

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS**

ALEX BERNARDI

**GESTÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS MATÉRIAS-
PRIMAS DA INDÚSTRIA DE RAÇÕES AVÍCOLAS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2017

ALEX BERNARDI

**GESTÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS MATÉRIAS-
PRIMAS DA INDÚSTRIA DE RAÇÕES AVÍCOLAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – Área de Concentração: Gestão dos Sistemas Produtivos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin

PATO BRANCO

2017

B523g Bernardi, Alex.

Gestão e monitoramento da qualidade das matérias-primas da indústria de rações avícolas / Alex Bernardi . -- 2017. 107 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Pato Branco, PR, 2017.

Bibliografia: f. 99 – 107.

1. Agronegócio. 2. Gestão de qualidade. 3. Ração animal. I. Trentin, Marcelo Gonçalves, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Maria Juçara Vieira da Silveira CRB9/1359
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 23

A Dissertação de Mestrado intitulada “**Gestão e monitoramento da qualidade das matérias-primas da indústria de rações avícolas**”, defendida em sessão pública pelo candidato **Alex Bernardi**, no dia 07 de dezembro de 2017, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin - Presidente – UTFPR

Prof. Dr. Henrique Emilio Zorel Junior – UTFPR

Prof. Dr. Tiago Goulart Petrolli - UNOESC

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 07 de dezembro de 2017.

Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto
Vice-Coordenador do PPGEPS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin, pelas sugestões, críticas, tempo dedicado e paciência durante as orientações desta dissertação.

Aos meus pais e meus irmãos, que foram responsáveis pelo início desta caminhada, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

À minha esposa Elizângela, meus filhos Marina e Bernardo, por compartilhar e acreditar nos meus sonhos e objetivos.

Aos professores Dr. José Donizetti de Lima, Dr. Henrique Emílio Zorel Júnior e Dr. Tiago Goulart Petrolli, por aceitarem fazer parte da minha banca de defesa da qualificação e dissertação, contribuindo e engrandecendo em muito este trabalho.

E ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Pato Branco e a todos os outros colegas, amigos e professores que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

BERNARDI, Alex. **Gestão e monitoramento da qualidade das matérias-primas da indústria de rações avícolas.** 2017. 107 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

Na cadeia de produção de produtos de origem animal, a fábrica de rações tem importância fundamental no aspecto econômico e de sustentabilidade. O objetivo principal desta pesquisa é melhorar a qualidade e eficiência da produção de rações avícolas, por meio da redução da variabilidade nutricional de ingredientes. O estudo apresenta e discute conceitos de gestão da qualidade com foco nos principais insumos utilizados na indústria. Por meio das análises bibliométrica e de conteúdo de um portfólio selecionado na literatura internacional, foi possível identificar lacunas relativas ao tema abordado. Foi avaliada a variação nutricional dos ingredientes aliada ao estabelecimento de critérios de classificação de fornecedores de farelo de soja. Também foi proposto um método analítico mais eficaz para análise nutricional do farelo de soja, utilizando a espectroscopia no infravermelho próximo, complementando com a análise da viabilidade econômica na implantação de um processo de segregação de milho na indústria de nutrição animal como forma de aumentar a eficiência produtiva. Foram realizados estudos empíricos envolvendo matérias-primas de uma fábrica de rações de frango de corte, situada na região extremo oeste de Santa Catarina, região Sul do Brasil. O estudo permitiu identificar e discutir fatores que influenciam positivamente e negativamente na variação dos resultados nutricionais das rações. Conclui-se que a análise da variação nutricional dos ingredientes, a utilização de processo de classificação de fornecedores, a proposição de metodologia alternativa de análise rápida de ingredientes utilizando a espectroscopia de infravermelho próximo e a segregação de matérias-primas, se apresentam como métodos eficazes para o aumento da eficiência produtiva em fábricas de rações.

Palavras-chave: Agronegócio. Gestão da Qualidade. Ração Animal.

ABSTRACT

BERNARDI, Alex. **Management and monitoring of the quality of the raw materials of the poultry feed industry.** 2017. 107 pages. Dissertation (Master's Degree in Production Engineering and Systems) - Federal Technology University of Paraná, Pato Branco.

In the chain of production of animal products, the feed mill is of fundamental importance in the economic and sustainability aspects. The main objective of this research is to improve the quality and efficiency of the production of poultry rations by reducing the nutritional variability of the ingredients. The study presents and discusses concepts of quality management focusing on the main inputs used in the industry. Through the bibliometric and content analysis of a selected portfolio in the international literature, it was possible to identify gaps related to the topic addressed. The nutritional variation of the ingredients allied to the establishment of classification criteria for suppliers of soybean meal was evaluated. A more efficient analytical method for nutritional analysis of soybean meal was also proposed, using near infrared spectroscopy, complementing with the analysis of the economical viability in the implantation of a maize segregation process in the animal nutrition industry as a way of increasing efficiency productive. Empirical studies were carried out involving raw materials from a feed mill of poultry located in the extreme western region of Santa Catarina, Southern Brazil. The study allowed to identify and discuss factors that influence positively and negatively the variation of the nutritional results of the rations. It is concluded that the analysis of the nutritional variation of the ingredients, the use of a supplier classification process, the proposition of an alternative fast ingredient analysis methodology using near infrared spectroscopy and the segregation of raw materials, are presented as effective methods to increase productive efficiency in feed mill.

Keywords: Agribusiness. Animal food. Quality management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Evolução histórica da produção anual de carne de frango no Brasil.....	14
Figura 2:	Custos envolvidos no processo de produção de carne de frango de corte para um aviário.....	18
Figura 3:	Fluxograma de uma fábrica de ração peletizada.....	21
Figura 4:	Componentes do programa de garantia da qualidade em fábricas de rações.....	22
Figura 5:	Etapas do trabalho.....	27
Figura 6:	Ilustração das Etapas da Metodologia <i>Proknow-C</i>	32
Figura 7:	Etapas da seleção do portfólio de artigos.....	33
Figura 8:	Eixos e palavras-chave da pesquisa.....	34
Figura 9:	Itens utilizados na análise de conteúdo.....	39
Figura 10:	Referências dos artigos por periódico.....	42
Figura 11:	Periódicos com maior relevância no meio acadêmico.....	43
Figura 12:	Artigos e autores com maior relevância.....	44
Figura 13:	Análise de variância utilizando ANOVA – comparativo de fornecedores.....	60
Figura 14:	Hierarquia de critérios para avaliação de fornecedores de farelo de soja.....	61
Figura 15:	Espectrômetro de infravermelho próximo – <i>NIRS</i>	69
Figura 16:	Espectros <i>NIR</i> das amostras de farelo de soja obtidas na faixa de 400 a 2.500 nm.....	72
Figura 17:	Relação entre os valores reais e os valores preditos pelos modelos de calibração obtidos pelo <i>NIR</i>	75
Figura 18:	Valores energéticos das diferentes amostras de milho (kcal/kg).....	86
Figura 19:	Histograma de frequência para os resultados de <i>EMAn</i> das amostras de milho.....	87
Figura 20:	Gráfico de dispersão dos resultados de <i>EMAn</i> das amostras.....	88
Figura 21:	Fluxograma do recebimento e estocagem de milho na fábrica de rações.....	88
Figura 22:	Fluxo de Caixa (FC) do Projeto de Investimento (PI).....	92
Figura 23:	Tela de Entrada dos Dados do PI no \$ΛV€π.....	92
Figura 24:	Dimensões e Indicadores da MMIA.....	93
Figura 25:	Espectro de validade da decisão: VPLs x TMAs.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Periódicos do Portfólio.....	40
Tabela 2:	Escala de relativa importância de Saaty.....	54
Tabela 3:	Resultados estatísticos dos parâmetros de qualidade das matérias-primas.....	57
Tabela 4:	Resultados estatísticos dos parâmetros de qualidade das rações.....	58
Tabela 5:	Análise de variância ANOVA – farelo de soja.....	59
Tabela 6:	Comparação entre os pares dos critérios de qualidade.....	62
Tabela 7:	Resultados normalizados dos julgamentos e os pesos dos critérios.....	62
Tabela 8:	Matriz de decisão para selecionar o melhor fornecedor de farelo de soja.....	63
Tabela 9:	Matriz normalizada.....	63
Tabela 10:	Matriz normalizada ponderada.....	64
Tabela 11:	Matriz de solução ideal positiva e negativa.....	64
Tabela 12:	Proximidade relativa com a solução ideal.....	65
Tabela 13:	Estatística descritiva da composição bromatológica das amostras de farelo de soja utilizados na calibração e validação...	72
Tabela 14:	Estatística de validação cruzada e validação externa para a previsão <i>NIRS</i> dos parâmetros nutricionais das amostras de farelo de soja.....	73
Tabela 15:	Custos com instalação de equipamentos e obra civil.....	89
Tabela 16:	Despesas operacionais mensais.....	89
Tabela 17:	Custos das formulações da ração crescimento.....	90
Tabela 18:	Quantidade de ração crescimento produzida em função da disponibilidade de milho segregado.....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Portfólio bibliográfico resultante do método <i>Proknow-C</i>	37
Quadro 2:	Artigos do Portfólio mais citados na literatura.....	41
Quadro 3:	Análise abordagem.....	46
Quadro 4:	Análise coleta de dados.....	47
Quadro 5:	Análise classificação.....	48
Quadro 6:	Análise estatística.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemist</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CF	Custo Fixo
CF _j	Custo Fixo no momento j
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CT	Custo Total
CVT	Custo Variável Total
CVu	Custo Variável unitário
EMA	<i>Apparent metabolizable energy</i>
EMAn	<i>Apparent metabolizable energy corrected for nitrogen</i>
FC	Fluxo de Caixa
FC ₀	Fluxo de caixa no momento 0
FC _j	Fluxo de caixa no momento j
IBC	Índice Benefício-Custo
IRPJ	Imposto de renda sobre a pessoa jurídica
KG	Quilograma
Les	Limites de Elasticidade
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCu	Margem de Contribuição unitária
MMI	Metodologia Multi-índice
MMIA	Metodologia Multi-índice Ampliada
mPLS	<i>Modified partial least squares</i>
N	Horizonte de planejamento do investimento
NIR	<i>Near-infrared Reflectance</i>
NIRS	<i>Near-infrared Reflectance Spectroscopy</i>
Payback	Período de recuperação do capital investido
Payback/N	Fração da vida útil necessária para a recuperação do capital investido
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PI	Projeto de Investimento
PIB	Produto Interno Bruto
Proknow-C	<i>Knowledge Development Process – Constructivist</i>
PVu	Preço de Venda unitário
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>
RMSEC	<i>Root Mean Square Error of Calibration</i>
RMSECV	<i>Root Mean Square Error of Cross-Validation</i>
RMSEP	<i>Root Mean Square Error of Prediction</i>
ROI	Retorno sobre o Investimento
ROIA	Retorno Adicional sobre o Investimento

<i>RPD</i>	<i>Residual Predictive Deviation</i>
RT	Receita Total
\$\Delta V\epsilon\Pi\$	Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento
SINDIRAÇÕES	Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TON	Toneladas
<i>TOPSIS</i>	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VEA	Valor Econômico Agregado
VLs	Valores-Limite
VP	Valor Presente
VP (CF)	Valor presente do Custo Fixo
VP (VR)	Valor Presente do Valor Residual
VP(CVT)	Valor Presente do Custo Variável Total
VP(RT)	Valor Presente da Receita total
VPL	Valor Presente Líquido
VPLA	Valor Presente Líquido Anualizado
VR	Valor Residual
$\Delta\%$	Variação Percentual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2	PROBLEMÁTICA.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.3.1	Objetivo geral.....	16
1.3.2	Objetivos específicos.....	16
1.4	JUSTIFICATIVA.....	17
1.5	DELIMITAÇÕES.....	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3	METODOLOGIA	26
3.1	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
3.2	ETAPAS DO TRABALHO.....	27
4	GESTÃO DA QUALIDADE DE INSUMOS NA INDÚSTRIA DE RAÇÕES: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE CONTEÚDO DA LITERATURA	29
4.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO.....	29
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO CAPÍTULO.....	31
4.2.1	Instrumento de Intervenção para Desenvolvimento da Pesquisa.....	32
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO.....	33
4.3.1	Seleção do Portfólio Bibliográfico.....	33
4.3.2	Definição de palavras-chave.....	34
4.3.3	Busca de Artigos e Teste de Aderência.....	35
4.3.4	Filtragem do Banco de dados.....	35
4.3.5	Procedimentos para análise bibliométrica e de conteúdo.....	38
4.3.6	Análise Bibliométrica.....	39
4.3.7	Análise de Conteúdo.....	45
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	50
5	VARIAÇÃO NUTRICIONAL DOS INGREDIENTES E RAÇÕES: UM MODELO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FORNECEDORES	51
5.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO.....	51
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO.....	56
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	65
6	DETERMINAÇÃO DE TEORES NUTRICIONAIS DO FARELO DE SOJA POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO	66
6.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO.....	66
6.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
6.2.1	Amostras e preparação das amostras.....	68
6.2.2	Análise de referência.....	68
6.2.3	Análise de espectroscopia.....	69
6.2.4	Modelagem de dados.....	70
6.2.5	Avaliação do modelo.....	71

6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO.....	71
6.3.1	Componentes medidos e calculados pela referência.....	71
6.3.2	Modelos de previsão para componentes do farelo de soja.....	72
6.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	76
7	ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM SEGREGAÇÃO DE MILHO: ESTUDO DE CASO EM AGROINDÚSTRIA PRODUTORA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE.....	77
7.1	INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO.....	77
7.2	REFERENCIAL TEÓRICO DO CAPÍTULO.....	79
7.2.1	Controle de qualidade na fábrica de rações.....	79
7.2.2	Análise de investimentos usando o MMIA.....	81
7.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	82
7.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO.....	84
7.4.1	Qualidade da Matéria-Prima.....	85
7.4.2	Custos de Implantação.....	88
7.4.3	Custos Operacionais.....	89
7.4.4	Rendimentos.....	90
7.4.5	Viabilidade Econômica.....	92
7.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	95
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
	REFERÊNCIAS.....	99

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil assumiu em 2015, o segundo lugar mundial em produção de frangos, superou 13,1 milhões de toneladas produzidas por ano, segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2017). A avicultura brasileira emprega cerca de 3,6 milhões de pessoas de forma direta e indireta, e responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto do país. O setor tem expressiva importância econômica e social, sendo que, em muitas cidades da região sul e sudeste, a produção de frangos é a principal atividade econômica (BELUSSO, 2010). Na Figura 1 observa-se a evolução histórica da produção anual de carne de frango no Brasil, em milhões de toneladas, no período de 2006 a 2016.

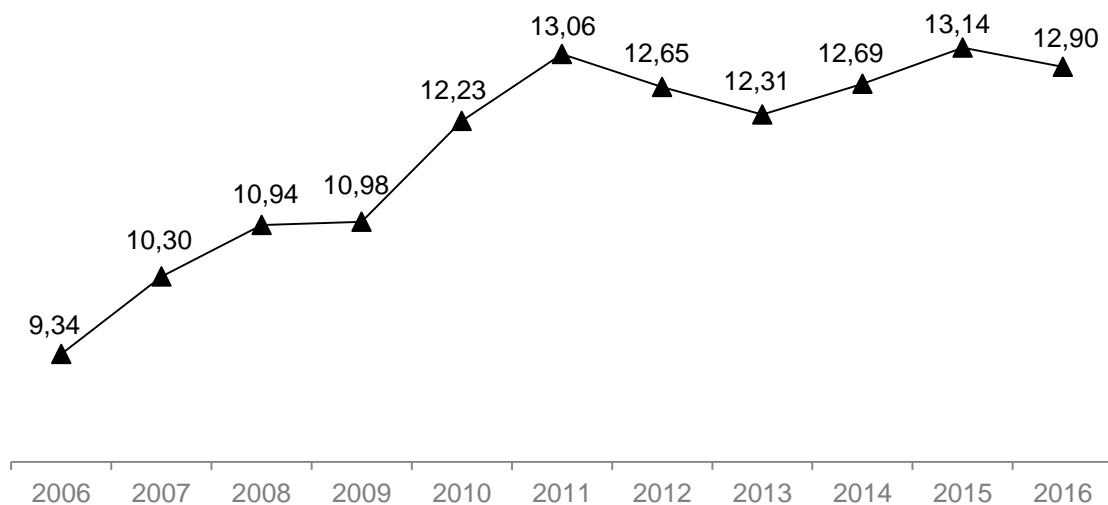


Figura 1: Evolução histórica da produção anual de carne de frango no Brasil

Fonte: ABPA (2017).

Dados da Embrapa (2016) apontam a alimentação dos animais como o maior custo envolvido no processo de produção de carne de frango, chegando a atingir 69,8% do custo de produção de frangos de corte, para um aviário na região de Santa Catarina. Para Jones (2008) muitos fabricantes de rações têm como missão da empresa a obtenção do lucro, apesar de ser certamente necessário para a sobrevivência da empresa, o lucro como único objetivo é míope. Os fabricantes de

rações devem oferecer aos clientes alimentos produzidos de forma eficiente, que serão corretamente entregues às suas instalações e contêm disponíveis os nutrientes requeridos pelos animais para a manutenção do corpo, o crescimento ou reprodução.

Segundo Jones (2008), os programas de controle de qualidade para alimentação animal devem contemplar a gestão de quatro eixos essenciais na produção de rações, sendo eles: materiais, equipamentos, pessoas e procedimentos. O controle de qualidade deve ser feito levando-se em consideração as especificidades de cada lugar, evitando-se o uso de pacotes prontos, o que pode acarretar mais problemas à produção (RARAELLI *et al.*, 2001).

Para Stark e Fahrenholz (2015), a produção de alimentos para animais com segurança e qualidade desejada começa com a recepção de ingredientes. O cumprimento de normas e procedimentos desde a compra até o recebimento representa a primeira linha de defesa na produção de alimentos de qualidade.

Segundo Behnke (1994), na maioria dos casos, os gerentes de fábrica de rações têm pouca influência sobre as decisões de compra de ingredientes. No entanto, se a fábrica de rações está fazendo um bom trabalho de amostragem de fornecedores e de monitoramento, a análise cuidadosa dos dados pode revelar padrões que, quando corretamente apresentados, podem influenciar as decisões de compra.

Conforme Bellaver *et al.* (2005), para uma correta gestão da qualidade deve-se conhecer alguns pontos específicos, tais como: disponibilidade comercial, quantidade de nutrientes e de energia, qualidade dos nutrientes e características físicas do ingrediente. O acompanhamento da variação de nutrientes em ingredientes para alimentação animal não é um conceito novo, pois dados de Miller *et al.* (1964) já demonstravam extenso conjunto de dados sobre a variação de ingredientes e seu efeito sobre a nutrição animal.

1.2 PROBLEMÁTICA

Na avicultura brasileira, assim como nas demais áreas de produção animal, a ração constitui o maior custo dentro do processo de criação (ALMEIDA, 2016). Nesse contexto, deve haver preocupação quanto a sua qualidade, desde o recebimento da

matéria-prima, do seu processamento, transporte e fornecimento nos comedouros dos aviários.

O principal problema enfrentado pelos técnicos brasileiros ao utilizarem tabelas nutricionais é a elevada variação na composição química dos ingredientes disponíveis no mercado (BARBARINO JR., 2001). Estas variações podem ser reduzidas significativamente se os ingredientes que apresentam maiores variações forem fracionados e classificados, como por exemplo, por níveis energéticos, de modo que cada fração passe a ser considerada como um ingrediente com características diferenciadas. Para isso são necessários equipamentos específicos para análise, transporte e estocagem da matéria-prima na indústria de rações. A utilização deste procedimento possibilita excepcional aumento de precisão das rações formuladas, proporcionando melhora da lucratividade decorrente do melhor desempenho dos animais (PENZ JR., 1994).

O problema de pesquisa, frente ao exposto, busca responder: Como melhorar a qualidade e eficiência na produção de rações avícolas?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral melhorar a qualidade e eficiência da produção de rações avícolas, por meio da redução da variabilidade nutricional de ingredientes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar uma revisão sistemática da literatura, relacionado à gestão da qualidade dos ingredientes na indústria de rações;
- Avaliar a variação nutricional do milho, farelo de soja, farinha suína de carne e ossos e das rações produzidas, aliadas ao estabelecimento de critérios de classificação de fornecedores de farelo de soja;
- Propor um método analítico mais eficaz para análise nutricional do farelo de soja, utilizando espectroscopia no infravermelho próximo;

- Analisar a viabilidade econômica da implantação de estrutura de armazenagem e processo de classificação de milho em uma agroindústria de rações.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo o boletim informativo do Sindirações (2016), a produção de rações no Brasil é um mercado que movimentou no ano de 2015 aproximadamente 66,5 milhões de toneladas de rações produzidas. A estimativa do Sindirações é que em 2016 a produção de rações no Brasil alcançou as 68,5 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 2,9% na produção de rações no país.

Dados do relatório anual do MAPA (2016), que apresentam dados sobre abates de carne de frango no Brasil, mostram que os três estados da região Sul atingiram em 2015 o abate de 7,75 milhões de toneladas, o que significa uma representação de 59,3% do abate nacional. No quesito exportação a região Sul representou 76,3% do total exportado pelo Brasil em 2015.

Neste contexto, observa-se a participação exponencial da região Sul na produção de carne de frango de corte e a importância da cadeia produtora no âmbito econômico da região.

Conforme Basílio *et al.* (2014), um empresa de rações deve possuir eficiente controle de qualidade dos ingredientes, que garantam qualidade das rações produzidas. Métodos clássicos de análise das matérias-primas geralmente requerem tempo maior para análise, que em muitos casos, ultrapassam o tempo de estocagem e consumo da matéria-prima pela fábrica de rações. Em muitas situações, os alimentos são utilizados rapidamente após serem fabricados e os animais consomem os alimentos antes de quaisquer ensaios poderem ser realizados. As análises laboratoriais de rotina devem ser realizadas para verificação dos insumos que chegam à fábrica, e sempre que possível, procurar utilizar métodos de análise que são mais rápidos que os convencionais (CECHI, 2007).

Para os responsáveis pela formulação da ração, é de suma importância manter os custos de alimentação o mais baixo possível, mantendo o desempenho desejado em termos de eficiência e velocidade de crescimento. De acordo com Klein (1999), a indústria de rações enfrenta um mercado competitivo, no qual a margem do

lucro é cada vez menor. Dessa forma a indústria é obrigada a reduzir os custos sem, entretanto, afetar a qualidade da ração.

Com relação aos custos de produção de frangos de corte, dados da CONAB (2016) apresentam o cálculo médio entre os meses de janeiro a maio de 2016, onde a ração representou 69,55% dos custos envolvidos no processo de produção de carne de frango de corte para um aviário (Figura 2).

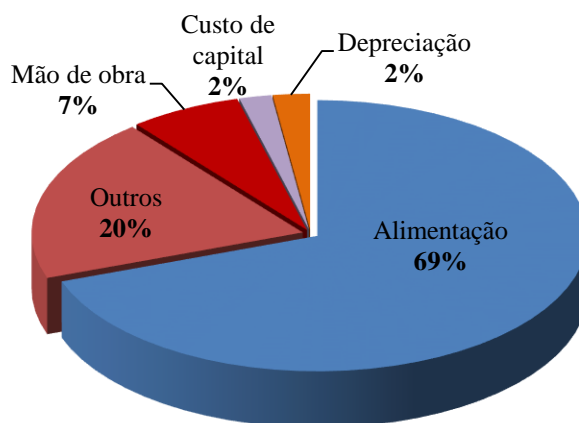


Figura 2: Custos envolvidos no processo de produção de carne de frango de corte para um aviário
Fonte: CONAB (2016).

Este estudo busca verificar no âmbito da qualidade, possíveis variações nutricionais dos ingredientes utilizados na fábrica de rações, propor um método analítico mais eficaz para análise nutricional das matérias-primas na indústria e avaliar a viabilidade econômica na implantação de um sistema de classificação e segregação de matérias-primas.

Além da aplicação prática, esta pesquisa também busca oferecer contribuições teóricas. Em uma primeira contribuição destaca-se a realização da pesquisa em ambiente industrial da região Sul do Brasil, uma vez que foi detectada a existência de poucas publicações que envolvam estudos de caso em indústrias de rações. Uma segunda contribuição, que será a partir de uma revisão de literatura, será possível identificar quais são os componentes que afetam a qualidade na indústria de rações e que são importantes no contexto de redução dos custos de produção.

1.5 DELIMITAÇÕES

O presente estudo toma como base um estudo de caso realizado em uma cooperativa agroindustrial situada na região extremo oeste do estado de Santa Catarina. A unidade produz rações para frangos de corte, com capacidade produtiva de 50.000 toneladas de rações por mês.

A pesquisa limitou-se em avaliar a qualidade nutricional das principais matérias-primas utilizadas na fábrica de rações. Adotaram-se como critério de seleção os insumos que possuam um percentual de inclusão na formulação maior que 3% e que são responsáveis pelas principais fontes de energia e proteína necessárias para o desenvolvimento dos animais. Assim definiram-se os seguintes insumos a serem analisados: milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos suína. A coleta de dados utilizada na pesquisa englobou o período de 2013 a 2017.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além dessa introdução, este projeto trata, em seu segundo capítulo, do referencial teórico do trabalho, sendo apresentadas as questões referentes a gestão da qualidade na indústria de rações. O capítulo três aborda a metodologia aplicada neste trabalho. O quarto capítulo apresenta a análise bibliométrica e de conteúdo da literatura internacional referente ao tema da pesquisa. O quinto capítulo avalia a variação nutricional dos ingredientes e rações e apresenta um modelo para classificação de fornecedores de farelo de soja. O sexto capítulo avalia a proposição de um método de análise rápida para avaliação nutricional do farelo de soja, utilizando a espectroscopia do infravermelho próximo. O capítulo sete apresenta a análise de viabilidade econômica de investimento em segregação de milho, utilizando o estudo de caso em uma agroindústria produtora de rações avícolas. Por fim, o capítulo oito apresenta as considerações finais do trabalho, seguido das referências utilizadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ração é o termo utilizado a um conjunto de alimentos misturados fornecidos aos animais como alimentação única ou complemento. Conforme Stark e Fahrenholz (2015), o fabricante tem como objetivo produzir rações com a melhor relação custo/benefício, no qual atenda os padrões nutricionais exigidos pelos animais por meio de uma formulação de custo mínimo.

As etapas de produção da fábrica de rações são: recebimento de ingredientes, processamento e expedição. Ao longo da linha de processamento, equipamentos de transporte, silos, balanças, moinhos, condicionadores e peletizadoras são utilizados para transformar os ingredientes em ração. A primeira etapa do processo produtivo é a dosagem das matérias-primas, que é feita mediante formulação pré-estabelecida pelo departamento técnico. A etapa de processamento é formada pela dosagem, moagem e mistura, podendo incluir outros processos como a peletização e extrusão (KOBETZ; KOBETZ, 2005). No processo de peletização ou de extrusão, em ambos a ração é tratada termicamente após ser misturada, e passa por processo de prensagem onde ocorre a formação do pellet.

Embora o processo produtivo tenha várias etapas, pode se considerá-lo monoestágio, pois as etapas produtivas estão dispostas de forma linear. O padrão de fluxo de uma batelada é contínuo e basicamente não existe estoque em processo. O fluxograma básico de uma fábrica de rações peletizadas para alimentação animal é apresentado na Figura 3.

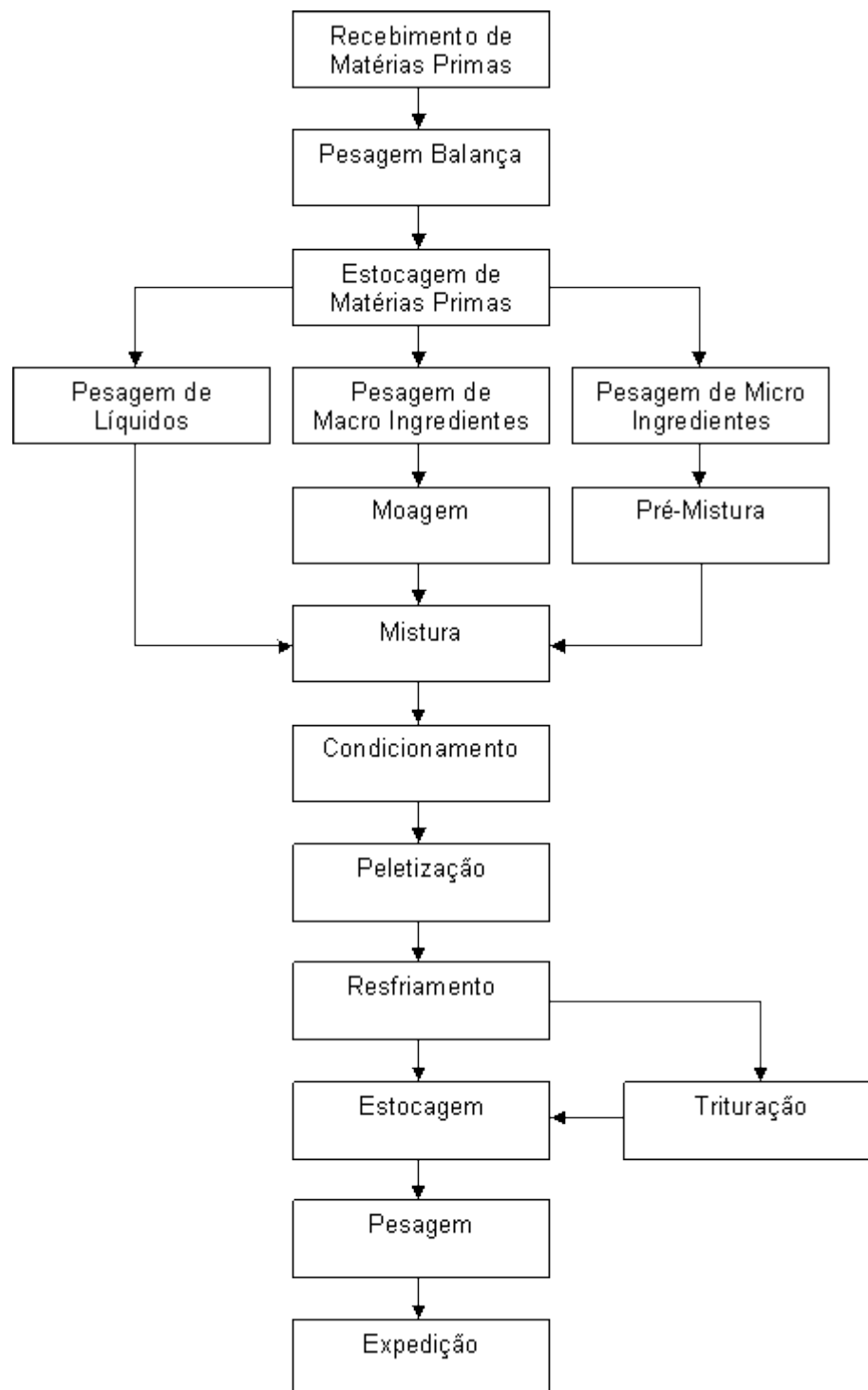


Figura 3: Fluxograma de uma fábrica de ração peletizada

Fonte: Autor (2017).

A qualidade pode ser planejada em novos projetos ou por meio da gestão, por intermédio de estudo da situação atual, adequando os desvios de qualidade nas plantas existentes. O conhecimento tecnológico das etapas de processo fornece o suporte para o planejamento e gestão (LARA, 2003).

A garantia da qualidade na fábrica de rações é definida como um programa que abrange políticas, procedimentos e controles de processos que resultam em um produto consistente. Com relação ao controle de qualidade na fábrica de rações, Chewning *et al.* (2012) mencionam que são medições de processo que asseguram que parâmetros de qualidade são cumpridos durante a recepção, fabricação e entrega do produto.

Na Figura 4, pode-se observar o modelo proposto para um programa da garantia da qualidade em fábricas de rações, contendo seis componentes, conforme *The National Grain & Feed Assn* (NGFA, 2002).

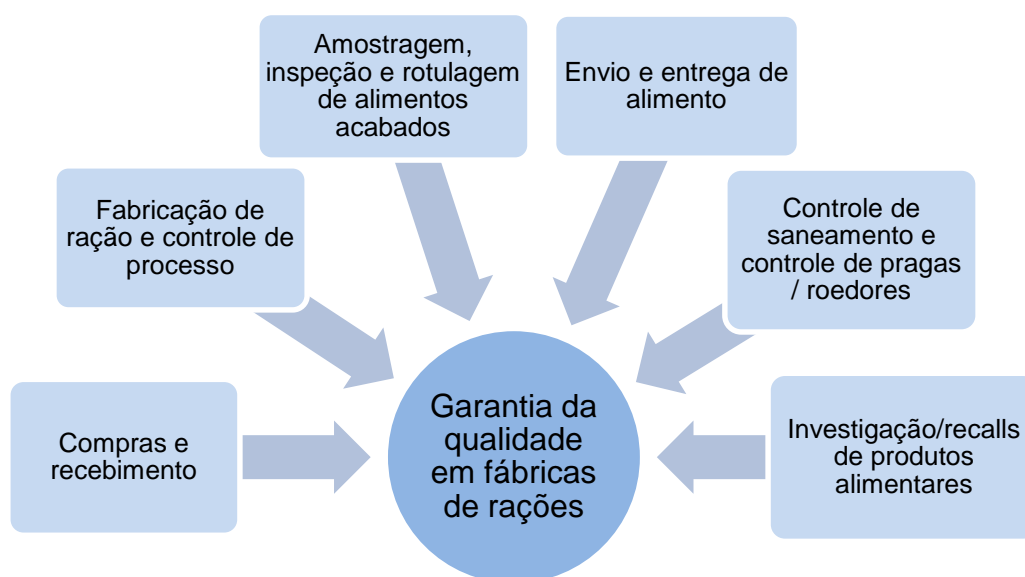


Figura 4: Componentes do programa de garantia da qualidade em fábricas de rações

Fonte: NGFA (2002).

Os componentes descritos no modelo proposto para um programa da garantia da qualidade (Figura 4) é explicado por Stark (2009), os quais contemplam ações que asseguram o compromisso com a qualidade, partindo da informação aos fornecedores por meio de especificações e procedimentos de coleta e análise dos ingredientes, cujas amostras dos ingredientes devem ser analisadas por um laboratório qualificado. No processo de fabricação, a gestão da qualidade deve contemplar três componentes

essenciais, são eles: mão de obra, equipamentos e procedimentos. Com relação a amostragem, as operações integradas devem desenvolver um programa de amostragem que obtenha uma ou duas amostras de alimento em cada turno, a fim de monitorar o processo de fabricação ao longo do tempo.

Ainda segundo Stark (2009), o envio e a entrega dos alimentos são as últimas etapas do processo de fabricação. Programas escritos devem descrever as etapas que o motorista de entrega deve tomar antes de carregar o caminhão, durante os processos de carregamento e, finalmente, como o alimento é entregue na fazenda. Com relação ao programa de saneamento e controle de pragas, quando bem concebido e executado, o programa ajuda a controlar pragas (insetos, ratos e aves), ao eliminar fontes de alimentos água, além de áreas de nidificação. Finalizando as etapas descritas na Figura 4, um programa escrito deve ser desenvolvido para lidar com reclamações de clientes, investigações de alimentos e recolhimento, o plano de rastreabilidade deve ser revisado anualmente e um simulado conduzido pelo menos uma vez a cada dois anos para avaliar a sua eficácia.

Andrews (1991) descreveu os programas de controle de qualidade para a alimentação animal como: "Um sistema para certificar-se de que as normas apropriadas sejam mantidas por meio do uso de inspeções periódicas". Qualquer programa de controle de qualidade na indústria de rações contém quatro componentes:

- i) Qualidade do ingrediente;
- ii) Controle do processo;
- iii) Qualidade do produto final;
- iv) Controle de substâncias tóxicas, incluindo microrganismos patogênicos.

Consequentemente, a primeira tarefa em programas de controle de qualidade em fábrica de rações é a concepção de uma abordagem clara sobre os parâmetros nutricionais dos ingredientes a serem utilizados no processo, informando os fornecedores da importância quanto à garantia de qualidade dos ingredientes (JONES, 2008).

Ingredientes podem ser responsáveis por aproximadamente 70% do custo de produção de rações (Embrapa, 2016). Prestar atenção à qualidade nutricional do ingrediente não é só importante no aspecto econômico, mas uma parte da variação no teor de nutrientes dos alimentos acabados pode ser atribuída à variação nutricional dos insumos. Em um estudo realizado por Jones (1989), uma empresa avícola foi

capaz de associar os ingredientes com 40% a 70% da variação no teor de nutrientes dos alimentos acabados. Variações de conteúdo nutricional violam o objetivo principal de fabricação de rações em termos de desempenho.

Ingredientes convencionais como milho e farelo de soja, comumente utilizados como matérias-primas para dietas de frangos de corte, vêm respondendo majoritariamente pelo aporte de energia e proteína. Contudo, as variações nutricionais existentes entre lotes, que são condicionadas pelas condições de plantio, secagem, armazenagem e separação de impurezas, podem afetar a composição química dos ingredientes e, conseqüentemente, os seus valores nutricionais (DA SILVA, 2009; VIEIRA *et al.*, 2007).

Para Stark e Jones (2010), as fábricas de rações não possuem fórmula “mágica” para melhorar ingredientes de baixa qualidade, mas por meio do uso da segregação de ingredientes, equipamentos de moagem, condicionamento e peletização, a utilização nutricional dos ingredientes pode ser melhorada. Por mais tentador que seja, comprar ingredientes com baixo custo pode afetar diretamente o processo produtivo das fábricas de rações.

Segundo Balogh (2008), a aplicação de métodos estatísticos no controle de qualidade na recepção das matérias-primas e ingredientes ajuda a gestão da qualidade interna das empresas. A variabilidade de nutrientes dos ingredientes alimentares tem sido identificada como um risco importante na publicação de Roush *et al.* (1996). As dietas podem não entregar totalmente nutrientes suficientes de acordo com as necessidades do animal.

As análises bromatológicas, também conhecidas como análises químicas, utilizam o método conhecido como proximal ou de Weende, criado por Henneberg, na *Weende Experimental Station*, na Alemanha (SILVA; QUEIROZ, 2002). Segundo Bellaver *et al.* (2005), o sistema de análises de Weende foi criado há mais de um século e ainda hoje é utilizado em avaliações de alimentos.

Pesquisas de Cheli *et al.* (2012), relatam a aplicação de técnicas analíticas *in situ* e *in vitro* para a análise de alimentos para animais, e representam uma ferramenta relevante e poderosa na investigação de ingredientes. No entanto, eles parecem ainda longe de uma ampla aplicação como métodos de análise de rotina. Estas técnicas podem ser usadas para responder a muitas questões biológicas sobre impacto de alimentação para a saúde animal, produção animal e impactos ambientais, porém estas técnicas são destrutivas, lentas e relativamente caras. Requerem operadores

altamente especializados e não são facilmente adaptadas para análise de ingredientes e das rações em tempo real e a uma utilização fora do laboratório ou que permita o monitoramento on-line (CHELI *et al.*, 2012).

Conforme Stark (2016), as técnicas espectroscópicas são amplamente utilizadas para a análise de alimentos para substituir as técnicas clássicas de "química úmida" no recebimento de ingredientes na indústria. A espectroscopia de infravermelho na região do próximo, conhecida como *NIRS*, é rotineiramente utilizada na indústria alimentar como uma ferramenta de controle de qualidade para determinar a composição da ração e dos seus ingredientes. A aplicação bem sucedida desta tecnologia no campo analítico depende de uma série de fatores igualmente relevantes.

A maior parte das vantagens da espectroscopia *NIR* vem da possibilidade de utilizar as amostras intactas, com nenhuma preparação da amostra ou preparação mínima. Além disso, fornece uma análise mais rápida que a análise tradicional e tem o potencial para executar vários testes em uma única amostra, com um baixo impacto ambiental, sem a utilização de produtos químicos nocivos a saúde (STARK; JONES, 2010).

Segundo Behnke (1994), a fábrica de rações pode adotar procedimento prático na recepção de ingredientes, envolvendo a segregação de um dado ingrediente em duas instalações de armazenamento separadas com base em um lote ser "acima" ou "abaixo" de um valor predeterminado. Quando isto é feito, o nutricionista pode ajustar mais adequadamente as fórmulas, utilizando o mesmo ingrediente com dois valores diferentes de nutrientes, ou mesmo tratando-os como ingredientes diferentes. Para Behnke (2007), a fábrica de rações precisa dispor de uma forma de analisar rapidamente a matéria-prima no momento do recebimento para o atributo a ser utilizado como a base para a segregação.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é considerada de caráter exploratório-descritiva, uma vez que explora um fenômeno e o descreve em sua essência, proporcionando maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses (RICHARDSON, 1999; GIL, 2002). Caracteriza-se como de natureza aplicada, de acordo com Appolinário (2004), o qual afirma que essas pesquisas têm como objetivo resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas, contribuindo para fins práticos. A abordagem da pesquisa é quali-quantitativa, com coleta de dados primários e secundários.

A estrutura deste trabalho de pesquisa se enquadra no formato de artigos sequenciais. Foram elaborados quatro artigos, os quais estão dispostos de forma sequencial visando atender aos objetivos traçados. Conforme Frank (2013), na estrutura da dissertação no formato de artigos verticais ou sequenciais, cada artigo aborda um novo problema e objetivos específicos baseados nos resultados do artigo precedente. Neste caso, os resultados parciais de cada artigo vão conduzindo ao resultado final desejado para atender ao objetivo geral.

Dentro deste conceito, os quatro artigos desenvolvidos compreendem procedimentos metodológicos específicos, sendo que o primeiro dos trabalhos é de caráter teórico e os demais de caráter aplicado.

A presente pesquisa reúne características de métodos quali-quantitativos, mesclando-se na estrutura de artigos sequenciais. O artigo de caráter teórico apresenta características que combinam os métodos envolvendo exploração de dados quali-quantitativos.

Já os artigos aplicados são caracterizados pela utilização de estudo de caso, uma abordagem de pesquisa muito utilizada na Engenharia de Produção e se caracteriza por estudo empírico que busca investigar um dado fenômeno contemporâneo considerando o contexto real no qual esse fenômeno se insere (MIGUEL, 2012).

3.2 ETAPAS DO TRABALHO

Como este trabalho propõe a melhoria da qualidade e eficiência da produção de rações por meio da redução da variação nutricional dos ingredientes, esta subseção busca apresentar um resumo de todas as etapas do trabalho (Figura 5).

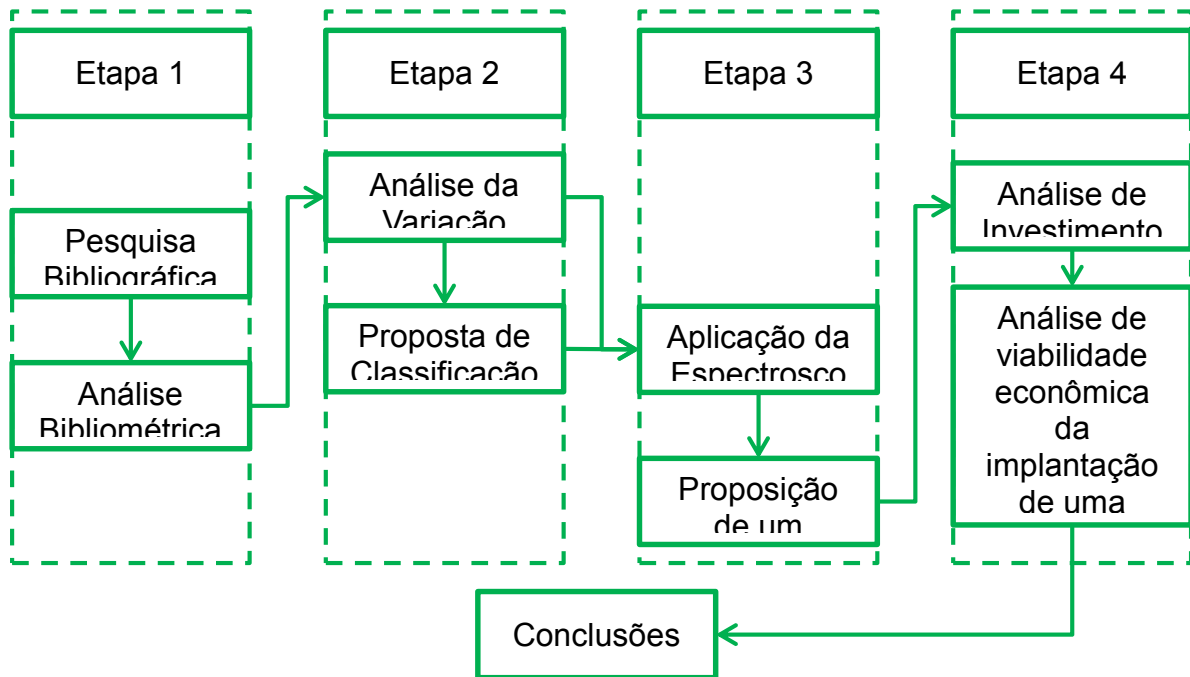


Figura 5: Etapas do trabalho

Fonte: Autor (2017).

A primeira etapa do trabalho consistiu em construir um referencial teórico a partir de pesquisas bibliográfica e documental a respeito dos temas “gestão da qualidade de ingredientes na indústria de rações”, utilizando o instrumento de intervenção denominado *Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow-C)*.

Na segunda etapa, avaliou-se a variação nutricional dos ingredientes e rações, contribuindo com dados reais de variabilidade na indústria e o estabelecimento de critérios de classificação de fornecedores, os quais servem de base para o estudo da redução da variação nutricional das matérias-primas. O estudo utilizou os métodos *AHP-TOPSIS* integrados com vistas a selecionar fornecedores em termos de qualidade nutricional.

A terceira etapa consistiu na proposição de um método de análise de ingredientes mais eficaz, utilizando a espectroscopia de infravermelho próximo, contribuindo para a implementação da análise rápida para predição de parâmetros nutricionais em laboratórios de indústrias de alimentos, o que servirá de base para a análise nutricional e posterior segregação de ingredientes na indústria.

A quarta etapa deste trabalho é a análise de viabilidade econômica da implantação de uma estrutura de armazenagem e processo de segregação de milho em uma agroindústria de rações para frangos de corte, utilizando a espectroscopia de infravermelho próximo como método de análise nutricional.

4 GESTÃO DA QUALIDADE DE INSUMOS NA INDÚSTRIA DE RAÇÕES: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE CONTEÚDO DA LITERATURA

4.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

Segundo o boletim informativo do Sindirações (2017), a produção de rações no Brasil é um mercado que movimentou, no ano de 2015, aproximadamente 67,1 milhões de toneladas produzidas. A estimativa é que em 2016 esta produção tenha alcançado as 67,2 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 0,15%.

A produção de rações tem ganhado destaque na cadeia produtora de carnes, onde aproximadamente 70% do custo da dieta está relacionado a aquisição dos ingredientes (Embrapa, 2016). Tendo em vista que a qualidade da ração afeta diretamente o resultado de conversão alimentar obtido no campo, onde a melhoria da qualidade e redução de custos no processo são fatores críticos de sucesso para o negócio, a gestão da qualidade dos ingredientes torna-se um elemento chave para que se possa compreender, mensurar e melhorar os processos da indústria (RAHMAN *et al.* 2015).

Com o aumento dos custos de produção e com o avanço do potencial genético das aves, os nutricionistas buscam rações mais econômicas que atendam as exigências das aves em todas as etapas de produção e que possam expressar o seu potencial produtivo (GENEROSO, 2008).

De acordo com Muramatsu *et al.* (2013), a estimativa da qualidade nutricional das dietas ou do efeito do processamento, pode permitir correções no processo industrial que afetam diretamente os valores de eficiência do processo e conseqüentemente, dos níveis nutricionais. Nesse cenário é que a gestão da qualidade na indústria de rações tem uma importante função na cadeia produtora de carnes, pois necessita atuar de forma eficiente na redução de variações de qualidade pertinentes ao produto.

O menor custo de formulação e a dieta mais precisa poderia ser formulada se as matérias-primas utilizadas para a produção de ração não apresentassem variação nutricional. Naturalmente este estado nunca será atingido, especialmente em termos

de produtos agrícolas, devido a diversos fatores ambientais. A variabilidade de atributos de qualidade de ingredientes podem ocorrer devido a vários fatores, tais como: fornecedores, sazonalidade, variações de processamento do ingrediente e desvios de metodologias de análise de laboratório (CSIKAI, 2011).

Para Roush *et al.* (1996) a variabilidade de nutrientes nos ingredientes dos alimentos foi identificada como um risco importante na produção de rações. Esse problema foi reconhecido na década de 1960, e poucas mudanças na metodologia para controlar a variabilidade de nutrientes nos alimentos foram aceitas desde então. Chung e Pfost (1964) sugeriram separar os lotes de ingredientes de ração, com base no teor médio de nutrientes, em lotes acima ou abaixo da média, como forma de reduzir a variabilidade de nutrientes.

A demanda de testes na indústria de ração e a exigência regulatória estimulam as necessidades de análises de alimentos, e tornam extremamente complexa a questão do controle e avaliação da qualidade, em decorrência do grande número de análises que devem ser realizadas nos ingredientes e na ração (CHELI *et al.*, 2012). Leandro *et al.* (2003) e Corrêa *et al.* (2008), reforçam que a decisão mais importante na formulação de rações para frangos de corte é relativa as concentrações de energia e proteína, que influenciam tanto o desempenho dos frangos de corte como o custo da dieta.

Tendo em vista que há diversas recomendações nutricionais para formular rações para frangos de corte, e que encontrar os níveis ótimos dos nutrientes para melhorar o desempenho e alcançar retorno econômico máximo é um grande desafio, Barbosa *et al.* (2000) comentam que a diversidade de informações exige cautela na análise dos objetivos e das particularidades em que os dados de cada trabalho são coletados.

Diante deste cenário, surge a pergunta de pesquisa desse trabalho: Como identificar oportunidades de pesquisa, a partir de um conjunto de artigos científicos relevantes sobre o tema gestão da qualidade de insumos na indústria de ração? Com o propósito de responder a este questionamento, o presente artigo tem por objetivo: elaborar uma revisão sistemática da literatura sobre o tema gestão da qualidade de insumos na indústria de rações.

Para atingir o objetivo este estudo adotou-se o processo estruturado denominado *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)* proposto por Ensslin (2010), que inicia pelo interesse do pesquisador sobre um referido tema, buscando o conhecimento científico, com delimitações e restrições intrínsecas ao contexto acadêmico, partindo de delimitações espaciais, científicas e temporais, definidas pelos pesquisadores.

Essa pesquisa busca contribuir com o meio acadêmico, onde seu resultado amplia o conhecimento na área de gestão da qualidade de insumos na indústria de nutrição animal, evidenciando: os autores de maior relevância, periódicos de destaque em relação ao tema, as palavras-chave mais utilizadas pelos autores, autores com maior relevância entre as referências dos artigos do portfólio bibliográfico, abordagem metodológica utilizada pelas pesquisas, coleta de dados. e utilização de métodos estatísticos na análise dos resultados. Deste modo, seria possível promover auxílio em futuras pesquisas sobre o tema, apresentando a forma com que esses autores abordam a gestão da qualidade dos ingredientes na indústria de rações.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DO CAPÍTULO

O enquadramento da pesquisa com base nos seus objetivos se caracteriza como de natureza exploratória, pois conforme Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Adicionalmente pode-se caracterizar a pesquisa como de natureza descritiva, onde dados foram analisados, tendo como maior objetivo detalhar e quantificar características de uma população ou fenômeno (GIL, 2002).

A pesquisa pode ser caracterizada como quali-quantitativa. Qualitativa, pois está relacionada no levantamento de dados e na análise do conteúdo dos artigos para aprofundar conhecimento sobre o tema. A pesquisa quantitativa enfatiza os indicadores numéricos e os percentuais sobre determinado fenômeno pesquisado (VALENTIN, 2005). A origem desta pesquisa decorreu na busca de aprofundamento dos estudos relacionados à gestão da qualidade de insumos na indústria de rações.

4.2.1 Instrumento de Intervenção para Desenvolvimento da Pesquisa

Para a condução da seleção de um Portfólio Bibliográfico de artigos com reconhecimento científico comprovado sobre o tema da pesquisa, bem como para análise bibliométrica e análise de conteúdo do Portfólio Bibliográfico utilizou-se o instrumento de intervenção denominado de *Knowledge Development Process – Constructivist (ProKnow-C)* (ENSSLIN *et al.*, 2010; BORTOLUZZI *et al.*, 2011).

Este procedimento estruturado busca gerar conhecimento no pesquisador, com fins a orientar suas ações no processo de investigação do tema da pesquisa por meio de um instrumento de pesquisa com validação científica (LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2012). Adicionalmente, a explicitação das características das publicações, a análise crítica dessas publicações e as possíveis indagações que podem ser investigadas constituem-se como contribuições à academia científica (BORTOLUZZI, ENSSLIN, *et al.*, 2011).

A metodologia *Proknow-C*, consiste em três macro-etapas: (i) seleção de um portfólio bibliográfico; (ii) análise bibliométrica; e (iii) análise sistêmica (Ensslin, *et al.*, 2010), conforme demonstrado na Figura 6.

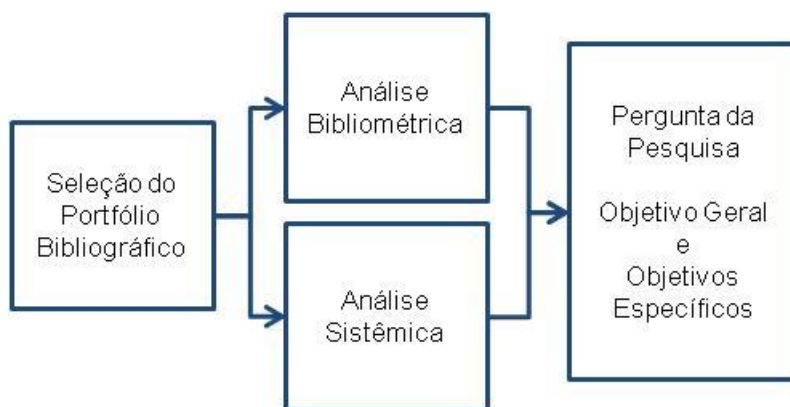


Figura 6: Ilustração das Etapas da Metodologia *Proknow-C*

Fonte: Ensslin (2010).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO

Essa seção tem o objetivo de descrever processo de seleção de portfólio, análise bibliométrica e de conteúdo ilustrando a utilização do método *ProKnow-C* para o tema: gestão da qualidade de insumos na indústria de rações.

4.3.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico

O processo de seleção do portfólio bibliográfico permite selecionar artigos considerados mais relevantes na área de conhecimento relativo ao tema da pesquisa, alinhados com a percepção do pesquisador por meio das limitações que foram estabelecidas na pesquisa.

A seleção dos artigos que compõem o portfólio bibliográfico foi realizada conforme as etapas mostradas na Figura 7, que será detalhada na sequência.

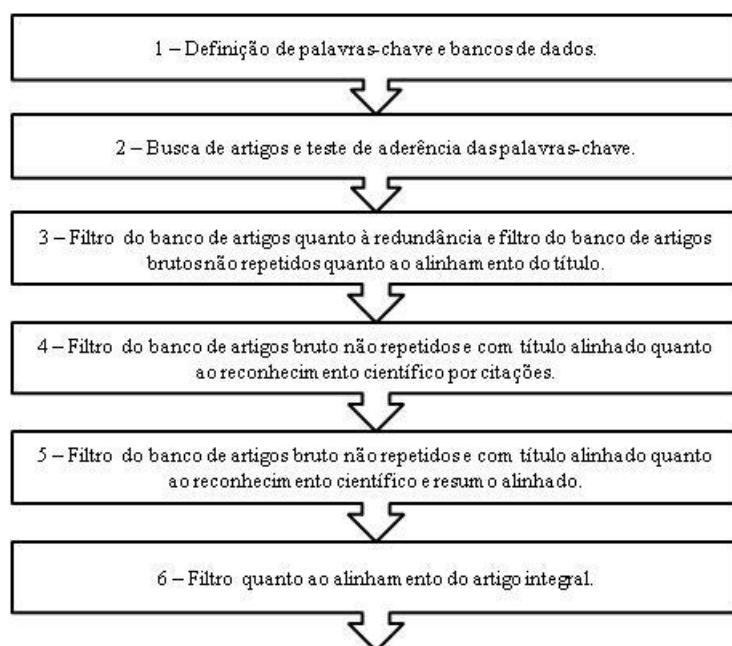


Figura 7: Etapas da seleção do portfólio de artigos

Fonte: Adaptado de Tasca *et al.* (2010).

O processo *Proknow-C* detalhado na Figura 7, inicia-se pela definição dos eixos de pesquisa, relacionados ao tema da pesquisa, após são determinadas as palavras-chave que serão utilizadas nos mecanismos de buscas das bases de dados. A etapa de seleção do banco de artigos brutos é composta por quatro fases distintas:

(i) definição das palavras-chave; (ii) definição dos bancos de dados; (iii) busca dos artigos nos bancos de dados com as palavras-chave; e (iv) realização de teste de aderência das palavras-chave.

4.3.2 Definição de palavras-chave

A etapa inicial é a definição dos eixos de pesquisa, realizada segundo a percepção do pesquisador. Para a aplicação do método foram definidos três eixos de pesquisa relacionados a gestão da qualidade de insumos na indústria de ração. O primeiro eixo está relacionado ao tema principal da pesquisa, qual seja, a gestão da qualidade na indústria. O segundo eixo está embasado na especificidade e particularidades das fábricas de rações para frangos de corte. O terceiro eixo está relacionado diretamente com a qualidade dos insumos utilizados. Resultando nos três eixos de pesquisa, que são respectivamente: Gestão da Qualidade, Fábrica de ração e Ingredientes.

Após a definição dos três eixos de pesquisa, para cada eixo foram definidas palavras-chave no qual a pesquisa será norteadada. No eixo 1, foi definida a seguinte palavra-chave: “*quality*”; No eixo 2, foram definidas as seguintes palavras-chave: “*animal nutrition*”, “*feed industry*” e “*feed mill*”; No eixo 3, foram definidas as seguintes palavras-chave: “*feedstuff*”, “*compound feed*” e “*animal feed*”, conforme demonstrado na Figura 8. Do total de sete palavras-chave originou nove combinações distintas para a busca na base de dados.

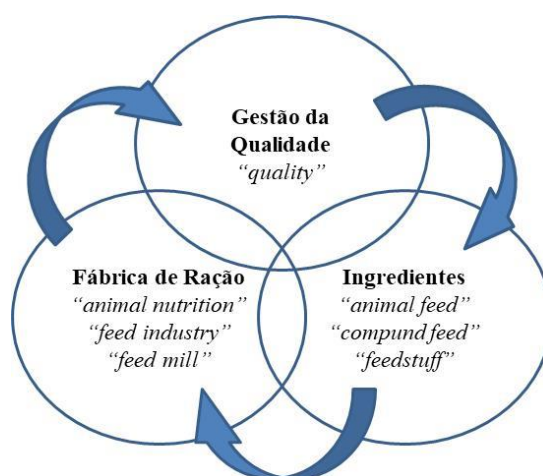


Figura 8: Eixos e palavras-chave da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Foram escolhidas as bases de dados *Web Of Science (ISI)*, *Scopus* e *Science Direct*. Esta delimitação da pesquisa considera que as bases de dados relacionadas possuem grande abrangência de publicações internacionais, e tem uma representatividade adequada para a abordagem a ser aplicada. A pesquisa se restringiu à seleção de portfólio bibliográfico compostos de artigos e revisões, de periódicos da literatura internacional, publicados no período de 2006 a 2016. A análise bibliométrica e de conteúdo do portfólio bibliográfico selecionado foram realizadas no período de março a outubro de 2017.

4.3.3 Busca de Artigos e Teste de Aderência

Na etapa de busca de artigos nas bases de dados citadas, obteve-se um total de 2.889 artigos, os quais foram exportados para um software de gerenciamento bibliográfico. Na sequência, foi realizado o teste de aderência das palavras-chave escolhidas para a pesquisa, onde foi verificado que as mesmas estavam alinhadas ao tema de pesquisa, dessa maneira não foi necessária à incorporação de novas palavras-chave.

4.3.4 Filtragem do Banco de dados

Aqui estão inseridas todas as etapas de filtragem dos artigos descritas na Figura 2. Do total de artigos encontrados na busca inicial, utilizando as bases de dados citadas anteriormente, 1.628 eram repetidos e foram excluídos, resultando em 1.261 artigos no portfólio bruto.

A próxima etapa do processo de seleção do portfólio inicia-se com a seleção dos artigos que estão alinhados ao tema da pesquisa, gestão da qualidade de insumos na indústria de rações, verificado pela leitura dos títulos. Foram então eliminados 1.117 artigos, permanecendo 144 relacionados ao tema. De maneira a determinar o reconhecimento científico das pesquisas foi utilizado o Google Acadêmico (<http://scholar.google.com.br/>) para quantificar o número de citações de cada artigo. Assim, define-se, subjetivamente, a representatividade, isto é, o percentual acumulado que os artigos mais citados representam. Após a tabulação do número de citações, da maior para a menor, estabeleceu-se o ponto de corte em 96% do total das citações. A metodologia recomenda que o pesquisador calcule a

representatividade de cada artigo perante o banco de artigos completo em termos do número de citações, vale ressaltar que cada tema de pesquisa tem suas características, podendo oscilar tanto na quantidade de artigos disponíveis quanto na quantidade de citações destes artigos, sendo necessário, assim, avaliar cada situação individualmente. Como resultado, excluíram-se 55 artigos com menos citações, sendo que os mesmos foram realocados em uma lista auxiliar para uma triagem posterior a fim de verificar a possibilidade de acrescentar algum destes artigos no portfólio final. No total, 89 artigos foram selecionados quanto ao reconhecimento científico.

Após a seleção dos artigos com maior reconhecimento científico, foi iniciada a leitura dos resumos, com o objetivo de verificar o alinhamento com o tema da pesquisa. Nessa etapa, foram excluídos 57 por não estarem alinhados e selecionados 32 artigos alinhados ao tema. Esses 32 artigos formaram o repositório A.

Considerando que a seleção de artigos por meio da quantidade de citações pode eliminar artigos recentes e de autores com destaque nas áreas relacionadas ao tema de pesquisa, os 55 artigos excluídos na etapa de reconhecimento científico foram reanalisados. Sendo assim, realizada a leitura dos resumos daqueles artigos, resultando em 37 confirmações de exclusões e 18 artigos selecionados para passar a compor o repositório B.

O repositório C é formado pela soma dos repositórios A (32 artigos) e B (18 artigos), totalizando 50 trabalhos selecionados para a próxima etapa. Dentre os artigos do repositório C, 35 artigos estavam disponíveis com texto completo acessíveis nas bases de dados. Dessa forma 15 foram excluídos nessa etapa pela inacessibilidade.

Na fase seguinte de verificação, é realizada a leitura integral dos trabalhos, dos quais 20 não estavam alinhados ao tema gestão da qualidade de insumos na indústria de rações (pela leitura completa do texto), obtendo-se 15 artigos alinhados ao tema, os quais formaram o portfólio bibliográfico, listados no Quadro 1.

Quadro 1: Portfólio bibliográfico resultante do método *Proknow-C*

ALHOTAN, R.A.; PESTI, G.M.; COLSON, G.J. Reducing crude protein variability and maximizing savings when formulating corn-soybean meal-based feeds. Journal of Applied Poultry Research , v. 23, n. 3, p. 456-469, 2014.
AL-JUBOORI, S.A. Implementation Of Total Quality Management To Improve The Poultry Feed Manufacturing Processes. European Scientific Journal , v. 12, n. 10, 2016.
BUCHANAN, N.P.; LILLY, K.G.S.; MORITZ, J.S. The effects of diet formulation, manufacturing technique, and antibiotic inclusion on broiler performance and intestinal morphology. Journal of Applied Poultry Research , v. 19, n. 2, p. 121-131, 2010.
CHELI, F.; BATTAGLIA, D.; PINOTTI, L.; BALDI, A. State of the art in feedstuff analysis: a technique-oriented perspective. Journal of Agricultural and Food Chemistry , v. 60, n. 38, p. 9529-9542, 2012.
CSIKAI, A. Opportunities of integrating supply chain quality management and product development with formulation systems in compound feed manufacturing. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods , v. 3, n. 2, p. 82-88, 2011.
DE GROOTE, H.; NYANAMBA, T.; WAHOME, R. Quality protein maize for the feed industry in Kenya. Outlook on Agriculture , v. 39, n. 4, p. 291-298, 2010.
FERNÁNDEZ-AHUMADA, E.; GUERRERO-GINEL, J.E.; PÉREZ-MARÍN, D.; GARRIDO-VARO, A. Near infrared spectroscopy for control of the compound-feed manufacturing process: mixing stage. Journal of Near Infrared Spectroscopy , v. 7, p. 8, 2008.
GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; ÁLVAREZ-GARCÍA, N.; HERNÁNDEZ-ANDALUZ, J.L. Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe. Animal Feed Science and Technology , v. 128, n. 1, p. 165-171, 2006.
GRAHAM, H.; PIOTROWSKI, C.; VAN BARNEVELD, R. Taking near infrared spectroscopy beyond feedstuff analysis to enhance animal production profitability. Animal Production Science , v. 53, n. 11, p. 1179-1181, 2013.
LEESON, S. Predictions for commercial poultry nutrition. Journal of Applied Poultry Research , v. 17, n. 2, p. 315-322, 2008.
MOORE, S.M.; STALDER, K.J.; BEITZ, D.C.; STAHL, C.H.; FITHIAN, W.A.; BREGENDAHL, K. The correlation of chemical and physical corn kernel traits with production performance in broiler chickens and laying hens. Poultry Science , v. 87, n. 4, p. 665-676, 2008.
RAHMAN, A.; BAYRAM, I.; KHANUM, S.; ULLAH, S. Use and Calibration of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Feed Analysis: A Mini Review. Pakistan Journal of Life and Social Sciences , v. 13, n. 1, p. 1-7, 2015.
STARK, C.R.; JONES, F.T. Quality assurance programs in feed manufacturing. Feedstuffs , v. 16, p. 61, 2009.
YAGHOB FAR, A. The Efficiency of AMEn and TMEn Utilization for NE in Broiler Diets. Brazilian Journal of Poultry Science , v. 18, n. 1, p. 47-56, 2016.
YEGANI, M.; KORVER, D.R. Review: prediction of variation in energetic value of wheat for poultry. Canadian Journal of Animal Science , v. 92, n. 3, p. 261-273, 2012.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

O Quadro 1 apresenta o portfólio bibliográfico relacionado ao tema gestão da qualidade de insumos na indústria de rações, no qual foi realizada inicialmente a

análise bibliométrica, de forma a evidenciar de maneira quantitativa dados estatísticos do conjunto de artigos do portfólio bibliográfico. Após a análise bibliométrica foi realizada a análise de conteúdo com o intuito de evidenciar lacunas existentes nas pesquisas, e que poderão resultar em futuras pesquisas relacionadas ao tema.

4.3.5 Procedimentos para análise bibliométrica e de conteúdo

De posse do portfólio bibliográfico, realizou-se a análise bibliométrica com o intuito de avaliar e quantificar as características do portfólio, resultando em maiores informações sobre os trabalhos. Os dados utilizados são os constantes nos artigos selecionados e nas suas referências.

Inicialmente, foi levantado o número de artigos selecionados por cada periódico presente no portfólio bibliográfico, objetivando-se verificar a relevância dos periódicos, em relação ao tema gestão da qualidade de insumos na indústria de rações. Após, foi constatada a relevância dos autores, ou seja, quais os autores que estão presentes no portfólio, resultando nos autores com maior participação no portfólio bibliográfico.

Na sequência foram elaborados cruzamentos de informações referentes aos artigos e suas referências, identificando a relevância dos periódicos presentes nos artigos e referências das pesquisas, e identificando os autores de maior destaque do portfólio e das suas referências.

Concluída a análise bibliométrica dos artigos que compõem o portfólio bibliográfico internacional, foi realizada a análise de conteúdo. Esta se trata de um procedimento para analisar uma amostra de artigos (BORTOLUZZI *et al.*, 2010), sendo que a mesma foi adaptada para verificar os aspectos metodológicos das pesquisas realizadas pelo portfólio bruto de artigos.

A visão adotada nesta pesquisa conceitua a gestão da qualidade de insumos na indústria de ração como a análise de variabilidade de atributos de qualidade dos ingredientes das rações (STARK, 2009). O primeiro item da análise de conteúdo (abordagem) permite identificar qual a abordagem metodológica do problema da pesquisa foi aplicada nos artigos do portfólio bibliográfico, numa ótica quantitativa ou qualitativa. Segundo Gil (2010), a principal diferença entre as abordagens qualitativa e quantitativa está na natureza dos dados, na abordagem qualitativa os dados

coletados não são mensuráveis e não podem ser quantificados. Na abordagem quantitativa, os dados coletados podem e devem ser quantificados.

O segundo item (coleta de dados) permite identificar se as fontes da coleta de dados são primárias ou secundárias. Conforme Amboni (1996), os dados primários referem-se àqueles coletados pelo pesquisador para a solução do problema da pesquisa, já os dados secundários são aqueles que encontram-se a disposição do pesquisador em referências.

O terceiro item (classificação) identifica quais foram os métodos das pesquisas utilizados, sejam eles: experimentos de laboratório, histórico documental, pesquisa de campo, revisão da literatura ou análise de conteúdo. Ainda em relação a classificação das pesquisas, Gil (2012) menciona os diferentes delineamentos que uma pesquisa poderá adotar e divide em dois grupos. No primeiro incluem-se os estudos bibliográficos e documentais, já no segundo grupo estão os experimentais e quase experimentais, *ex-post-facto*, levantamentos (*survey*), estudos de campo e estudos de caso.

O último item (análise estatística) procura identificar no portfólio bibliográfico quais artigos utilizam técnicas estatísticas para análise dos resultados da pesquisa. Os itens utilizados para análise de conteúdo podem ser identificados na Figura 9:

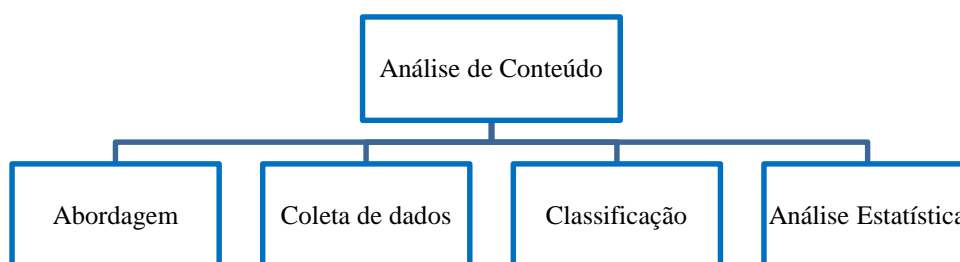


Figura 9: Itens utilizados na análise de conteúdo

Fonte: Autor (2017).

4.3.6 Análise Bibliométrica

Inicia-se pela análise dos 15 artigos do portfólio, seguindo pela análise das 546 referências destes artigos, finalizando na análise combinada cruzando os dados dos dois conjuntos de informações.

A primeira análise realizada foi a verificação do grau de relevância dos periódicos, identificando no portfólio bibliográfico quais os periódicos com maior número de publicações sobre o controle de qualidade de insumos na indústria de rações.

Na Tabela 1 estão relacionados os periódicos identificados e o número de artigos presentes no portfólio.

Tabela 1: Periódicos do Portfólio

Periódico	Nº de Artigos
<i>Journal of Applied Poultry Research</i>	3
<i>Feedstuffs</i>	1
<i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	1
<i>Quality Assurance and Safety of Crops & Foods</i>	1
<i>Outlook on Agriculture</i>	1
<i>Journal of Near Infrared Spectroscopy</i>	1
<i>Animal Feed Science and Technology</i>	1
<i>Animal Production Science</i>	1
<i>Pakistan Journal of Life and Social Sciences</i>	1
<i>Poultry Science</i>	1
<i>European Scientific Journal</i>	1
<i>Brazilian Journal of Poultry Science</i>	1
<i>Canadian Journal of Animal Science</i>	1

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Conforme dados da Tabela 1, o periódico *The Journal of Applied Poultry Research* se destaca com três publicações no portfólio bibliográfico composto por um total de 15 artigos.

Na etapa seguinte, é relacionado o número de citações de cada artigo utilizando o Google Acadêmico (2016), conforme Quadro 2.

Quadro 2: Artigos do portfólio mais citados na literatura

Artigo	Periódico	Ano	Citações
<i>Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe</i>	<i>Animal Feed Science and Technology</i>	2006	24
<i>The correlation of chemical and physical corn kernel traits with production performance in broiler chickens and laying hens</i>	<i>Poultry Science</i>	2009	20
<i>State of the Art in Feedstuff Analysis: A Technique-Oriented Perspective</i>	<i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	2012	14
<i>Predictions for Commercial Poultry Nutrition</i>	<i>Journal of Applied Poultry Research</i>	2008	14
<i>The effects of diet formulation, manufacturing technique, and antibiotic inclusion on broiler performance and intestinal morphology</i>	<i>Journal of Applied Poultry Research</i>	2010	9
<i>Near infrared spectroscopy for control of the compound-feed manufacturing process: Mixing stage</i>	<i>Journal of Near Infrared Spectroscopy</i>	2008	9
<i>Review Prediction of variation in energetic value of wheat for poultry</i>	<i>Canadian Journal of Animal Science</i>	2012	7
<i>Quality protein maize for the feed industry in Kenya</i>	<i>Outlook on Agriculture</i>	2010	5
<i>Taking near infrared spectroscopy beyond feedstuff analysis to enhance animal production profitability</i>	<i>Animal Production Science</i>	2013	3
<i>Quality assurance program in feed manufacturing</i>	<i>Feedstuffs</i>	2013	3
<i>Use and calibration of near infrared reflectance spectroscopy in feed analysis A mini review</i>	<i>Pakistan Journal of Life and Social Sciences</i>	2015	1
<i>Opportunities of integrating supplychain qualitymanagement and product developmentwith formulation systems in compound feedmanufacturing</i>	<i>Quality Assurance and Safety of Crops & Foods</i>	2011	1
<i>The Efficiency of AMEn and TMEn Utilization for NE in Broiler Diets</i>	<i>Brazilian Journal of Poultry Science</i>	2016	0
<i>Implementation Of Total Quality Management To Improve The Poultry Feed Manufacturing Processes</i>	<i>European Scientific Journal</i>	2016	0
<i>Reducing crude protein variability and maximizing savings when formulating corn-soybean meal-based feeds</i>	<i>Journal of Applied Poultry Research</i>	2014	0

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Possibilita-se identificar dois artigos destaques em citações pela análise do Quadro 2, o primeiro denominado “*Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe*” com 24 citações e o segundo artigo denominado “*The correlation of chemical and physical corn kernel traits with*

production performance in broiler chickens and laying hens” com 20 citações. Somando, os dois artigos representam 40% das citações de todos os artigos do portfólio bibliográfico.

A terceira etapa identifica os autores com maior número de publicações no portfólio bibliográfico relacionados ao tema gestão da qualidade de insumos na indústria de nutrição animal. Nesta análise todos os autores possuem apenas uma publicação no portfólio bibliográfico selecionado. Deste modo, a análise bibliográfica relacionou as palavras-chave mais utilizadas nos artigos. Este resultado é importante, pois possibilita conhecer os termos mais utilizados relacionados ao tema de pesquisa, contribuindo para o direcionamento do processo de busca de futuras pesquisas. As palavras-chave mais utilizadas são respectivamente: *NIRS*, *feedstuff* e *quality*.

A análise bibliométrica das referências dos 15 artigos que compõem o portfólio bibliográfico foi realizada em 545 artigos científicos. As referências bibliográficas dos artigos do portfólio foram publicadas em 134 periódicos. A Figura 10 identifica os periódicos com número maior de publicações nas referências dos artigos.

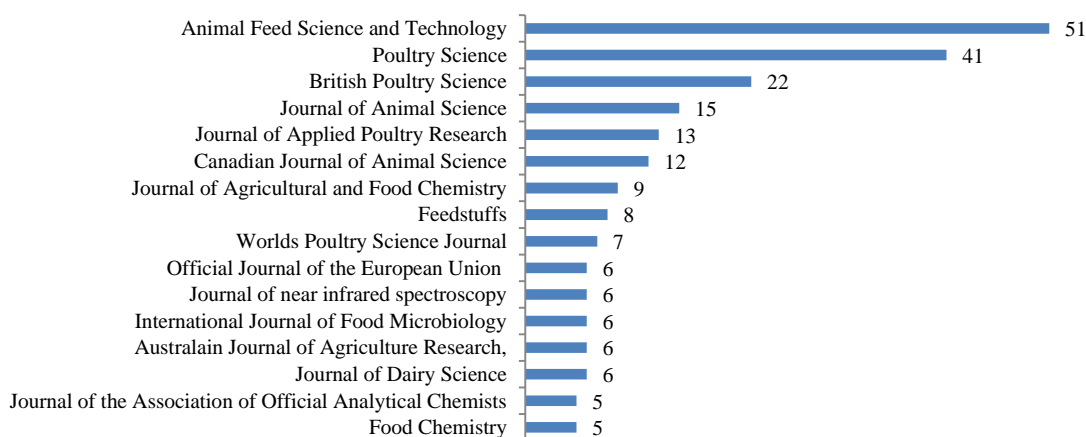


Figura 10: Referências dos artigos por periódico

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Observa-se na Figura 10, que o *Animal Feed Science and Technology* representa o periódico com maior número de publicações nas referências dos artigos do portfólio. Pode-se observar também que o *Journal of Applied Poultry Research*, no qual foi selecionado o periódico de maior relevância dentro dos artigos do portfólio, é o quinto periódico com maior número de publicações com base nas referências, o que demonstra alinhamento com o tema da pesquisa. Na sequência identificam-se os

autores mais citados nas referências dos artigos do portfólio, nesta análise foram contabilizadas 21 citações para o autor Lesson S., seguido de 12 citações para Zijlstra, R. T.

Finalizando a análise bibliométrica, foi realizada a análise combinada entre os artigos do portfólio bibliográfico e as referências dos artigos do portfólio. Na análise combinada é relacionada a quantidade de artigos do portfólio bibliográfico publicados no periódico, combinado com a quantidade de publicações de referências do portfólio bibliográfico, relacionados ao tema gestão da qualidade na indústria de nutrição animal. Na Figura 11 pode-se identificar a existência de periódicos de destaque.

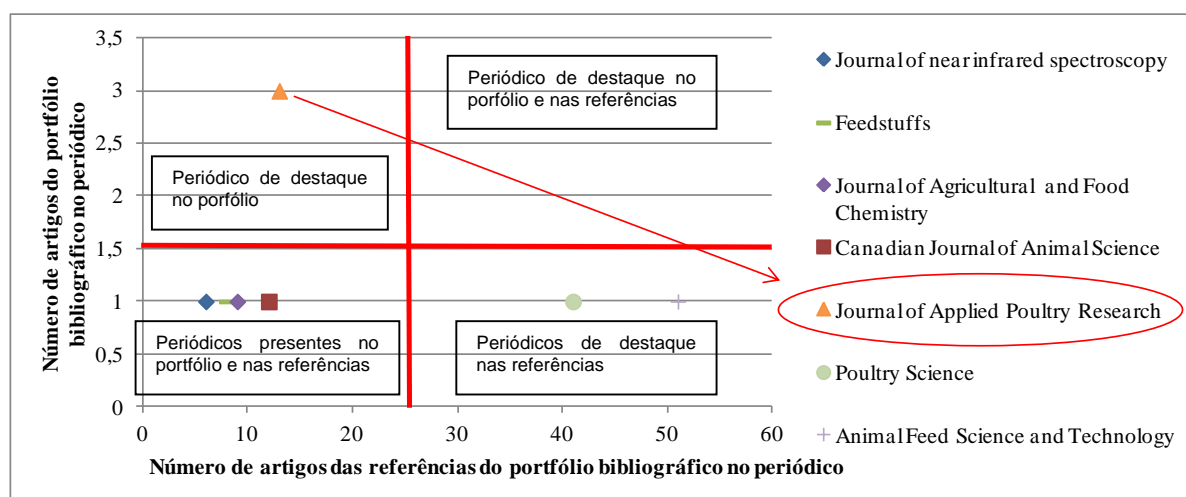


Figura 11: Periódicos com maior relevância no meio acadêmico

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A análise da Figura 11 permite identificar o *Journal of Applied Poultry Research* como destaque dentre os periódicos presentes nos artigos do portfólio e dentre as suas referências, no qual possui três artigos no portfólio e treze artigos identificados nas referências dos artigos do portfólio.

A próxima etapa da análise combinada consistiu na análise entre o número de citações dos artigos do Portfólio, buscado no Google Acadêmico (2016), com o número de vezes que os autores destes artigos aparecem nas referências do portfólio conforme apresentado na Figura 12.

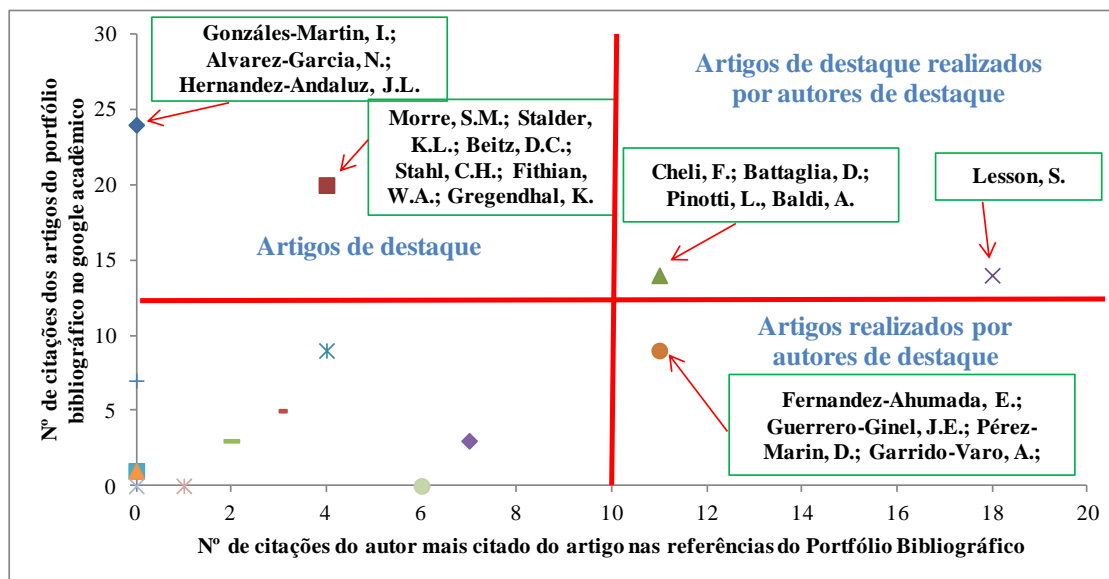


Figura 12: Artigos e autores com maior relevância.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Em análise da Figura 12, foi possível identificar dois artigos de destaque realizado por autores de destaque, no qual apresentaram um número maior de citações dentre os artigos presentes no portfólio e também dentre os trabalhos citados nas suas referências, são eles:

- CHELI, Federica *et al.* *State of the art in feedstuff analysis: a technique-oriented perspective. Journal of agricultural and food chemistry*, v. 60, n. 38, p. 9529-9542, 2012.
- LEESON, S. *Predictions for commercial poultry nutrition. Journal of Applied Poultry Research*, v. 17, n. 2, p. 315-322, 2008.

Vale observar ainda na Figura 12, que há dois artigos de destaque, são eles:

- GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; ÁLVAREZ-GARCÍA, N.; HERNÁNDEZ-ANDALUZ, J. L. *Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe. Animal feed science and technology*, v. 128, n. 1, p. 165-171, 2006.
- MOORE, S. M. *et al.* *The correlation of chemical and physical corn kernel traits with production performance in broiler chickens and laying hens. Poultry science*, v. 87, n. 4, p. 665-676, 2008.

Concluindo a análise da Figura 12, observa-se um artigo realizado por autor de destaque, no qual é citado nos artigos de referência do portfólio, sendo ele:

- FERNÁNDEZ-AHUMADA, Elvira *et al.* *Near infrared spectroscopy for control of the compound-feed manufacturing process: mixing stage.* *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 7, p. 8, 2008.

4.3.7 Análise de Conteúdo

Essa análise é similar a análise sistêmica que compõem as etapas do processo estruturado *Proknow-C*, realizada nos 15 artigos que compõem o portfólio bibliográfico. Por meio de uma análise de conteúdo, busca-se identificar possíveis contribuições relevantes para o desenvolvimento de novas pesquisas. Iniciou-se com a definição de pressupostos, da afiliação teórica sobre o tema gestão da qualidade, partindo do contexto específico que se pretende avaliar.

Como primeiro item a ser avaliado, buscou-se identificar qual a abordagem do problema da pesquisa foi aplicada nos artigos do portfólio bibliográfico, abordagem quantitativa ou qualitativa. Dentre os artigos do portfólio bibliográfico, nove artigos apresentaram abordagem quantitativa e seis artigos com abordagem qualitativa. Dentro do grupo dos artigos com abordagem qualitativa observou-se seis artigos de revisão da literatura. A síntese da avaliação da abordagem da pesquisa pode ser observada no Quadro 3, apresentando os critérios analisados na referida análise, quantidade de artigos relacionados, aspectos relevantes e os autores que se enquadram em cada critério analisado.

Quadro 3: Análise abordagem

Critérios da análise 1 - Abordagem	Nº de Artigos	Aspectos Relevantes	Autor/Ano
A pesquisa utiliza abordagem quantitativa	9	No grupo de artigos que utilizam a abordagem quantitativa, observam-se pesquisas com foco na análise de ingredientes, análise das rações e testes experimentais com frangos de corte utilizando tratamentos distintos.	ALHOTAN <i>et al.</i> (2014); AL-JUBOORI (2016); BUCHANAN <i>et al.</i> (2010); CSIKAI (2010); DE GROOTE <i>et al.</i> (2010); FERNÁNDEZ-AHUMADA <i>et al.</i> (2008); GONZÁLEZ-MARTÍN <i>et al.</i> (2006); MOORE <i>et al.</i> (2008); YAGHOBFAR (2016).
A pesquisa utiliza abordagem qualitativa	6	Nesse grupo que utiliza abordagem qualitativa destacam-se revisões de literatura sobre o tema gestão da qualidade em fábricas de rações, com foco na variação nutricional dos ingredientes e controle de processos.	CHELI <i>et al.</i> (2012); GRAHAM <i>et al.</i> (2013); LEESON (2008); RAHMAN <i>et al.</i> (2015); STARK e JONES (2009); YEGANI e KORVER (2012).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Dentre os nove artigos que utilizaram a abordagem quantitativa, pode-se destacar o artigo do autor Alhotan *et al.* (2014) que faz uma análise da viabilidade em separar os lotes de ingredientes em dois locais distintos de armazenamento, um local para cargas com teor nutricional abaixo da média, e outro acima da média, com o objetivo de reduzir a variabilidade nutricional das rações e reduzir custos de produção. Já o artigo do autor Yaghobfar (2016), destaca que um sistema de avaliação de energia dos ingredientes deve ser utilizado na formulação de dieta em frangos. O artigo do autor Al-Juboori (2016), destaca que a utilização de ferramentas da qualidade no controle de processos é essencial para o aumento da eficiência na produção de rações.

Nos artigos que utilizaram a abordagem qualitativa, destaca-se as revisões de literatura, tais como o artigo do autor Cheli *et al.* (2012), que apresenta uma visão geral dos métodos de análise mais utilizados e promissores para determinar a composição nutricional das rações e ingredientes, descrevendo o potencial e as limitações de cada método, destacando-se a análise química clássica, os métodos *in situ/in vivo*, as técnicas analíticas associadas com quimiometria e os Bioensaios baseados em células.

O segundo item da análise identifica se as fontes da coleta de dados são primárias ou secundárias. Nesta análise foram excluídos os artigos de revisão da literatura, resultando em nove artigos para análise. Dentre esses artigos do portfólio bibliográfico, oito artigos utilizaram a coleta de dados primários, onde a coleta de dados é realizada pelo próprio pesquisador. Um artigo utilizou a coleta de dados secundária, no qual os dados utilizados tem origem de outra pesquisa. No Quadro 4 apresentam-se a quantidade de artigos, aspectos relevantes e os autores que se enquadram no critério analisado.

Quadro 4: Análise coleta de dados

Critérios da análise 2 – Coleta de dados	Nº de Artigos	Aspectos Relevantes	Autor/Ano
A pesquisa utiliza coleta de dados primária.	8	Os dados utilizados nas pesquisas foram coletados e analisados pelo próprio pesquisador.	AL-JUBOORI (2016); BUCHANAN <i>et al.</i> (2010); CSIKAI (2010); DE GROOTE <i>et al.</i> (2010); FERNÁNDEZ-AHUMADA <i>et al.</i> (2008); GONZÁLEZ-MARTÍN <i>et al.</i> (2006); MOORE <i>et al.</i> (2008); YAGHOBFAR (2016).
A pesquisa utiliza coleta de dados secundária.	1	O autor do artigo utilizou dados obtidos de um trabalho anterior realizado no Departamento de Pesquisa de Avicultura da Universidade da Geórgia do ano de 2009.	ALHOTAN <i>et al.</i> (2014);

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

O terceiro item avaliado foi a identificação da classificação das pesquisas, no qual foram separados em dois grupos. Dentro do primeiro grupo incluem-se os estudos bibliográficos e documentais, já no segundo grupo estão os experimentais e quase experimentais, *ex-post-facto*, levantamentos (*survey*), estudos de campo e Estudos de caso. Nesta análise identificaram-se nove artigos que utilizaram estudos de campo como método de pesquisa e seis artigos utilizaram estudos bibliográficos. No Quadro 5 apresentam-se os critérios de classificação dos artigos, bem como a quantidade de artigos, aspectos relevantes e os autores que se enquadram em cada critério analisado.

Quadro 5: Análise classificação

Critérios da análise 3 – Classificação	Nº de Artigos	Aspectos Relevantes	Autor/Ano
Estudos bibliográficos e documentais	6	As pesquisas apresentam a importância da gestão da qualidade nutricional dos ingredientes como forma de melhoria de qualidade e de eficiência na produção de frangos.	CHELI <i>et al.</i> (2012); GRAHAM <i>et al.</i> (2013); LEESON (2008); RAHMAN <i>et al.</i> (2015); STARK e JONES (2009); YEGANI e KORVER (2012).
Experimentais e quase experimentais, <i>ex-post-facto</i> , levantamentos (<i>survey</i>), estudos de campo e estudos de caso	9	As pesquisas utilizam experimentos em frangos, análise de ingredientes, análise de produto final e análise de custos de produção.	ALHOTAN <i>et al.</i> (2014); AL-JUBOORI (2016); BUCHANAN <i>et al.</i> (2010); CSIKAI (2010); DE GROOTE <i>et al.</i> (2010); FERNÁNDEZ-AHUMADA <i>et al.</i> (2008); GONZÁLEZ-MARTÍN <i>et al.</i> (2006); MOORE <i>et al.</i> (2008); YAGHOBFAR (2016).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Destaca-se no grupo que utilizaram estudos bibliográficos e documentais os artigos dos autores Graham *et al.* (2013) e Leeson (2008), que discutem a utilização da espectroscopia de infravermelho em indústria de rações para análise de ingredientes, como forma de atender os regulamentos governamentais, introduzindo análises de ingredientes em tempo real, contribuindo para a rastreabilidade dos produtos.

Já no grupo de artigos que utilizaram experimentos, pode-se destacar a publicação do autor Moore *et al.* (2008), que avaliou experimentalmente em frangos de corte, a existência de diferenças nas características químicas e físicas entre diferentes híbridos de milho utilizados como ingrediente nas rações. Já a publicação do autor De Groote *et al.* (2010), demonstra variação na conversão alimentar em frangos de corte utilizando milho com diferentes teores de aminoácidos.

O quarto item identifica quais artigos utilizam técnicas estatísticas para análise dos dados. Quanto à aplicação da análise estatística, foram identificados nove artigos que a utilizaram a estatística para análise de dados da pesquisa. Observa-se que os artigos de revisão não utilizaram análise estatística como método para analisar os

resultados da pesquisa. No Quadro 6 apresentam-se a quantidade de artigos, aspectos relevantes e os autores que se enquadram no critério analisado.

Quadro 6: Análise estatística

Critérios da análise 4 – Análise estatística	Nº de Artigos	Aspectos Relevantes	Autor/Ano
Foram utilizadas ferramentas estatísticas para análise dos resultados.	9	Dentre as ferramentas estatísticas mais utilizadas nas pesquisas pode-se citar: cálculo da média, desvio padrão, amplitude, coeficiente de variação, teste de normalidade, teste de variância utilizando ANOVA.	ALHOTAN <i>et al.</i> (2014); AL-JUBOORI (2016); BUCHANAN <i>et al.</i> (2010); CSIKAI (2010); DE GROOTE <i>et al.</i> (2010); FERNÁNDEZ-AHUMADA <i>et al.</i> (2008); GONZÁLEZ-MARTÍN <i>et al.</i> (2006); MOORE <i>et al.</i> (2008); YAGHOBFAR (2016).
Não foram utilizadas ferramentas estatísticas para análise dos resultados.	6	As pesquisas não utilizam análise estatística para avaliação dos resultados.	CHELI <i>et al.</i> (2012); GRAHAM <i>et al.</i> (2013); LEESON (2008); RAHMAN <i>et al.</i> (2015); STARK e JONES (2009); YEGANI e KORVER (2012).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

No grupo dos artigos que utilizam ferramentas estatísticas na análise dos resultados, pode-se citar o artigo do autor CSIKAI (2010), que utiliza métodos estatísticos para avaliar a variabilidade nutricional dos ingredientes, calculando a variabilidade do teor de proteína bruta das matérias-primas utilizadas. Já o artigo do autor Buchanan *et al.* (2010), enfatiza o impacto da formulação da dieta no desempenho e rendimento do frango.

Por meio da análise de conteúdo permitiu-se concluir que os autores dos artigos selecionados no portfólio bibliográfico apresentam diversos conceitos e práticas para gestão da qualidade nas indústrias de rações, nesta etapa é que surge a pergunta de pesquisa: Como melhorar a qualidade e eficiência na produção de rações avícolas?

Concluindo a análise de conteúdo dos artigos presentes no portfólio bibliográfico, foram identificadas como oportunidades para futuras pesquisas: i)

Avaliar a variação nutricional dos ingredientes que são utilizados na fabricação de rações, apresentando processo para classificação de matérias-primas; ii) Propor a utilização de metodologia analítica rápida para análise do teor nutricional dos ingredientes utilizados na indústria de rações; iii) Realizar a análise da viabilidade econômica de implantação de processo de segregação de matérias-primas na indústria de rações, avaliado pela sua qualidade nutricional.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A relevância da gestão da qualidade na indústria de nutrição animal em termos empresariais, e uma visão de pesquisa acadêmica, motivam interesses de pesquisas. A pesquisa construiu um portfólio bibliográfico sobre o tema com a utilização do processo estruturado, auxiliando os autores a selecionar outros trabalhos que passam a servir de suporte para evolução dos estudos.

O objetivo estabelecido, de elaborar uma revisão sistemática da literatura sobre o tema gestão da qualidade de insumos na indústria de rações, foi atingido. Utilizou-se para tal um processo estruturado de busca e análise dos artigos. Foram identificados 15 artigos internacionais alinhados ao tema por meio do processo estruturado *ProKnow-C*. A análise do portfólio bibliográfico evidenciou os principais periódicos, autores e artigos dedicados ao tema em questão e os aspectos metodológicos utilizados nas pesquisas.

Considera-se que houve a possibilidade de aprofundar o conhecimento com relação ao tema desta pesquisa, de contribuir para futuros estudos sobre o tema baseados em um processo estruturado para a seleção do portfólio bibliográfico e evidenciação dos artigos, periódicos e autores mais relevantes, a fim de torná-los uma referência do processo de busca de futuras pesquisas. Por meio da análise de conteúdo identificou-se que o estudo aprofundado sobre a utilização de metodologia analítica rápida para análise da variação nutricional e classificação dos ingredientes, e a análise da viabilidade de implantação de processo de segregação de matérias-primas devem ser avaliados como uma oportunidade de pesquisa futura.

5 VARIAÇÃO NUTRICIONAL DOS INGREDIENTES E RAÇÕES: UM MODELO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FORNECEDORES

5.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

Nos últimos anos, o Brasil apresentou crescimento destacado na produção mundial de rações, sendo que, segundo dados do Sindirações (2017), no ano de 2016 a estimativa da produção no Brasil alcançou as 67,2 milhões de toneladas, colocando o país como o terceiro maior produtor de rações do mundo.

A qualidade é um dos fatores mais importantes para que uma empresa seja competitiva e ganhe mercado, a qual, segundo Montgomery (2009), é inversamente proporcional à variabilidade, ou seja, a qualidade de um produto aumenta se a variabilidade nas características importantes de um produto decresce.

De acordo com o CBNA - Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (2013), a variabilidade da maioria das matérias-primas existentes em nosso mercado é um dos principais problemas enfrentados pela indústria de nutrição animal, sendo que o controle de qualidade exercido pelas fábricas de rações vai influenciar no melhoramento da qualidade dos ingredientes comercializados.

Muitos fabricantes de rações dependem de fontes publicadas para definição dos requerimentos nutricionais, entretanto, as tabelas de composição de ingredientes da ração raramente publicam dados de desvio padrão ou coeficiente de variação para composição da variação de ingredientes nas rações individualmente, além de ser impossível prever as variações nutricionais relacionadas à qualidade de solo, condições climáticas ou etapas de processamento dos produtos, que causarão impactos na padronização nutricional das matérias-primas utilizadas nas rações.

Conforme Nascimento (2007), a formulação de rações envolve um criterioso uso de alimentos e subprodutos, combinados de forma que possam fornecer quantidade adequada dos nutrientes requeridos pelas aves. A partir dos resultados analíticos dos parâmetros de qualidade nutricional dos ingredientes, passa-se a ter condições de utilizar ferramentas estatísticas para avaliar momentaneamente e/ou evolutivamente a qualidade da matéria-prima, bem como o desempenho dos fornecedores.

Pinheiro *et al.* (2008) destacam que o maior nível de fibra na dieta afetou de forma negativa a digestibilidade dos nutrientes por frangos de corte em crescimento, assim como também provocou diminuição de ganho de peso e piora na conversão alimentar. Leeson (2008) e Si *et al.* (2001) relatam que o teor de proteína bruta e de aminoácidos essenciais de uma dieta influencia a composição da carcaça de frangos. Logo, o conhecimento da variação nutricional é importante para que seja possível um ajuste na formulação das rações, utilizando dados que refletem a qualidade da matéria-prima, com o intuito de equalizar possíveis desvios nutricionais, reduzindo a variabilidade do produto final, minimizando assim custos de produção na fábrica.

Assim, objetiva-se nesta pesquisa: i) Analisar a variação nutricional das matérias-primas e das rações, contribuindo com dados reais de variabilidade na indústria; e ii) Classificar os fornecedores de farelo de soja com relação a sua qualidade nutricional, auxiliando na tomada de decisão no momento da compra.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo elegeu a análise da qualidade nutricional das rações e das matérias-primas que apresentam o maior volume de recebimento em uma fábrica de rações de frangos de corte, localizada no município de Cunha Porã, região Oeste do estado de Santa Catarina, Brasil. Foram analisadas 2036 amostras de ingredientes e rações, coletadas semanalmente no período de março de 2013 a dezembro de 2016. As matérias-primas estudadas nesta pesquisa foram: i) Milho; ii) Farelo de soja; e iii) Farinha de carne e ossos suína, as quais representam os maiores volumes de inclusão entre todas as matérias-primas consumidas para a produção de rações. Para a análise das rações, foram selecionados quatro tipos produzidos na unidade, que são: i) Ração pré-inicial; ii) Ração inicial; iii) Ração crescimento; e iv) Ração terminação.

As análises bromatológicas foram realizadas em laboratório interno da empresa, e os métodos analíticos utilizados para a análise dos parâmetros nutricionais estão referenciados na AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* (2005) e Instituto Adolfo Lutz (2005). Para as diversas análises foram adotadas as seguintes metodologias: i) O teor de proteína bruta, determinado pelo método clássico de KJELDAHL; ii) Fibra bruta, pelo método de Weende; iii) Extrato etéreo, pelo método SOXHLET; iv) Matéria mineral, incinerando a amostra a 600 °C, durante 4 horas; v)

Amido, pelo método enzimático; vi) Umidade, calculada usando-se estufa de 105 °C, durante 4 a 6 horas; vii) O índice de atividade de urease, pela diferença de pH; viii) A solubilidade da proteína, utilizando método Kjeldahl para proteína solúvel em KOH; ix) O cálcio, pelo método de oxidimetria; x) O fósforo total, por colorimetria; e xi) Acidez, pelo método de titulação em solução alcoólica.

Com o uso do *software* estatístico Statgraphics Centurion XVI (Version 16.2.04, Statpoint Technologies Inc., Warrentown, VA), foram calculados os valores de: média, desvio-padrão, amplitude e coeficiente de variação dos parâmetros nutricionais analisados das amostras de: milho, farelo de soja, farinha de carne e ossos suína e rações.

Posteriormente, foi efetuada a classificação dos fornecedores de farelo de soja, utilizando a metodologia de decisão multicritério, usando os métodos *AHP*, do inglês *Analytic Hierarchy Process* e *TOPSIS*, do inglês *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*, integrados com vistas a selecionar a melhor alternativa entre os fornecedores em termos de qualidade nutricional do produto. Foi escolhido o insumo farelo de soja, dentre as demais matérias-primas, devido ao fato de ser um produto que é comprado de fornecedores dos quais é possível associar a uma origem. No caso do milho trata-se de uma *commodity* agrícola e tem rastreabilidade de origem dificultada, pois são inúmeras as origens e fornecedores. A farinha de carne e ossos suína é processada internamente nas unidades de abate da própria empresa avaliada (origem única) e a ordenação de fornecedores nesse caso não auxiliaria na tomada de decisão no momento da compra, o qual é um dos objetivos da pesquisa.

Como ponto de partida para a classificação de fornecedores, foi definido os critérios de qualidade nutricional do farelo de soja a serem utilizados para a escolha das alternativas. Segundo Swick (1994) e Penz & Brugalli (2001), é recomendada a análise bromatológica do farelo de soja contendo matéria mineral, proteína, extrato etéreo, fibra bruta, umidade, urease e solubilidade protéica.

O processo de seleção utilizando o método de decisão multicritério foi dividido em duas etapas, a primeira foi a determinação dos pesos dos critérios com base no método *AHP*, seguido pela etapa de classificação das alternativas utilizando o método *TOPSIS*.

O método *AHP* pode ser entendido pela composição de três fases distintas: (i) decomposição dos elementos de um problema como uma hierarquia formada por

critérios, subcritérios, atributos e alternativas, segundo a opinião dos especialistas envolvidos; (ii) comparação par a par dos julgamentos dos critérios, subcritérios, atributos e alternativas nos níveis da hierarquia; e (iii) o cálculo dos pesos e análise da consistência lógica (SAATY, 2008). A comparação entre os elementos paritários é realizada utilizando a escala de importância relativa entre duas alternativas, proposta por Saaty (1977). Na Tabela 2, é disposta a escala de julgamento Saaty, buscando-se primeiro o julgamento conceitual e, em seguida, a conversão para a escala numérica a fim de registrá-lo na matriz, como também, o julgamento recíproco associado.

Tabela 2: Escala de relativa importância de Saaty

Escala numérica	Escala Conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro.
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro.
7	Muito Forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática.
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos, utilizados quando o decisor sentir dificuldade ao escolher entre dois graus de importância adjacentes.	

Fonte: Elaborado a partir de Saaty (1980).

O próximo passo é o cálculo do vetor prioridade ou peso do critério, utilizando a Equação (1) (Mansor *et al.*, 2014).

$$w = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad \text{Equação (1)}$$

Assim, w é o vetor prioridade, a_{ij} é a escala de importância e n é o número de critérios.

Para garantir a consistência da decisão, o método *AHP* dispõe do recurso que calcula as razões de consistência (RC) entre o índice de consistência (IC) dos julgamentos e o índice de consistência randômico (IR). Para garantir um nível aceitável, a RC deve estar abaixo de 10%, considerada tolerância máxima de inconsistência.

O método *TOPSIS*, consiste em uma técnica que avalia o desempenho das alternativas através da similaridade com a solução ideal, desenvolvido originalmente por Hwang & Yoon (1981) sendo enriquecido por Yoon (1987) e Hwang *et al.* (1993). No método *TOPSIS*, obtém-se o ordenamento (ranking) das alternativas a partir da definição das soluções ideais (positiva e negativa), calculando o coeficiente de proximidade de cada alternativa (CHEN, 2000).

Os procedimentos do método *TOPSIS* iniciam com a realização de uma matriz de dados original, que utiliza critérios de valor para cada alternativa. Desta forma, o *TOPSIS* transforma essa matriz original em uma matriz considerada normalizada, e após a normalização, como primeiro passo, são calculados os valores para as soluções ideais positivas e negativas, utilizando a Equação 2.

$$A^+ = (p_{1+}, p_{2+}, \dots, p_{m+}) \text{ e } A^- = (p_{1-}, p_{2-}, \dots, p_{m-}), \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo:

$$p_{j+} = \{\text{Max } iP_{ij}, j \in J_1; \text{Min } iP_{ij}, j \in J_2\}$$

$$p_{j-} = \{\text{Min } ip_{ij}, j \in J_1; \text{Max } ip_{ij}, j \in J_2\},$$

O próximo passo consiste no cálculo das distâncias euclidianas, isto é, cálculo da medida de separação. Este cálculo das distâncias euclidianas entre os benefícios é realizado utilizando a Equação 3.

$$d^+ = \sqrt{\sum w_j (p_{j+} - p_{ij})^2}, \text{ e } d^- = \sqrt{\sum w_j (p_{j-} - p_{ij})^2}, \quad \text{Equação (3)}$$

com $i=1, \dots, m$.

Para finalizar o método *TOPSIS*, foi calculada a proximidade relativa em relação à solução ideal, conforme Equação 4.

$$\xi_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad \text{Equação (4)}$$

Após a realização destes passos do método *TOPSIS* o *ranking* foi elaborado de modo que o fornecedor de farelo de soja mais próximo da solução ideal seja designado como o primeiro colocado no *ranking* e assim sucessivamente. A implementação computacional do *AHP* e *TOPSIS* foi realizada utilizando *software Microsoft Excel*.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO

Os resultados são apresentados em duas etapas, iniciando pela análise dos ingredientes e rações e posteriormente a etapa de classificação de fornecedores, de acordo com os procedimentos detalhados na metodologia.

Para avaliar a qualidade dos ingredientes entregues pelos fornecedores da fábrica de rações, foram consideradas: i) 624 amostras de milho; ii) 378 amostras de farelo de soja; e iii) 417 amostras de farinha de carne e ossos suína, coletadas no período de março de 2013 a dezembro de 2016.

A análise estatística dos resultados analíticos dos parâmetros nutricionais dos ingredientes é apresentada na Tabela 3, sendo calculados: i) Média; ii) Desvio padrão; iii) Amplitude; e iv) Coeficiente de variação, dos parâmetros analisados para o milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos suína.

Tabela 3: Resultados estatísticos dos parâmetros de qualidade das matérias-primas

Matéria-prima	Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Amplitude	Coefficiente de Variação
Milho	Proteína Bruta (%)	7,57	0,58	7,02	7,63
	Umidade (%)	11,49	0,61	5,82	5,34
	Fibra Bruta (%)	2,06	0,14	2,67	6,64
	Extrato Etéreo (%)	3,62	0,29	2,85	8,07
	Matéria Mineral (%)	1,14	0,17	2,61	15,27
	Cálcio (%)	0,06	0,03	0,29	47,22
	Fósforo (%)	0,28	0,04	0,36	15,96
	Amido (%)	65,89	1,21	8,51	1,84
Farelo de Soja	Proteína Bruta (%)	45,85	1,26	8,05	2,75
	Umidade (%)	11,17	0,52	3,92	4,63
	Fibra Bruta (%)	5,35	0,62	5,10	11,62
	Extrato Etéreo (%)	1,49	0,51	4,90	34,06
	Matéria Mineral (%)	6,66	0,46	6,42	6,97
	Cálcio (%)	0,38	0,05	0,56	14,12
	Fósforo (%)	0,70	0,06	0,43	7,87
	Urease (%)	0,03	0,02	0,18	61,27
	Solubilidade (%)	79,69	4,58	29,47	5,75
Farinha de Carne e Ossos Suína	Proteína Bruta (%)	54,41	3,37	33,95	6,19
	Umidade (%)	5,48	1,18	6,51	21,56
	Fibra Bruta (%)	1,69	0,75	3,89	44,31
	Extrato Etéreo (%)	15,39	1,33	10,55	8,66
	Matéria Mineral (%)	23,80	2,47	27,98	10,36
	Cálcio (%)	8,07	1,11	9,27	13,73
	Fósforo (%)	4,22	0,48	6,45	11,32
	Acidez (%)	0,90	0,28	1,52	30,53

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

No presente estudo observou-se que os parâmetros nutricionais do milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos suína apresentaram coeficientes de variação muito distintos, dependendo do parâmetro analisado. Dados reportados por Alhotan *et al.* (2014) apresentam resultados próximos para o desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude do teor de proteína bruta em amostras de farelo de soja, sendo respectivamente, 1,41%, 2,99% e 7,4%.

Para a análise da qualidade nutricional das rações produzidas, foram consideradas: i) 153 amostras de ração pré-inicial; ii) 152 amostras de ração inicial; iii) 160 amostras de ração crescimento, e iv) 152 amostras de ração terminação, coletadas no período de março de 2013 a dezembro de 2016.

A análise estatística dos resultados analíticos dos parâmetros nutricionais das rações é apresentada na Tabela 4. Foram calculados: i) Média; ii) Desvio padrão; iii) Amplitude; e iv) Coeficiente de variação, dos parâmetros analisados para as rações nas quatro fases de criação.

Tabela 4: Resultados estatísticos dos parâmetros de qualidade das rações

Produto		Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Amplitude	Coefficiente de Variação
Ração Pré-inicial		Proteína Bruta (%)	22,62	1,01	6,25	4,47
		Umidade (%)	11,32	0,65	5,14	5,72
		Fibra Bruta (%)	2,67	0,69	4,34	25,65
		Extrato Etéreo (%)	6,90	0,9	6,11	13,08
		Matéria Mineral (%)	4,94	0,39	2,36	7,90
		Cálcio (%)	0,74	0,12	0,83	16,00
		Fósforo (%)	0,52	0,06	0,53	11,74
Ração Inicial		Proteína Bruta (%)	19,96	1,22	13,75	6,13
		Umidade (%)	11,32	0,61	4,81	5,36
		Fibra Bruta (%)	2,36	0,61	3,36	25,96
		Extrato Etéreo (%)	7,22	0,89	7,15	12,38
		Matéria Mineral (%)	4,30	0,57	7,02	13,26
		Cálcio (%)	0,66	0,12	1,14	17,66
		Fósforo (%)	0,47	0,05	0,45	11,33
Ração Crescimento		Proteína Bruta (%)	19,01	1,88	13,66	9,91
		Umidade (%)	11,25	0,93	11,06	8,26
		Fibra Bruta (%)	1,99	0,66	5,68	33,33
		Extrato Etéreo (%)	8,38	1,13	9,48	13,49
		Matéria Mineral (%)	3,91	0,36	3,58	9,15
		Cálcio (%)	0,59	0,11	0,86	18,14
		Fósforo (%)	0,44	0,06	0,55	13,22
Ração Terminação		Proteína Bruta (%)	18,11	0,79	4,26	4,39
		Umidade (%)	11,27	0,52	3,27	4,58
		Fibra Bruta (%)	1,98	0,63	4,26	31,78
		Extrato Etéreo (%)	9,05	1,04	8,21	11,46
		Matéria Mineral (%)	3,71	0,61	8,48	16,55
		Cálcio (%)	0,56	0,09	0,40	15,52
		Fósforo (%)	0,43	0,06	0,55	13,62

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Com os resultados estatísticos das análises bromatológicas das amostras dos ingredientes e das amostras das rações produzidas no período de 2013 a 2016, observa-se que os resultados dos coeficientes de variação e desvios padrão dos parâmetros nutricionais das matérias-primas analisadas nesta pesquisa são muito semelhantes aos resultados reportados por Vilas Boas (2006), na qual realizou a pesquisa com dados analíticos obtidos nos anos de 2003 e 2004. Para o teor de proteína bruta das rações analisadas, os resultados estão próximos dos reportados por Alhotan et al. (2014), no qual obtiveram desvio padrão e coeficiente de variação na ordem de 0,65% e 2,81%, respectivamente.

Como um dos objetivos da pesquisa é propor uma classificação dos fornecedores de farelo de soja, foi realizada a análise da qualidade nutricional estratificada, com o objetivo de verificar se existe diferença significativa nos parâmetros nutricionais do farelo de soja entre os fornecedores. Utilizando a análise

de variância ANOVA, pôde-se observar diferença significativa entre os fornecedores nos teores de proteína bruta, solubilidade protéica, urease, extrato etéreo, fibra bruta, umidade, matéria mineral, cálcio e fósforo (Tabela 5).

Tabela 5: Análise de variância ANOVA - farelo de soja

Parâmetro	Relação F	Valor P
Proteína Bruta (%)	92,53	0,0000
Umidade (%)	24,34	0,0000
Fibra Bruta (%)	115,52	0,0000
Extrato Etéreo (%)	26,77	0,0000
Matéria Mineral (%)	12,50	0,0000
Cálcio (%)	7,65	0,0006
Fósforo (%)	3,33	0,0371
Urease (%)	7,95	0,0004
Solubilidade (%)	8,55	0,0002

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A análise de variância ANOVA apresentada na Tabela 5 decompõe a variância dos dados em dois componentes: um componente entre grupos e um componente dentro do grupo. A relação F é uma proporção da estimativa entre grupos para a estimativa dentro do grupo. Uma vez que o valor P do teste F é inferior a 0,05, há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das três variáveis, no nível de confiança de 95,0%.

A avaliação gráfica para cada parâmetro nutricional (Figura 13) comprova estas diferenças, incluindo a indicação do intervalo de confiança com 95%, para os parâmetros nutricionais do farelo de soja por fornecedor.

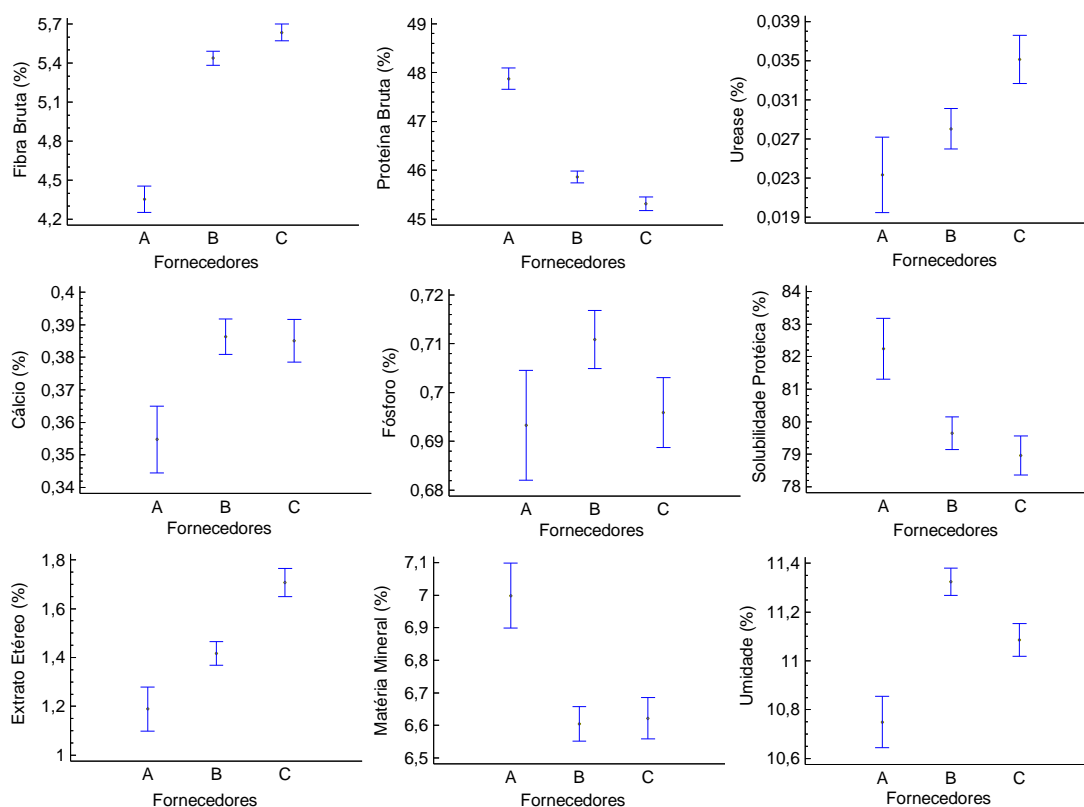


Figura 13: Análise de variância utilizando ANOVA – comparativo de fornecedores

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Nesta etapa da pesquisa, propõe-se a classificação de fornecedores capaz de refletir a qualidade nutricional do farelo de soja utilizado como matéria-prima na fábrica de rações. A proposta é de uma ordenação capaz de auxiliar o departamento de compras a identificar os melhores fornecedores de farelo de soja com relação a sua qualidade nutricional. Aplica-se a metodologia baseada nas técnicas de decisão multicritério *AHP* e *TOPSIS*. Segundo Chai *et al.* (2013), os métodos multicritérios de apoio a tomadas de decisões podem ser empregados no desenvolvimento de modelos para seleção de alternativas para critérios específicos.

O departamento de nutrição da empresa foi responsável pela comparação par a par dos julgamentos dos critérios utilizando a escala de importância relativa proposta por Saaty (1977). A estruturação hierárquica do problema e a disposição dos critérios é uma das primeiras etapas a serem seguidas do método *AHP*. A hierarquização dos critérios para avaliação de fornecedores de farelo de soja foi realizada considerando-se o método *AHP*, e está disposto na Figura 14.

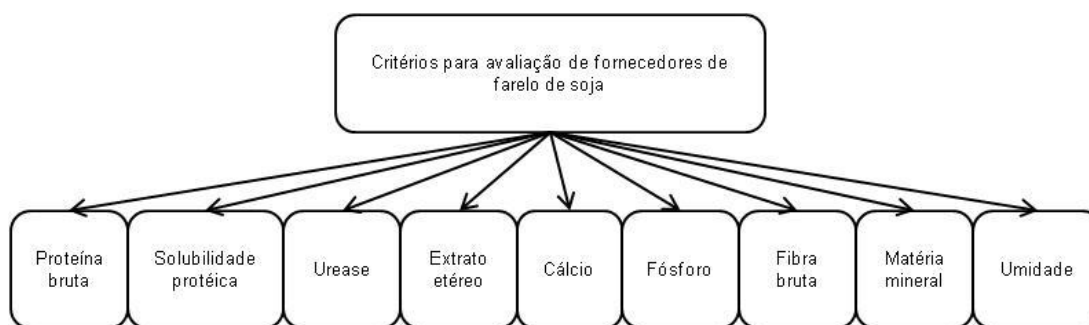


Figura 14: Hierarquia de critérios para avaliação de fornecedores de farelo de soja

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A pesquisa seguiu o método *AHP*, onde foram realizadas comparações pareadas entre os critérios para identificar seus níveis de importância. No quesito “critério” para avaliar os fornecedores de farelo de soja, solicitou-se para o departamento de nutrição da unidade realizar a comparação da importância dos critérios, utilizando a escala de relativa importância proposta por Saaty (1980).

Para a elaboração das matrizes de comparação, considera-se a diagonal principal sempre como 1, sendo que para cada critério deve haver a reciprocidade através da diagonal, conforme visualiza-se na Tabela 6, com a demonstração da ponderação dos critérios de avaliação de fornecedores de farelo de soja.

Tabela 6: Comparação entre os pares dos critérios de qualidade

Crítérios	Cálcio	Extrato etéreo	Fibra bruta	Fósforo	Proteína bruta	Matéria mineral	Solubilidade protéica	Umidade	Urease
Cálcio	1,00	0,14	0,11	1,00	0,11	0,20	0,11	0,13	0,11
Extrato etéreo	7,00	1,00	0,13	7,00	0,11	0,17	0,11	0,13	0,11
Fibra bruta	9,00	8,00	1,00	6,00	0,11	1,00	0,11	0,20	0,11
Fósforo	1,00	0,14	0,17	1,00	0,11	0,20	0,11	0,13	0,11
Proteína bruta	9,00	9,00	9,00	9,00	1,00	7,00	2,00	4,00	2,00
Matéria mineral	5,00	6,00	1,00	5,00	0,14	1,00	0,11	1,00	0,11
Solubilidade protéica	9,00	9,00	9,00	9,00	0,50	9,00	1,00	8,00	2,00
Umidade	8,00	8,00	5,00	8,00	0,25	1,00	0,13	1,00	0,11
Urease	9,00	9,00	9,00	9,00	0,50	9,00	0,50	9,00	1,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os resultados do método *AHP* correspondentes à importância de cada critério são mostrados na Tabela 7, onde os valores de peso global foram posteriormente transferidos para a próxima fase de classificação utilizando o método *TOPSIS* como entradas para o peso dos critérios.

Tabela 7: Resultados normalizados dos julgamentos e os pesos dos critérios

Crítérios	Cálcio	Extrato etéreo	Fibra bruta	Fósforo	Proteína bruta	Matéria mineral	Solubilidade protéica	Umidade	Urease	Pesos
Cálcio	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02
Extrato etéreo	0,12	0,02	0,00	0,13	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,04
Fibra bruta	0,16	0,16	0,03	0,11	0,04	0,04	0,03	0,01	0,02	0,06
Fósforo	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02
Proteína bruta	0,16	0,18	0,26	0,16	0,35	0,25	0,48	0,17	0,35	0,26
Matéria mineral	0,09	0,12	0,03	0,09	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	0,06
Solubilidade protéica	0,16	0,18	0,26	0,16	0,18	0,32	0,24	0,34	0,35	0,24
Umidade	0,14	0,16	0,15	0,15	0,09	0,04	0,03	0,04	0,02	0,09
Urease	0,16	0,18	0,26	0,16	0,18	0,32	0,12	0,38	0,18	0,21

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Para garantir a consistência da decisão, foi calculada a razão de consistência (RC), para testar a consistência das respostas nas comparações par a par dos

critérios, obtendo-se como resultado $RC=0,0298$, salientando que para garantir um nível aceitável, a razão de consistência deve estar abaixo de 0,1, considerada tolerância máxima de inconsistências.

A matriz de decisão *TOPSIS* foi formulada com base na média dos resultados analíticos para os critérios estabelecidos para cada alternativa (fornecedor), na Tabela 8 é disposta a matriz com a média dos resultados analíticos dos parâmetros nutricionais analisados nas amostras de farelo de soja.

Tabela 8: Matriz de decisão para selecionar o melhor fornecedor de farelo de soja

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Fornecedor A	0,35	1,19	4,35	0,69	47,88	7,00	82,24	10,75	0,02
Fornecedor B	0,39	1,42	5,44	0,71	45,86	6,60	79,65	11,32	0,03
Fornecedor C	0,39	1,71	5,63	0,70	45,32	6,62	78,96	11,09	0,04

Crítérios: C1 = Cálcio, C2 = Extrato etéreo, C3 = Fibra bruta, C4 = Fósforo, C5 = Proteína bruta, C6 = Matéria mineral, C7 = Solubilidade protéica, C8 = Umidade e C9 = Urease.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A matriz de decisão normalizada foi calculada, onde os resultados da matriz normalizada são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Fornecedor A	0,5358	0,4720	0,4857	0,5691	0,5962	0,5994	0,5913	0,5614	0,3714
Fornecedor B	0,5970	0,5632	0,6074	0,5856	0,5710	0,5651	0,5727	0,5911	0,5571
Fornecedor C	0,5970	0,6782	0,6286	0,5773	0,5643	0,5669	0,5677	0,5791	0,7428

Crítérios: C1 = Cálcio, C2 = Extrato etéreo, C3 = Fibra bruta, C4 = Fósforo, C5 = Proteína bruta, C6 = Matéria mineral, C7 = Solubilidade protéica, C8 = Umidade e C9 = Urease.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A matriz de decisão normalizada ponderada foi determinada, onde os são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Matriz normalizada ponderada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Alternativas	0,0150	0,0410	0,0650	0,0160	0,2620	0,0550	0,2420	0,0890	0,2140
Fornecedor A	0,0083	0,0193	0,0314	0,0089	0,1562	0,0333	0,1434	0,0501	0,0796
Fornecedor B	0,0092	0,0230	0,0392	0,0092	0,1496	0,0314	0,1389	0,0527	0,1194
Fornecedor C	0,0092	0,0277	0,0406	0,0090	0,1478	0,0315	0,1377	0,0517	0,1592

Crêterios: C1 = Cálcio, C2 = Extrato etéreo, C3 = Fibra bruta, C4 = Fósforo, C5 = Proteína bruta, C6 = Matéria mineral, C7 = Solubilidade protéica, C8 = Umidade e C9 = Urease.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

As soluções, ideal positiva e ideal negativa, foram calculadas, determinando-se a proximidade relativa dos valores da solução ideal para cada alternativa, conforme Tabela 11.

Tabela 11: Matriz de solução ideal positiva e negativa.

	Distância a solução negativa ideal									S ⁻
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
Fornecedor A	0,0000	0,0000	-0,0092	0,0000	0,0084	0,0000	0,0057	-0,0027	-0,0796	0,0808
Fornecedor B	0,0009	0,0037	-0,0014	0,0003	0,0018	-0,0019	0,0012	0,0000	-0,0398	0,0401
Fornecedor C	0,0009	0,0084	0,0000	0,0001	0,0000	-0,0018	0,0000	-0,0011	0,0000	0,0087
	Distância a solução positiva ideal									S ⁺
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
Fornecedor A	-0,0009	-0,0084	0,0000	-0,0003	0,0000	0,0019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0085
Fornecedor B	0,0000	-0,0047	0,0079	0,0000	-0,0066	0,0000	-0,0045	0,0027	0,0398	0,0113
Fornecedor C	0,0000	0,0000	0,0092	-0,0001	-0,0084	0,0001	-0,0057	0,0016	0,0796	0,0124

Crêterios: C1 = Cálcio, C2 = Extrato etéreo, C3 = Fibra bruta, C4 = Fósforo, C5 = Proteína bruta, C6 = Matéria mineral, C7 = Solubilidade protéica, C8 = Umidade e C9 = Urease. S⁻ = distância a solução negativa ideal, S⁺ = distância a solução positiva ideal.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

O processo de classificação de fornecedores é finalizado, resultando na ordenação conforme o padrão de qualidade nutricional obtido pela média dos resultados das amostras analisadas para cada fornecedor, a ordenação é disposta na Tabela 12.

Tabela 12: Proximidade relativa com a solução ideal

Alternativas	C* Topsis Score	Ranking
Fornecedor A	0,9049	1º
Fornecedor B	0,7804	2º
Fornecedor C	0,4126	3º

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A Tabela 12 apresenta a classificação geral dos fornecedores de farelo de soja analisados envolvidos na seleção. Pode-se observar que o fornecedor A emergiu com a maior pontuação no final da análise, seguido pelo fornecedor B e finalmente o fornecedor C. Assim, pode concluir-se que o fornecedor A é a melhor opção a ser selecionado para a compra de farelo de soja com relação a sua qualidade nutricional, seguido pelo fornecedor B e em último colocado está o fornecedor C.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Observou-se grande variabilidade nutricional de algumas matérias-primas entre os lotes dos fornecedores, conseqüentemente resultando em uma variação nutricional das rações produzidas. A aplicação dos métodos integrados *AHP-TOPSIS* mostrou que o fornecedor A é o melhor fornecedor de farelo de soja com relação as suas características nutricionais, no qual obteve a pontuação mais alta de todos os fornecedores candidatos ao fornecimento de farelo de soja para a indústria em estudo.

Assim, o método integrado *AHP-TOPSIS* foi capaz de fornecer métodos sistemáticos de comparação e classificação de fornecedores de farelo de soja na indústria de rações, sendo a classificação por qualidade nutricional uma importante ferramenta aos responsáveis pela tomada de decisão para a escolha de fornecedores.

6 DETERMINAÇÃO DE TEORES NUTRICIONAIS DO FARELO DE SOJA POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

6.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

O Brasil é o segundo país do mundo com a maior produção de soja, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2017), sendo um alimento muito importante e uma fonte de óleo e proteínas. Dentre os subprodutos de soja o mais utilizado na agroindústria é o farelo de soja. Sob o ponto de vista da nutrição, possui proteínas de alto valor biológico, e neste aspecto, assemelha-se mais a proteína animal do que a qualquer outro vegetal (Lima, 1999). Em uma fábrica de rações, a produção eficiente e formulações que permitam o máximo de desempenho animal são muito importantes, no qual o conhecimento dos valores nutricionais do farelo de soja pode ser um meio eficiente para permitir uma formulação mais precisa (VAN KEMPEN, 1996).

Procedimentos analíticos tradicionais utilizados no controle de qualidade das matérias-primas para a indústria de rações são relativamente demorados, de custo significativo, geram resíduos químicos, necessitam de mão de obra qualificada e são métodos destrutivos. Portanto, se faz necessário o desenvolvimento de metodologias analíticas que possam aprimorar aspectos como a velocidade das respostas (MA *et al.*, 2017).

A espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo (*NIRS*) tem sido desenvolvida a partir de 1980, baseada no uso da luz do espectro do infravermelho próximo, com o intuito de relacionar a sua absorção com a composição de um alimento, podendo assim prever sua composição bromatológica, dentre outras variáveis inerentes ao alimento. (Pasquini, 2003; Valdes; Leeson, 1991; Pedrol; Robutti, 1993). É uma técnica analítica que permite a determinação simultânea e rápida de vários componentes, sem requerer uma extensa preparação de amostras (Norris, 1989). A espectroscopia *NIR* provou ser um excelente método para a análise de nutrientes de alimentos e tem potencial significativo para análise e monitoramento de alimentos para rotulagem nutricional (OSBORNE, *et al.*, 2006; ZHOU, *et al.* 2012).

Dados reportados por TAHIR *et al.* (2012) mencionam sobre a implantação dos sistemas de avaliação de ingredientes por *NIRS* na recepção dos insumos na

fábrica de rações com o intuito de avaliar sua qualidade nutricional antes do seu recebimento. Já os autores STRIGHINI *et al.* (2014) elucidaram a importância das informações obtidas por *NIRS* objetivando atualizar a composição dos ingredientes permitindo uma formulação mais precisa.

No entanto, devido a características espectrais na região *NIR* e para avaliar simultaneamente diversos parâmetros, métodos de calibração multivariada devem ser usados para obter informações quantitativas. Na prática, a análise quantitativa fundamenta-se na determinação de uma relação matemática entre o conjunto de espectros gerados e valores obtidos a partir de análises laboratoriais de referência (Simas, 2005). O espectro obtido a partir do *NIRS* é o resultado da reflexão da luz por moléculas orgânicas. Todas as bandas de absorção/reflexão são resultantes de vibrações ou combinações de vibrações, resultantes do estiramento, torção ou deformação nos átomos de hidrogênio ligados a carbono, oxigênio e nitrogênio (C-H, O-H e N-H) ou aromáticos (Skoog *et al.*, 2002). Os métodos de calibração multivariada são parte da quimiometria, que precisa de um grande número de resultados de ensaios analíticos para o desenvolvimento de um modelo matemático (AGELET; HURBURGH, 2010).

A precisão do modelo baseia-se na correlação, ou seja, nas curvas de calibração entre a absorção de luz na região infravermelha e a composição química do material de teste. O desenvolvimento de uma curva de calibração precisa é a chave para obter uma previsão precisa (Rahman *et al.*, 2015). É muito importante construir um modelo de calibração confiável para análise quantitativa ou qualitativa na análise de alimentos, que envolve a predição de discriminação e propriedade para amostras desconhecidas (CEN; HE, 2007).

Nesse trabalho, desenvolvido em uma agroindústria produtora de rações para frangos de corte, objetivou-se o desenvolvimento de curvas de predição por espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo, para os teores de proteína bruta, solubilidade protéica, matéria mineral, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade, em amostras de farelo de soja, utilizadas como matéria-prima na indústria de rações.

6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

No emprego da técnica *NIR*, para o desenvolvimento dos modelos de calibração, foi usado um banco de dados gerados pelas análises químicas com amostras de farelo de soja. Os espectros das amostras foram coletados num equipamento *NIRS XDS Rapid Content Analyser™/FOSS* e o modelo de regressão por mínimos quadrados parciais modificado (*mPLS*) foi utilizado para a construção das equações de predição. Foram calculados a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das amostras utilizadas, além da análise de variância e do coeficiente de determinação entre os resultados analíticos via método de referência e método *NIR*.

6.2.1 Amostras e preparação das amostras

Na construção dos modelos de regressão foram usadas 966 amostras de farelo de soja, oriundas de fornecedores diversos provenientes do Estado do Paraná e Mato Grosso do Sul, coletadas semanalmente, no período de novembro de 2013 a outubro de 2016. As amostras foram moídas e homogeneizadas em moinho de facas com peneira de 1 milímetro de tamanho de abertura de poro. Cada amostra de farelo de soja com quantidade aproximada de 400 gramas foi separada em duas frações, uma pequena porção (cerca de 10g) dessa amostra foi imediatamente analisada por espectroscopia de infravermelho próximo por reflectância utilizando equipamento *NIRS* disponível na agroindústria em estudo, outra porção foi utilizada em análises químicas por métodos analíticos de referência, realizados em laboratório interno da empresa.

6.2.2 Análise de referência

Todas as análises foram realizadas em duplicata. Os métodos analíticos de referência utilizados para a análise dos parâmetros nutricionais do farelo de soja estão referenciados na AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* (2005) e Instituto Adolfo Lutz (2005). Para as diversas análises foram adotadas as seguintes metodologias: i) O teor de proteína bruta foi determinado pelo método clássico de KJELDAHL; ii) A solubilidade da proteína, utilizando método Kjeldahl para proteína solúvel em KOH; iii) A matéria mineral, incinerando a amostra a 600 °C, durante 4 horas; iv) O cálcio, pelo método de oxidimetria; v) O fósforo total, por colorimetria; vi)

A fibra bruta, pelo método de Weende; vii) O extrato etéreo, pelo método SOXHLET; viii) A umidade foi calculada usando-se estufa de 105 °C, durante 4 a 6 horas.

6.2.3 Análise de espectroscopia

Os espectros de reflectância na região do infravermelho próximo foram coletados em um espectrômetro *NIRS XDS Rapid Content Analyser™/FOSS*, equipado com espectrômetro com grade de pesquisa no espectro completo de 400 a 2.500 nm. Para a obtenção dos espectros foram utilizadas aproximadamente 10 g de farelo de soja moído, com o auxílio do *software ISIScan™* instalado no computador acoplado ao espectrofotômetro, dando origem aos espectros de cada amostra. Os espectros foram obtidos em sala climatizada com temperatura de 23°C. As amostras foram examinadas em triplicata para incluir a variação intra-amostra. A figura 15 apresenta o equipamento utilizado para obtenção dos espectros.



Figura 15: Espectrômetro de infravermelho próximo – *NIRS*

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os dados foram transformados em $\log 1/R$, no qual R representa reflectância, e as varreduras das porções em triplicata de cada amostra foram então calculadas para fornecer um único espectro a partir do qual as calibrações foram desenvolvidas.

As leituras e/ou espectros gerados foram incorporados ao banco de dados do *software* WinISI III (Infrasoft International LLC, Silver Spring, MD, USA).

Para selecionar os espectros/amostras que melhor representavam o conjunto de dados, e separar as amostras que apresentam grandes diferenças em relação às demais amostras do conjunto de calibração, foi realizada a análise de componentes principais (*PCA*) conforme descrito por Figueiredo *et. al.* (2006), sendo adotado um *standardized H static* (GH=3) e um *Neighborhood H* (NH=0) para a detecção de *outliers*.

6.2.4 Modelagem de dados

As equações de predição foram geradas com o software WinISI III, utilizando a análise de componentes principais (*PCA*) para seleção de amostras. O tratamento matemático escolhido para derivar o espectro *NIR* foi o modelo “1, 4, 4, 1” para a primeira derivada com tratamento de *scatter*/ruído por *SNV* (*Standard Normal Variate*) e correção de dispersão de tendência. No tratamento matemático “1, 4, 4, 1”, o primeiro número indica a ordem da função derivada, o segundo número é o intervalo (comprimento de onda em nanômetros) nos pontos de dados sobre os quais a derivada é calculada, o terceiro número representa o número de pontos (comprimento do segmento) usado na suavização, e o quarto número é o número de pontos de dados no segundo alisamento, normalmente configurado em 1.

A curva de calibração foi desenvolvida por meio da regressão dos espectros de absorção das amostras-padrão e seus respectivos valores de proteína bruta, solubilidade protéica, matéria mineral, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade, determinados em laboratório por meio de metodologias convencionais. Para isso foi utilizado o modelo de mínimos quadrados parciais modificado (*mPLS*). A curva de calibração foi avaliada por meio de uma validação externa, usando 10 amostras de farelo de soja de composição química conhecida, e que não foram utilizadas para o ajuste da curva de calibração do equipamento.

6.2.5 Avaliação do modelo

O desempenho do modelo *mPLS* final foi avaliado de acordo com: erro quadrático médio de calibração (*RMSEC*), erro quadrático médio de calibração cruzada (*RMSECV*); erro quadrático médio de predição (*RMSEP*), coeficiente de correlação (R^2) do gráfico entre os valores previstos por *NIRS* e os valores de referência, *BIAS* que consiste na diferença entre o valor médio previsto pelo *NIR* e o valor médio do modelo de referência, e o desvio preditivo residual (*RPD*) (Williams; Norris, 2001; Williams; Sobering, 1996). Os altos resultados de R^2 e baixo *RMSE* indicam o melhor modelo para prever o conteúdo químico. O *RPD* é considerado o melhor parâmetro para estimar a qualidade dos modelos de calibração *NIR* (William; Norris, 1987; Prieto *et al.*, 2013), pois fornece padronização do erro da previsão e torna possível a comparação de diferentes propriedades (WILLIAMS; SOBERING, 1993).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO

Avaliaram-se os modelos de previsão utilizando o *mPLS*, com os dados a partir de 966 amostras de farelo de soja utilizadas na calibração e 10 amostras do conjunto de validação.

6.3.1 Componentes medidos e calculados pela referência

Os resultados estatísticos obtidos na análise de referência dos teores de proteína bruta, solubilidade protéica, matéria mineral, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade das amostras que foram usadas para prever e validar o modelo são apresentados na Tabela 13. A variabilidade dos resultados, representada como desvio padrão, é colocada nos erros de predição e nos resultados de validação cruzada.

Tabela 13: Estatística descritiva da composição bromatológica das amostras de farelo de soja utilizados na calibração e validação

	Calibração					Validação				
	n ^a	Mínimo	Máximo	Média	DP	n ^a	Mínimo	Máximo	Média	DP
Proteína Bruta (%)	869	43,11	50,80	47,01	1,36	10	43,84	48,45	45,43	1,32
Solubilidade Protéica (%)	886	65,27	88,64	79,30	3,90	10	66,64	82,57	77,58	4,81
Matéria Mineral (%)	882	5,63	7,56	6,48	0,32	10	4,18	6,54	6,05	0,68
Cálcio (%)	890	0,23	0,58	0,36	0,06	10	0,35	0,43	0,39	0,03
Fósforo (%)	898	0,53	0,89	0,68	0,07	10	0,43	0,67	0,63	0,07
Fibra Bruta (%)	905	2,88	6,70	4,85	0,74	10	3,02	5,10	4,38	0,68
Extrato Etéreo (%)	901	0,37	6,37	1,71	0,61	10	1,07	3,75	2,38	0,83
Umidade (%)	857	9,55	13,35	11,27	0,49	10	9,69	11,48	10,52	0,57

^a Número de amostras (n); desvio padrão (DP).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

6.3.2 Modelos de previsão para componentes do farelo de soja

Os espectros de *NIR* das amostras de farelo de soja homogêneas apresentaram picos distintos que refletem a sua composição, conforme descrito anteriormente. Na Figura 16, todos os espectros são apresentados, sem qualquer pré-tratamento, na região do infravermelho próximo, obtidos a partir das 966 amostras de farelo de soja, na faixa de 400 a 2.500 nanômetros. Entre os pré-tratamentos aplicados antes da calibração, um procedimento que apresentou um bom desempenho na eliminação do efeito multiplicativo da dispersão da luz foi a primeira derivada.

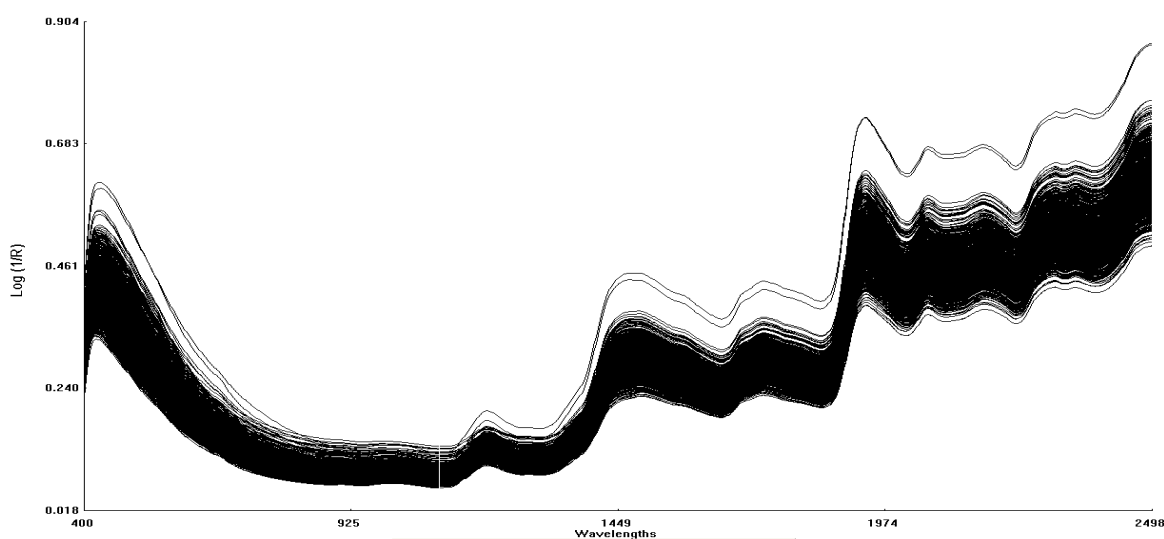


Figura 16: Espectros *NIR* das amostras de farelo de soja obtidas na faixa de 400 a 2.500 nm

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os coeficientes de determinação, valores do erro quadrático médio de calibração e de predição dos modelos obtidos para a predição dos teores de proteína bruta, solubilidade protéica, matéria mineral, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade entre os valores encontrados pelo método de referência e valores previstos pelo método empregando os dados do *NIRS* são descritos na Tabela 14.

Tabela 14: Estatística de validação cruzada e validação externa para a previsão *NIR* dos parâmetros nutricionais das amostras de farelo de soja

	Calibração					Validação						
	n ^a	NIR Média	NIR DP	RMSEC	R ²	n ^a	NIR Média	NIR DP	RMSEP	R ²	Bias	RPD
Proteína Bruta (%)	869	47,01	1,34	0,28	0,96	10	46,29	0,75	0,96	0,79	0,58	1,46
Solubilidade Protéica (%)	886	79,35	3,09	2,50	0,59	10	81,13	0,53	5,69	0,09	3,55	0,85
Matéria Mineral (%)	882	6,49	0,23	0,22	0,50	10	6,28	0,06	0,72	0,36	0,23	0,95
Cálcio (%)	890	0,36	0,05	0,03	0,72	10	0,38	0,03	0,01	0,95	-0,01	2,51
Fósforo (%)	898	0,68	0,05	0,04	0,60	10	0,64	0,04	0,05	0,70	-0,04	0,80
Fibra Bruta (%)	905	4,85	0,71	0,21	0,92	10	4,75	0,63	0,50	0,73	0,37	1,36
Extrato Etéreo (%)	901	1,71	0,60	0,13	0,96	10	1,83	0,42	0,71	0,84	-0,55	1,17
Umidade (%)	857	11,27	0,46	0,15	0,91	10	10,50	0,46	0,29	0,72	-0,02	1,97

^a Número de amostras (n); desvio padrão (DP); erro quadrático médio de calibração (*RMSEC*); coeficiente de determinação (R²); erro quadrático médio de predição (*RMSEP*); desvio preditivo residual (*RPD*).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Pode-se verificar que tanto as amostras do conjunto de calibração, quanto as de previsão, apresentam bons resultados para o coeficiente de determinação para os modelos de previsão dos parâmetros de proteína bruta, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade. Para os parâmetros de solubilidade protéica e matéria mineral, os resultados encontrados indicam uma baixa capacidade preditiva para as amostras externas, indicando que o modelo deve ser melhor ajustado, pois ambos os modelos apresentaram alto valor para o erro de validação cruzada (*RMSECV*) e predição (*RMSEP*), e baixo valor do coeficiente de determinação R². Autores como Shenk e Westrhaus (1996), consideram bons modelos de predição aqueles que resultam em coeficientes de determinação (R²) entre 0,69 e 0,89, e excelente capacidade preditiva os modelos que resultam em coeficientes de determinação (R²) igual ou superior a 0,90.

A ampla dispersão dos resultados para o teor de solubilidade protéica na análise de referência (Tabela I, DP = 3,90) teve como consequência uma correlação menor (Tabela II, R² = 0,59) entre o valor de referência e o previsto pelo modelo,

indicando uma menor precisão para a previsão de tal resultado. Esse comportamento pode ser explicado pela dificuldade de obter um modelo capaz de descrever adequadamente o intervalo de valores para o conteúdo de carboidratos na matriz.

De acordo com Williams e Norris (2001), um valor de $RPD > 2,4$ é desejável para um modelo apropriado. Esse resultado depende dos erros da predição ($RMSEP$) que devem ser inferiores ao desvio padrão do grupo de dados. Portanto, o resultado do RPD utilizado para determinar o teor de cálcio ($RPD 2,51$) foi melhor, uma vez que os demais resultados foram baixos (RPD de 0,80 a 1,97), especialmente para o teor de solubilidade protéica que apresentou maior $RMSEP$ do que o desvio padrão ($RMSEP = 5,69\%$, $DP = 3,09$).

No entanto, avaliar apenas RPD não determina a capacidade previsível dos modelos, uma vez que os outros $RMSEPs$ foram baixos quando comparados ao desvio padrão, indicando erros de baixa predição. Os valores do erro padrão de calibração e coeficiente de determinação da proteína bruta ($RMSEC = 0,28$, $R^2 = 0,96$) estão próximos daqueles encontrados por Simas (2005), no qual obteve resultados de 0,15 e 0,95, respectivamente.

A capacidade dos modelos $mPLS$ para prever o conteúdo químico do farelo de soja também foi avaliada pelo gráfico que relaciona o valor medido pelo método de referência e o previsto pelo NIR , apresentado na Figura 17.

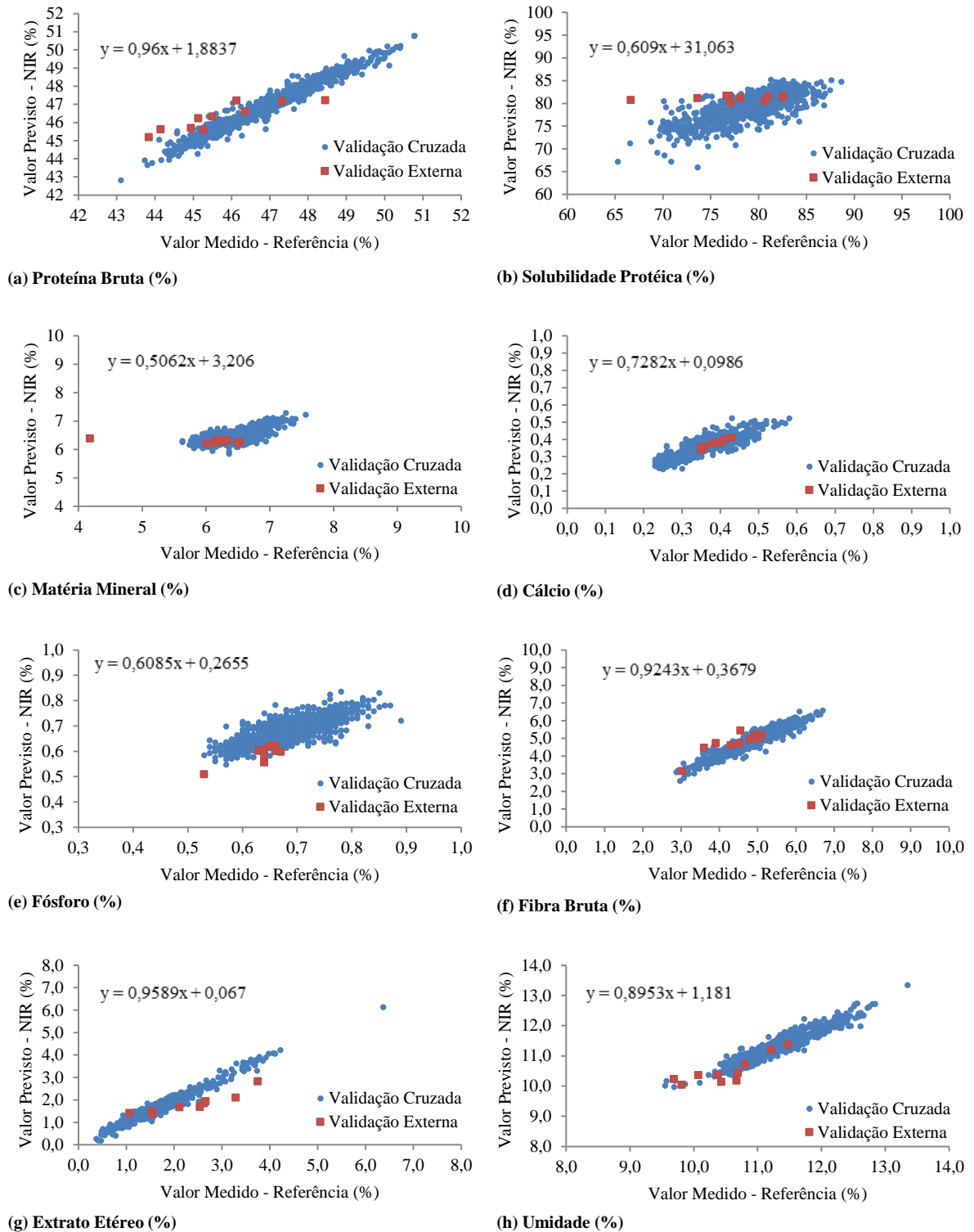


Figura 17: Relação entre os valores reais e os valores preditos pelos modelos de calibração obtidos pelo *NIR*

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Observa-se na Figura 17 as curvas dos valores previstos versus os reais nas amostras do grupo de validação cruzada e validação externa para os parâmetros nutricionais, no qual apresentam um ajuste adequado aos modelos. Nota-se que a inclinação da linha é próxima de 1 e a interceptação é próxima a zero, dois parâmetros que comprovam a ausência de erros sistemáticos. Os parâmetros apresentaram uma relação adequada entre os valores avaliados e previstos, sendo que os modelos de predição para proteína bruta, cálcio, fibra bruta, extrato etéreo e umidade, foram os que apresentaram os resultados de predição mais próximos dos resultados encontrados utilizando os métodos de referência.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Os resultados sugerem a possibilidade de utilização de modelos *mPLS* para prever o teor de proteína bruta, solubilidade protéica, matéria mineral, cálcio, fósforo, fibra bruta, extrato etéreo e umidade em amostras de farelo de soja de forma satisfatória. Desta forma, a metodologia utilizada pode ser uma alternativa para a determinação dos parâmetros nutricionais, no ato de recebimento da matéria-prima, com potencial para ser implementada no laboratório das indústrias de rações.

Este estudo demonstrou que é possível prever os parâmetros de qualidade nutricional do farelo de soja, associando espectroscopia de infravermelho próximo e calibração multivariada. Portanto, os modelos desenvolvidos via *NIR* para determinação de teores nutricionais do farelo de soja podem ser utilizados pelos laboratórios de controle de qualidade, fornecendo resultados mais precisos que os das tabelas nutricionais que estão à disposição dos responsáveis pelo desenvolvimento das formulações para a área de nutrição animal.

7 ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM SEGREGAÇÃO DE MILHO: ESTUDO DE CASO EM AGROINDÚSTRIA PRODUTORA DE RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE

7.1 INTRODUÇÃO DO CAPÍTULO

A produção de rações no Brasil é um mercado que movimentou no ano de 2014 aproximadamente 65 milhões de toneladas de rações produzidas. A previsão é que em 2015 a produção de rações no Brasil alcance as 67,1 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 3,2% na produção de rações no país (SINDIRAÇÕES, 2015).

À medida que os custos dos alimentos aumentam, cresce a necessidade de novas alternativas que atendam às exigências nutricionais dos animais nas suas diferentes fases de produção. As dietas comumente utilizadas na avicultura de corte têm milho como principal ingrediente e fonte de energia. Segundo Albino *et al.* (2006) sob a ótica econômico, o milho representa aproximadamente 70% do custo das rações, sendo a principal fonte de energia para aves. No entanto, variações significativas são encontradas na composição química e no valor nutricional desse grão, dificultando assim, a formulação precisa das rações (SILVA, 2011).

Conforme Brum *et al.* (2000), na formulação de dietas é imprescindível o conhecimento dos componentes nutritivos e da energia metabolizável de cada ingrediente que será utilizado. Isso é importante, pois se a dieta estiver desbalanceada poderá causar aumento no consumo de ração, baixo ganho de peso, pior conversão alimentar e conseqüentemente menor eficiência de produção.

As variações na qualidade das rações, principalmente alterações dos níveis de nutrientes dos ingredientes, consistem na principal causa de desvios entre o desempenho planejado e o observado, em lotes de frangos de corte (FAWCET; WEBSTER, 1999). A importância do controle de qualidade de ingredientes da fábrica de rações para animais é que esses componentes afetam diretamente o desempenho e o bem-estar dos animais, devendo-se garantir um nível mínimo de qualidade durante sua produção (BELUCIO *et al.*, 2000).

Para se formular rações mais eficientes e atender adequadamente as exigências nutricionais dos animais, é necessário conhecer com maior precisão, entre

outros, os valores energéticos dos alimentos, que podem ser determinados por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos ou convencionais requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e dispendiosas (ZONTA *et al.*, 2006; POZZA *et al.*, 2008). Em contrapartida, como método indireto, surgem as equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos e obtidas rotineiramente em laboratórios (ZONTA *et al.*, 2006).

Stringhini *et al.* (2014) recomendam que, em uma situação ideal, todas as cargas de milho provenientes de fornecedores que tem similaridade na qualidade, deveriam ser armazenadas em silos próprios, de forma a serem diferenciados no momento da produção da ração. O conhecimento dos valores nutricionais do milho pode ser um excepcional meio de permitir uma formulação mais precisa.

Segundo Van kempen (1996) é imprescindível o monitoramento do perfil nutricional dos ingredientes no recebimento da fábrica de rações. Por meio da utilização da tecnologia *NIR* (*Near Infrared Spectroscopy*) é possível determinar os valores nutricionais dos ingredientes, com rapidez, redução de custo e com limite de precisão adequado. Com a implantação dos sistemas de avaliação imediata por *NIR*, esse processo torna mais fácil a análise na recepção e a estimativa dos valores nutricionais dos ingredientes. Contudo, é necessário que o nutricionista utilize essas informações de forma segura (VAN KEMPEN, 1996; RAO, 2012; TAHIR *et al.*, 2012).

Constata-se, entretanto, que apesar do elevado número de pesquisas relacionadas à utilização de equipamentos *NIR* para análise de ingredientes em ração, poucos estudos têm avaliado a viabilidade econômica da implantação do processo de análise via *NIR* associada a segregação de ingredientes na indústria. Diante do exposto, o presente estudo de caso foi desenvolvido em uma agroindústria produtora de rações para frangos de corte, analisando a viabilidade econômica da implantação de uma estrutura para segregação do milho recebido como matéria-prima com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência da produção de rações avícolas. Para a análise econômica será utilizada a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) proposta por Lima *et al.* (2015) via Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$\Lambda V \text{€} \Pi\$).

7.2 REFERENCIAL TEÓRICO DO CAPÍTULO

7.2.1 Controle de qualidade na fábrica de rações

Segundo Lázari (1992), dentre os fatores relativos à ração para frangos de corte, estão a qualidade do alimento, as técnicas de nutrição, sanidade e manejo. Porém, menor atenção tem sido destinada a qualidade das matérias-primas utilizadas na elaboração das rações, uma vez que empresas têm sido extremamente lentas na criação e desenvolvimento de sistemas de garantia da qualidade das matérias-primas. Logo, de modo geral, acabam não conhecendo a qualidade do material que estão adquirindo.

O milho tem elevada importância pelo amplo uso na fabricação de rações animais como fonte principal de energia, em especial para aves e suínos. Esse cereal tem expressiva participação nos custos de produção e no desempenho animal (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

As variações nas matérias-primas utilizadas na produção de frangos de corte, se não identificadas e ajustadas causam impactos no desempenho animal, gerando relevantes perdas econômicas. A falta de uniformidade e alterações da qualidade das matérias-primas existentes no mercado brasileiro são alguns dos principais problemas enfrentados pela indústria de alimentação animal no Brasil e, segundo Penz Jr. (1995), afetam a qualidade da ração, comprometendo o desempenho animal.

No Brasil, Lima (2001) relata que o mercado de milho, em geral, valoriza pouco a qualidade, pois o pagamento diferenciado premiando esse atributo é pouco acentuado. O que está à venda é a quantidade e não a qualidade (presença de certas características).

Segundo Campestrini (2005), para a indústria, os equipamentos *NIR* têm sido importantes na mensuração da qualidade de alguns ingredientes, isso porque essa ferramenta proporciona precisão e reprodutibilidade da análise, rapidez e baixo custo, podendo analisar vários nutrientes de forma concomitante. Isso resulta em maior controle de processo, o qual permite uma tomada de decisão imediata.

O princípio básico da espectroscopia *NIR* envolve a produção, gravação e interpretação dos espectros resultantes da interação de radiação eletromagnética com a matéria orgânica. A radiação *NIR*, ao interagir com uma amostra, pode ser absorvida, transmitida ou refletida. Assim, existem modos diferentes de medições e aplicações em espectroscopia *NIR* (MANLEY *et al.*, 2008). Na prática, os modos

comuns são transmitância, transflectância, transmissão difusa e reflectância difusa, com os dois últimos sendo os mais frequentemente utilizados (HUANG *et al.*, 2008).

Dados reportados por Tahir *et al.* (2012) mencionam sobre a implantação dos sistemas de avaliação imediata por esse equipamento, tornando viável o processo de análise das matérias-primas no momento da recepção da carga. Todavia, os mesmos autores ressaltam para que o nutricionista utilize essas informações de forma segura. Por outro lado, Soto *et al.* (2013) testaram dietas formuladas com aminoácidos digestíveis e energia metabolizável determinadas com o *NIR* e encontraram incremento no desempenho geral e da qualidade da carcaça de frangos em que o equipamento estimou os níveis nutricionais das dietas.

A utilização de metodologias que possibilitam a avaliação rápida dos ingredientes pode permitir a separação dos ingredientes e seu armazenamento em silos com partidas semelhantes de ingredientes, contribuindo para a redução da variabilidade na qualidade das rações. Assim, o nutricionista poderá formular a ração de uma maneira mais eficiente, na qual os níveis nutricionais da formulação da ração serão ajustados.

Segundo Penz Jr. (1994), as empresas interessadas em minimizar um dos principais problemas na área de produção animal, a variabilidade dos resultados zootécnicos, deverão investir em tecnologia, a qual permita acompanhar os ingredientes utilizados nas rações, separá-los por categoria e empregá-los nas formulações de forma criteriosa.

Segundo Barbarino Jr. (2001), as melhores rações são produzidas quanto melhor a qualidade e menor variabilidade dos ingredientes. Os ingredientes utilizados na produção de ração devem ser escolhidos e combinados de maneira que permitam uma formulação de ração que seja nutricionalmente equilibrada, palatável e econômica. Os fluxos de matérias-primas na empresa devem possibilitar que as mesmas apenas sejam utilizadas após serem aprovadas e liberadas pelo controle de qualidade.

Como as formulações atuais relacionam os níveis de nutrientes e de energia, qualquer erro na energia estabelecida para a dieta compromete o consumo dos demais nutrientes. Esse desbalanceamento entre os níveis de energia e de nutrientes encarece a ração, sem resultar em melhoria de desempenho dos animais, além de aumentar a excreção de nutrientes nos dejetos, acentuando seu impacto ambiental e

problemas decorrentes. Além disso, a qualidade dos produtos finais da produção animal também é afetada negativamente (PENZ JR., 1995).

7.2.2 Análise de investimentos usando a MMIA

Segundo Kreuz *et al.* (2008), a tomada de decisão para realizar um investimento de capital é parte de um processo que envolve a geração e a avaliação de diversas alternativas que atendam às especificações técnicas dos investimentos. Assim, somente após relacionadas as alternativas tecnicamente adequadas é que se analisam quais serão atrativas sob a ótica econômica (SOUZA e CLEMENTE, 2008; LIMA *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2015).

Ao se realizar um investimento, comparam-se os prováveis rendimentos alcançados pelo projeto com aplicações disponíveis no mercado financeiro. O valor mínimo de rentabilidade ou taxa de juros comparativa de um empreendimento é denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). O empreendimento deve superar a TMA para que o Projeto de Investimento (PI) seja economicamente viável (SOUZA e CLEMENTE, 2008; RASOTO *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2015).

Para Souza e Clemente (2008), a TMA pode ser definida como a taxa de desconto resultante de uma política definida pelos dirigentes da empresa. Essa última definição é adotada no restante desse trabalho, pois a agroindústria foco desse estudo tem definido tal taxa para a aprovação de seus Projetos de investimento (PIs).

Segundo Souza e Clemente (2008), para analisar a viabilidade econômica e financeira de um PI, pode ser utilizado a Metodologia Multi-índice (MMI), a qual procura embasar o processo decisório quanto à aceitação do projeto por meio da utilização de vários indicadores, enquadrados em duas categorias, a saber: (i) retorno: Valor Presente (VP), Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício Custo (IBC) ou Índice de Liquidez (IL), Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA), índice ROIA/TMA e Retorno sobre o Investimento (ROI) ou Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM); e (ii) riscos: Taxa Interna de Retorno (TIR), índice TMA/TIR, *Payback* e índice *Payback/N*. Além disso, deve-se melhorar a percepção dos riscos associados ao empreendimento, por exemplo, por meio da Análise de Sensibilidade (AS) dos principais fatores intervenientes (LIMA *et al.*, 2015). Por outro lado, para uma abordagem estocástica, recomenda-se o uso da Simulação de Monte Carlo (SMC) (LIMA *et al.*, 2017a).

Lima *et al.* (2015), ampliaram a Metodologia Multi-índice (MMI) proposta por Souza e Clemente (2008), denominando-a MMIA (MMI Ampliada). A MMIA incorpora na MMI índices para a Análise de Sensibilidade (AS) sobre os principais fatores impactantes no desempenho econômico do projeto avaliado. Esses índices são denominados Limites de Elasticidades (LEs). Desta forma, Lima *et al.* (2017a) aplicaram a Simulação de Monte Carlo (SMC) na MMIA. Já Lima *et al.* (2017b) desenvolveram um aplicativo web, denominado \$ΛV€Π (Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento), o qual automatiza parcialmente a análise econômica utilizando a MMIA sob as abordagens determinística e estocástica.

7.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa do ponto de vista da natureza é caracterizada como estudo de caso (CAUCHICK MIGUEL, 2007) e foi desenvolvida em uma agroindústria produtora de ração para frangos de corte. Os dados referentes as análises de matéria-prima foram coletados no período de setembro de 2013 a dezembro de 2015.

Como refere Cervo *et al.* (2007), o estudo de caso caracteriza-se como sendo um estudo em profundidade, baseado em uma análise empreendida em uma única organização. O estudo de caso é um tipo de pesquisa que apresenta como características fundamentais objetivar a descoberta, enfatizar a interpretação em contexto, buscando retratar uma realidade específica (CAUCHICK MIGUEL, 2007).

O enquadramento da pesquisa com base nos seus objetivos se caracteriza como de natureza exploratória, pois conforme Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Adicionalmente, pode-se caracterizar a pesquisa como de natureza descritiva, pois os dados foram analisados, tendo como maior objetivo detalhar e quantificar características de uma população ou fenômeno (GIL, 2002).

Com relação à abordagem do problema, esta pesquisa é caracterizada como quantitativa, pois está relacionada no levantamento de dados para aprofundar conhecimento sobre o tema. Sobre o aspecto da natureza da pesquisa pode-se citar essa pesquisa como sendo de natureza aplicada (GIL, 2002), pois propõe análises da

implantação do projeto de inovação de processo para segregação do milho na fábrica de rações.

Como ponto de partida, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica. O objetivo foi agregar conhecimento científico com relação ao processo produtivo de rações, conhecimento relacionado à nutrição animal e análise de investimentos em ativos reais.

Para a concretização dessa pesquisa foi necessário realizar duas fases. A fase de Análise Estatística (AE) ou fase preliminar e a Análise de Viabilidade Econômica do Projeto de Investimento (AVEPI) em estudo. A AE foi necessária para o conhecimento e a quantificação das variações da matéria-prima recebida. A primeira etapa dessa fase consistiu na coleta de dados. Para o estudo estatístico foi utilizado o *software* Statgraphics Centurion XVI[®]. Nesse aplicativo foi gerado o histograma de frequência, a curva normal, gráficos de dispersão e também foi determinado a média, o desvio-padrão, o coeficiente de variação e a amplitude do teor de energia das amostras de milho avaliadas. Os resultados encontrados são apresentados e discutidos seção 7.4.

O setor de nutrição da empresa realizou a classificação do milho em três faixas pelo teor de energia. De posse dos resultados da análise estatística da matéria-prima e do enquadramento das amostras, realizou-se o estudo de viabilidade econômica.

Os custos para a aquisição de máquinas e equipamentos necessários para o projeto de segregação do milho foram determinados por intermédio de orçamentos realizados junto a fornecedores, realizados no ano de 2015. Os cálculos relativos à construção civil, adequação de layout e instalações elétricas foram elaborados por meio de orçamentos junto aos fornecedores das respectivas áreas.

A atual Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é definida em 20% ao ano, valor que a empresa tem adotado como determinação para a realização de Projetos de investimento (PIs). O horizonte de planejamento adotado para essa análise é de 10 anos, ou seja, 120 meses. Por se tratar de uma cooperativa, não há obrigatoriedade na declaração do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) no tocante às receitas das vendas realizadas para os cooperados. Nesse sentido, desconsiderou-se a depreciação contábil (ou fiscal) dos equipamentos.

Para a implantação e manutenção do PI em estudo, as fontes de financiamentos do ativo são unicamente capital próprio. O valor residual é a quantia que se espera para revenda. Nesse estudo, o valor residual do PI foi considerado nulo.

O estudo da viabilidade econômica foi desenvolvido utilizando a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) proposta por Souza e Clemente (2008) e ampliada por Lima *et al.* (2015) por intermédio do aplicativo web \$AV€TI (LIMA *et al.*, 2017b).

No processo de avaliação de um PI elabora-se uma análise econômica fazendo o cálculo do volume de investimentos necessários para a instalação do processo de segregação do milho seguido das receitas e das despesas que ocorrem ao longo de um determinado tempo. As receitas foram estimadas avaliando a diferença de custo da formulação da ração produzida utilizando o sistema de segregação no qual serão formuladas rações em decorrência de três padrões de milho, diferenciados pela Energia Metabolizável Aparente, corrigida pelo balanço de Nitrogênio, nesta pesquisa denominada de (*EMAn*).

De posse das estimativas de custos e das receitas, gerou-se o Fluxo de Caixa (FC) para cada período considerando um horizonte de planejamento equivalente a 10 anos. A avaliação da viabilidade econômica foi feita considerando os indicadores de retorno: VPL, VPLA, IBC, ROIA e índice ROIA/TMA. Os riscos do projeto foram avaliados a partir dos indicadores TIR, *Payback*, índice *Payback/N* e o índice TMA/TIR. Além disso, foram estimados os Limites de Elasticidade (LEs) para as principais variáveis intervenientes (LIMA *et al.*, 2015). O objetivo dessa análise é aprofundar a percepção do risco que está sujeito o PI.

7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO CAPÍTULO

O presente estudo considerou a instalação de um sistema de segregação de milho na unidade da fábrica de rações de frangos de corte, localizada no município de Cunha Porã, região Oeste do estado de Santa Catarina. A unidade na qual ocorreu a pesquisa é atualmente uma das maiores fábricas de rações para frangos de corte do país com uma produção aproximada de 1.900 toneladas de ração por dia.

Um dos problemas que a unidade enfrenta é a elevada variabilidade do conteúdo energético do milho, o qual é a principal matéria-prima utilizada no processo de produção de ração para frangos de corte. Uma maneira de minimizar a variação

no teor de energia é a instalação de estrutura de armazenagem e processo de segregação do milho, no qual o produto é estocado nos silos respectivos, atendendo as faixas de teor de *EMAn* (energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio) presente na carga recebida.

7.4.1 Qualidade da Matéria-Prima

Um fator primordial é a qualidade da matéria-prima, variações em suas composições nutricionais se não identificadas e ajustadas causam impacto no desempenho do animal com elevadas perdas econômicas. Nesta pesquisa, foram analisados os resultados das análises laboratoriais realizadas nas cargas de milho de diversos fornecedores recebidas pela fábrica de rações no período de setembro de 2013 a dezembro de 2015.

As amostras de milho foram coletadas de cargas aleatórias durante o período, no qual buscaram englobar o maior número de fornecedores de milho para a indústria. A análise estatística é necessária para o conhecimento e a quantificação das variações no teor de *EMAn* do milho e são de extrema importância para o desenvolvimento das formulações das dietas dos frangos.

As coletas do milho nas cargas foram realizadas conforme norma de boas práticas de fabricação da empresa, aprovada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015). As amostras foram analisadas em laboratório externo credenciado junto aos órgãos oficiais. A metodologia de análise da *EMAn* utilizada foi via método de predição por meio do equipamento *NIR*. A distribuição dos resultados das análises de energia (*EMAn*) das cargas de milho está apresentada na Figura 18. Os resultados apresentados estão expressos na unidade de kcal/kg.

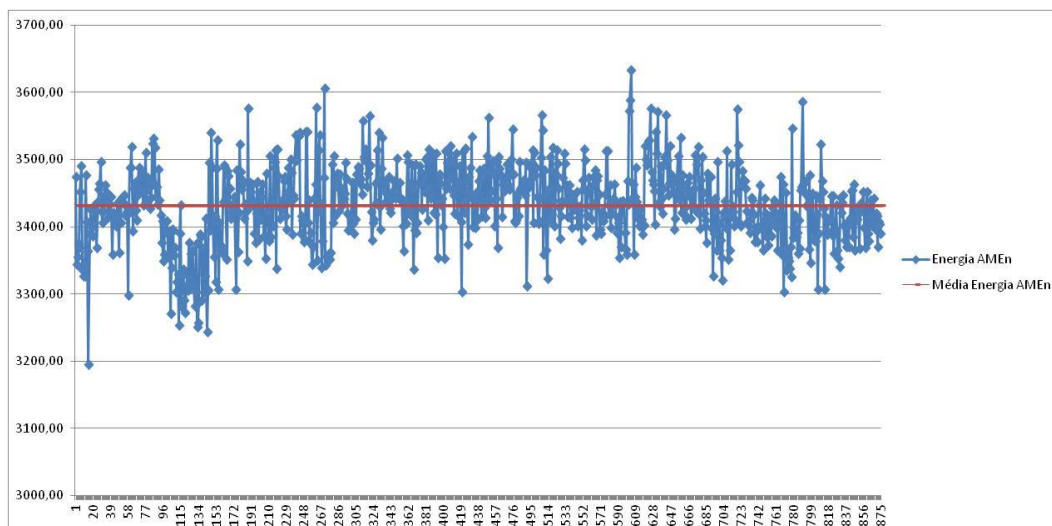


Figura 18: Valores energéticos das diferentes amostras de milho (kcal/kg)

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Conforme a Figura 18, os resultados de *EMAn* das amostras sofrem variação quando comparado à linha da média. Nos resultados apresentados se observa amostras com oscilação entre 3.196 kcal/kg e 3.633 kcal/kg, ou seja, uma amplitude de 437 kcal/kg (13,675%), evidenciando a importância da segregação para minimizar essa variação.

Por meio do uso do *software* estatístico utilizado foi gerado o histograma de frequência, a curva normal e também foi determinado a média, o desvio-padrão, o coeficiente de variação e a amplitude do teor de *EMAn* das amostras avaliadas. Na Figura 19, observa-se o histograma de frequência para a distribuição de *EMAn* das amostras de milho e a sua distribuição normal.

A análise estatística das amostras de milho resultou em uma média igual a 3.432,76 kcal/kg. Os valores de *EMAn* mostraram-se superiores daquele citado por Vieira *et al.* (2007) e por Silva *et al.* (2005), que foi respectivamente de 3.251,33 kcal/kg e 3.275 kcal/kg, ambos corrigidos para matéria seca. Os valores obtidos são mais próximos aos observados por Leeson e Summers (1997), que foi de 3.329 kcal/kg de *EMAn*.

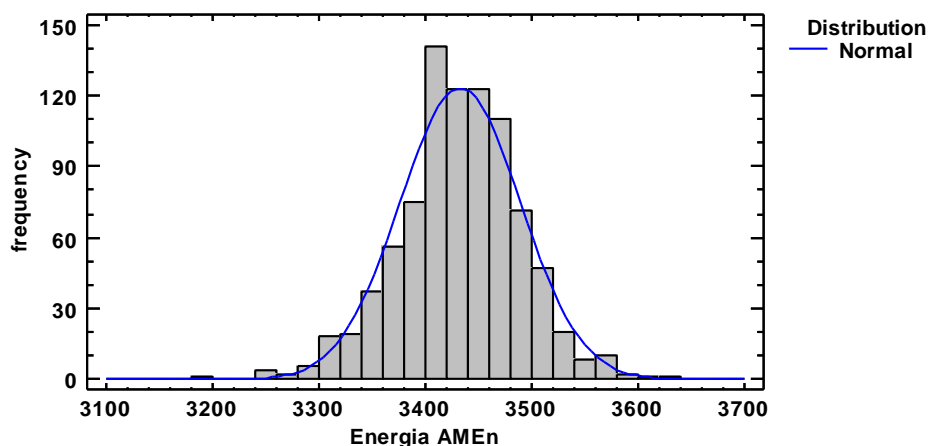


Figura 19: Histograma de frequência para os resultados de *EMAn* (kcal/kg) das amostras de milho
Fonte: Dados da pesquisa (2017).

O desvio-padrão encontrado para os resultados de *EMAn* das 875 amostras foi de 56,72 kcal/kg e o coeficiente de variação igual a 9,8%. Os valores do coeficiente de variação foram superiores aos encontrados por Eyng *et al.* (2009) e por Vieira *et al.* (2007), os quais foram de 6,24% e 3,19%, respectivamente.

Utilizando os resultados das análises das 875 amostras, com o uso de um *software* específico para cálculo nutricional das dietas de frangos de corte, dividiu o milho em três faixas pelo teor de *EMAn* presente na carga. A carga que obtivesse resultado de *EMAn* abaixo de 3.356 kcal/kg, era denominada carga de milho tipo 3. Caso apresentasse *EMAn* entre 3.356 kcal/kg até 3.416 kcal/kg, era considerada carga de milho tipo 2. Finalizando, a carga de milho que apresentasse resultado de *EMAn* maior que 3.416 kcal/kg era denominado de milho tipo 1.

Com os resultados das amostras e utilizando os limites para as três faixas de milho determinadas pelo setor de nutrição da empresa, foi plotado o gráfico de dispersão das amostras indicando os limites de *EMAn* das faixas de milho. Na Figura 3 pode-se visualizar as amostras e suas respectivas faixas de milho.

Na Figura 20, observa-se as linhas limites para as faixas de milho, na qual foram calculados os percentuais de amostras pertencentes a cada faixa. Da análise do teor de *EMAn* das 875 amostras de milho, resultou em 64% das amostras estão presentes no grupo considerado milho tipo 1, seguindo de 28% das amostras pertencem ao grupo considerado milho tipo 2, finalizando, obteve-se 8% das amostras consideradas como milho tipo 3.

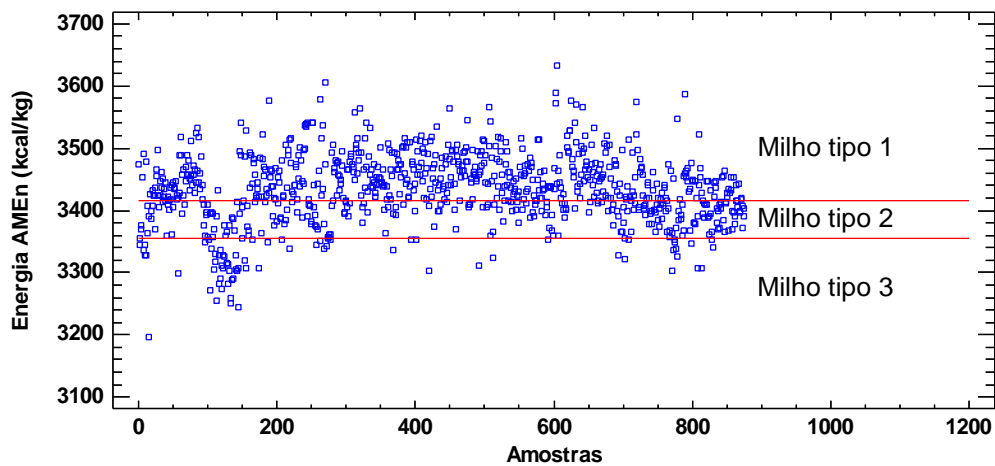


Figura 20: Gráfico de dispersão dos resultados de *EMAn* das amostras

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

7.4.2 Custos de Implantação

Na Figura 21 é detalhado o fluxograma de recebimento de milho na indústria. Destacou-se o processo de análise via *NIR* o qual foi inserido e é necessário para a segregação do milho, fundamental na tomada de decisão para o local no qual o milho será destinado no momento da armazenagem. Além disso, também é necessária a instalação de estrutura de transporte de grãos e a construção de três silos de concreto com capacidade de 1.000 toneladas cada silo, denominados de silos pulmão.



Figura 21: Fluxograma do recebimento e estocagem de milho na fábrica de rações

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A descrição dos investimentos para a implantação do processo de segregação do milho está detalhada na Tabela 15 e são relativos à implantação de processo de segregação no recebimento do milho por teor de *EMAn*, ou seja, são investimentos apenas de adequação ao que existe atualmente na agroindústria em estudo. Assim, a capacidade de estocagem de milho atual não foi modificada. Além disso, não foi necessária a contratação de empregados, pois as atividades foram realizadas pelo atual quadro de funcionários da empresa.

Tabela 15: Custos com instalação de equipamentos e obra civil

Obra Civil	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Silo de concreto (capacidade para 1.000 ton)	3	621.265,00	1.863.795,00
Equipamentos (inclui serviços)			
Transportador de corrente (capacidade 300 ton/h)	2	143.478,00	286.956,00
Espalhador de Grãos (capacidade 300 ton/h)	3	3.400,00	10.200,00
Espectrômetro de infravermelho – NIR e acessórios	1	419.326,00	419.326,00
Moinho para amostras	1	32.210,00	32.210,00
Adequação na instalação pneumática	1	15.600,00	15.600,00
Adequação na instalação elétrica	1	1.100,00	1.100,00
Adequação no sistema de automação	1	25.000,00	25.000,00
Total			2.654.187,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

7.4.3 Custos Operacionais

A discriminação dos custos operacionais para o funcionamento do processo de segregação do milho está detalhada na Tabela 16. Os gastos com energia elétrica foram estimados com base nos históricos de consumo de energia dos equipamentos no ano de 2015.

Tabela 16: Despesas operacionais mensais

Despesas	Valor mensal (R\$)
Atualização curvas NIR	1.850,00
Energia elétrica	1.350,00
Manutenção de equipamentos	300,00
Total	3.500,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Os custos com manutenção dos equipamentos foram estimados considerando a manutenção preventiva e lubrificação, não incluindo possíveis ações corretivas devido a problemas operacionais. O valor descrito para a atualização de curvas NIR foi estimado baseado na confecção de curva utilizando análises de laboratório externo como referência.

7.4.4 Rendimentos

Para dar sequência na análise de investimento, foram levantados os rendimentos relativos ao processo de segregação do milho utilizado na fábrica de rações. O cálculo do rendimento mensal está relacionado ao emprego de três formulações diferenciadas para a produção de rações empregadas na fase de crescimento dos frangos de corte, denominada pela empresa de “ração crescimento”.

A escolha dessa ração foi em virtude de o volume de produção ser o maior comparado a rações empregadas na fase inicial e terminação. As três formulações, considerando as diferentes matrizes nutricionais, apresentaram diferenças nos custos e dependendo do preço das matérias-primas, podem ser pequenas ou até expressivas.

As fórmulas das dietas utilizadas para o cálculo do custo de ração foram fornecidas pelo setor de nutrição da empresa e foram calculadas com base nos valores de *EMAn* do milho apresentados na Figura 20. Devido a confidencialidade exigida pela empresa, não serão apresentadas as formulações em uso, somente está disponível nessa pesquisa os custos de cada formulação utilizadas no cálculo da viabilidade econômica do PI. Os custos das fórmulas podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17: Custos das formulações da ração crescimento

Formulação	Custo (R\$/kg)
Utilizando milho tipo 1	0,932
Utilizando milho tipo 2	0,944
Utilizando milho tipo 3	0,951

Fonte: Departamento de nutrição da empresa (2016)

O cálculo do rendimento anual teve como base a média de produção de “ração crescimento” expedida pela fábrica de rações no ano de 2015. A quantidade mensal desse tipo de ração produzida na fábrica no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2015 foi de 23.877,50 toneladas e serviu para o cálculo da viabilidade econômica do empreendimento.

Partindo das informações de energia metabolizável das 875 amostras analisadas e apresentadas na Figura 18, pôde-se de forma didática, extrapolar os

resultados de energia metabolizável para as cargas de milho recebidas na fábrica. Por meio desse valor, estimou-se um custo mensal na produção de ração crescimento com segregação do milho, para obtermos um valor aproximado de rendimento por meio do uso de formulações específicas.

O cálculo do rendimento mensal foi baseado na utilização de três formulações específicas, comparando-as com a utilização de uma formulação base, sem segregação, na qual o teor de energia do milho utilizado para a formulação base é a faixa intermediária, no nosso caso, o milho tipo 2.

Na Tabela 18, estão apresentadas as quantidades produzidas de ração utilizando as diferentes formulações, levando em consideração o volume de milho recebido por faixa, ou seja, a produção da formulação utilizando o milho tipo 1 deve ser proporcional à quantidade de milho tipo 1 recebida na unidade, conforme histórico de análises. Na última linha da Tabela 18, é apresentado o volume de produção mensal utilizando a formulação base.

Tabela 18: Quantidade de ração crescimento produzida em função da disponibilidade de milho segregado

Formulação	Produção (ton/mês)	Custo da ração (R\$/ton)	Custo Total (R\$)
Fórmula com milho tipo 1	15.199,58	932,00	14.166.008,56
Fórmula com milho tipo 2	6.685,58	944,00	6.311.187,52
Fórmula com milho tipo 3	1.992,34	951,00	1.894.715,34
Total Segregação	23.877,50	-	22.371.911,42
Fórmula Base	23.877,50	944,00	22.540.360,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Na Tabela 18, se observa ainda a variação no custo da ração produzida utilizando fórmulas ajustadas pelo teor de *EMAn* do milho, comparadas a utilização da fórmula base sem segregação. No caso de a indústria utilizar a formulação base para a produção de ração conforme produção mensal de 23.877,50 toneladas, contabiliza-se um custo mensal de aproximadamente R\$ 22.540.360,00. No caso de a indústria optar pela segregação do milho e utilização de fórmulas específicas, ocorrerá um gasto mensal de cerca de R\$ 22.371.911,42. Isso resulta em uma economia mensal estimada em R\$ 168.448,58. Destaca-se, que ao produzir com uma única fórmula base sem segregação, toda vez que o milho tipo três for utilizado, haverá queda no desempenho das aves a campo.

7.4.5 Viabilidade Econômica

De posse desse conjunto de dados, elaborou-se o Fluxo de Caixa (FC) projetado apresentado na Figura 22, destacando o investimento inicial e os benefícios financeiros resultantes da implantação desse projeto. Esse FC serviu de base para o levantamento dos indicadores de viabilidade econômico do empreendimento em estudo. Por outro lado, a Figura 23 apresenta a tela inicial da ferramenta web \$AVEPI com os dados de entrada do PI em estudo.

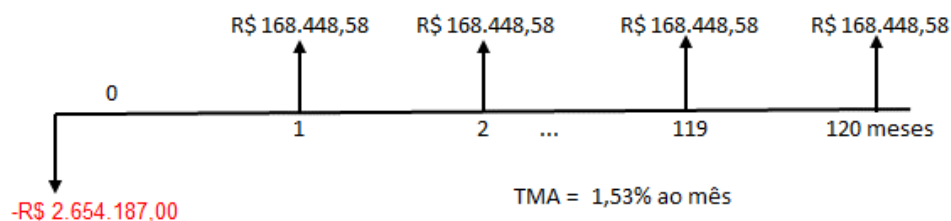


Figura 22: Fluxo de Caixa (FC) do Projeto de Investimento (PI)

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Figura 23: Tela de Entrada dos Dados do PI no \$AVEPI

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A Figura 24 disponibiliza os resultados econômicos encontrados para o PI na segregação do milho utilizado na fábrica de rações para frangos a partir dos dados fornecidos pela agroindústria e da aplicação da metodologia de análise de investimento MMIA, por intermédio do *software* SAVEPI. Por outro lado, a Figura 25 exibe o espectro de validade da decisão.

DIMENSÃO	INDICADOR	VALOR ESPERADO
	VP	R\$ 9.229.589,87

RETORNO	VPL	R\$ 6.575.402,87
	VPLA	R\$ 120.007,20
	IBC	3,4774
	ROIA	1,04%
	Índice ROIA/TMA	68,23%
RISCOS	Payback (meses)	19
	TIR	6,34%
	Payback/N	15,83%
	TMA/TIR	24,12%
LIMITES DE ELASTICIDADE	$\Delta\%$ TMA	314,54%
	$\Delta\%$ FC ₀	247,74%
	$\Delta\%$ FC _j	71,24%
	$\Delta\%$ FC ₀ e FC _j	55,33%
	$\Delta\%$ TMA e FC ₀	138,59%
	$\Delta\%$ TMA e FC _j	58,09%
	$\Delta\%$ TMA e FC ₀ e FC _j	47,05%

Figura 24: Dimensões e Indicadores da MMIA

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

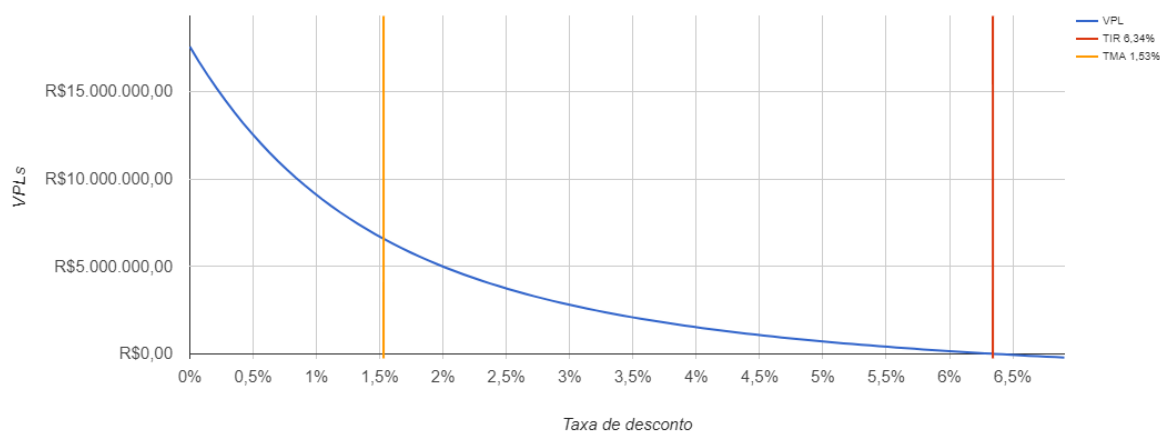


Figura 25: Espectro de validade da decisão: VPLs x TMA

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

No aspecto econômico, o PI na segregação do milho na indústria de nutrição animal, descrito nesta pesquisa, torna-se economicamente viável, pois são recuperados os investimentos iniciais de aporte de capital à TMA de 20% ao ano. Assim, estima-se que o PI em estudo, no horizonte de tempo avaliado (120 meses), gere recursos equivalentes àquele imobilizado inicialmente, acrescido do que se teria

ganhado se o capital tivesse sido aplicado na melhor alternativa de investimento de baixo risco disponível no momento do investimento.

Além disso, espera-se que gere um excedente de caixa igual a R\$ 6.575.402,87 (VPL) ou R\$ 120.007,20 por mês (VPLA). O fato do VPL e, por conseguinte o VPLA, ser positivo indica que o PI na segregação de milho merece continuar sendo analisado. O resultado para o IBC destaca que a cada R\$ 1,00 investido no PI haverá um retorno de cerca de R\$ 3,48. O ROIA que mede o retorno sobre o investimento, ou seja, a riqueza gerada pelo PI, além da TMA. Nesse caso, está estimado em 1,04% ao mês, evidenciando assim a melhor expectativa de retorno sobre o PI em estudo (SOUZA e CLEMENTE, 2008). Outro índice de retorno é o ROIA/TMA, no qual é exibido o retorno sobre o investimento dividido pela TMA, resultando em 68,23%. Esse valor permite classificar esse PI na categoria de retorno de grau médio (LIMA, 2017).

A TIR é estimada em 6,34% ao mês, apresentando um risco baixo, medido pela distância entre a TIR e a TMA. No tocante ao tempo de recuperação do capital investido, a análise da projeção do Fluxo de Caixa (FC) resultou em um *Payback* descontado de 19 meses ou 15,83% do horizonte de análise (120 meses). Logo, para o *Payback* calculado, há viabilidade econômica do PI em estudo, dentro do horizonte de análise estabelecido e para a TMA considerada. Esses valores permitem classificar esse PI na categoria de riscos de nível baixo (LIMA, 2017).

Com relação aos Limites de Elasticidade (LEs), é possível verificar que o índice $\Delta\%TMA$, o qual demonstra o aumento máximo admitido à TMA antes de tornar o PI inviável do ponto de vista econômica, fechou em 314,52%, evidenciando assim um risco baixo para o projeto em estudo. Já o índice $\Delta\%FC_0$, que demonstra o aumento máximo admitido nos custos de implantação desse PI antes de tornar-se economicamente inviável, fechou em 247,74%, ou seja, o investimento inicial poderia aumentar até esse patamar. Outro indicador de sensibilidade que pode ser observado é a $\Delta\%FC_j$, que resultou em 71,24%, demonstrando que essa seria a redução máxima que poderia acontecer com o FC para cada unidade de tempo avaliada, antes do PI ser inviável.

Com relação ao indicador $\Delta\%FC_0$ e FC_j obteve-se 55,33% evidenciando o aumento máximo nos custos iniciais de implantação e a redução máxima no FC periódico, antes de inviabilizar economicamente o PI. Já o indicador $\Delta\%TMA$ e FC_0 ,

que demonstra o aumento máximo na TMA utilizada e o aumento no investimento inicial, de forma conjunta, antes de inviabilizar o PI, resultou em 138,59%. Outro indicador da análise de sensibilidade é a $\Delta\%$ TMA e FCj que fechou em 58,09% e demonstra o aumento máximo na TMA utilizada e a redução máxima no FC periódico esperado, de forma concomitante.

Para finalizar essa análise, por meio da identificação dos LEs, o indicador $\Delta\%$ TMA e FC0 e FCj resultou em 47,05%. Esse valor indica o aumento máximo na TMA utilizada e nos custos iniciais de implantação estimados e a redução máxima no FC esperado por unidade de tempo, de forma conjunta, antes de inviabilizar o PI em estudo.

Assim, o processo de segregação de milho na agroindústria de nutrição animal pode ser caracterizado com um negócio sustentável do ponto de vista econômico, visto que se espera um bom retorno e um baixo risco, sendo que essa última dimensão também apresenta boa margem de variação para os LEs avaliados. Nesse contexto, recomenda-se a sua implantação e monitoramento para verificar se o previsto se aproxima do realizado.

7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Novas tendências de nutrição, assim como o controle de qualidade efetivo acompanhadas de ferramentas como o NIR e atualizações das matrizes nutricionais, mostram ser fundamentais para alcançar eficiência produtiva e redução de custos de produção de rações para frangos de corte. Nesse contexto, esse artigo avaliou a viabilidade econômica da implantação de uma estrutura para segregação do milho recebido como matéria-prima com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência da produção de rações avícolas. Para a análise econômica foi utilizada a MMIA proposta por Lima *et al.* (2015) via $\$AV\epsilon\Pi$.

Analisar os dados nutricionais e trabalhar as informações de forma a obter os dados necessários para formulação de rações é primordial para a busca da nutrição precisa. Assim, a segregação de ingredientes objetivando a redução da variação nutricional das rações foi avaliada sob o aspecto econômico como uma forma de reduzir os custos de produção e o ajuste na formulação se faz necessário para que a

ração produzida tenha uma menor variação nutricional, contribuindo para o aumento da eficiência na produção avícola.

Em suma, sob a ótica econômica, o PI na segregação do milho na indústria de nutrição animal, descrito nesta pesquisa, torna-se economicamente viável, pois são recuperados os investimentos iniciais de aporte de capital à TMA de 20% ao ano, amparada nas expectativas de retorno de grau médio (67,08%) e de riscos de nível baixo, sendo minimizados pelos limites de elasticidade. Assim, estima-se que o PI em estudo, no horizonte de 120 meses, gere recursos equivalentes àquele imobilizado inicialmente, acrescido do que se teria ganhado se o capital tivesse sido aplicado na TMA. Por outro lado, considerando o estudo sob a perspectiva técnica, as vantagens observadas do projeto de segregação do milho se referem ao maior controle da qualidade nutricional da matéria-prima utilizada, proporcionando um melhor ajuste na formulação da ração.

A pesquisa colabora para que novos estudos de viabilidade econômica sejam realizados em agroindústrias produtoras de ração para frangos de corte com diferentes capacidades de produção. A segregação de matérias-primas na indústria de nutrição animal deve ser um projeto a ser considerado em instalações industriais e a análise de viabilidade econômica contribui para a tomada de decisão.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho consistiu em melhorar a qualidade e eficiência da produção de rações, por meio da redução da variabilidade nutricional de ingredientes. Os resultados encontrados satisfazem ao objetivo geral e aos objetivos específicos propostos neste estudo.

Iniciou com a discussão de aspectos relacionados a gestão da qualidade de insumos, com a elaboração de uma revisão sistemática da literatura, no qual houve a possibilidade de aprofundar o conhecimento com relação à gestão da qualidade dos ingredientes na indústria de rações.

A aplicação da análise estatística para identificar a variação nutricional dos principais ingredientes utilizados na produção de rações avícolas demonstrou ser uma importante ferramenta para avaliar a qualidade das matérias-primas. O modelo proposto de classificação de fornecedores utilizando os métodos integrados *AHP-TOPSIS*, mostrou-se eficaz em fornecer métodos sistemáticos de comparação e classificação no que diz respeito a escolha de fornecedores mais qualificados.

A proposição de um método de análise rápida de ingredientes na indústria de rações foi apresentada, demonstrando que é possível prever os parâmetros de qualidade nutricional do farelo de soja, associando espectroscopia de infravermelho próximo e calibração multivariada, com potencial para ser implementada no laboratório das indústrias de rações, fornecendo resultados mais precisos para o desenvolvimento das formulações na área de nutrição animal.

A última etapa do trabalho consistiu na análise da viabilidade econômica da implantação de um processo de avaliação nutricional e segregação de milho, objetivando a redução da variação nutricional dos ingredientes e ajuste nas formulações, resultando em uma maior eficiência produtiva na cadeia de produção de frangos, com a melhoria da qualidade nutricional das rações e redução dos custos de produção. Sob a ótica econômica, o projeto de investimento proposto no estudo de caso tornou-se economicamente viável, apresentando baixo risco no momento do investimento.

Como sugestão para estudos futuros, propõe-se a utilização da metodologia integrada *AHP-TOPSIS* para classificar fornecedores de outras matérias-primas, onde se identifica variação nutricional dos ingredientes entre os fornecedores. Sugere-se

também que seja feita a avaliação da viabilidade econômica em segregar outros ingredientes na indústria, objetivando a redução da variação nutricional das rações produzidas, contribuindo para o aumento da eficiência na produção.

REFERÊNCIAS

- AGELET, L. E.; HURBURGH JR, C. R. A tutorial on near infrared spectroscopy and its calibration. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 40, n. 4, p. 246-260, 2010.
- ALBINO, L.F.T.; NERY, L.R.; ROSTAGNO, H.S.; MESSIAS, R.K.G.; BARROCA, C.C.; CARVALHO, T.A. Valores energéticos e composição química de alguns alimentos à base de soja usados na alimentação de frangos de corte. In: *Conferência de Ciência e Tecnologia Avícolas*, 2006, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2006. p.117.
- ALHOTAN, R.A.; PESTI, G.M.; COLSON, G.J. Reducing crude protein variability and maximizing savings when formulating corn-soybean meal-based feeds. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 3, p. 456-469, 2014.
- AL-JUBOORI, S.A. Implementation Of Total Quality Management To Improve The Poultry Feed Manufacturing Processes. **European Scientific Journal**, v. 12, n. 10, 2016.
- AMBONI, N. **Metodologia para elaboração de trabalhos acadêmicos e empresariais**. Florianópolis: ESAG/UDESC, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) 2005: **Official Methods of Analysis**. ed. 18, Gaithersburg, MD, USA.
- BARBARINO JR, P. **Avaliação da qualidade nutricional do milho pela utilização de técnicas de análise uni e multivariadas**. 2001. 158f Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2001.
- BORTOLUZZI, S.C.; ENSSLIN, S.R., ENSSLIN, L.; VALMORBIDA, S.M.I. Avaliação de desempenho em redes de pequenas e médias empresas: estado da arte para as delimitações postas pelo pesquisador. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 4, n. 2, p. 202-222, 2011.
- BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D.L.; LIMA, G.J.M.M.; SPILLARI, V.E. Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.995-1002, 2000.
- BUCHANAN, N.P.; LILLY, K.G.S.; MORITZ, J.S. The effects of diet formulation, manufacturing technique, and antibiotic inclusion on broiler performance and intestinal morphology. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 2, p. 121-131, 2010.
- CAMPESTRINI, E. Utilização de Equipamento NIRS nos Estudos de Valores Nutricionais de Alimentos para Não Ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 5, p. 240-251, 2005.
- CEN, H.; HE, Y. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 2, p. 72-83, 2007.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; DA SILVA, R. **Metodologia científica**. 6a ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.

CHAI, J.; LIU, J.N.K.; NGAI, E.W.T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872-3885, 2013.

CHEN, C.T. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. **Fuzzy sets and systems**, v. 114, n. 1, p. 1-9, 2000.

CHELI, F.; BATTAGLIA, D.; PINOTTI, L.; BALDI, A. State of the Art in Feedstuff Analysis: A Technique-Oriented Perspective. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 9529-9542, 2012.

CHUNG, D.S.; PFOST, H.B. Overcoming the effects of ingredient variation. Page 24 in *Feed Age*, September, 1964.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, julho 2017/Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2017.

CSIKAI, A. Opportunities of integrating supply chain quality management and product development with formulation systems in compound feed manufacturing. **Quality Assurance and Safety of Crops and Foods**, v. 3, n. 2, p. 82-88, 2011.

DE GROOTE, H.; NYANAMBA, T.; WAHOME, R. Quality protein maize for the feed industry in Kenya. **Outlook on AGRICULTURE**, v. 39, n. 4, p. 291-298, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Central de inteligência de aves e suínos. <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/frango-uf>. Acesso em: 12/08/2017.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; LACERDA, R.T.D.O.; TASCA, J.E. **ProKnow-C, knowledge development process** - constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. 2010a.

EYNG, C; NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; POZZA, M.S.S.; NUNES, C.G.V.; NAVARINI, F.C.; SILVA, W.T.M., APPELT, M.D. Composição química e valores energéticos de cultivares de milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1: p. 60-72, 2009.

FAWCETT, R. H.; WEBSTER, M. Variabilidade de alimento e dos ingredientes do alimento: impacto na performance de frangos de corte e lucro. Simpósio Internacional ACAVEMBRAPA sobre Nutrição de Aves, p. 59-68, 1999

FERNÁNDEZ-AHUMADA, E.; GUERRERO-GINEL, J.E.; PÉREZ-MARÍN, D.; GARRIDO-VARO, A. Near infrared spectroscopy for control of the compound-feed manufacturing process: mixing stage. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 7, p. 8, 2008.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

GONZÁLEZ-MARTÍN, I.; ÁLVAREZ-GARCÍA, N.; HERNÁNDEZ-ANDALUZ, J.L. Instantaneous determination of crude proteins, fat and fibre in animal feeds using near infrared reflectance spectroscopy technology and a remote reflectance fibre-optic probe. **Animal feed science and technology**, v. 128, n. 1, p. 165-171, 2006.

GORDON, S. Supply chain management – seven steps to measure supplier performance. *Minőség és megbízhatóság*, v. 6, p. 332–336, 2008.

GRAHAM, H.; PIOTROWSKI, C.; VAN BARNEVELD, R. Taking near infrared spectroscopy beyond feedstuff analysis to enhance animal production profitability. **Animal production science**, v. 53, n. 11, p. 1179-1181, 2013.

HUANG, H., YU, H., XU, H., YING, Y. Near infrared spectroscopy for on/in line monitoring of quality in foods and beverages: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p. 303-313, 2008.

HWANG, C.L.; YOON, K. Methods for multiple attribute decision making. In: **Multiple attribute decision making**. Springer Berlin Heidelberg, 1981. p. 58-191.

HWANG, C.L.; LAI, Y.J.; LIU, T.Y. A new approach for multiple objective decision making. **Computers & operations research**, v. 20, n. 8, p. 889-899, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**; 2005. ed. 4, Brasília: Editora MS.

KREUZ, C.L.; SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Custos de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio mel no planalto norte de Santa Catarina. **Custos e @gronegócio online**, v. 4, n. 1, Jan/Abr, 2008.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LÁZZARI, F.A. Qualidade das matérias-primas utilizadas em rações. Encontro de nutricionistas; 1998. Curitiba, Anais..., pp. 9-12.

LÁZZARI, F.A. Qualidade da matéria-prima de rações para aves: umidade, fungos e micotoxinas. In: Mini simpósio do colégio Brasileiro de nutrição animal, 7, Campinas, 1992. **Anais...** Campinas: CBNA, 1992. p. 77-83.

LEESON, S. Predictions for commercial poultry nutrition. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 2, p. 315-322, 2008.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Comercial poultry nutrition**. 2. ed. Ontario: University Books, 1997. 350p.

LIMA, G.J.M.M. Importância da qualidade nutricional da soja e de seus subprodutos no mercado de rações: situação atual e perspectivas futuras. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 165-175.

LIMA, G.J.M.M. Grãos de Alto Valor Nutricional para a produção de Aves e Suínos: oportunidades e perspectivas. In: *A Produção Animal na Visão dos Brasileiros*. Piracicaba, SP. **Anais...**, SBZ, p.178-194; 2001.

LIMA, J.D. de; SCHEITT, L.C.; DE BOSCHI, T.F.; DA SILVA, N.J.; DE MEIRA, A.A.; DIAS, G.H. Propostas de Ajuste no Cálculo do *Payback* de Projetos de Investimentos Financiados, **Custos e @gronegócio online**, v. 9, N. 4, p.162-180, 2013.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **International Journal of Engineering Management and Economics**, v. 5, n. 1-2, p. 19-34, 2015.

LIMA, J.D. de. Manual de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos (MAVEPI): abordagens determinística e estocástica. Textos para discussão. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Câmpus Pato Branco). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). 2017. Disponível em: <<http://pb.utfpr.edu.br/savepi/materialDeApoio.php>>. Acesso em: dez. 2017.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment. In: *Engineering Systems and Networks: The Way Ahead for Industrial Engineering and Operations Management*. Amorim, M.; Ferreira, C.; Vieira Junior, M.; Prado, C. (Org.). Volume 10, Série 11786: Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. 1ed.Switzerland: Springer International Publishing, 2017a, v. 10, p. 317-325. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45748-2>.

LIMA, J.D. de; BENNMANN, M.; SOUTHER, L. F. P.; BATISTUS, D. R.; OLIVEIRA, G. A. $\Delta V \epsilon \Pi$ – Web System to Support the Teaching and Learning Process in Engineering Economics. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 14, 2017b. p. 469-485. DOI: 10.14488/BJOPM.2017.v14.n4.a4

MA, H.L.; WANG, J.W.; CHEN, Y.J.; LAI, Z.T. Rapid authentication of starch adulterations in ultrafine granular powder of Shanyao by near-infrared spectroscopy coupled with chemometric methods. **Food Chemistry**, v. 215, p. 108–115, 2017.

MANLEY, M.; DOWNEY, G.; BAETEN, V., Spectroscopic technique: Near-Infrared (NIR) spectroscopy. In: *Modern techniques for food authentication*. Da-Wen Sun 1st ed., Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press. Pp 65-115. 2008.

MANSOR, M.R.; SAPUAN, S.M.; ZAINUDIN, E.S.; NURAINI, A.A.; HAMBALI, A. Conceptual design of kenaf fiber polymer composite automotive parking brake lever using integrated TRIZ–Morphological Chart–Analytic Hierarchy Process method. **Materials & Design (1980-2015)**, v. 54, p. 473-482, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 15/12/2015.

MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. CAUCHICK MIGUEL (organizador). – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**, Rio de Janeiro: LTC; 2009.

MOORE, S.M.; STALDER, K.J.; BEITZ, D.C.; STAHL, C.H.; FITHIAN, W.A.; BREGENDAHL, K. The correlation of chemical and physical corn kernel traits with production performance in broiler chickens and laying hens. **Poultry science**, v. 87, n. 4, p. 665-676, 2008.

MURAMATSU, K.; MAIORKA, A.; VACCARI, I.C.M.; REIS, R.N.; DAHLKE, F.; PINTO, A.A.; IMAGAWA, M. Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion and moisture addition on pellet quality and protein solubility of broiler feeds. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 16, n. 4, p. 1017-1028, 2013.

NASCIMENTO, G.A.J. do. Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da meta análise, Tese de doutorado, UFPA; 2007; Lavras, Minas Gerais.

NORRIS, K.H. Definition of NIRS analysis. In: G.C. Marten, J. S. Shenk, & F. E. Barton II. (Eds.), *Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*, USDA-ARS Agriculture Handbook no. 643 (p. 6). Washington, DC: USDA. 1989.

NRC - National Research Council, *Nutrient requirements of poultry*, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OSBORNE, B.G.; KAYS, S.E.; BARTON, F.E.; COZZOLINO, D.; GIANGIACOMO, R.; CATTANEO, T.M.P. Applications to foodstuffs. **Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology**, p. 279-340, 2005.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.

PEDROL, H.M.; ROBUTTI, J.L. Determinacion de lisina en maiz por reflexion en el infrarrojo cercano y su utilizacion en el mejoramiento. Informe Tecnico, Pergamino, n. 280, p. 1-16, 1993.

PENZ JR., A.M. Digestão e absorção de proteínas e aminoácidos. In: *Fisiologia da digestão e absorção das aves*. Campinas: APINCO, 1994. p.59-69.

PENZ JR., A.M. Importância do equilíbrio nutricional da ração. In: Simpósio Goiano de avicultura, 1, Goiânia, 1995. **Anais...** Goiânia: AGA, p.23-32. 1995.

PENZ JR, A.M.; BRUGALLI, I. Soja e seus derivados na alimentação de aves, In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, Campinas, SP, **Anais...**, Campinas: CBNA; 2001. pp. 85-108.

PINHEIRO, C.C., REGO, J.C.C., RAMOS, T.A., DA SILVA, B.K.R., & WARPECHOWSKI, M.B. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte consumindo dietas formuladas com diferentes níveis de fibra e suplementadas com enzimas exógenas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 984-996, 2008.

POZZA, P.C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; POZZA, M.S.S.; NUNES, R.V. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 1, 2008.

PRIETO, N.; DUGAN, M.E.R.; LÓPEZ-CAMPOS, O.; AALHUS, J.L.; UTTARO, B. At line prediction of PUFA and biohydrogenation intermediates in perirenal and subcutaneous fat from cattle fed sunflower or flaxseed by near infrared spectroscopy. **Meat Science**, v. 94, n, 1, p. 27–33, 2013.

RAHMAN, A.; BAYRAM, I.; KHANUM, S.; ULLAH, S. Use and Calibration of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Feed Analysis: A Mini Review. **Pakistan Journal of Life and Social Sciences**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2015.

RAO, S. Practical Utilization of NIR Technology in Poultry Feed Formulation. <http://www.thepoultryfederation.com/public/userfiles/files/Practical%20utilization%20of%20NIR%20technology%20in%20poultry%20feed%20formulation%20Rao.pdf>

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, G.A. de; ROSA, F.C. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, A.H. de; LIMA, A.I. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; RASOTO, I.V., **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. Curitiba: Aymar, 2012. v. 6. 140p.

ROSTAGNO, H.S.; BUNZEN, S.; SAKOMURA, N.K.; ALBINO, L.F.T. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 295-304, 2007.

ROUSH W. B.; CRAVENER T. L.; ZHANG, F. Computer formulation observations and caveats. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 5, p. 116–125, 1996.

SAATY, T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, **Journal of Mathematical Psychology**; 1977. v. 15, pp. 234-281.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw-Hill International; 1980.

SAATY, T.L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks**, Pittsburgh: RWS Publications; 2005.

SAATY, T.L. Decision making with the analytical hierarchy process, **International Journal of Services Sciences**; 2008. v. 1, pp. 83-98.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funesp, 2007. 283p.

\$\Delta\$VEPI. *Software de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos (SAVEPI)*. **Aplicativo Web \$\Delta\$VEPI** □□□**Manual do usuário**. Disponível em: <<http://pb.utfpr.edu.br/savepi/>>. Acesso em: mar. 2016.

SHENK J.; WESTERHAUS, M.O. Calibration the ISI way. In: DAVIES, A.M.C.; WILLIAMS, P. (eds). **Near Infrared Spectroscopy: The future Waves**. Chichester: NIR Publications, 1996. 742 p.

SI, J., FRITTS, C.A., BURNHAM, D.J., WALDROUP, P.W. Relationship of dietary lysine level to the concentration of all essential amino acids in broiler diets. **Poultry Science**, v. 80, n. 10, p. 1472-1479, 2001.

SILVA, C.R.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; NERY, L.R.; MESSIAS, R.K.G.; VIANA, M.T.S. Valores energéticos de alguns alimentos usados na alimentação de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2005. p.75.

SILVA, C.S.; MENTEN, J.F.M.; TRALDI, A.B.; SANTAROSA, J.; PEREIRA, P.W.Z. Avaliação de milhos de diferentes densidades para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1554-1561, 2011.

SIMAS, R.C. **Determinação de proteína bruta e aminoácidos em farelo de soja por espectroscopia de infravermelho próximo**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SINDIRAÇÕES. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**, Guia de ingredientes e matérias-primas. 2013.

SINDIRAÇÕES - **Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal**. Brasil. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 22/12/2015.

SINDIRAÇÕES 2017. **Boletim informativo do setor**, São Paulo, visualizado em 18 de abril de 2017, http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2017/05/boletim_informativo_do_setor_maio_2017_vs_final_port_sindiracoes.pdf

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A.; **Princípios de Análise Instrumental**. 5ª Ed. Editora Oficial da Sociedade Brasileira de Química, 2002.

SOTO, C.; AVILA, E., ARCE, J.; ROSAS, F.; MCINTYRE, D. Evaluation of different strategies for broiler feed formulation using near infrared reflectance spectroscopy as a source of information for determination of amino acids and metabolizable energy. **The Journal of Applied Poultry Research**, n. 22, n. 4, p. 730-737, 2013.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Conceitos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 186p.

STARK, C.R.; JONES, F.T. Quality assurance programs in feed manufacturing. **Feedstuffs**, v. 16, p. 61, 2009.

STRINGHINI, J.H.; MCMANUS, C.; ARNHOLD, E.; CARVALHO, F.B. Alternativas para ajuste das matrizes nutricionais de ingredientes para formulação de rações. VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal - setembro de 2014, São Paulo. **Anais...** Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. São Paulo, 2014.

SWICK, R.A. Soybean meal quality, American Soybean Association Technical Bulletin, **American Soybean Association**, Singapore; 1994.

TAHIR, M.; SHIM, M.Y.; WARD, N.E.; WESTERHAUS, M.O.; PESTI, G.M. Evaluation of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) techniques for total and phytate phosphorus of common poultry feed ingredients. **Poultry Science**, v. 91, p. 2540–2547, 2012.

TASCA, E.J.; ENSSLIN, L., ENSSLIN, R.S.; ALVES, M.B.M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, p. 631-655, 2010.

TOLEDO, G.L.; OVALLE, I.I. **Estatística básica**, 2nd edn, São Paulo: Atlas; 1985; pp. 459.

VALDES, E. V.; LEESON, S. Analisis rápido de energía metabolizable por espectroscopia de la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR). **Avicultura Profesional**, Athens, v. 8, p. 128-130, 1991.

VALENTIM, M.L.P.(org.) **Métodos qualitativos de pesquisa em Ciência da Informação**. São Paulo: Polis, 2005.

VAN KEMPEN, T. **NIR technology: Can we measure amino acid digestibility and energy values?** Proceedings of the 12th Annual Carolina Swine Nutrition Conference, 1996.

VILAS BOAS, E.B.B. **Estudo da qualidade da matéria-prima de uma fábrica de ração para frangos de corte utilizando cartas de controle e técnicas Taguchi de custo mínimo**, Tese de mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2005.

VIEIRA, R.O.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; NASCIMENTO G.A.J.; SILVA, E.L.; HESPANHOL, R. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 832-838, 2007.

WILLIAM, P.; NORRIS, K. **Near-infrared technology in the agricultural and food industries**. St. Paul: AACC Press, 1987. 312 p.

WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 1993.

WILLIAMS, P.; NORRIS, K. **Near-infrared technology in the agricultural and food industries**. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists. 2001.

WILLIAMS, P.C.; SOBERING, D.C. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. **Near infrared spectroscopy: The future waves**, p. 185-188, 1996.

YAGHOBFAR, A. The Efficiency of AMEn and TMEn Utilization for NE in Broiler Diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, n. 1, p. 47-56, 2016.

YEGANI, M.; KORVER, D.R. Review: prediction of variation in energetic value of wheat for poultry. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 92, n. 3, p. 261-273, 2012.

YOON, K. A reconciliation among discrete compromise situations, **Journal of Operational Research Society**; 1987; v. 38, pp. 277–286.

ZHOU, X.; YANG, Z.; HUANG, G.; HAN, L. Non-invasive detection of protein content in corn distillers dried grains with solubles: method for selecting spectral variables to construct high-performance calibration model using near infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 20, n. 3, p. 407-413, 2012.

ZONTA, M.C. de M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A.; PEREIRA, C.R. Energia metabolizável de farinhas de soja ou produtos de soja, determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Archivos de zootecnia**, v. 55, n. 209, p. 21-30, 2006.