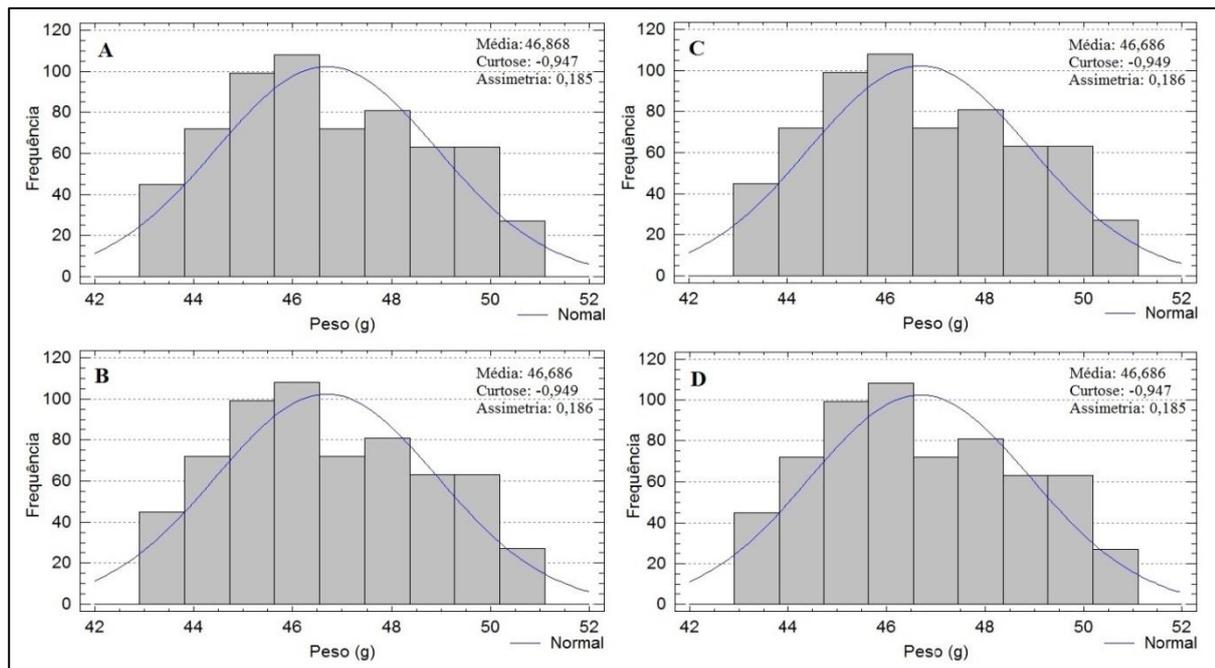


Figura 7 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 1 dia de idade. A – 30 segundos de mistura da ração. B – 60 segundos de mistura da ração. C – 90 segundos de mistura da ração. D – 120 segundos de mistura da ração.

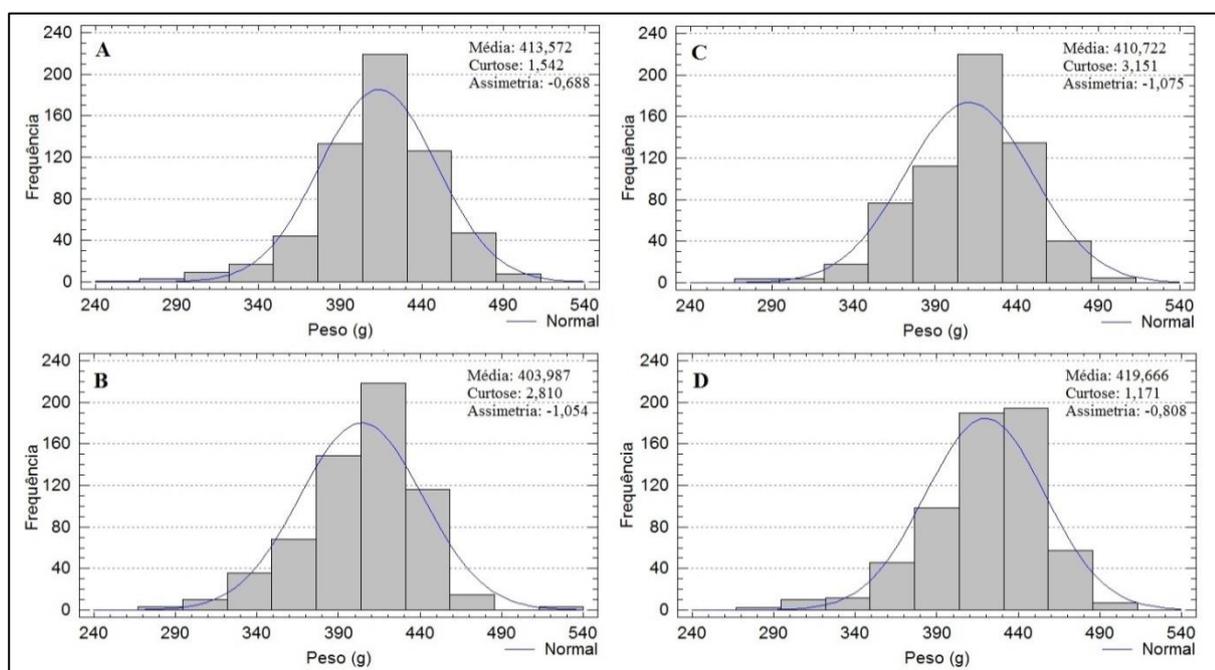


Figura 8 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 12 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 38,85%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 20,43%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 10,74%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 7,46%.

Na assimetria dos dados (Tabela 18), verifica-se que também aos 12 dias houve diferenças significativas em relação à data do alojamento em todos os tratamentos. As assimetrias positivas moderadas na data do alojamento tornaram-se negativas moderadas nas pesagens aos 12 e 21 dias (Figuras 8 e 9), e negativas fortes aos 33 e 40 dias (Figuras 10 e 11), exceto pelo valor correspondente a 120 segundos de mistura na fase 3, indicando progressiva desuniformização dos pesos, independente dos CVs das rações.

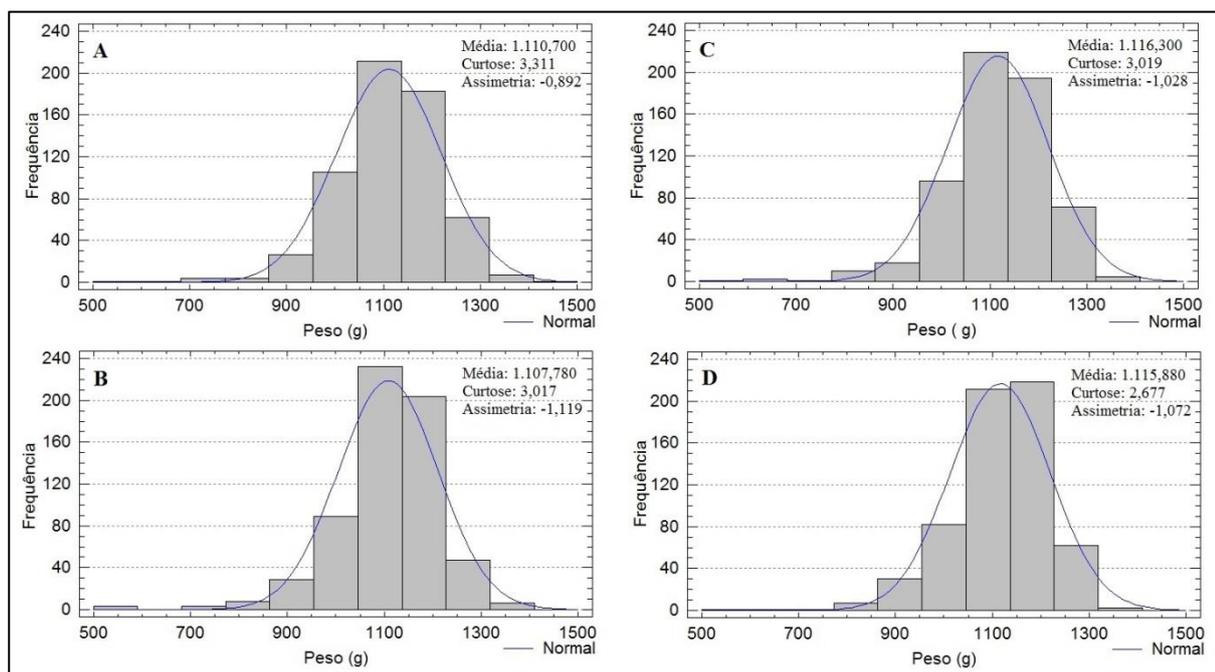


Figura 9 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 21 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 49,84%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 22,63%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 8,92%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,41%.

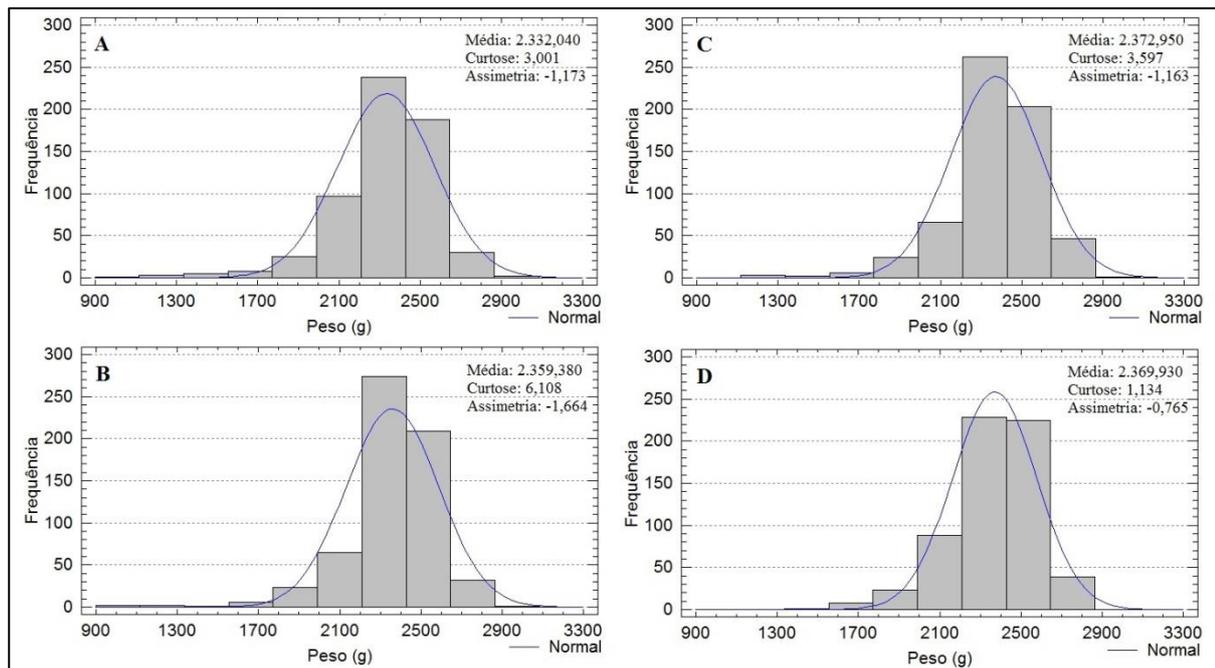


Figura 10 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 33 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 34,83%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 11,88%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 9,78%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,35%.

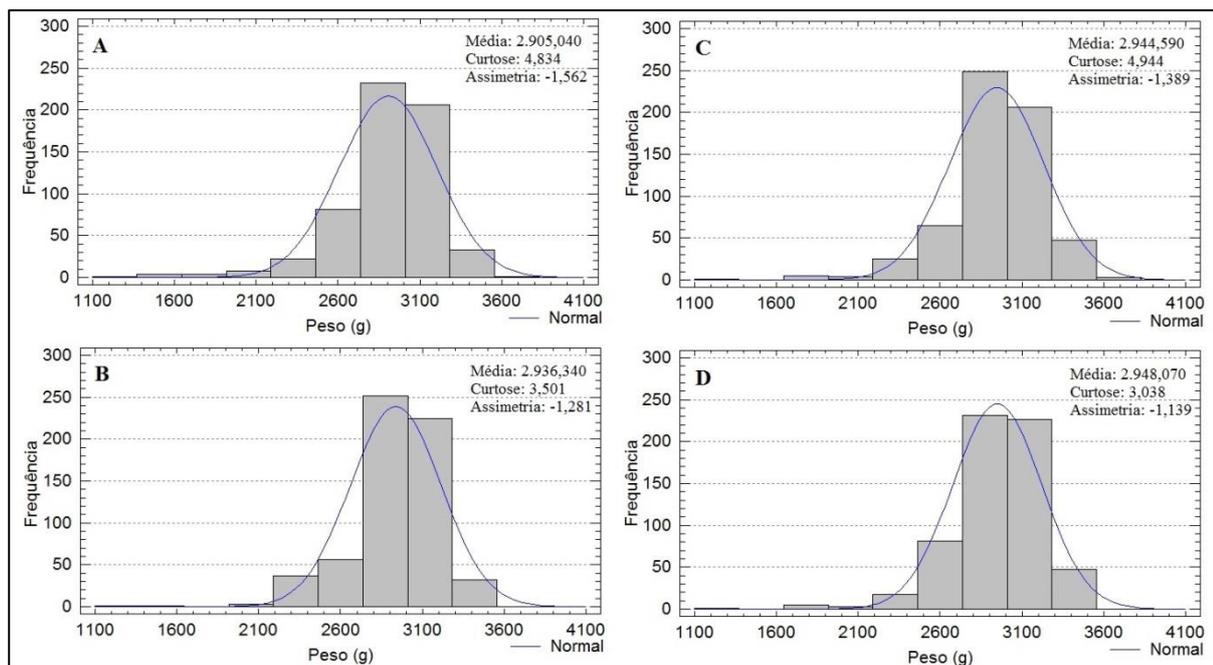


Figura 11 – Gráficos de distribuições de frequências dos pesos dos frangos com 40 dias de idade. A – 30 segundos de mistura da ração – CV de 40,82%. B – 60 segundos de mistura da ração – CV de 10,01%. C – 90 segundos de mistura da ração – CV de 10,77%. D – 120 segundos de mistura da ração – CV de 5,83%.

Por fim, realizou-se uma análise de produção zootécnica a partir dos dados de desempenho do período total, aplicando-se as equações de regressão citadas (Tabela 17). Para obter CVs das rações de 10%, os tempos considerados para os procedimentos do misturador seriam 10, 96, 30, 96 e 10 segundos para adição de ingredientes sólidos, mistura seca, adição de líquidos, mistura úmida e descarga do misturador, respectivamente. O tempo total para este cenário seria de 242 segundos para cada ciclo de mistura e seriam produzidas 14,9 toneladas por hora, em um misturador com capacidade para uma tonelada por ciclo. Com 15,3 horas de trabalho por dia, e considerando um período de 22 dias, esta fábrica produziria 5.000 toneladas de rações por mês. Com os índices zootécnicos apresentados neste trabalho seria possível abater 50.570 frangos diariamente, correspondendo a 3.274 toneladas de frangos vivos em 22 dias.

Entretanto, para obter CVs das rações de 5%, os tempos considerados para os procedimentos do misturador seriam 10, 110, 30, 110 e 10 segundos para adição de ingredientes sólidos, mistura seca, adição de líquidos, mistura úmida e descarga do misturador, respectivamente. O tempo total para este cenário seria de 270 segundos para cada

ciclo de mistura e seriam produzidas 13,3 toneladas por hora, em um misturador com capacidade para uma tonelada por ciclo. Com 15,3 horas de trabalho por dia, e considerando um período de 22 dias, esta fábrica produziria 4.481 toneladas de rações por mês, ou seja, 90% da produção do cenário anterior. Considerando o maior consumo e o maior ganho de peso dos frangos que consumissem rações com 5% de CV seria possível abater 44.836 frangos diariamente, totalizando 2.933 toneladas de frangos vivos em 22 dias.

A diferença provavelmente teria impacto no custo de produção dos frangos, pois o custo fixo ponderado para produção de 5.000 toneladas seria de R\$ 27,45, enquanto que para produzir 4.481 toneladas seria de R\$ 30,63. Neste caso, ao produzir 90% da capacidade para atingir 5% de CV, o custo fixo aumentaria em 12%. É preciso salientar ainda que para a indústria integradora que produz e abate, a menor quantidade de quilos de frangos disponível pode resultar em ociosidade no abatedouro e aumento do custo fixo da indústria.

O nível de processamento e manuseio das rações utilizadas em experimentos que avaliam a composição ou os requerimentos nutricionais pode variar acentuadamente em relação à produção industrial. Durante os experimentos assume-se que as rações estão homogeneamente misturadas, que são aleatoriamente distribuídas e que os animais apresentam o mesmo comportamento alimentar. Em ensaios de metabolismo e desempenho animal, existe um criterioso acompanhamento das rações ofertadas aos animais, mas há uma dualidade na forma de processamento dos ingredientes, exceto em experimentos específicos para tal. O efeito destas variáveis é frequentemente negligenciado em experimentos nos quais a baia ou box são as unidades experimentais (PRITCHARD; STATELER, 1997). Em experimentação animal, nenhuma expressão de escolha ou seleção sobre as rações ofertadas deveria ser permitida. Consequentemente, cada porção consumida seria uniforme, definível e, a mais semelhante possível de uma ração nutricionalmente completa. Este conceito assume que todos os ingredientes estão dispersos e presentes em qualquer fração do todo, e que esta distribuição seria mantida durante todo o manuseio das rações até a preensão pelo animal. É aceitável que a integridade da homogeneidade alcançada ou a maneira que a ração é consumida influenciem completamente o status nutricional e consequentemente o desempenho animal (COPPOCK; BATH; HARRIS JR, 1981).

Estes comentários não avalizam a qualidade da mistura como a explicação para o efeito associativo positivo de algumas combinações de ingredientes ou nutrientes avaliadas, apenas se destinam a alertar para possíveis fatores que podem confundir a interpretação dos resultados quando planejamos experimentos com animais, para os quais nem sempre é dada a devida atenção (PRITCHARD; STATELER, 1997).

CROMWELL et al. (2003), ao avaliar a variação analítica de rações produzidas por 25 diferentes estações experimentais concluiu que algumas destas não foram capazes de produzir misturas eficientes, e que estes resultados indicam a possibilidade que, em alguns experimentos, a variação no desempenho animal entre os tratamentos poderia ser devido a erros de mistura ao invés das diferenças entre os tratamentos em si.

PRITCHARD; STATELER (1997) reportaram que não foi possível encontrar dados documentando a homogeneidade das rações que estavam nos comedouros. Quando toda a ração foi consumida e a baia ou box é a unidade experimental, se considera que todos os animais consumiram igualmente e quando existem sobras (finos, por exemplo) consideramos que todos os animais rejeitaram uma parte da ração. Não fica claro se todos os animais rejeitaram aquela fração ou se apenas uma parte dos animais é responsável por tal seleção.

Se o consumo seletivo não é desejável, algumas práticas de manejo como a restrição quantitativa que inibem tal comportamento melhoram o desempenho animal. Esta vantagem deve considerar a melhor qualidade das rações (PRITCHARD; STATELER, 1997). Uma melhor conversão alimentar associada a programas de restrição alimentar pode ser, em parte, explicada com esta modificação comportamental (MURPHY; LOERCH, 1994).

Nas avaliações do efeito da falta de homogeneidade das rações, a falta de variabilidade no desempenho animal pode ser explicada pelo tamanho da amostra, que pode ser tanto a analisada para detectar o teor dos indicadores quanto a consumida pelos animais. De acordo com HARNBY et al. (1985), se o objetivo é assegurar que cada animal receba a quantidade correta de nutrientes a cada dia, então a amostra para análise desta mistura deveria ser equivalente à quantidade consumida diariamente pelo animal. Entretanto, se o critério é que o nutriente deve ser fornecido semanalmente, então a amostra deveria corresponder a tal quantidade. Em último caso, pode haver variações consideráveis entre as porções ingeridas diariamente, mas em média durante o dia ou a semana a ingestão atingiria os requerimentos totais dos nutrientes.

No primeiro experimento de MCCOY et al. (1994), no qual utilizaram rações para atender plenamente os requerimentos nutricionais, o máximo desempenho dos frangos foi obtido com CVs de 12 a 23%, que contrasta as recomendações da indústria de 10% ou menos de CV para representar rações eficientemente misturadas. Eles concluíram que um CV de 20% representa o nível de homogeneidade adequado em rações para máximo desempenho de frangos de corte, e este nível é quatro vezes maior do que aquele recomendado pelo MAPA.

Segundo CIFTCI; ERCAN (2003), em condições não experimentais é aconselhável adotar processos que garantam um CV de até 10% quando utilizar rações calculadas para atender os requerimentos mínimos das aves.

O coeficiente de variação necessário para ótimo desempenho é altamente dependente da espécie e estágio de produção ou idade do animal para a qual a ração será fornecida, indicador selecionado para o teste de homogeneidade de mistura e forma de coleta das amostras da ração (PAULK, 2011). Assuntos regulatórios também devem ser levados em consideração, pois qualquer ração comercializada ou distribuída será considerada adulterada se uma amostra representativa não estiver condizente com os níveis de garantia rotulados (TRAYLOR et al., 1994).

De maneira geral, observa-se redução linear dos CVs das rações misturadas por 30 a 120 segundos. Marcadamente, quando ocorre o efeito da falta de homogeneidade das rações sobre o desempenho dos frangos de corte, este é observado no consumo de ração, e em alguns casos no ganho de peso como consequência do maior consumo, mas não se observa diferença na conversão alimentar. Efeitos sobre o consumo de ração parecem ser mais consistentes para frangos de corte após 22 dias de idade, e a causa provável é o maior peso corporal acumulado ao longo das fases. Com rações que atendam os requerimentos nutricionais, CVs acima do padrão recomendado por órgãos regulatórios são tolerados pelas aves, não havendo expressão sobre o desempenho e uniformidade dos pesos. Até o máximo CV das rações observado neste trabalho, observa-se que a desuniformização dos pesos dos frangos não depende da homogeneidade das rações, e que tal dispersão dos pesos na produção de frangos de corte depende de outros fatores não estudados neste trabalho. A ausência de efeito com altos CVs das rações pode ser explicada pelo número de refeições que os frangos fazem diariamente, o que aumentaria a probabilidade destes consumirem as quantidades adequadas de nutrientes durante o dia, ou até mesmo em períodos de dois dias.

### 3.4. Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que rações com CVs até 22,63%, não causam efeitos sobre o desempenho dos frangos de corte com idade superior a 12 dias, desde que utilizando rações com níveis adequados de nutrientes. Para frangos de corte com até 12 dias de idade a ração com CV de 10,74% influenciou negativamente o desempenho, portanto recomenda-se utilizar rações com CV até 7,46%.

A falta de homogeneidade das rações, com CV até 49,48%, não afeta a homogeneidade dos pesos dos frangos de corte durante o crescimento e no momento do abate.

O aumento do tempo de mistura reduz a produtividade das fábricas, e consequentemente aumenta o custo de produção das rações.

#### **4. INTERFACE COMPUTACIONAL ORIENTATIVA PARA AVALIAÇÕES DE EFICIÊNCIA DE MISTURA EM EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES**

A interface computacional foi desenvolvida com informações de referências e também práticas, para orientar o processo de avaliação de homogeneidade e uniformidade de misturas. A interface fornecerá um relatório padronizado, para apresentação ao MAPA.

O primeiro passo será o preenchimento das informações relativas ao nome da empresa, unidade fabril, endereço e linha de produção. Estas informações irão constar no cabeçalho do relatório para completa identificação da avaliação de homogeneidade e/ou uniformidade de misturas.

Sequencialmente são feitas perguntas para o operador, para que previamente determine o número ciclos de mistura, de amostras em cada ciclo e de indicadores que serão utilizados.

As perguntas são:

Qual é a massa do ciclo de mistura?

Com esta informação o programa irá sugerir o número de amostras a coletar no mesmo ciclo de mistura, considerando a seguinte regra:

- a) Até 2.000 kg: 10 amostras;
- b) De 2.000 a 4.000 kg: 12 amostras;
- c) De 4.000 a 6.000 kg: 14 amostras;
- d) De 6.000 a 8.000 kg: 16 amostras;
- e) De 8.000 a 10.000 kg: 18 amostras;
- f) Mais de 10.000 kg: 20 amostras;

Depois de inserida a massa do ciclo de mistura, o programa indicará o número sugerido de amostras a coletar em cada ciclo, e perguntará se o operador confirma o número sugerido ou se deseja trabalhar com menos amostras. Se menos, o programa não permitirá menos do que 10 amostras. Frequentemente utilizam-se apenas 10 amostras, independente da massa em cada ciclo de mistura.

A variação calculada a partir da equação de CV para um número finito de amostras é apenas uma estimativa imparcial da verdadeira variação existente na mistura. Em geral, quanto maior o número de amostras, melhor será a estimativa da variação inerente à mistura (HARNBY et al., 1985). De acordo com POUX et al. (1991), recomenda-se 20 a 40 amostras para obter uma correta informação sobre a homogeneidade da mistura. Deve ser observado, entretanto, que a retirada de um grande número de amostras pode causar uma alteração significativa na massa total dentro do misturador, o que pode afetar positivamente a eficiência do equipamento na sequência das avaliações.

Quantos ciclos de mistura serão produzidos para a avaliação?

O MAPA atualmente exige apenas um ciclo de mistura, mas para avaliações da uniformidade é conveniente trabalhar com pelo menos três ciclos sucessivos. De acordo com BARASHKOV et al. (2007), recomenda-se produzir cinco ciclos consecutivos de mistura e de cada um destes coletar dez amostras, desta forma é possível detectar falhas no processo de mistura que poderiam causar perdas econômicas significativas ou problemas com assuntos regulatórios.

O programa possibilitará trabalhar com 1 a 10 ciclos de mistura.

Quantos indicadores serão utilizados na avaliação?

Como já foi amplamente discutido neste trabalho, há uma variedade de indicadores que podem ser utilizados, mas por limitações relativas ao custo das análises dificilmente trabalha-se com mais de 3 grupos de indicadores na mesma avaliação. Aqui se entende por grupo aqueles indicadores que podem ser recuperados com o mesmo procedimento analítico, como é o caso dos aminoácidos industriais, cujo procedimento possibilitará a recuperação de LLP ou LLL, DLM e LT na mesma amostra, desde que estes indicadores sejam adicionados. O programa permitirá incluir até 10 indicadores para cada ciclo de mistura e abrirá os campos para digitação dos nomes dos referidos indicadores.

Após estas perguntas e as definições do operador, o programa abrirá as tabelas para digitação dos resultados analíticos obtidos das amostras coletadas. Como exemplo para um ciclo de mistura de 3.000 kg, com coletas de amostras em três ciclos sucessivos e utilizando um indicador teríamos a tabela 19:

Tabela 19 – Modelo de tabela do programa orientativo, para digitação dos resultados analíticos dos indicadores e cálculo dos CVs de cada ciclo de mistura.

Amostra	L-Lisina HCl		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
1	1,501	1,594	1,716
2	1,742	1,683	1,638
3	1,525	1,628	1,485
4	1,590	1,621	1,663
5	1,675	1,548	1,517
6	1,662	1,653	1,673
7	1,685	1,705	1,582
8	1,628	1,594	1,691
9	1,561	1,502	1,768
10	1,760	1,616	1,603
11	1,516	1,603	1,794
12	1,739	1,626	1,646
Média	1,632	1,614	1,648
C.V. (%)	5,670	3,379	5,591

As células referentes à média aritmética e coeficiente de variação serão calculadas pelo programa.

Após a visualização dos resultados o operador poderá decidir qual a combinação de ciclos e indicadores que deseja apresentar no relatório, como por exemplo, o ciclo 2 para o indicador L-Lisina HCl. Poderá ser a combinação de um ciclo com um indicador, ou até mesmo todos os ciclos com todos os indicadores.

O programa poderá ser acessado para download na página do Laboratório de Análises Micotoxicológicas – LAMIC, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, através do link: [http://www.lamic.ufsm.br/web/?q=lamic\\_qualidade\\_mistura](http://www.lamic.ufsm.br/web/?q=lamic_qualidade_mistura)

## REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed, 2<sup>nd</sup> revision 2007. 2005.

ALLEN, T. Powder sampling and particle size measurement. **Particle Size and Measurement**, 5th ed. Chapman and Hall, London, p. 216-219, 1997.

ALOMAR, D.; MONTERO, R.; FUCHSLOCHER, R. Effect of freezing and grinding method on near-infrared reflectance (NIR) spectra variation and chemical composition of fresh silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 78, n. 1, p. 57-63, 1999.

AMORNTHAWAPHAT, N.; BEHNKE, K. C.; HANCOCK, J. D. **Effects of particle size and mixing time on uniformity and segregation in pig diets**. Kansas State University. Manhattan, Kansas: 1998/11/19., p.261-263. 1998

BARASHKOV, N. et al. Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications. **Presentation available on www.microtracers.com**, 2007.

BEHNKE, K. C. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 49-57, 1996a. ISSN 0377-8401. Disponível em: < <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037784019601005X?showall=true> >.

\_\_\_\_\_. Mixing and nutrient uniformity issues in ruminant diets. Mid-south Ruminant Nutrition Conference Proceedings, 1996, 1996b.

BRASIL. **Ofício Circular 011/09 CPAA/DFIP/SDA. Roteiro para aplicação da Instrução Normativa nº 65, de 21 de Novembro de 2006**. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. Brasília. Anexo I 2009.

CAMPESTRINI, E. Utilização de Equipamento NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) nos Estudos de Valores Nutricionais (Composição Química e Digestibilidade) de Alimentos para Não Ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 5, p. 235-246, 2005. Disponível em: < [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/025V2N5P240\\_251\\_SET2005.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/025V2N5P240_251_SET2005.pdf) >.

CARREIRA, R. L. et al. Emprego de cromatografia líquida de alta eficiência hidrofílica na determinação dos aminoácidos de hidrolisados de caseína. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 22, p. 229-232, 2002.

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.

CLARK, P. M. **The effects of nutrient uniformity and modified feed processing on animal performance**. 2006. 98 Dissertation (Doctor of Philosophy). Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, Kansas.

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. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 3, p. 464-470, Fall 2007 2007. Disponível em: <<http://japr.fass.org/content/16/3/464.abstract>>.

COMMUNITIES, C. O. T. E. Directive 98/64/CE for analytical methods for the determination of amino acids in feeds. **Off. J. Eur. Comm.**, v. L257, p. 14-23, 1998.

COPPOCK, C.; BATH, D.; HARRIS JR, B. From feeding to feeding systems. **J Dairy Sci**, v. 64, n. 6, p. 1230-1249, 1981.

CROMWELL, G. L. et al. **Variability in mixing efficiency and laboratory analyses of a common diet mixed at 25 experiment stations**. *J Anim Sci*. 81: 484-491 p. 2003.

DALANEZI, J. A. et al. Efeito da idade da matriz sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 250-260, 2005.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, v. 7, 2011.

DJURAGIC, O. et al. Evaluation of homogeneity in feed by method of microtracers<sup>®</sup>. **Archiva Zootechnica**, v. 12, n. 4, p. 85-91, 2009. ISSN 1016-4855. Disponível em: < [http://www.ibna.ro/arhiva/AZ%2012-4/AZ%2012-4\\_08%20Olivera%20Djuragic.pdf](http://www.ibna.ro/arhiva/AZ%2012-4/AZ%2012-4_08%20Olivera%20Djuragic.pdf) >.

DONALD, M. B.; ROSEMAN, B. Mechanisms in a horizontal drum mixer. **British Chemical Engineering**, v. 7, p. 749 - 753, 1962.

EISENBERG, D. A. Microtracers<sup>®</sup> F and their uses in assuring the quality of mixed formula feeds. **Advanced Feed Technology**, v. 7, p. 78-85, 1992. Disponível em: < <http://www.microtracers.com/upload/File/itembb.pdf> >.

\_\_\_\_\_. **Mixer performance, cross-contamination testing examined.** *Feedstuffs*. 76: 1-2 p. 2004.

EL-HAGRASY, A. S. et al. Near-infrared spectroscopy and imaging for the monitoring of powder blend homogeneity. **J Pharm Sci**, v. 90, n. 9, p. 1298-1307, 2001.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. Feeds and nutrition. **Ensminger Publ. Co.**, n. 2nd ed. Clovis, CA, 1990.

FDA. **Compliance Program Guidance Manual - Medicated Feeds Program.** FDA/CVM. Rockville, MD. No. 7371004. 1990.

FONTANELI, R. S. et al. Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 594-598, 2002.

GRIFFIN, A. M. et al. The influence of rearing light period and the use of broiler or broiler breeder diets on forty-two-day body weight, fleshing, and flock uniformity in broiler stocks. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, n. 2, p. 204-216, 2005.

GROESBECK, C. N. et al. Diet mixing time affects nursery pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 7, p. 1793-1798, July 1, 2007 2007. Disponível em: < <http://jas.fass.org/content/85/7/1793> >.

HALL, C.; FARRALL, A.; RIPPEN, A. **Encyclopedia of Food Engineering**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc: 755 p. 1986.

HANCOCK, J. D. et al. Feed Processing and Diet Modifications Affect Growth Performance and Economics of Swine Production. Short Course on Nutrition and Management of Weanling Pigs, 1997. San Jose, Costa Rica and Panama City, Panama. p.20.

HARNBY, N.; EDWARDS, M. F.; NIENOW, A. W. **Characterization of Powder Mixtures. In: Mixing in the Process Industries**. London: Butterworths, 1985.

HERRMAN, T.; BEHNKE, K. C. Testing mixer performance. **Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas State University.**, v. Bulletin MF-1172. Feed Manufacturing., 1994. Disponível em: < <http://www.ksre.ksu.edu/bookstore/Category.aspx?id=23&catId=385&Page=5> >. Acesso em: 2013/01/08.

INTERNATIONAL, I. ISI WINDOWS Near-Infrared Software, WinISI II-Version 1. 1999.

\_\_\_\_\_. **WinISI III**: Infracsoft International, LLC., State College, PA. 1 2005.

JUDICE, M. G.; MUNIZ, J. A.; CARVALHEIRO, R. Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 170-173, 1999.

KEHLENBECK, V. Use of Near Infrared Spectroscopy for in- and Off-Line Performance Determination of Continuous and Batch Powder Mixers: Opportunities & Challenges. **Procedia Food Science**, v. 1, n. 0, p. 2015-2022, 2011.

KHANDAKER, Z.; KHALEDUZZAMAN, A. Nutritional evaluation of Jambo forage using near infrared reflectance spectroscopy and comparison with wet chemistry analysis. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v. 40, n. 1-2, p. 46-50, 2012.

KÖSTER, H. Improved animal performance through feed processing technology - Part 1. Grinding of Feedsutuffs. AFMA's Annual Symposium, 2003. Animal Feed Manufactures Association. p.20 - 28.

LACEY, P. M. C. Developments in the theory of particle mixing. **Journal of applied chemistry**, v. 4, n. 5, p. 257-268, 1954.

LINDLEY, J. A. Mixing processes for agricultural and food materials: 1. Fundamentals of mixing. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 48, n. 0, p. 153-170, 1991. ISSN 0021-8634. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0021863491800124> >. Acesso em: 1991/4//.

LUTZ, I. A. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4. ed. Brasília: Editora MS, 2005. p. 112 e 719

MANUGISTICS, I. **Statgraphics Plus for Windows**. 2115 East Jefferson Street, Rockville, Maryland 20852.: Manugistics 1995.

MCCOY, R. A. et al. Effect of Mixing Uniformity on Broiler Chick Performance. **Poultry Science**, v. 73, n. 3, p. 443-451, March 1, 1994 1994. Disponível em: <  
<http://ps.fass.org/content/73/3/443.abstract> >.

MOLENAAR, R. et al. Relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 64, n. 04, p. 599-604, 2008.

MURPHY, T.; LOERCH, S. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass characteristics, and composition. **J Anim Sci**, v. 72, n. 9, p. 2497-2507, 1994.

NAGATA, S. **Mixing: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1975.

NRC. **National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry**. Washington, DC: National Academy Press, 1984. ISBN 0309034868.

\_\_\_\_\_. **National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry**. Washington, DC: National Academy Press, 1994.

ONTIVEROS, R. R.; SHERMER, W. D.; BERNER, R. A. An HPLC method for the determination of 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid (HMB) in supplemented animal feeds. **J Agric Food Chem**, v. 35, n. 5, p. 692-694, 1987/09/01 1987.

PAULK, C. B. **Manipulation of processing technologies to enhance growth performance and (or) reduce production costs in pigs**. 2011. 109 (Master of Science). Department of Animal Science. College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas.

PERRY, R. H.; GREEN, D. W.; MALONEY, J. O. Perry's chemical engineer's handbook. In: (Ed.). **Perry's chemical engineer's handbook**: McGraw-Hill Book, 1984.

PFOST, H. B. et al. Testing feed mixtures, mixers and related equipment. **Feedstuffs**, v. 38, p. 32-46, 1966.

POUX, M. et al. Powder mixing: some practical rules applied to agitated systems. **Powder Technology**, v. 68, n. 3, p. 213-234, 1991.

PRITCHARD, R. H.; STATELER, D. A. Grain processing: effects on mixing, prehension, and other characteristics of feeds. **J Anim Sci**, v. 75, n. 3, p. 880-4, March 1, 1997 1997.

RIELLY, C. D. et al. Mixing Processes for Agricultural and Food Materials: Part 4, Assessment and Monitoring of Mixing Systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 59, n. 1, p. 1-18, 1994.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia, 2011.

SALIBA, E. O. S. et al. Predição da composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, p. 357-360, 2003.

SCHÜEP, W.; STEINER, K. **Determination of vitamin B2 in complete feeds and premixes with HPLC**. 1988. 30-32

SOMMERS, K. Mechanisms of powder mixing and demixing. 2nd European Symposium on Mixing of Particulate Solids, 1981. Institution of Chemical Engineers Symposium Series.

STANIFORTH, J. N. Investigation of methods for identifying formation of ordered powder., European Conference on Mixing, 1982. Leeuwenhorst, Netherlands; Cranfield, UK. BHRA. p.181 - 194.

STOKES, S. R. Particle size and ration uniformity: Is it important to the cow. Western Canadian Dairy Seminar, 1997. p.1-10.

TONHI, E. et al. Fases estacionárias para cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR) baseadas em superfícies de óxidos inorgânicos funcionalizados. **Quim. Nova**, v. 25, n. 4, p. 616-623, 2002.

TRAYLOR, S. L. et al. **Mix time affects diet uniformity and growth performance of nursery and finishing pigs.** Swine Day Report. SERVICE, A. E. S. A. C. E. Manhattan, Kansas: Kansas State University: 171-175 p. 1994.

WILCOX, R. A.; UNRUH, D. L. **Feed Mixing Times and Feed Mixers.** Cooperative Extension Service, Kansas State University, 1986.

WILLIAMS, J. C. The segregation of particulate materials. A review. **Powder Technology**, v. 15, n. 2, p. 245-251, 1976.

ZAWIĞŁAK, K.; GROCHOWICZ, J.; SOBCZAK, P. The analysis of mixing degree of granular products with the use of microtracers. **Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa i Wschodnioukraieskiego Narodowego Uniwersytetu**, p. 335, 2011.

## Anexo A – Carta de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais – UFSM



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS-UFSM**

**CARTA DE APROVAÇÃO**

A Comissão de Ética no Uso de Animais-UFSM, analisou o protocolo de pesquisa:

**Título do Projeto:** "Uniformidade da mistura e seu efeito no desempenho de frangos de corte".

**Número do Parecer:** 066/2013

**Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Carlos Augusto Mallmann.

Este projeto foi **APROVADO** em seus aspectos éticos e metodológicos. Toda e qualquer alteração do Projeto, assim como os eventos adversos graves, deverão ser comunicados imediatamente a este Comitê.

**OBS:** Anualmente deve-se enviar à CEUA relatório parcial ou final deste projeto.

Os membros da CEUA-UFSM não participaram do processo de avaliação dos projetos onde constam como pesquisadores.

**DATA DA REUNIÃO DE APROVAÇÃO:** 16/01/2014.

Santa Maria, 16 de janeiro de 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alexandre Krause", is written over a horizontal line.

Prof. Dr. Alexandre Krause  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais- UFSM