

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS A
QUALIDADE DE FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

Discente: Mihayr Morais Jardim

Orientador (a): Prof. Dr. José Henrique Stringhini

GOIÂNIA

2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: Mihayr Moraes Jardim

Título do trabalho: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS A QUALIDADE DE FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE

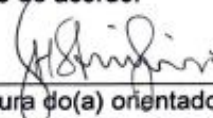
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 13 / 01 / 2020

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

MIHAYR MORAIS JARDIM

**AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS A
QUALIDADE DE FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nível Mestrado.

Área de Concentração:

Produção Animal

Linha de pesquisa:

Alimentação, metabolismo e forragicultura na produção e saúde animal.

Orientador:

Prof. Dr. José Henrique Stringhini

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Emanuel Arnhold – EVZ/UFG

Dr. Roberto Morais Jardim Filho

GOIÂNIA
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Morais Jardim, Mihayr

AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS RELACIONADAS A QUALIDADE DE FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE [manuscrito] / Mihayr Moraes Jardim. - 2019.

LII, 52 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Jose Henrique Stringhini; co-orientadora Dra. Emmanuel Arnhold; co-orientador Dr. Roberto Moraes Jardim Filho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2019.

Bibliografia.

Inclui siglas.

1. aminoácidos. 2. atividade ureática. 3. NIRS. 4. Solubilidade Proteica em KOH. I. Stringhini, Jose Henrique , orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 68 da sessão de Defesa de Tese de **Mihayr Moraes Jardim** que confere o título de **Mestre (a) em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**, na área de concentração em **Produção Animal**.

Aos **vinte e oito dias do mês de outubro de dois mil e dezenove**, a partir da(s) **08h30min** no (a) Escola de Veterinária e Zootecnia, Departamento de Zootecnia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada **“Avaliação da qualidade do farelo de soja para frangos de corte”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **José Henrique Stringhini –EVZ/UFG** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor (a) Doutor (a) **Marcos Barcellos Café – EVZ/UFG**, membro titular externo; Professor Doutor **Bruno Duarte Alves Fortes – IFGoiano/Iporá**, e **Dr. Roberto de Moraes Jardim Filho – São Salvador Alimentos, Itaberaí-GO**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestão de alteração do título do **trabalho conforme explicitado abaixo**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido o candidato aprovado pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Prof. Dr. José Henrique Stringhini –EVZ/UFG**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e oito dias do mês de outubro de 2019**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Avaliação estatística das variáveis relacionadas à qualidade do farelo de soja para frangos de corte

Documento assinado eletronicamente por **José Henrique Stringhini, Professor do Magistério Superior**, em 28/10/2019, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Duarte Alves Fortes, Usuário Externo**, em 28/10/2019, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Barcellos Café, Professor do Magistério Superior**, em 28/10/2019, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto de Moraes Jardim Filho, Usuário Externo**, em 28/10/2019, às 11:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0959747** e o código CRC **47270385**.

Dedico este trabalho à minha amada família por todo incentivo e apoio ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus criador de tudo, que sempre me guiou e me protegeu em todos os meus passos.

A minha mãe Maria Luzia que sempre acreditou nos meus sonhos e me apoiou nas minhas decisões.

A minha esposa Grazielle pelo amor, carinho e compreensão nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão Neto por todos os conselhos e ensinamentos.

Aos amigos Dyogo e Juliana pela amizade e por todo auxílio durante a pós-graduação.

Ao meu orientador, Professor José Henrique Stringhini pela paciência, pelos ensinamentos, orientação e disponibilidade.

Ao Professor Emmanuel e Professora Fabyola pelo apoio nas análises estatísticas e na revisão do trabalho.

À Maria Inês, Maria Teresa, Itamar pela compreensão, amizade e pela constante motivação na busca pelo meu crescimento e meus objetivos.

À Universidade Federal de Goiás pela estrutura e pelo programa.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia por todo o conhecimento adquirido.

À Nutrial Insumos Agropecuários por tornar possível a realização da pós-graduação e por incentivar meu crescimento pessoal e profissional constantemente.

À São Salvador Alimentos pelo fornecimento dos dados para realização do trabalho.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização e conclusão deste estudo.

RESUMO

O uso do farelo de soja para aves apresenta restrições devido aos fatores antinutricionais, quando mal processados. O objetivo do trabalho foi discutir revisão bibliográfica sobre qualidade de farelo de soja e avaliar a base de dados disponíveis sobre a qualidade do farelo de soja relacionando o processamento térmico com a qualidade bromatológica para nutrição de aves. No primeiro capítulo foi decorrido sobre efeito do processamento e qualidade do farelo de soja, no capítulo dois. Foram realizadas duas avaliações de banco de dados de análise em química úmida e Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Para a composição do capítulo dois, as 283 amostras foram obtidas em empresa integradora produtora de frangos situada no estado de Goiás. Na primeira etapa ocorreu categorização de amostras de farelo por níveis de proteína solúvel em KOH: abaixo de 75%, de 75% a 80%, de 80% a 85%, de 85% a 90% e acima de 90%. Após categorizadas, foram realizadas análises multivariadas e ANOVA com teste de Scott Knott para comparar as médias. A etapa dois foi feita a categorização dos resultados de análise por nível de atividade ureática, classificando as 283 amostras em 5 categorias: 0; 0,01; 0,011-0,05; 0,051-0,1 e acima de 0,1. Foram avaliados PB, Umidade, Fibra bruta conforme as categorias de solubilidade em KOH e atividade ureática. Foram realizadas análises multivariadas e ANOVA com teste de Scott Knott para comparar as médias. O terceiro capítulo foi feito com banco de dados de análises de farelos via NIRS e realizada análise estatística com testes não paramétricos para valores de aminoácidos e bromatológicos comparados com os níveis de urease lidos no NIRS. Na etapa 1 os dados diferiram significativamente por solubilidade em KOH, índice de atividade ureática e em apenas 1 grupo de proteína solúvel diferiu de uma média de porcentagem de proteína bruta (%PB). Na etapa dois, os grupos de atividade ureática diferiram estatisticamente para solubilidade proteica em KOH, atividade ureática. Para os grupos de 0; e 0,01 de atividade ureática diferiram da média de fibra bruta. No capítulo 3, experimento com banco de dados obtidos via NIRS, ocorreu diferença entre as umidades e os maiores valores de atividade ureática; para o aminograma, verificamos diferenças estatísticas com testes não paramétricos, para Cistina, Metionina + Cistina; Arginina, Isoleucina, glicerina, serina e prolina.

Palavras-chave: aminoácidos, atividade ureática, NIRS, solubilidade proteica em KOH

ABSTRACT

STATISTICAL EVALUATION OF VARIABLES RELATED TO SOYBEAN MEAL QUALITY FOR BROILERS

The use of soybean meal for poultry presents restrictions due to the antinutritional factors when poorly processed. The objective of this work was to discuss a literature review on soybean meal quality and to evaluate the available database on soybean meal quality relating thermal processing with bromatological quality for poultry nutrition. The first chapter was about the effect of processing and quality of soybean meal, in chapter two and three were evaluated analysis database on wet chemistry and Near Infrared Spectroscopy (NIRS), respectively. For the composition of chapter two, the 283 samples were obtained from a chicken producer integrating company located in the state of Goiás. In the first stage, there was categorization of bran samples by KOH-soluble protein levels: below 75%, from 75%. 80%, 80% to 85%, 85% to 90%, and above 90%. After categorization, multivariate analyzes and ANOVA with Scott Knott test were performed to compare the means. Step two categorized the analysis results by level of urea activity, classifying the 283 samples into 5 categories: 0; 0.01; 0.011-0.05; 0.051-0.1 and above 0.1. Multivariate analyzes and ANOVA were performed with Scott Knott test to compare the means. The third chapter was made with database of bran analysis via NIRS and statistical analysis was performed with nonparametric tests for amino acid and bromatological values compared with urease levels read in NIRS. In step 1 the data differed significantly for solubility in KOH, indicative of urea activity and only 1 group of soluble protein differed from a mean percentage of crude protein (% CP). In experiment two, the groups of urea activity differed statistically for protein solubility in KOH, urea activity. For groups of 0; and 0.01 of urea activity differed from the average of crude fiber. In chapter 3, experiment with database obtained via NIRS, there was a difference between the humidity and the highest values of urea activity; for the aminogram, we found statistical differences with nonparametric tests for cystine, methionine + cystine; Arginine, Isoleucine, Glycerin, Serine and Proline.

Key words: Soybean meal, Protein solubility in KOH, urease activity, amino acids

SUMÁRIO

CAPITULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1. Introdução.....	12
2. Revisão Da Literatura	14
2. 1. Farelo De Soja: Qualidade E Processamento Térmico Para Uso Em Nutrição Animal	14
2. 1. 1. Processamento De Soja.....	14
2. 1. 2. Farelo de soja.....	14
2. 2. Fatores antinutricionais da soja.....	15
2. 3. Avaliação da qualidade no processamento da soja e do farelo de Soja.....	17
2. 3. 1. Índice De Atividade Ureática	17
2. 3. 2. Solubilidade Proteica Em KOH.....	18
3. Referências	20
CAPITULO 2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO FARELO DE SOJA DETERMINADO POR ANÁLISE CONVENCIONAL POR VIA ÚMIDA	22
1. Introdução.....	24
2. Material E Métodos	25
2.1. Local De Desenvolvimento	25
3. Resultados E Discussão.....	28
3.1. Etapa I - Avaliação Da Relação Entre Solubilidade Proteica Em Koh Com A Composição Bromatológica E Atividade Ureática Do Farelo De Soja.....	28
3.2. Etapa II - Avaliação Da Relação Entre Atividade Ureática Com A Composição Bromatológica E Solubilidade Proteica Em Koh.....	33
4. Conclusão	38
5. Referências	39
CAPITULO 3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO FARELO DE SOJA DETERMINADO POR ANÁLISES VIA NIRS.....	41
1. Introdução.....	43
2. Material E Métodos	44
3. Resultados e Discussão.....	45
4. Conclusão	49
5. Referências	50
CAPITULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- I. KOH**- Hidróxido de Potássio;
- II. NIRS**- Near Infrared Spectroscopy;
- III. ANOVA** – Analysis of Variance;
- IV. FS**- Farelo de Soja;
- V. PNA'S** – Polissacarídeos Não Amiláceos Solúveis;
- VI. CCK**- Colecistoquinina;
- VII. PB**- Proteína Bruta;
- VIII. MAPA** – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento;
- IX. FB**- Fibra Bruta;
- X. FDR** – False Discovery Rate;
- XI. PBSol**- Proteína Bruta Solúvel em KOH
- XII. EE**- Extrato Etéreo
- XIII. HPLC** – High Performance Liquid Chromatography.

CAPITULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da avicultura nos últimos anos, têm ocorrido em sinergismo com avanço tecnológico e à alta adaptação dos sistemas de produção às inovações a fim de otimizar o processo produtivo e aumentando a lucratividade. Neste sentido, o custo de ração é altamente representativo no custo total de produção na avicultura, e tem sido cada vez mais foco na cadeia avícola, direcionando a nutrição no caminho de controles mais efetivos na qualidade da matéria prima e na otimização das fórmulas de ração com níveis nutricionais mais ajustados com o perfil nutricional real dos ingredientes utilizados. Reduz-se, assim, o desperdício e a carência de nutrientes e permitindo a expressão genética de forma ótima para o desempenho animal.

A soja, por ser o ingrediente proteico de maior inclusão na formulação, precisa ter maior destaque nos estudos, em virtude de novos conceitos nutricionais, como aplicação de enzimas nas dieta, conceito de proteína ideal, redução dos níveis proteicos da dieta, utilização do nitrogênio alimentar e demais linhas de pesquisa e trabalhos que tem se destacado nas discussões em nutrição de aves de corte.

A participação deste ingrediente protéico nas rações de animais monogástricos apresenta limitações em virtude dos fatores antinutricionais, que dificultam a atuação de enzimas digestivas, podem alterar a morfologia intestinal e interferir na digestibilidade e absorção dos nutrientes¹.

Os fatores antinutricionais mais destacados são os inibidores de proteases, as lectinas, proteínas alergênicas e as saponinas. Em função desses fatores, seu uso em rações de frangos é dependente de processamento térmico.

Os principais processamentos para beneficiamento da soja são a extração de óleos com solventes, a tostagem, a micronização e a extrusão da soja. No processamento da soja são produzidos vários ingredientes com aplicação em nutrição animal, entre os quais: o farelo de soja, o óleo degomado, as lecitinas, a borra acidulada, a casca e o concentrado proteico de soja. Portanto, as proteínas de soja usadas na alimentação animal devem ser processadas, sendo amplamente utilizados os tratamentos térmicos^{2,3}, extrusão⁴, purificada⁵, ou desengordurada para diminuir as concentrações de fatores antinutricionais. No entanto, a fermentação também pode diminuir ou eliminar os fatores antinutricionais^{6,7}. A eficiência desses tratamentos está no

tempo e intensidade de aquecimento, bem como sua associação com outras formas físico-químicas de tratamentos como umidade e pressão (Lima et al. 2010).

Por mais que a nutrição busque ingredientes de melhor qualidade, o processamento da soja pode influenciar o perfil nutricional a ponto de caracterizar o ingrediente como abaixo do padrão para alimentação animal, causando assim comprometimento zootécnico.

O farelo de soja também pode apresentar limitações decorrentes de fatores antinutricionais, como aqueles que estão presentes na composição bromatológica natural dos vegetais, destacando-se os polissacarídeos não amiláceos (PNAs) e os oligossacarídeos.

Para inibir estes fatores, os inibidores de tripsina, a soja passa por tratamento térmico a fim de desativar tais compostos, provocando a ruptura da parede celular do grão, liberando a proteína encapsulada, o que resulta no aumento do aproveitamento proteico.

É possível determinar se estes fatores permanecem na soja após o tratamento térmico através da análise de Atividade Ureática (urease). Sua metodologia consiste em determinar a atividade da urease, enzima que está presente no grão de soja e é destruída pela ação do calor. A urease e os inibidores de tripsina estão correlacionados, pois são termolábeis, destruídos pelo calor. Assim com a inativação da enzima urease, os fatores antinutricionais passariam a ser destruídos. Por tanto, com esta análise determina-se a eficiência do processamento térmico na inativação dos fatores antinutricionais do grão de soja⁵.

O grão de soja pode apresentar toda sua proteína bruta solúvel em KOH. Mas como o tratamento térmico destrói os fatores antinutricionais, pode ocorrer queda na proteína solúvel e assim, piora na disponibilidade de proteína e aminoácidos para os animais⁷.

Apesar das limitações devido à presença de alguns fatores antinutricionais, mas em função do custo/benefício, a produção avícola utiliza o farelo de soja como a principal fonte de proteína^{8,9}. No entanto, a literatura fornece informações de que a utilização da soja processada por outros meios, soja integral extrusada ou tostada em rações de frango de corte, proporciona desempenho semelhante ou superior ao proporcionado por rações contendo farelo de soja e óleo¹⁰.

Torna-se importante entender e discutir os reais motivos que podem relacionar a qualidade do farelo de soja à perdas de desempenho zootécnico ocasionados pela qualidade do processamento.

Objetivou-se avaliar relações estatísticas entre composição bromatológica do farelo de soja e seus valores de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH, de modo a inferir relações entre qualidade do processamento e qualidade nutricional do ingrediente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. FARELO DE SOJA: QUALIDADE E PROCESSAMENTO TÉRMICO PARA USO EM NUTRIÇÃO ANIMAL

2.1.1. Processamento da soja

As variações que são encontradas nos níveis nutricionais da soja podem ocorrer em função de clima, solo, tipo de cultivo e variedade genética. A composição em aminoácidos da soja integral favorece a formulação de dietas para frangos de corte e suínos, exceto para os aminoácidos sulfurados, que apresentam baixos teores ¹¹. Para tornar possível o uso da soja na nutrição de monogástricos, ela deve ser submetida ao processamento térmico para desativação dos fatores antinutricionais.

Existem diversos métodos de processamento do grão de soja, que incluem a aplicação do calor úmido e do calor seco. De maneira geral, o processamento pode ser classificado em: curto – quando é utilizada alta temperatura em pouco tempo (130 – 170°C, 10 - 180 segundos) ou longo – quando se aplica uma menor temperatura em maior tempo (105°C, 15 – 30 minutos) ¹². A extrusão, a micronização e a tostagem (tambor rotativo ou *jet-sploding*) são exemplos de processos curtos. A autoclavagem, microondas e tostagem a vapor, são exemplos de processos longos.

Os processos curtos utilizam calor seco e os processos longos calor úmido. A umidade, a temperatura e o tempo de exposição ao calor, são as principais variáveis responsáveis envolvidas no processamento da soja e que requerem controle rigoroso para a garantia e controle da qualidade.

Aspectos como granulometria e intensidade do atrito nos grãos podem variar entre processamentos. Na literatura, a descrição das tecnologias de processamento da soja é extensa, contudo neste trabalho será considerado somente o processo para extração do óleo e produção de farelo de soja que foi o objeto principal de estudo dos dados.

2.1.2. Farelo de soja

O farelo de soja (FS) é produzido a partir do processo de esmagamento e expansão da soja, através da extração por hexano, onde são produzidos com esse processo a micela e o farelo de soja antes de tostar. Para recuperar parte do hexano, ainda presente no farelo, após ser expandida e desativar os fatores antinutricionais do farelo não tostado,

o farelo de soja é levado ao “toaster”. em seguida, é peletizado para compactar o farelo e facilitar armazenagem e transporte ¹³.

O uso de bentonita ou talco pode ser utilizado com o objetivo de promover fluidez no farelo de soja, evitando assim empedramento do produto. Isso deve ser diferenciado de adulteração, na qual os agentes de fluidez são adicionados em excesso, o que prejudica o desempenho animal. O processamento adequado confere a qualidade do farelo, tornando-o altamente palatável e digestível ¹⁴.

A retirada ou adição de casca é que determina porcentagem de proteína bruta (entre 42 e 50%). São verificados produtos de diferentes padrões nutricionais no mercado sendo diferenciados pelo teor de fibra e proteína.

O superaquecimento leva a reação de Maillard, que produz uma coloração caramelada devido ao pigmento melanodina ¹⁵. O subaquecimento do farelo de soja não elimina os fatores antinutricionais que interferem no processo digestivo de aves e suínos ¹⁶.

Na sua industrialização, o farelo é gerado com um rendimento de 76,5%, representando dois terços dos farelos proteicos consumidos na alimentação animal ¹⁷.

2.2. Fatores antinutricionais da soja

As leguminosas constituem uma grande fonte proteica nas dietas de humanos e animais, e a qualidade nutricional depende, basicamente, da composição e da disponibilidade biológica de seus nutrientes, e da presença de fatores tóxicos e antinutricionais. Esses fatores antinutricionais são princípios indesejáveis e devem ser eliminados pelo calor¹⁸.

Na soja existem as Lectinas, que combinam-se com células da parede intestinal causando alguma interferência que não é específica, mas afeta absorção dos nutrientes ²¹. A presença da Glicinina e b-Conglicinina, também ocasiona redução na absorção de nutrientes com danos às microvilosidades do intestino. Os PNA's, Polissacarídeos Não Amiláceos solúeis também presentes na soja, causam diminuição de desempenho.

De acordo com Lima et al., 2011, os PNAs são classificados em três grupos: Celulose, polímeros não celulósicos (pentosanos, arabinoxylanos, xylanos, b-Glucanos) e polissacarídeos pécticos (glicomananos, galactomananos, arabinanos, xiloglucanos e galactanos).

Os principais fatores antinutricionais são: Inibidores de tripsina e quimiotripsina (Kunitz e Bowman-Birk). O inibidor de tripsina é o fator a que se dá maior importância, pois quando é inativado pelo aquecimento, os demais fatores termolábeis já estão controlados ¹¹. Os inibidores de proteases são proteínas de baixo peso molecular que se complexam com a tripsina (fator Kunitz) e com a tripsina e quimiotripsina (fator Bowman-Birk), formando compostos de difícil dissociação, que prejudicam a digestão de proteínas.

Os inibidores de proteases estão amplamente distribuídos na natureza por meio de proteínas presente em alguns alimentos capazes de inibir as atividades das enzimas da digestão proteica. Os fatores denominados pelo peso molecular como Kunitz e Bowman-Birk. O fator Kunitz representa as proteínas de que apresentam duas pontes de dissulfeto, 181 resíduos de aminoácidos, aproximadamente 20000 de peso molecular e especificidade primária para tripsina. Inibidores do tipo Bowman-Birk, possuem alta proporção de ligações de dissulfeto, 71 resíduos de aminoácidos, peso molecular entre 6000 e 10000 e especificidade em sítios de ligação independentes para tripsina e quimiotripsina.¹⁹

A tripsina se liga a proteínas até que esteja em excesso; quando isso acontece, a tripsina livre envia um sinal ao pâncreas para reduzir a síntese de tripsinogênio. Porém, quando o inibidor se liga à tripsina, a secreção pelo pâncreas do tripsinogênio é maior. Isso resulta em hipertrofia do pâncreas, uma resposta biológica reversível que não ocasiona dano ao órgão ou à sua função. A redução do crescimento causada por esses inibidores pode ser consequência da perda endógena de aminoácidos essenciais, os quais são secretados pelo pâncreas hiperativo, pois a tripsina e a quimotripsina são particularmente ricas em aminoácidos sulfurados ^{19,20}.

Estudos revelam que a inativação da tripsina pelo inibidor tripsínico, estimula a produção de CCK, quando isolado no suco pancreático de ratos um “peptídeo monitor”, o qual é sensível à tripsina. Esse peptídeo age como um sinal para liberação do hormônio CCK na mucosa intestinal. A inativação desse peptídeo pela tripsina leva ao bloqueio da liberação do CCK, porém, quando a tripsina está complexada com o inibidor, o peptídeo está livre para induzir a liberação do referido hormônio, cujo efeito é o aumento do pâncreas com a consequente elevação da secreção de enzimas digestivas ²⁰.

2.3. Avaliação da qualidade no processamento da soja e do farelo de soja

O objetivo principal do processamento da soja integral utilizando o calor é alcançar um equilíbrio ótimo entre a degradação de fatores antinutricionais e manutenção da disponibilidade de aminoácidos. Já o objetivo do controle de qualidade da soja processada é o de estabelecer, se este equilíbrio foi alcançado ¹⁸.

Os métodos oficiais para avaliar o grau de processamento térmico da soja são: atividade ureática, índice de dispersibilidade de proteína e índice de solubilidade do nitrogênio. Com maior praticidade, baixo custo e de fácil realização, a atividade ureática e a solubilidade proteica em KOH têm sido mais amplamente utilizada ²².

2.3.1. Índice de Atividade Ureática

A soja crua contém fatores antinutricionais termolábeis, que são destruídos pelo calor, em especial os fatores antitripsina, que apresentam resistência térmica semelhante à enzima urease, que também se encontra presente na soja crua. Dessa forma, o índice de atividade ureática tem sido usado como método oficial, para determinação da eficiência do tratamento térmico que a soja ou o farelo foi submetido. A técnica de atividade ureática baseia-se no princípio de que o tratamento térmico, quando feito adequadamente, desnatura a enzima urease presente no grão de soja e esta, quando desnaturada, serve de indicativo de inibidores de tripsina, pois são desnaturados em mesma proporção.

Verifica-se que valores baixos de atividade ureática, indicando superprocessamento da soja, resultam em baixos valores de solubilidade proteica e conseqüentemente leva a maiores conversões alimentares em frangos de corte de 21 dias de idade³⁰. Sendo assim na cadeia avícola de corte é de extrema necessidade a garantia de um bom processamento para a qualidade do produto final.

O índice de atividade ureática é determinado por via úmida a partir da liberação de amônia da uréia pela ação da enzima urease que está presente na soja e é expressa como um índice térmico da mudança no pH da solução ¹⁵.

O grão cru apresenta atividade ureática de 2,0 a 2,5 ²². A legislação brasileira (Mapa, 1988.) estabelece valores de atividade ureática entre 0,05 e 0,30 para utilização do farelo de soja na alimentação animal.

As análises de atividade ureática podem indicar se o farelo passou por adequado processamento térmico, pois a atividade ureática com valor de pH variando de

0,01 até no máximo de 0,15 indica se houve ou não a destruição dos fatores antinutricionais¹⁴

A análise de atividade ureática avalia apenas a qualidade da inativação dos fatores antinutricionais, não tendo valor efetivo para verificar se o processamento prejudicou ou não a qualidade da proteína da soja²². Um outro ponto importante que deve ser considerado no acompanhamento da qualidade de desativação dos fatores antinutricionais, é o fato de o índice de atividade ureática apresentar natureza não-linear em resposta a variações no tempo de processamento térmico da soja, o que dificulta a determinação de um nível adequado de atividade ureática para o farelo de soja ²³.

Observou-se que frangos de corte dos sete aos 21 dias de idade alimentados com soja extrusada com 2,20 de atividade ureática apresentaram peso de pâncreas de 0,694 g (%PV) e ganho de peso de 233g, enquanto aqueles alimentados com dieta a base de soja extrusada com 0,10 de atividade ureática apresentaram peso do pâncreas de 0,350 g (%PV) e ganho de peso de 268g²⁴. Sojas com nível zero de urease podem apresentar ótima qualidade, pois a sensibilidade desse teste restringe-se apenas em apontar a presença de urease, entretanto não mostra a manutenção da qualidade proteica²⁵.

Em avaliação realizada de desempenho de aves alimentadas com soja extrusada em diferentes níveis de processamento, foi observado que o desempenho de aves alimentadas com dietas formuladas com soja integral extrusada foi superior ao daquelas que consumiram dieta a base de farelo de soja, o que pode ter sido consequência do maior teor de óleo na soja integral e na atividade antitripsina, que foi maior no farelo de soja¹⁰. O valor nutritivo do farelo de soja para aves, tem alta relação com o tipo de processamento utilizado e com efeitos sobre a inativação dos fatores antinutricionais aplicados no beneficiamento.

2.3.2. Solubilidade Proteica em KOH

A solubilidade proteica é reconhecida como sendo um dos melhores métodos para avaliar sub ou superprocessamento ²⁶ e indica o percentual de proteína disponível para absorção pelo animal e envolve a determinação da solubilidade com solução de KOH 0,20%.

As proteínas da soja sofrem influência do tratamento térmico do grão, sendo que sua solubilidade tende a ser reduzida à medida que se aumenta o tempo ou a temperatura de seu processamento, essa redução da solubilidade resulta geralmente em menor digestibilidade pelas aves, uma vez que a solubilidade em KOH estima a

solubilidade da proteína no trato digestório das aves e, conseqüentemente a disponibilidade dos aminoácidos ¹⁸.

O método se baseia nos grupos amino ou amina livres reagirem com outros grupos para formar pontes peptídicas, que reduzem a solubilidade da proteína. Segundo Ford e Shamrock (1941), a solubilidade proteica próxima ou acima de 90 % indica que a soja está crua e sem processamento. Existe uma correlação altamente positiva entre o grau de solubilidade da proteína em KOH e a disponibilidade da lisina. Segundo a portaria N°7, de 09 de novembro de 1988 a solubilidade proteica mínima deve ser de 80% para a utilização do farelo de soja na alimentação animal ²⁸. A solubilidade mínima para o farelo de soja ser considerado de qualidade mínima para a nutrição animal deve ser de 77% e resultados acima de 85% indicam que houve um subprocessamento da soja ²².

A metodologia da solubilidade proteica por via úmida apresenta nas diferentes etapas de sua execução, variáveis que podem interferir na exatidão dos seus resultados, tais como granulometria da soja, velocidade de rotação da centrífuga e tempo de centrifugação. Dados de pesquisa com os testes de solubilidade em KOH e urease, evidenciam que o tempo mínimo de tostagem da soja deveria ser de 40 minutos a uma temperatura de 133°C²⁹.

O teste de solubilidade proteica deva ser sempre acompanhado do teste de atividade ureática, ou o contrário, para que se possa determinar a inativação dos fatores antinutricionais e a qualidade da proteína do produto do processamento da soja²².

3.REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, P. B.; MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. MORAES, MACARI, M.; SCAPINELLO C. Influencia de fatores antinutricionais da leucena (*Leucaena leucocephala* e *Leucaena cunningan*) e do feijão Guandu (*Cajanus cajan*) sobre o epitélio intestinal e o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.29, p. 1759-1769, 2000.
2. OSBORNE, T. B. AND L. B. MENDEL. The use of soybean as food. *J. Biol. Chem.*, v. 32, p.369-387, 1917.
3. HANCOCK, J. D.; PEO, E. R. Jr; LEWIS, A. J. et al. Effects of ethanol extraction and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by growing rats and pigs. *J. Anim. Sci.* v. 68, p. 3233-3243, 1990
4. BURNHAM, L. L., I. H. KIM, J. O. KANG, H. W. RHEE AND J. D. HANCOCK.. Effects of sodium sulfate and extrusion on the nutritional value of soybean products for nursery pigs. *Asian- Aust. J. Anim. Sci.*, v. 13, p. 1584-1592, 2000.
5. HANCOCK, J. D.; LEWIS, A. J.; PEO, E. R. Jr. Effects of ethanol extraction on the utilization of soybean protein by growing rats. *Nutr. Rep. Int.* v. 39, p. 813-821, 1989.
6. MITAL , BK , E SK GARG. Tempeh tecnologia e alimentos de valor. *Int. Aliment. Rev.*, v. 6, p. 213 -224, 1990.
7. HACHMEISTER, K. A.; FUNG, D. Y. Tempeh:. A mold modified indigenous fermented food made from soybeans and / or cereal grains *Crit. Rev. Microbiol.* 19 : 137 -188, 1993.
8. BRITZMAN, D. G. O Farelo De Soja Uma Excelente Fonte De Proteínas Para Rações De Aves. *American Soybean Association - Boletim Técnico*, 2006.
9. SARIKHAN M.; SHAHRYAR, H. A.; GHOLIZADEH, B. et al. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *Int J Agric Biol*, v. 12, p.531-536, 2010.
10. SAKOMURA, N.K.; SILVA, R.; LAURENTZ, A. C.; MALHEIROS, E. B.; NAKAJI, L. S. O. Avaliação da Soja Integral Tostada ou Extrusada sobre o Desempenho de Frangos de Corte. *R. Bras. Zootec.*, v.27, n.3, p.584-594, 1998
11. BORGES, S.A., SALVADOR, D., IVANOVSKI, R. A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: *SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL*. Campinas CBNA p.21-66, 2003.
12. MATEOS, G.G. et al. Traitement de la graine de soja, 2002. Disponível em: <http://www.asaimeurope.org/pdf/processsb_f.pdf>.
13. BELLAVER, C, & SNIZEK JUNIOR, P,N, Processamento Da Soja E Suas Implicacoes Na Alimentacao De Suinos E Aves, In: *Congresso Brasileiro De Soja*, 1999, Londrina, Pr, Anais,, Londrina: Embrapa Soja, 1999.
14. LIMA, M. R.; MORAIS, S. A. N.; COSTA, F. G. P. et al. Atividade ureática. *Rev. Eletr. Nutrit.*, artigo n. 145 , v. 8, n°05, p. 1606-1611,2011.
15. WARD, N,E, Quality considerations for soybean meal, american soybean association, blairstown, nj, mita, n, 195, v,01, 1996,

16. SWICK, R.A, Role Of Growth Promotants In Poultry And Swine Feed,1996,Disponível Em:
WWW.ASASEA.COM/DOWNLOAD_DOC,PHP?FILE=AN04-SWICK,PDF>.
17. ROSTAGNO, H, S, et al., Composição de alimentos e exigências nutricionais (Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos), Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 4ª Edição, p,248, 2017
18. PALIC, D.V.; LEVIC, J. D.; SRENADOVIC, S.A. et al. Quality control of full-fat soybean using urease activity: Critical assessment of the method. *APTEFF*, v. 39, p. 1450, 2008.
19. LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.34, n.1, p.31-67, 1994.
20. RACKIS, J. J.; GUNBMANN, M. R.; LIENER, I. E. The USDA trypsin inhibitor study. I. Background, objectives and procedural details. *Qual. Plant Human Nutr.*, The Hague, v. 35, p. 213-242, 1985.
21. LIENER, I. E. From soybeans to lectins: a trail of research revisited. *Carbohydr. Res.*, Amsterdam, v. 203, p. 1-5, 1991.
22. JAFFÉ, W. G. Hemagglutinins. IN: Liener, I.E. Toxic constituents of plant foodstuffs, 2ª ed. New York:Academic Press, p.73-102. 1980.
23. BUTOLO, J. E.; Qualidade De Ingredientes Na Alimentação Animal, Colegio Brasileiro De Nutricao Animal, Campinas, Sp, P, 430, 2002,
24. BATAL, A,B.; DOUGLAS, M,W.; ENGRAM, A,E, ET AL, Protein Dispersibility Index As Na Indicator Of Adequately Processed Soybean Meal, *Poul, Sci.*, v,79, p,1592-96, 2000,
25. PARSONS, C.M., HASHIMOTO, K., WEDEKIND, K.J., HAN, Y., BAKER, D.H. Effect of over processing on availability in soybean meal. *Poultry Science*. 71:133. 1992.
26. SAKOMURA, N.K. Uso da soja integral na alimentação de aves. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: CBNA, 1996. P.26-38.
27. BELLAVER, C, & SNIZEK JUNIOR, P,N, Processamento da soja e suas implicacoes na alimentacao de suínos e aves, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina, Pr, Anais, Londrina: EMBRAPA SOJA, 1999, <http://data.novo.gessulli.com.br/file/2012/05/09/E142914-F00001-S513.pdf>
29. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Mapa, PORTARIA MAPA Nº 07, DE 09 DE NOVEMBRO DE 1988
30. ARABA, M. & DALE, N.; Evaluation of protein Solubility as na Indicator of Overprocessing Soyan Bean Meal, *Poultry Science*, University of Georgia, Athens Georgia. 69:73-86. 1988.

CAPITULO 2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO FARELO DE SOJA DETERMINADO POR ANÁLISE CONVENCIONAL POR VIA ÚMIDA

RESUMO.

Para a utilização da soja nas rações de aves como fonte proteica, demanda um processamento térmico adequado para inativação dos fatores antinutricionais, em especial os inibidores de protease. Objetivou-se com este trabalho avaliação estatística do padrão bromatológico do farelo de soja analisado por via úmida agrupados em diferentes categorias de atividade ureática e de solubilidade proteica em KOH. Foram utilizadas 283 amostras obtidas em uma integração de frangos situada no Estado de Goiás. Na primeira etapa foi conduzida uma categorização de amostras de farelo por níveis de proteína solúvel em KOH: abaixo de 75%, de 75% a 80%, de 80% a 85%, de 85% a 90% e acima de 90%. Após categorizadas, foram realizadas análises multivariadas e ANOVA com teste de Scott Knott 5% para comparar as médias. Foi realizada também a categorização dos resultados de análise por nível de atividade ureática em 5 categorias: 0; 0,01; 0,011-0,05; 0,051-0,1 e acima de 0,1. Foram realizadas análises multivariadas e ANOVA com teste de Scott Knott 5% para comparar as médias. Os dados diferiram significativamente ($p < 5\%$) para médias de solubilidade em KOH e índice de atividade ureática. A categoria de proteína solúvel $>90\%$ diferiu em PB%, estando as demais sem diferença. Os grupos de atividade ureática diferiram estatisticamente para solubilidade proteica em KOH, atividade ureática e para os grupos de 0; e 0,01 de atividade ureática diferiram da média de fibra bruta. Conclui-se que a relação entre solubilidade proteica e atividade ureática são melhores indicadores de qualidade que os resultados de análise bromatológica e que de acordo com a redução da solubilidade, teremos menores valores de atividade ureática.

Palavras-chave: atividade ureática, aminoácidos, solubilidade proteica em KOH.

CHAPTER 2. EVALUATION OF SOY BEAN MEAL QUALITY BY CONVENTIONAL WET ANALYSIS

ABSTRACT. For the use of soybean in poultry feed as a protein source, mainly, it requires adequate thermal processing for inactivation of antinutritional factors, especially protease inhibitors. The objective of this work was to statistically evaluate the bromatological pattern of wet soybean meal grouped in different classifications of urea activity and different protein solubility in KOH. A total of 283 samples were obtained from a chicken integration located in the state of Goiás. In the first stage, a categorization of bran samples by levels of KOH-soluble protein was conducted: below 75%, from 75% to 80%, from 80%. 85%, 85% to 90%, and above 90%. After categorization, multivariate analyzes and ANOVA were performed with Scott Knott's test 5% to compare the means. The analysis results were also categorized by level of urea activity, classifying the 283 samples into 5 categories: 0; 0.01; 0.011-0.05; 0.051-0.1 and above 0.1. Multivariate analyzes and ANOVA were performed with the Scott Knott 5% test to compare the means. In assay one the data differed significantly ($p < 5\%$) for mean KOH solubility and ureatic activity index. Soluble protein category > 90% differed in CP%, with the others without difference. In test two, the groups of urea activity differed statistically for protein solubility in KOH, urea activity and for groups of 0; and 0.01 of urea activity differed from the average of crude fiber. It is concluded that the relationship between protein solubility and urea activity are better indicators of quality than the results of bromatological analysis and that according to the reduction of solubility, we will have lower values of urea activity.

Key words: amino acids, Protein solubility in KOH, Soybean meal, urease activity

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de processamento impulsionou o desenvolvimento de vários métodos, como tostagem e extrusão, assim como maior controle de qualidade nas análises para verificar se o processamento ocorreu de maneira adequada, inativando os fatores sem afetar a qualidade proteica da soja.

Os principais fatores antinutricionais da soja são os inibidores de proteases, lectinas, fitatos, oligossacarídeos, saponinas, glicinina e beta conglicinina. Dentre estes, a maior parte tem sua inativação feita com tratamento térmico¹. Neste sentido é reforçado o excesso de preocupação para estes parâmetros na garantia da qualidade do processamento, pois uma possível falha na desativação dos fatores antinutricionais, podemos ter reflexos negativos no desempenho animal quando utilizado um farelo de soja mal processado.

Conforme os métodos de inativação dos fatores antinutricionais estão relacionados ao processamento térmico, é de grande importância o estudo do impacto dos fatores na qualidade bromatológica e composição química do ingrediente. Os nutrientes podem ser perdidos por excesso de temperatura à qual a matéria prima foi submetida, ou até mesmo não desativação dos fatores antinutricionais e perdas em digestibilidade e até mesmos impactos de nível gastrointestinal nas aves devido aos fatores antinutricionais.

O aquecimento inadequado durante o processo de desativação da soja mantém os fatores antinutricionais, ao passo que o superaquecimento causa redução da digestibilidade dos aminoácidos. Assim controla-se o aquecimento adequado pela análise da Solubilidade da Proteína em Hidróxido de Potássio (KOH). A proteína solúvel é aquela que o organismo animal poderá absorver, ou seja, quanto maior a quantidade de proteína solúvel melhor disponibilidade de proteína e aminoácidos para o animal.

O processamento térmico do farelo de soja pode também ser avaliado com a variação do valor de pH indicando se houve destruição dos fatores antinutricionais. Esta é a análise de atividade ureática. A atividade ureática não avalia níveis nutricionais, apenas indica se houve inativação eficiente dos fatores antinutricionais da soja.

A qualidade do farelo de soja pode ser medida por diferentes formas, incluindo a análise convencional de determinação bromatológica. Foi demonstrado em estudo² que diferentes cultivares de soja apresentam composições bromatológicas diferentes. Ao realizar a comparação de diferentes genótipos de soja, verificou variação na composição dos aminoácidos³. Como a relação da qualidade do grão na lavoura é diretamente ligada ao farelo produzido, é importante que os resultados bromatológicos sejam considerados.

O valor econômico e nutricional do farelo de soja é afetado pelo seu conteúdo de proteínas, pela combinação dos aminoácidos e a digestibilidade da matéria orgânica que se reflete nos valores energéticos, além do conteúdo de minerais, especialmente de fósforo digestível⁴.

A relação existente do conteúdo de urease no farelo de soja como fator importante na relação entre a composição do fator antitripsina e o desempenho do frango, e foram verificados que valores acima de 0,19 na variação de pH para urease foram suficientes para comprometer o desempenho de frangos de corte.⁵

Na avaliação de farelos de soja provenientes do Brasil, Argentina e Estados Unidos, foi verificado que a origem do farelo é um importante fator de impacto no desempenho, sugerindo que o controle da composição química e da qualidade deste ingrediente devem ser muito bem realizados antes de se realizar a formulação da dieta⁶.

Com base na consistência destas informações e na constante necessidade de estudar o farelo de soja em qualidade e composição bromatológica, este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar a existência de relação entre os farelos de soja de diferentes composições químicas e os indicadores de processamento, categorizando quanto aos índices de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de desenvolvimento

O estudo foi feito com dados da empresa São Salvador Alimentos S/A, situada às margens da Rod. GO 070, Km 1 (um), na cidade de Itaberaí – Goiás. Os dados do farelo de soja foram obtidos a partir de análises rotineiras das cargas a granel recebidas na fábrica de ração da empresa e este farelo era proveniente principalmente de diferentes regiões do Estado de Goiás. Foram avaliados separadamente o histórico de análises bromatológicas e determinação da atividade ureática e da solubilidade proteica em KOH (via úmida).

A coleta do farelo foi realizada diariamente pela equipe de controle de qualidade da empresa, a partir de caladores pneumáticos que alcançam o terço inferior, médio e superior da carga⁷. O número de amostras foi obtido conforme o tamanho da carga nos caminhões graneleiros. Para cargas com até 15 toneladas, foram coletadas amostras de no mínimo 5 pontos, para cargas entre 15 e 30 toneladas, coletadas amostras

de no mínimo 8 pontos e para cargas maiores do que 30 toneladas, coletadas amostras de no mínimo 11 pontos, sendo que para cada ponto são coletados no mínimo dois quilos de amostra.

As amostragens totais foram homogeneizadas, quarteadas e reduzidas a 1,0kg para compor, no mínimo quatro amostras para análise, constituídas de, no mínimo, 250g (duzentos e cinquenta gramas) cada, sendo representativas do lote. Estas amostras foram acondicionadas, lacradas, identificadas e devidamente destinadas para o laboratório de análises químicas e físicas e outras armazenadas como contra provas.

As amostras foram conduzidas para o laboratório CBO Análises Laboratoriais, Campinas-SP e realizadas análises químicas por via úmida para determinação dos valores de Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Fibra Bruta (FB), Proteína Solúvel em KOH (PBSol) e Índice de Atividade Ureática.

As análises dos ingredientes foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pelo⁸. Nesta avaliação, foram categorizados os resultados por diferentes grupos de resultado de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH para o estudo das relações estatísticas⁹ e apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 01. Padrão de atividade ureática da soja e farelo

CLASSIFICAÇÃO	ATIVIDADE UREÁTICA
EXCELENTE	0,01 - 0,05
BOA	0,05 – 0,20
REGULAR	0,21 – 0,30
DEFICIENTE	>0.31

Fonte: Compêndio de Alimentação Animal, 2005

Tabela 02. Padrão de solubilidade da proteína em KOH na soja e farelo

CLASSIFICAÇÃO	SOLUBILIDADE EM KOH
EXCELENTE	>85%
BOA	>80%
REGULAR	>75%
DEFICIENTE	<75%

Fonte: Compêndio de Alimentação Animal, 2005

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas e divididos em duas categorias, conforme os índices que atestam a qualidade do processamento dos farelos de soja. Foram realizados dois experimentos, cuja descrição segue abaixo.

Etapa I: Avaliação da relação entre solubilidade proteica em KOH com a composição bromatológica e atividade ureática do farelo de soja - Os dados foram classificados conforme a solubilidade proteica em KOH e os grupos e respectivos números de amostras em cada classe são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 03. Categorias de Solubilidade Proteica em KOH determinados e número de amostras enquadradas em cada categoria

Classificação solubilidade em KOH(%)	Nº de amostras	%
<75%	9	3,18
75,1-80%	22	7,77
80,1-85%	149	52,65
85,1-90%	100	35,34
>90,1%	3	1,06
Total	283	100

Etapa II: Avaliação da relação entre atividade ureática com a composição bromatológica e solubilidade proteica em KOH - Os dados foram classificados conforme os valores da atividade ureática e os grupos e respectivos números de amostras em cada classe são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 04. Categorias de Atividade Ureática determinados e número de amostras enquadradas em cada categoria

Classificação atividade ureática (ΔpH)	Nº de amostras	%
>0,010	43	15,41
0,010	40	14,34
0,011-0,050	127	45,52
0,051-0,100	45	16,13
>0,100	24	8,60
Total	279	100

Os dados foram analisados pelo Software R , realizadas análises multivariadas e ANOVA com teste de Scott Knott 5% para comparar as médias. Foi aplicada para cada experimento, a análise de regressão dos fatores testados em relação aos fatores de qualidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Etapa I: Avaliação da relação entre solubilidade proteica em KOH com a composição bromatológica e atividade ureática do farelo de soja

Os valores médios do farelo de soja categorizado pelo índice de solubilidade proteica em KOH, foram diferentes para índice de urease e proteína bruta, enquanto para fibra bruta e umidade dos grãos, não foram observados efeitos da porcentagem de solubilidade proteica.

Tabela 5. Médias do valor nutricional do farelo de soja conforme as categorias da solubilidade proteica em KOH com base no teste de Scott-Knott

Tratamento (Categorias)	n	Solubilidade em KOH (%)	Índice de Urease (Δ pH)	Proteína Bruta (%)	Umidade (%)	Fibra bruta (%)
>90%	3	91,28 a	0,460 a	46,24 a	12,21 a	4,92 a
85 a 90%	100	86,54 b	0,092 b	45,88 b	11,82 a	4,85 a
80 a 85%	149	83,19 c	0,029 c	45,70 b	11,75 a	4,67 a
75 a 80%	22	78,06 d	0,024 c	45,67 b	11,21 a	4,64 a
<75%	9	73,30 e	0,006 c	45,47 b	11,04 a	4,60 a

Constatou-se, com relação aos valores de índice de urease, que à medida que os valores de solubilidade proteica reduziram, os valores de urease também reduziram. Como é fundamental o processamento térmico para desativar os fatores antinutricionais, à medida que a temperatura de processamento se eleva, a tendência é termos menores valores de índice de urease, pois os inibidores de protease podem ser desativados, e menores valores de porcentagem de solubilidade em KOH, pois a proteína do farelo de soja pode ser desnaturada ou até destruída em altas temperaturas.

Na legislação Federal são aceitáveis para a nutrição animal valores de atividade ureática de 0,05 a 0,30 Δ pH (MAPA) com o intuito de identificar os extremos do processamento. Valores nessa faixa foram encontrados apenas para as amostras com solubilidade proteica entre 85 a 90%.

Existem outras pesquisas justificando que farelos de soja com nível zero de urease podem apresentar ótima qualidade, pois a sensibilidade desse teste restringe-se apenas em apontar a presença de urease¹⁰.

Valores acima de 85% de solubilidade proteica em KOH indicam um subprocessamento do farelo de soja¹¹. Esta conclusão confere com os valores encontrados para as amostras de farelo na categoria acima de 90% de proteína solúvel, pois a atividade ureática apresentou média de 0,460 Δ pH, valor considerado deficiente.

Para as amostras deste estudo que apresentaram média de atividade ureática elevada, possivelmente, ocorreu um emprego insuficiente da energia térmica empregada no processo de modo a não realizar a efetiva inativação dos fatores antinutricionais. Em um estudo, a utilização de soja micronizada com atividade ureática acima de 2,0 Δ pH está associada a menor digestibilidade da matéria seca, da proteína e da energia¹².

Em avaliação de desempenho de frangos de corte, frangos de corte aos 21 dias apresentaram pior desempenho quando estes se alimentaram de soja subprocessada (solubilidade de 91% e urease 0,5 Δ pH) e superprocessada (solubilidade de 66 % e urease 0,0005 Δ pH), em comparação ao tratamento com a soja considerada normal (solubilidade de 88 % e urease 0,05 Δ pH)¹³.

Nesta mesma linha pode-se relacionar os índices de proteína bruta encontrados para a categoria de solubilidade em KOH superior a 90%. Esta apresentou o maior valor de proteína quando comparado às amostras das demais categorias. Ou seja, a temperatura do processo não causou efeito no valor de proteína bruta do farelo. Nos demais grupos, os valores de proteína bruta foram semelhantes.

As médias de umidade relativa e de teor de fibra bruta não apresentaram diferença estatística entre os grupos de solubilidades proteicas em KOH indicando que não há relação da fibra e da umidade com o teor de solubilidade.

Solubilidade proteica em KOH quando em valores baixos, podem influenciar reduzindo os níveis bromatológicos do ingrediente. Valores entre 60 a 65% que indicam superprocessamento da soja integral, contribuiu para menor valor da energia metabolizável quando avaliado experimentalmente¹⁴. O trabalho atual não possui amostras com proteína solúvel abaixo de 75%. Provavelmente isso foi o motivo de não apresentar efeito sobre alguns nutrientes como a fibra e água.

As equações de regressão estimadas para a relação entre solubilidade proteica em KOH, pode-se propor modelos quanto a Proteína Bruta (Figura 1), atividade ureática, em modelo linear (Figura 2), umidade (Figura 3) e para Fibra Bruta (Figura 4).

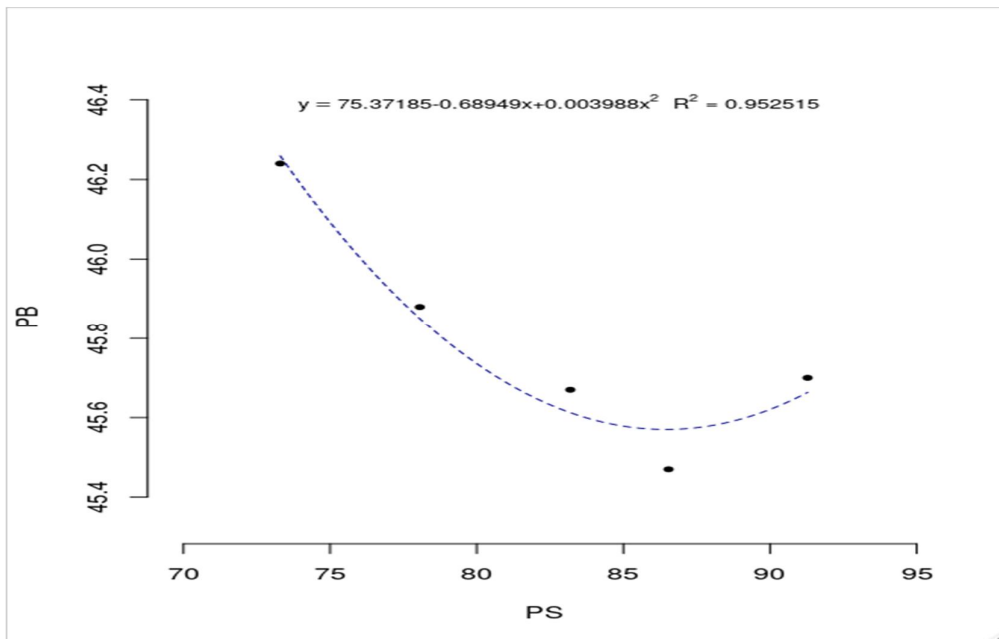


Figura 01. Análise de regressão para verificação da relação entre proteína solúvel em KOH e proteína bruta

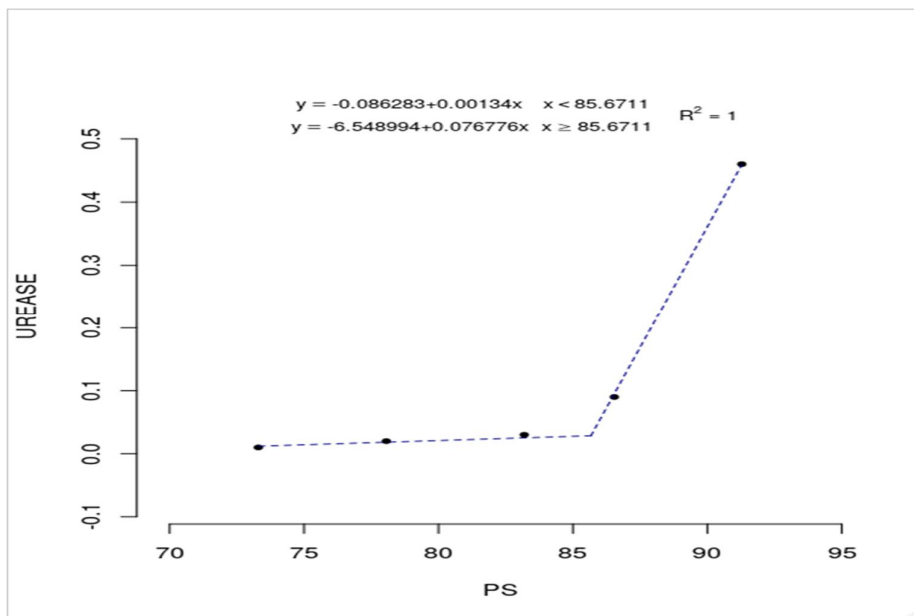


Figura 02. Análise de regressão linear para verificação de relação entre proteína solúvel em KOH e Atividade Ureática

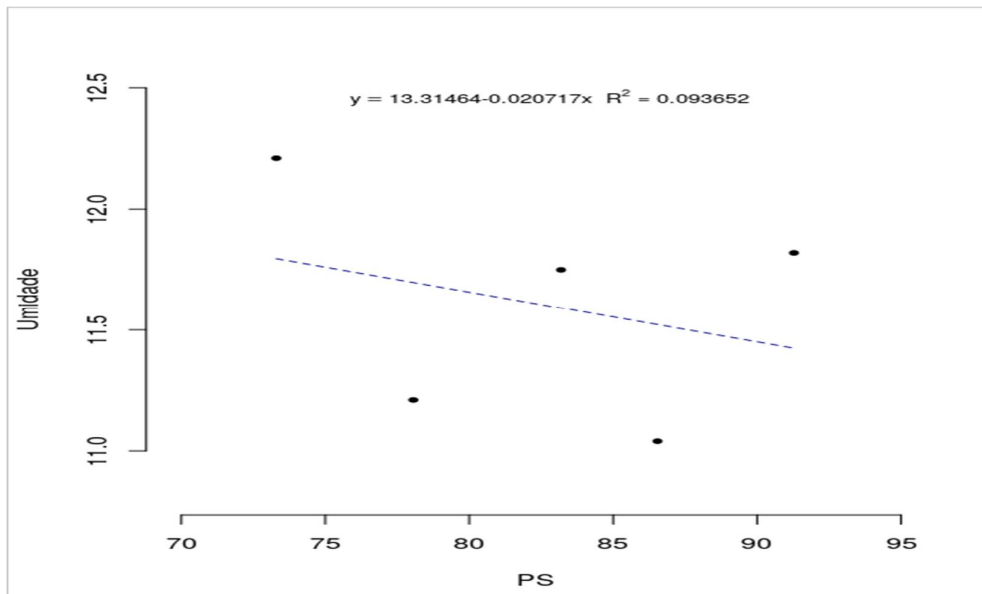


Figura 3. Análise de regressão linear para verificação de relação entre solubilidade proteica em KOH e Umidade

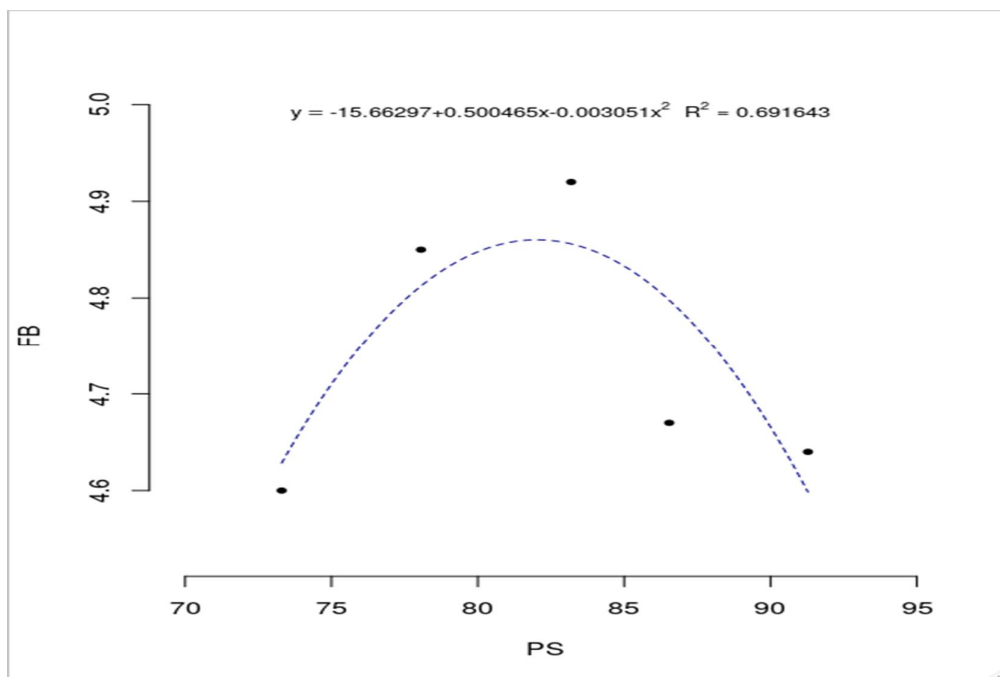


Figura 4. Análise de regressão quadrática para verificação de relação entre solubilidade proteica em KOH e Fibra Bruta

Na análise de regressão, para umidade e proteína solúvel em KOH, os valores do coeficiente de regressão foram muito baixos, o que não permite afirmar categoricamente que existe forte relação estatística entre os componentes avaliados. Os melhores valores de R^2 foram obtidos para a avaliação da urease (figura2) indicando a forte relação estatística entre os valores de Atividade Ureática e Solubilidade em KOH.

As medidas canônicas para os fatores avaliados estão apresentadas na Figura 6 e observa-se que, na avaliação dos dados, houve relação direta entre solubilidade proteica em KOH e índice de urease, como esperado, em que o crescimento dos valores de uma dessas variáveis, implica no crescimento das demais.

O teste de solubilidade proteica deva ser sempre acompanhado do teste de atividade ureática, ou o contrário, para que se possa determinar a inativação dos fatores antinutricionais e a qualidade da proteína do produto do processamento da soja¹¹. Como foi observado neste trabalho a relação entre estas duas análises é alta.

Ainda com relação a avaliação da solubilidade proteica em KOH e proteína bruta, verifica-se que a relação é baixa e inversa, mas os dados médios nos indicam que houve apenas efeito quando os valores da solubilidade proteica em KOH foram superiores a 90%. O farelo de soja pode apresentar 100% de sua proteína solúvel em KOH, mas com o tratamento térmico pode haver queda na disponibilidade de nitrogênio para os animais¹⁵. Pelos resultados do trabalho atual pode-se notar que a solubilidade proteica impacta na qualidade da proteína do farelo de soja, no entanto, tem pouca ligação com o valor total de proteína bruta dele, apresentando baixa relação.

Já para fibra bruta e umidade, os valores das setas se aproximaram de zero, indicando que nenhum efeito foi observado para essas variáveis. ¹⁶ afirmam que os polissacarídeos não amiláceos, como hemiceluloses, β glucanas, pentosanas e oligossacarídeos como a rafinose e estaquiose tem efeitos negativos sobre a digestibilidade dos nutrientes, sendo assim, farelos de maiores teores de fibra bruta podem apresentar piores digestibilidades.

Na avaliação dos componentes canônicos, os vetores indicam o grau de importância de cada indicador na respectiva componente principal. Neste caso para a solubilidade proteica em KOH, de acordo com a figura 6, ficou evidente que a característica que mais influencia em seu resultado é o componente atividade ureática, não havendo grande influência da composição de Proteína bruta, Umidade e Fibra Bruta impactando no resultado de solubilidade proteica em KOH.

A primeira função de correlação canônica (Can1) explicou 93,9% da variação e a segunda função de correlação canônica (Can2) explicou 5,7% da variação total.

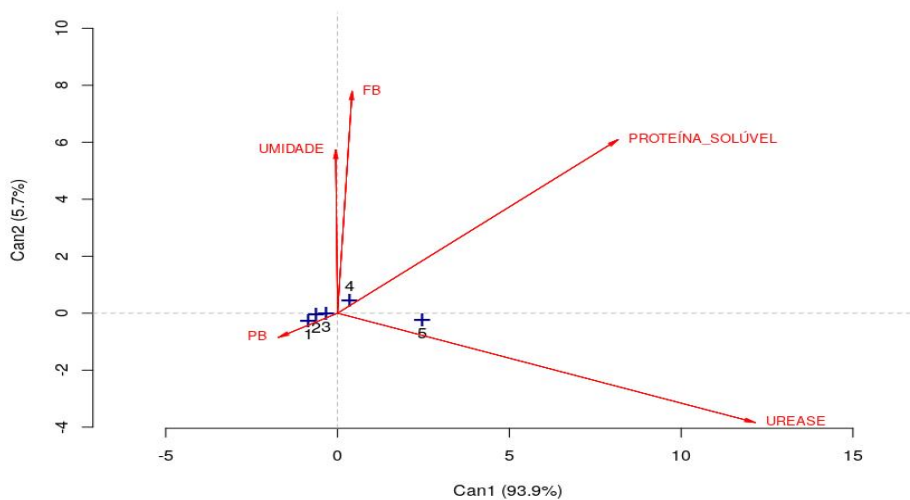


Figura 6. Componentes canônicos para descrever a relação com os grupos de solubilidade proteica em KOH, proteína bruta, umidade, índice de urease e fibra bruta

3.2. Etapa II - Avaliação da relação entre atividade ureática com a composição bromatológica e solubilidade proteica em KOH

Os valores médios do farelo de soja categorizado pelo índice de urease, mostraram-se diferentes para solubilidade proteica e fibra bruta, mas os teores de proteína bruta e umidade dos grãos não apresentaram efeitos dos fatores avaliados (Tabela 4). Avaliando as médias das análises proximais segregadas por grupos de farelos de diferentes índices de atividade ureática, pode ser verificada diferença estatística para solubilidade proteica em KOH. Constatou-se que, à medida que os índices de atividade ureática foram reduzindo, os valores de solubilidade proteica em KOH também reduziram. No entanto, apresentaram maiores valores de proteína solúvel em KOH com diferença estatística nas categorias com valores de Atividade ureática acima de 0,011. Esse resultado mostra que podemos atingir temperaturas elevadas para desativar os fatores anti-tripsina alcançando valores mínimos de variação de pH, como abaixo de 0,03

sem reduzir a qualidade da proteína, como encontrado neste trabalho (valores acima de 80% de solubilidade), considerado como bom no Compêndio de Alimentação Animal.

Tabela 6. Médias do valor nutricional do farelo de soja conforme as categorias de atividade ureática.

Tratamento (Categorias)	Atividade ureática	Solubilidade em KOH (%)	Proteína Bruta (%)	Umidade (%)	Fibra bruta (%)
>0,100	0,24 a	86,87 a	45,73 a	12,52 a	5,12 a
0,051-0,100	0,07 b	84,91 b	45,68 a	11,40 a	4,87 a
0,011-0,050	0,03 c	83,26 c	45,67 a	11,34 a	4,85 a
0,010	0,01 c	82,67 c	45,58 a	11,21 a	4,65 b
<0,010	0,00 c	81,98 c	45,39 a	11,09 a	4,42 b

Medias seguidas de letras distintas são diferentes pelo teste de Scott-Knott (5%)

Valores de solubilidade entre 70 e 85% como ideais, e os inferiores podem indicar superprocessamento e os superiores, subprocessamento¹⁵. Com essa observação podemos notar que a categoria > 0,100 teve média de solubilidade em KOH acima de 85%, o que pode justificar possibilidade de relação com subprocessamento térmico nas amostras desta categoria.

O superprocessamento do farelo de soja pode destruir a lisina e reduzir os valores de Energia Metabolizável¹⁴. As médias das análises bromatológicas de umidade relativa e proteína bruta do trabalho foram estatisticamente iguais entre valores de atividade ureática, diferentemente dos resultados de teor de fibra bruta, em que os dois grupos de menores valores de atividade ureática (0,01 e 0,00) diferiram estatisticamente das médias de fibra bruta dos grupos >0,1; 0,051 a 0,1 e 0,011 a 0,05.

Quando se testaram as análises de regressão, as equações de regressão ajustadas para a relação entre atividade ureática indicaram modelos para a Proteína Bruta (Figura 7), Fibra Bruta (Figura 8), e solubilidade proteica em KOH, modelo linear (Figura 9) e modelo quadrático (Figura 10).

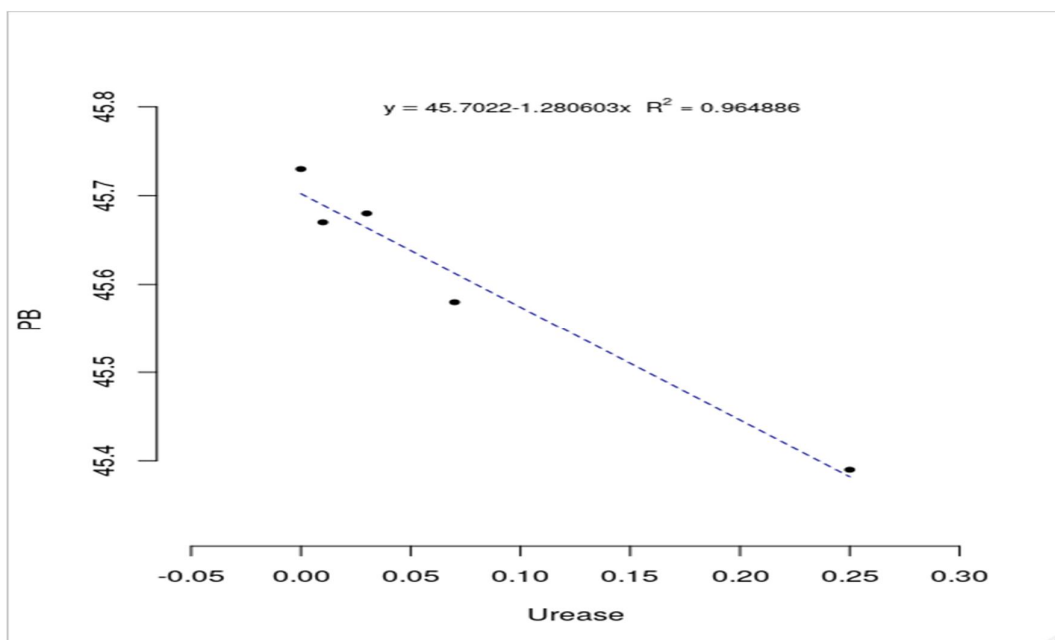


Figura 7. Equação de regressão ajustada para a relação entre índice de atividade ureática e nível de Proteína Bruta

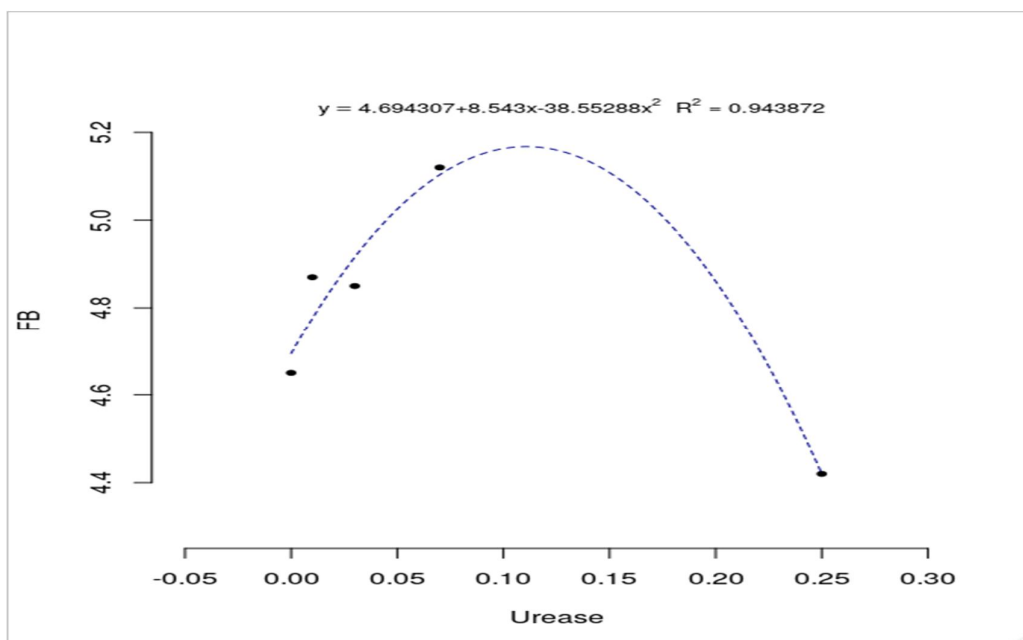


Figura 8. Equação de regressão quadrática ajustada para a relação entre índice de atividade ureática e nível de Fibra Bruta

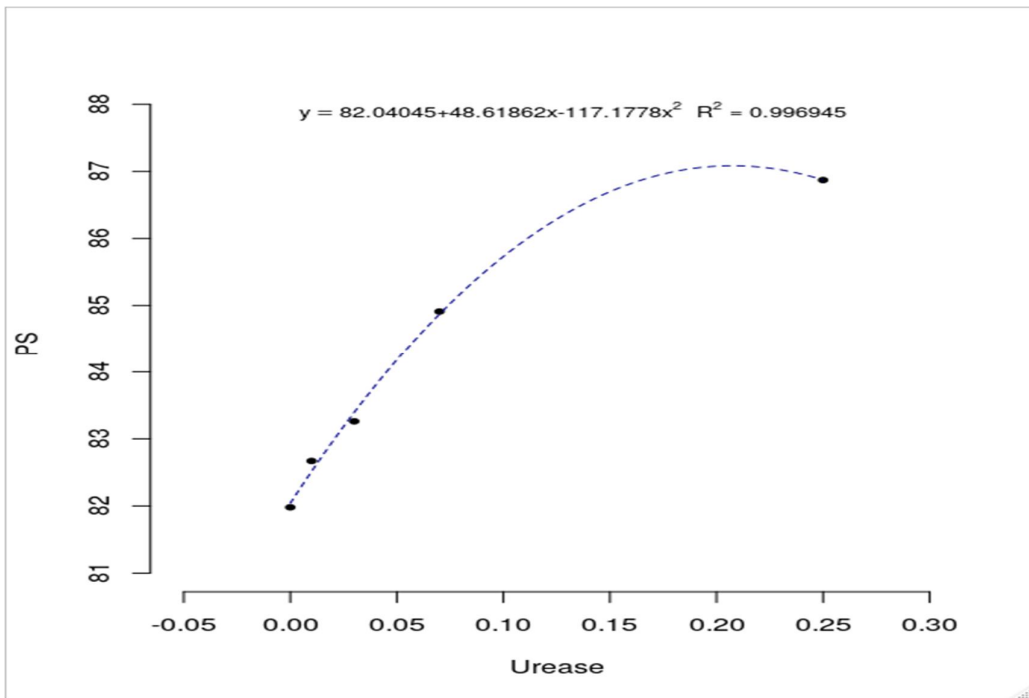


Figura 9. Equação de regressão quadrática ajustada para a relação entre índice de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH

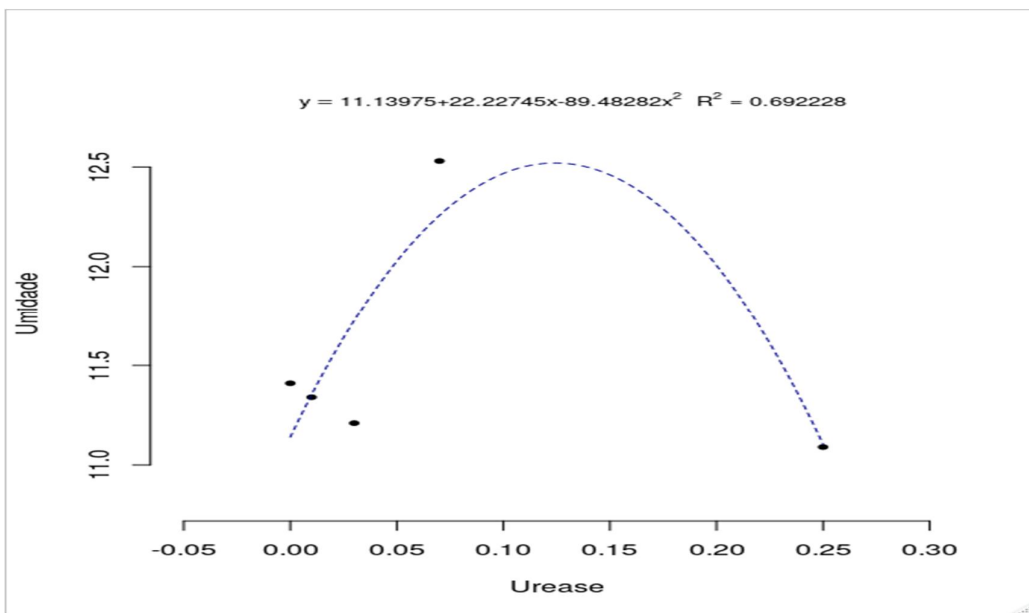


Figura 10 Equação de regressão quadrática ajustada para a relação entre índice de Atividade Ureática e Umidade

Na análise de regressão, foi observado comportamento linear apenas para entre Proteína Bruta e Atividade Ureática. Os valores do coeficiente de regressão não foram baixos, permitindo determinar relação estatística forte entre os componentes avaliados. Com exceção da análise de regressão entre umidade e atividade ureática, que apresentou R^2 mais baixo, 69%, os valores de R^2 das demais avaliações foram acima de 90% e a mais forte foi entre proteína solúvel em KOH, conforme também verificado na etapa 1 deste capítulo.

As medidas canônicas para os fatores avaliados estão apresentadas na Figura 11. Na avaliação dos dados, notou-se novamente que houve relação direta e esperada da solubilidade proteica em KOH e índice de urease, e o crescimento dos valores de uma dessas variáveis, implica no crescimento da outra. O comportamento das demais variáveis indicam apenas pequeno efeito sobre os valores de proteína bruta, sem diferenças para fibra bruta e umidade.

A primeira função de correlação canônica (Can1) explicou 97,2% da variação e a segunda função de correlação canônica (Can2) explicou 2,6% da variação total.

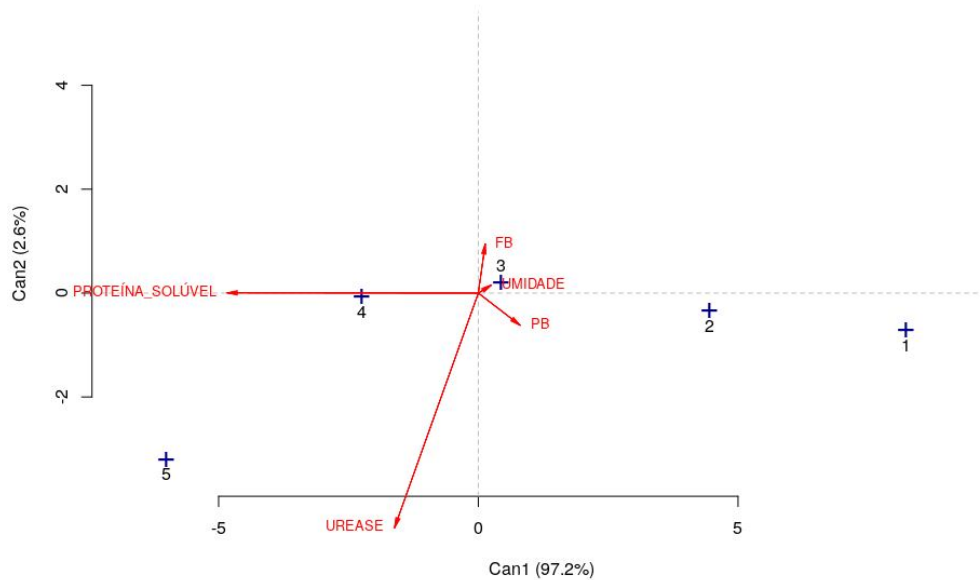


Figura 11. Componentes canônicos para descrever a relação com os grupos de índice de urease, proteína bruta, umidade, solubilidade proteica em KOH e fibra bruta.

4. CONCLUSÃO

A solubilidade proteica e atividade ureática são melhores indicadores de qualidade do farelo de soja que sua composição química. Concluiu ser existente alta relação entre estes dois indicadores, sendo que com a redução da solubilidade, temos menores valores de atividade ureática.

A avaliação dos componentes canônicos permite observar a relação entre atividade ureática e solubilidade proteica em KOH, sendo mais expressiva esta relação do que os demais níveis da composição química do farelo de soja

5.REFERÊNCIAS

1. Dei H. K., (2011), Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry, Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products, Prof, Dora Krezhova (Ed.), ISBN: 978-953-307-533-4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products/soybean-as-a-feed-ingredient-for-livestock-and-poultry>, P,222, 2011,
2. PAULA, S, A, Composição Bioquímica E Fatores Antinutricionais De Genótipos De Soja, Universidade Federal De Viçosa (Dissertação Mestrado), 2007,
3. IMSANDE, J, Sulfur Nutrition And Legume Seed Quality, P, 295–304, In Y,P, Abrol And A, Ahmad (Ed.) Sulfur In Plants, Kluwer Academic Publishers, Ordrecht, The Netherlands, 2003,
4. GIJSBERTS, K; SMIT, M. Soybean Meal Quality by Origin: Economic Value of Hipro Soybean Meal in Least Cost Formulations. Schothorst Feed Research B.V. Report nr. 2-2018 August 2018. Disponível em <https://ussoy.org/wp-content/uploads/2018/10/USSEC-SBM-report-August-2018.pdf>.
5. J. L. McNAUGHTON, F. N. REECE, J. W. DEATON, Relationships Between Color, Trypsin Inhibitor Contents, and Urease Index of Soybean Meal and Effects on Broiler Performance, *Poultry Science*, Volume 60, Issue 2, February 1981, Pages 393–400, <https://doi.org/10.3382/ps.0600393>
6. M. P. SERRANO, D. G. VALENCIA, J. MÉNDEZ, G. G. MATEOS, Influence of feed form and source of soybean meal of the diet on growth performance of broilers from 1 to 42 days of age. 1. Floor pen study, *Poultry Science*, Volume 91, Issue 11, November 2012, Pages 2838–2844, <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02371>
7. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Mapa, Instrução Normativa Nº 60, de Dezembro de 2011. Regulamento Técnico Sobre Padrão De Classificação De Milho, Considerando Seus Requisitos De Identidade E Qualidade, A Amostragem, O Modo De Apresentação E A Marcação Ou Rotulagem, Nos Aspectos Referentes À Classificação Do Produto. 2011.
8. Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal(2013) Editora sindirações. São Paulo, 390p. 2013
9. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Mapa. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Associação Brasileira da Indústria de Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Métodos analíticos. In: Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal. Sao Paulo: Sindirações 2005.
10. SAKOMURA, N.K. Uso da soja integral na alimentação de aves. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: CBNA, 1996. P.26-38.
11. BUTOLO, J. E.; Qualidade De Ingredientes Na Alimentação Animal, Colegio Brasileiro De Nutricao Animal, Campinas, Sp, P, 430, 2002,

12. MENDES, W. S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.56, n.2, p.207-213, 2004.
13. BRITO, C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; DIONÍZIO, M.A.; CARVALHO, D.C.O. Adição De Complexo Multienzimático Em Dietas À Base De Soja Extrusada E Desempenho De Pintos De Corte. Revista Brasileira De Zootecnia, Viçosa, V.35, N.2, P.457-461, 2006.
14. RODRIGUES, P, B.; ROSTAGNO, H,S,; ALBINO, L, F, T,; GOMES, P, C, NUNES,R, V,; TOLEDO, R, S, Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos, **revista brasileira de zootecnia**, viçosa, v,31, n,4, p,1771-1782, 2002,
15. LEESON, S,; SUMMERS, J,D, **Nutrition Of The Chicken**,4nd Ed, Guelph (Canadá): University Books, 2001, 591 P
16. ARABA, M,; DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soyabean meal. Poult Sci., v.69, p.76-82, 1990.

CAPITULO 3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO FARELO DE SOJA DETERMINADO POR ANÁLISES VIA NIRS (ESPECTROSCÓPIO DE REFLETÂNCIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO)

RESUMO. O experimento foi realizado com o objetivo de avaliação de dados de análises de farelos via NIRS e realizada análise estatística com testes não paramétricos para os valores de aminoácidos e bromatológicos para umidade, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta comparados com os níveis de urease lidos no NIRS. Os dados obtidos via NIRS, categorizando os resultados em 5 grupos de diferentes resultados de atividade ureática: $<0,01$; $0,02$; $0,03$; $0,04$ e $>0,05$. Os espectros no infravermelho próximo foram obtidos no equipamento da Foss DS2500, módulo *spinning* a partir de 515 leituras de amostras farelo de soja recebidos. As médias foram submetidas às análises estatísticas com o Software R. Devido à não normalidade das médias, foi utilizado teste de Kruskal-Wallis e utilizado teste t ajustado para a FDR (False Discovery Rate) para avaliação dos resultados no trabalho. Na análise estatística, obtivemos significância entre as umidades e os maiores valores de atividade ureática. Conclui-se com os resultados que os farelos com maiores médias de atividade ureática apresentaram menores umidades relativas e os demais parâmetros bromatológicos não apresentaram diferenças. Para o aminograma, verificamos diferenças estatísticas com testes não paramétricos, para Cistina, Metionina + Cistina; Arginina, Isoleucina, glicerina, serina e prolina

Palavras-chave: aminoácidos, atividade ureática, farelo de soja, NIRS,

CHAPTER 3. QUALITY EVALUATION OF SOY BEAN MEAL DETERMINED BY NIRS

ABSTRACT. The experiment was conducted with the objective of evaluating data from bran analysis via NIRS and statistical analysis was performed with nonparametric tests for amino acid and bromatological values for moisture, crude protein, ether extract and crude fiber compared with the read urease levels. in NIRS. Data obtained via NIRS, categorizing the results into 5 groups of different results of urea activity: <0.01; 0.02; 0.03; 0.04 and > 0.05. Near infrared spectra were obtained on the Foss DS2500 spinning module from 515 readings of soybean meal samples received. The averages were submitted to statistical analysis with the Software R. Due to the non-normality of the averages, the Kruskal-Wallis test was used and the t-test adjusted for the False Discovery Rate (FDR) was used to evaluate the results at work. In the statistical analysis, we obtained significance between the humidity and the highest values of ureatic activity. It can be concluded from the results that the bran with the highest average of ureatic activity presented lower relative humidity and the other bromatological parameters did not present differences. For the aminogram, we verified statistical differences with nonparametric tests for Cystine, Methionine + Cystine; Arginine, Isoleucine, Glycerin, Serine and Proline

Keywords: Amino Acids, NIRS, Soybean Meal, Urease Activity

1. INTRODUÇÃO

Near Infrared Spectrofotometry (NIRS) é uma metodologia para análise de ingredientes para nutrição animal rápida e de grande acurácia que tem sido amplamente utilizado na indústria de proteína animal. As calibrações são realizadas de modo a garantir assertividade e menores variações em relação aos resultados. Em busca de métodos de rotina rápidos para a quantificação de várias substâncias em amostras de alimentos, os métodos ópticos vem ganhando cada vez mais popularidade ¹.

A determinação de aminoácidos geralmente é feita por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), sendo um método considerado de custo elevado e processos mais lentos, dificultando assim, a tomada de decisão rápida em relação à qualidade de uma matéria prima. No trabalho de ², foi avaliada a digestibilidade ileal aparente de nutrientes, de energia bruta e aminoácidos e os autores constataram importantes diferenças conforme a origem do farelo de soja.

O espectroscópio de refletância no infravermelho próximo (NIRS) é constituído de uma câmara de leitura ótica e de um software para tratamentos matemáticos que, por meio de curvas espectrais dentro da faixa do infravermelho (700-2,500 nanômetros), gera equações para estimar valores de qualidade. Aliado a um software estatístico, permite a identificação, qualificação e quantificação de compostos orgânicos nos alimentos.

As determinações são feitas a partir do espectro do material analisado, a partir de uma relação matemática entre a composição nutricional e o espectro obtido na leitura infravermelho.

Alguns pontos são fundamentais para garantir confiabilidade nos resultados e minimizar as variações, como uma boa amostragem e coleta em realizada, leitura do espectro, tratamento matemático, determinação das equações, validação e, finalmente, rotina analítica (Shenk & Westerhaus, 1994).

Com curvas bem calibradas, o modelo de leitura pode ser aplicado com confiabilidade para tomada de decisão na análise de rotina da qualidade da soja para fins de ajustes nutricionais e formulação (Saha, 2017).

A grande importância da utilização da tecnologia na análise do processamento de alimentos se consiste na necessidade e possibilidade de ajustes de formulação na linha de produção. ⁵ verificaram que há um elevado potencial de uso de análise por espectrofotometria para infravermelho próximo (NIR) em relação à determinação de

parâmetros de qualidade do processamento da soja, assim como para proteína, lipídio e umidade. Há mais de 20 anos, ⁶ já descrevia a tecnologia NIRS como uma ferramenta que permite se determinar o teor de aminoácidos digestíveis das dietas e garantir o adequado controle de qualidade dos ingredientes e dietas. Os autores usaram um banco de dados com 78 dietas e observaram que tecnologia NIRS demonstrou de 70 a 90% da variação no teor de aminoácidos digestíveis e estimaram que os erros na formulação com a utilização desse recursos poderiam cair a 3%.

Com base nessa premissa, o presente trabalho objetivou determinar os efeitos dos índices de urease, estabelecidos pelo método NIRS, para umidade, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e aminoácidos totais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados da empresa São Salvador Alimentos S/A, situada às margens da Rod, GO 070, Km 1 (um), na cidade de Itaberaí – Goiás. Para a análise dos dados do farelo de soja, foram obtidos dados de análises rotineiras das cargas a granel recebidas na fábrica de ração da empresa, sendo este farelo proveniente principalmente da região de Goiás.

A coleta do farelo foi feita diariamente pela equipe de controle de qualidade da empresa, a partir de caladores que alcançam o terço inferior, médio e superior da carga¹².

O número de amostras foi referente ao tamanho da carga nos caminhões graneleiros, sendo que para as cargas com até 15 toneladas, são coletadas amostras de no mínimo 5 pontos, para cargas entre 15 e 30 toneladas, são coletadas amostras de no mínimo 8 pontos e para cargas maiores do que 30 toneladas, são coletadas amostras de no mínimo 11 pontos, sendo que para cada ponto são coletados no mínimo dois quilos de amostra.

As amostragens foram homogêneas, quarteadas e reduzidas em um quilo para compor quatro vias de amostras, constituídas de no mínimo 250g (duzentos e cinquenta gramas) cada, sendo representativas do lote. Estas amostras foram devidamente acondicionadas, lacradas, identificadas e destinadas para o laboratório de análises químicas e físicas e outras armazenadas como contra provas.

As amostras destinadas ao laboratório de controle de qualidade da empresa foram moídas em moinho com peneiras de 0,7mm. Após a moagem foram submetidas a

análise via NIRS para determinação dos valores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), índice de atividade ureática e aminograma completo. No aminograma foram determinados os valores de composição para os seguintes aminoácidos: Lisina, Metionina, Cistina, Metionina + Cistina, Treonina, Triptofano, Arginina, Valina, Fenilalanina, Alanina, Histidina, Serina, Prolina, Acido Aspártico, Ácido Glutâmico, Leucina e Isoleucina.

As leituras foram realizadas via NIRS com equipamento da marca Foss modelo DS2500, com coleta dos espectros das leituras feito no infravermelho próximo e sendo realizadas duplicatas de todas as amostras. módulo *spinning* a partir de 515 leituras de amostras de farelo de soja recebidos.

As análises bromatológicas por *high performance liquid chromatography* (HPLC) também são amplamente utilizadas para criação dos históricos, contudo pela demora nos resultados e pelo alto custo, não permitem a ação imediata abrindo assim espaço para as avaliações via NIRS e a difusão do seu uso para a nutrição de forma prática e precisa.

Os dados foram tabulados e classificados de acordo com o índice de urease estimado no aparelho NIRS, e dividido em cinco categorias como segue: <0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e >0,05.

A partir da metodologia de análise com NIRS, validada com calibração das curvas pela empresa Evonik os resultados de bromatologia, aminograma e atividade ureática foram submetidos à testes paramétricos, não sendo verificada normalidade nos resultados e realizada assim, testes não paramétricos com o Software R. Os dados das variáveis analisadas (bromatológica e de aminoácidos) foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis e depois t ajustado para a FDR (*False Discovery Rate*).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Grupos de maiores valores de atividade ureática apresentaram relação estatística com umidade indicando que maiores valores de atividade ureática estão relacionados à farelos de soja com menor umidade relativa. Porém não é uma variável de explicação simples, o que pode estar relacionado ao método de análise NIRS.

Tabela 01. Médias dos níveis do índice de atividade ureática pelos indicadores bromatológicos

	Categorias do Índice de Atividade Ureática				
	≤0,01	0,02	0,03	0,04	>0,05
N	17	107	233	138	20
Umidade	13,11a	12,88a	12,90a	12,69b	12,44b
Extrato etéreo	1,951a	1,719a	1,682a	1,649a	1,695 a
Fibra bruta	5,174a	5,305a	5,226a	5,187a	5,468 a
Proteína bruta	45,020a	45,304a	45,358a	45,409a	44,967 a

Medias seguidas de letras distintas diferem pelo teste “t” de Student ajustado por FDR (5%), Tabelas no anexo 11 ao 14.

De forma diferente do que foi verificado na análise estatística dos resultados de análise úmida (Capítulo 2), encontrou-se relação entre maiores valores de urease e menores porcentagens de umidade relacionando ao processamento térmico. Os valores de extrato etéreo, fibra bruta e proteína bruta foram semelhantes entre os diferentes níveis de atividade ureática.

Na literatura⁵, verificaram-se erros aleatórios obtidos em leituras de proteína de soja via NIR, independente de tratamento térmico. Nos resultados obtidos neste trabalho, pela normalidade estatística observada nos dados, também se acredita que exista interferência na leitura das análises bromatológicas e de aminoácidos, independente da qualidade do processamento.

Ao avaliar os teores de aminoácidos totais expressos pelo NIRS (Tabela 02), constatou-se que metionina, lisina, treonina, triptofano, leucina, valina, histidina, fenilalanina, alanina, ácido aspártico e ácido glutâmico foram estatisticamente iguais para os diferentes grupos de índice de atividade ureática. Resultado semelhante ao da proteína bruta que também não apresentou interferência dos diferentes valores de atividade ureática. Isso leva ao entendimento que o intervalo de 0,01 a 0,05 de variação de pH encontrados nas amostras via NIRS neste experimento, representa um grau de processamento térmico do farelo de soja que não compromete a qualidade da proteína e seus componentes. Os demais aminoácidos apresentaram diferenças estatísticas, no entanto, as variações não seguem um padrão lógico que possa ser atribuído a influência das categorias de atividade ureática.

O tratamento térmico durante o processo de extração do óleo e posterior fabricação do farelo de soja pode afetar a digestibilidade de alguns aminoácidos, especialmente a lisina. Caso ocorra o superprocessamento provocará a reação de Maillard

que produz uma coloração caramelada que é devida ao pigmento melanodina⁸. A reação de Maillard é referente a ligação do grupo épsilon do aminoácido lisina com açúcares redutores e aldeídos⁷, tornando esta combinação indigestível.

Tabela 02. Médias dos níveis de atividade ureática para a composição dos aminoácidos totais para o farelo de soja

	Categorias do Índice de Atividade Ureática				
	≤0,01	0,02	0,03	0,04	>0,05
N	17	107	233	138	20
Metionina	0,599	0,620	0,603	0,604	0,602
Cistina	0,663d	0,707a	0,679bc	0,673ab	0,663cd
Metionina + Cistina	1,263c	1,320a	1,267bc	1,282ab	1,266bc
Lisina	2,801	2,800	2,822	2,802	2,814
Treonina	1,751	1,754	1,768	1,754	1,766
Triptofano	0,613	0,620	0,617	0,615	0,717
Arginina	3,319b	3,350a	3,326b	3,312ab	3,328ab
Isoleucina	2,093c	2,150a	2,102bc	2,111ab	2,102bc
Leucina	3,440	3,439	3,454	3,448	3,464
Valina	2,158	2,173	2,172	2,160	2,171
Histidina	1,182	1,225	1,197	1,192	1,188
Fenilalanina	2,332	2,353	2,348	2,349	2,341
Glicina	1,934b	2,001a	1,946ab	1,941a	1,941ab
Serina	2,280b	2,308a	2,323ab	2,292a	2,292ab
Prolina	2,289b	2,355a	2,356ab	2,298ab	2,299ab
Alanina	1,947	2,111	1,961	1,982	1,958
Ác Aspártico	5,160	5,282	5,196	5,207	5,188
Ác Glutâmico	8,139	8,115	8,213	8,141	8,188

Medias seguidas de letras distintas diferem pelo teste “t” de Student ajustado por FDR (5%)

Efeitos do calor excessivo no tratamento do farelo de soja é verificado sobre a digestibilidade dos aminoácidos⁹. O excesso de calor no tratamento do farelo de soja foi determinante na redução da disponibilidade da lisina.

Na avaliação dos resultados obtidos no trabalho, não foi verificada esta relação entre o indicador da qualidade do processamento utilizado (índice de atividade ureática) e a concentração de lisina. Provavelmente nenhuma das amostras avaliadas pelo NIRS tenha sido processada com excesso de temperatura. Outro estudo também não verificou diferenças na digestibilidade de aminoácidos de diferentes tipos de farelo de soja e diferentes teores de proteína bruta por diferenças na qualidade dos processamentos¹⁰.

Para os níveis médios de Metionina+Cistina totais obtidos, foi verificado que os grupos de farelo com atividade ureática mais baixa, <0,01 e mais elevada, 0,05 foram estatisticamente menores. A relação pode estar ligada à variação analítica dos resultados obtidos via NIRS, à quantidade de amostras categorizadas nestes grupos de extremos, que foram expressivamente menores que os outros grupos, ou até mesmo à própria qualidade do perfil da soja utilizada na fabricação do farelo.

Ainda sobre a avaliação dos níveis médios de Metionina+Cistina, avaliando em conjunto com Cistina, Arginina e Isoleucina, sendo todos aminoácidos essenciais, pode ser observado que a categoria que tem resultado abaixo de 0,01 tem diferença significativa com o grupo 0,02, que pode indicar possibilidades do grupo com menor atividade ureática apresentar menor disponibilidade destes aminoácidos podendo estar também relacionado com amostras superprocessadas.

Lisina, metionina e treonina, que são os principais aminoácidos essenciais utilizados na formulação de rações para frangos de corte, especialmente quando se emprega o conceito de proteína ideal, não mostraram diferença estatística na sua composição química considerando os diferentes perfis de atividade ureática aos quais os dados foram classificados. Por serem, respectivamente o primeiro, segundo e terceiro aminoácido limitante na dieta de aves, merecem maior destaque e por terem maior relação com o custo da alimentação e pela inclusão de suas formas sintéticas na nutrição.

Neste sentido, ao comparar diferentes farelos de soja obtidos de diferentes origens², que os farelos de soja avaliados, apresentaram grande variação no conteúdo de nutrientes e digestibilidade. Acrescenta ainda que, os métodos utilizados pela indústria para avaliar a qualidade proteica do farelo de soja podem ser considerados pouco precisos e insuficientes para avaliar adequadamente a qualidade deste ingrediente.

Os farelos de soja do grupo de atividade ureática 0,02 apresentaram os maiores níveis de arginina total. Observa-se a importância de conhecer os níveis de arginina e lisina nos ingredientes, pois com melhores relações de arginina:lisina, alguns estudos verificaram melhores conversões alimentares, melhor rendimento de carcaça e menores teores de gordura abdominal em frangos de corte ¹¹.

CONCLUSÃO

Pela técnica NIRS observa-se que a atividade ureática dos grupos de farelo de soja não interferiram nos parâmetros bromatológicos de proteína bruta, fibra bruta, umidade e extrato etéreo.

Dados de aminograma não apresentaram normalidade estatística. São necessários dados mais consistentes via NIRS de atividade ureática para relacionar as características bromatológicas e composição de aminoácidos.

É importante relacionar resultados de NIRS versus análise úmida de atividade ureática para conclusões mais seguras sobre as relações estatísticas.

Níveis de alguns aminoácidos (Metionina+Cistina, Cistina, Arginina e Isoleucina), podem ser influenciados por superprocessamento no farelo de soja.

5.REFERÊNCIAS

1. BEVILACQUA, M, et al, Application of near infrared (NIR) spectroscopy coupled to chemometrics for dried egg-pasta characterization and egg content quantification, *Food Chemistry*, v, 140, n, 4, p, 726–734, 2013,
2. A. DE COCA-SINOVA, D. G. VALENCIA, E. JIMÉNEZ-MORENO, R. LÁZARO, G. G. MATEOS, Apparent Ileal Digestibility of Energy, Nitrogen, and Amino Acids of Soybean Meals of Different Origin in Broilers, *Poultry Science*, Volume 87, Issue 12, December 2008, Pages 2613–2623, <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00182>
5. MARCHESI, N,R., LUNKES, A,M., PRADO, N,V., SANTOS, E,C., HASHIMOTO, E,H, Espectroscopia Nir Para Análise Da Qualidade De Soja Desativada Termicamente, *Tecnologia & Ciencia Agropecuária*, João Pessoa, V,12, N,4, P 57-63, Dez, 2018,
6. THEO A. T. G. VAN KEMPEN, P. HOWARD SIMMINS, Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in Precision Feed Formulation, *The Journal of Applied Poultry Research*, Volume 6, Issue 4, Winter 1997, Pages 471–477, <https://doi.org/10.1093/japr/6.4.471>
7. SWICK, R,A, Role Of Growth Promotants In Poultry And Swine Feed,1996,Disponível Em: WWW.ASASEA.COM/DOWNLOAD_DOC,PHP?FILE=AN04-SWICK,PDF>,
8. WARD, N,E, Quality considerations for soybean meal, american soybean association, blairstown, nj, *mita*, n, 195, v,01, 1996,
9. PARSONS, C.M., HASHIMOTO, K., WEDEKIND, K.J., HAN, Y., BAKER, D.H. Effect of over processing on availability in soybean meal. *Poultry Science*. 71:133. 1992.
10. KATHRYN MARIE BAKER- Nutritional Value Of High-Protein And Low Oligosaccharide Varieties Of Soybeans Fed To Pigs And Poultry- Tese Mestrado- B,S,, University Of Illinois At Urbana-Champaign, 2007, Urbana, Illinois, P, 108-109
11. MENDES, A,A., WATKINS, S,E., ENGLAND, J,A, et al, 1997, Influence of dietary lysine levels and arginine:lysine ratios on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age, *Poult, Sci.*, 76:472-481.
12. Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Mapa, Instrução Normativa Nº 60, de Dezembro de 2011. Regulamento Técnico Sobre Padrão De Classificação De Milho, Considerando Seus Requisitos De Identidade E Qualidade, A Amostragem, O Modo De Apresentação E A Marcação Ou Rotulagem, Nos Aspectos Referentes À Classificação Do Produto. 2011.

CAPITULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do farelo de soja em rações de frangos de corte é consagrada e, nos últimos anos, a soja vem ganhando destaque na formulação de rações avícolas como importante ingrediente proteico. O valor nutricional desse ingrediente não é questionável, no entanto, a presença de fatores antinutricionais tem que ser levada em consideração.

Para o melhor aproveitamento da qualidade nutricional da soja é de extrema importância a monitoria dos indicativos de qualidade bromatológica e do processamento do farelo de soja. Neste trabalho verificamos a partir dos experimentos diferentes comportamentos para composição bromatológica e aminoacídica do farelo de soja com diferentes resultados de atividade ureática e solubilidade proteica em KOH. Isto oferece embasamento e segurança para buscar trabalhar com um perfil constante em qualidade para o ingrediente.

Assim, para formulações de rações com farelo de soja como fonte proteica, o processamento térmico adequado e rigoroso controle de qualidade desses ingredientes são fundamentais para a garantia da qualidade, maior performance e melhores respostas zootécnicas. Além de cada vez mais estar sendo trabalhado o conceito de nutrição de precisão na cadeia de proteína animal, o que é muito representativo financeiramente e ecologicamente pensando em desperdício, resíduos e carências.

A utilização de resultados via NIRS deve ser feita com cautela e ponderações por parte do nutricionista para atualização de composição nutricional do farelo de soja, visto que existem muitas inconstâncias e baixa normalidade estatística nos resultados. Contudo é uma tecnologia que devido à grande difusão no mercado de proteína animal, pelos baixos custos de análise e rapidez na leitura e tomada de decisão em relação à química úmida, deve ser aproveitada.

Verifica-se a grande importância de maiores conhecimentos sobre alguns parâmetros avaliados via NIRS anteriormente à sua aplicação no campo. Sendo bem evidente pelos estudos atuais, que existem dados e parâmetros consistentes que permitem aplicação prática dos resultados obtidos, e outros parâmetros que ainda não estão bem explicados ou ajustados.

Torna-se importante neste sentido, a associação destes estudos à experimentação a campo com animais para elucidar os efeitos da qualidade do farelo de soja. Permitindo assim verificarmos possíveis erros de análise e também confirmar efeitos

prejudiciais e queda de desempenho zootécnico nas aves com ingredientes de pior qualidade.

Para melhor entendimento das análises de urease via NIRS, pode ser realizado experimentalmente análises das mesmas parcelas em metodologias diferentes (via úmida) para confrontar os resultados obtidos no equipamento, assim como discutir sobre a curva de calibração utilizada.