

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA E PROTEÍNA VERDADEIRA SOLÚVEL DE
COPRODUTOS DE TRIGO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

Carolina Schell Franceschina

PORTO ALEGRE

2013/1

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA E PROTEÍNA VERDADEIRA SOLÚVEL DE
COPRODUTOS DE TRIGO PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

Autor: Carolina Schell Franceschina

**Trabalho apresentado como requisito
parcial para graduação em Medicina
Veterinária**

Orientador: Dra. Maitê de Moraes Vieira

PORTO ALEGRE

2013/1

RESUMO

Uma das vantagens da utilização dos coprodutos do trigo é a redução dos custos de produção, mas esse uso é limitado pela escassez de informações nutricionais acerca desses ingredientes e pelos seus elevados teores de fibra. O objetivo deste trabalho foi, inicialmente, avaliar a composição química de cinco coprodutos de trigo e, por fim, avaliar a digestibilidade dos nutrientes de diferentes coprodutos de trigo na dieta de suínos em crescimento, com ênfase no conteúdo de nitrogênio, e verificar se a proteína verdadeira solúvel do ingrediente pode ser um indicador de proteína digestível em suínos. Inicialmente, foi realizada a análise bromatológica completa, de energia bruta e a determinação da proteína verdadeira solúvel de cinco coprodutos de trigo (grãos de trigo, gérmen de trigo, farinha de trigo, farelo de trigo fino e farelo de trigo grosso). Na segunda etapa, foi feita a análise de digestibilidade de cinco coprodutos de trigo (farinha de trigo, farelo de trigo grosso, farelo de trigo fino, farinha de trigo e gérmen de trigo), adicionados às dietas suínos em crescimento, através do método de substituição no qual se substituiu 27% da dieta padrão, à base de milho e soja, pelo ingrediente teste. Foram feitas as análises bromatológicas nos ingredientes, nas dietas e nas fezes dos animais e a determinação da proteína verdadeira solúvel. Posteriormente, foram determinados os coeficientes de digestibilidade das respostas analisadas. O gérmen foi o produto com maior conteúdo em nitrogênio, além de ser pouco fibroso, apresentando altos coeficientes de digestibilidade, tanto isoladamente quanto quando adicionado à dieta padrão. A farinha, mesmo possuindo um valor de proteína bruta inferior, apresentou, também, altos coeficientes de digestibilidade. Os farelos se mostraram como os ingredientes mais fibrosos, sendo que o farelo de trigo grosso apresentou coeficientes de digestibilidade significativamente inferiores e a farinha, dentre os três farelos, foi o produto mais proteico e menos fibroso, com boa digestibilidade. Na análise de regressão entre a proteína verdadeira solúvel dos ingredientes e a proteína digestível dos ingredientes pelos suínos relativos à proteína bruta não foi detectada regressão significativa. O gérmen e a farinha foram os ingredientes com melhor conteúdo de nitrogênio e melhores coeficientes de digestibilidade, seguidos da farinha, e a inclusão de 27% de farelo de trigo grosso prejudicou a digestibilidade dos demais componentes químicos da dieta. A proteína verdadeira solúvel dos ingredientes não contribuiu como indicador da proteína digestível de coprodutos de trigo em suínos em crescimento.

Palavras-chave: nutrição de monogástricos, nitrogênio solúvel, proteína digestível.

ABSTRACT

One of the advantages of using wheat coproducts is the reduction of the production costs, however its use is limited by the shortage of nutritional information regarding the ingredients and by the elevated fiber content. The objective of this paper was, initially, to evaluate the chemical composition of five wheat coproducts and, finally, to assess nutrient digestibility of different wheat coproducts on the diet of growing pigs, with emphasis in the nitrogen content, and verify that the soluble true protein of the ingredient may in fact be an indicator of digestible protein in pigs. Initially, were performed complete bromatological analysis, gross energy and determination of true protein of five wheat coproducts (wheat grains, wheat germ, wheat middlings, fine wheat bran and coarse wheat bran). In a second stage, the study analyzed digestibility of five wheat coproducts (wheat middlings, coarse wheat bran, fine wheat bran, wheat flour and wheat germ), added to the diet of growing pigs, by substitution in which 27% of the standard diet based on corn and soybean was replaced by the tested ingredient. Chemical and bromatological analyzes were made in the ingredients, the diet and animal faeces, and the determination of soluble true protein. Then, digestibility coefficients of the responses analyzed were determined. The wheat germ was the coproduct with higher content of nitrogen, addition to being somewhat fibrous, showing high digestibility, either alone or when added to standard diet. The flour, even having a lower amount of crude protein, showed as well high digestibility. The brans proved to be more fibrous, and the coarse wheat bran showed significantly lower digestibility and, the middlings, between all the brans was the most proteineous and less fibrous, with a good digestibility coefficient. In regression analysis between soluble true protein in the ingredients and digestible protein in the ingredients for pigs in relation to crude protein a significant regression was not detected. The germ and the flour showed the best nitrogen content and digestibility, followed by the middlings, and adding 27% of coarse wheat bran impaired de digestibility of the other chemical components in the diet. The soluble true protein of the ingredients did not contribute as an indicator for digestible protein in wheat coproducts in growing pigs.

Key-words: monogastric nutrition, soluble nitrogen, digestible protein.

LISTA DE ABREVIATURAS

CD = Coeficiente de Digestibilidade

CZ = Cinzas

EB = Energia Bruta

EE = Extrato Etéreo

FB = Fibra Bruta

FDA = Fibra em Detergente Ácido

FDN = Fibra em Detergente Neutro

Pad = Dieta Padrão

PB = Proteína Bruta

PD = Proteína Digestível

PDdp = Proteína Digestível da dieta padrão

PVS = Proteína Verdadeira Solúvel

MO = Matéria Orgânica

MS = Matéria Seca 105°C

NI = Nitrogênio Insolúvel

NIDA = Nitrogênio em Detergente Ácido

NIDN = Nitrogênio em Detergente Neutro

NNP = Nitrogênio Não Proteico

NR = Nitrogênio Residual

NS = Nitrogênio Solúvel

NT = Nitrogênio Total

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura de um grão de trigo.....	10
Figura 2 Fluxograma simplificado do processamento do grão de trigo.....	11
Figura 3 Farelo de trigo comum (FTC) formado por farinheta de trigo (FT), farelo de trigo fino (FF) e farelo de trigo grosso (FG).....	12
Figura 4 Gráficos da regressão entre proteína verdadeira solúvel e proteína digestível em valores absolutos (esquerda) e relativos à PB do ingrediente (direita).....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Composição química dos coprodutos de trigo com médias expressas em matéria seca.....	16
Tabela 2 Conteúdo em nitrogênio e estimativa da PVS dos coprodutos de trigo. Médias expressas na matéria seca.....	17
Tabela 3 Composição da dieta padrão para o primeiro e o segundo período de tratamento.....	19
Tabela 4 Composição dos tratamentos e ingredientes das dietas para suínos em crescimento.....	20
Tabela 5 Composição bromatológica média, expressa em porcentagem de matéria seca, de coprodutos de trigo incluídos nas dietas experimentais.....	22
Tabela 6 Composição bromatológica média, expressa em porcentagem de matéria seca, das dietas experimentais.....	23
Tabela 7 Coeficientes de digestibilidade das dietas com inclusão de coprodutos de trigo para suínos em crescimento.....	24
Tabela 8 Coeficientes de digestibilidade do conteúdo em nitrogênio das dietas com inclusão de coprodutos de trigo para suínos em crescimento.....	25
Tabela 9 Coeficientes de digestibilidade dos coprodutos de trigo para suínos em crescimento.....	26
Tabela 10 Coeficientes de digestibilidade do conteúdo em nitrogênio dos coprodutos de trigo.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVO.....	08
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	09
2.1	O trigo.....	09
2.2	Coprodutos do trigo.....	10
2.3	Suíños em crescimento.....	13
3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROTEÍNA VERDADEIRA SOLÚVEL DE COPRODUTOS DE TRIGO.....	14
3.1	Introdução.....	14
3.2	Material e Métodos.....	14
3.3	Resultados e discussão.....	16
3.4	Conclusão.....	17
4	DIGESTIBILIDADE PROTEICA DE COPRODUTOS DE TRIGO EM SUÍNOS EM CRESCIMENTO.....	18
4.1	Introdução.....	18
4.2	Material e Métodos.....	18
4.3	Resultados e discussão.....	22
4.4	Conclusão.....	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
6	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O grão de trigo (*Triticum aestivum*) pode ser utilizado como ingrediente alternativo em rações de suínos, após o seu beneficiamento. Os coprodutos do trigo podem ser obtidos após uma série de processamentos (moagens), após os quais é possível separar determinados resíduos com o uso de peneiras. A região Sul é a que possui mais moinhos em atividade (77,29%), sendo que desses, 80 estão no Rio Grande do Sul (ABITRIGO, 2012). O farelo de trigo, ou “farelo de trigo comum”, é um resíduo formado pela mistura do farelo grosso, farelo fino e farinheta, e um dos seus limitantes para uso na alimentação de aves e suínos é o alto valor de fibra bruta, que diminui os valores de energia disponível devido à baixa eficiência fermentativa desses animais (BRANDELLI et al., 2012). A avaliação do aproveitamento de coprodutos de trigo (farelo grosso, farelo fino, farinha, farinheta e gérmen) para suínos em fase de crescimento é importante para o uso desses coprodutos nas dietas.

A digestibilidade está relacionada ao aproveitamento nutricional do alimento ingerido pelo animal, sendo, portanto, uma relação entre o que o animal consome e o que o animal perde nas fezes (RIBEIRO, 2010). Através dessa técnica é possível avaliar o nível de aproveitamento de determinados nutrientes que são dependentes do alimento consumido. O estudo do aproveitamento proteico desses coprodutos pode melhorar a inclusão desses na dieta de suínos em crescimento. Segundo Brandelli et al. (2012), a inclusão de coprodutos de trigo na dieta de aves e suínos é limitada pela quantidade de fibra, mas, ao avaliar o aproveitamento do conteúdo de nitrogênio desses ingredientes, pode-se valorizar o seu uso nas dietas desses animais.

O objetivo deste trabalho foi, inicialmente, avaliar a composição química de cinco coprodutos de trigo e, por fim, avaliar a digestibilidade dos nutrientes de diferentes coprodutos de trigo na dieta de suínos em crescimento, com ênfase no conteúdo de nitrogênio. Através da determinação das frações de nitrogênio dos coprodutos do trigo, das rações, e das fezes de suínos que foram alimentados com esses coprodutos nas suas rações, objetivou-se, ainda, determinar o valor da proteína verdadeira solúvel dos ingredientes e a digestibilidade dessa proteína, e verificar se a proteína verdadeira solúvel do ingrediente pode ser um indicador de proteína digestível em suínos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O trigo

O trigo é uma gramínea de cultivo anual, sendo *Triticum aestivum* a espécie mais cultivada no mundo (ABITRIGO, 2013). Os cultivares de trigo são classificados em trigo de inverno ou trigo de primavera (conforme estação do ano) e trigo duro (elevado teor de glúten) ou trigo macio (elevado teor de amido) (BRANDELLI et al., 2012). A variação de dureza ou textura do grão de trigo é uma característica importante, que determina a utilização final do produto, sendo fundamental no comércio mundial do grão de trigo (MORRIS, 2002).

A produção mundial de trigo até abril de 2013 foi de 655,4 milhões de toneladas e, entre 2011 e 2012, a produção brasileira foi de 5,8 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2013). A região Sul do Brasil é a maior produtora de trigo. Segundo a CONAB (2013) na safra de 2011/2012 a produção foi de 5,4 mil toneladas na região Sul, sendo que o Rio Grande do Sul produziu 2,7 mil toneladas e o Paraná 2,5 mil toneladas.

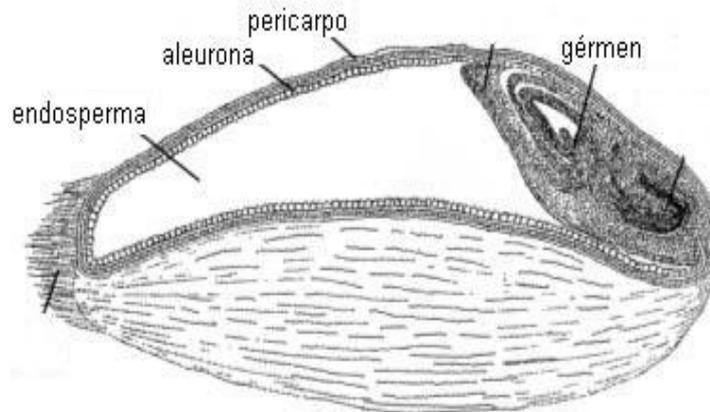
O Brasil está, atualmente, dividido em três regiões tritícolas: Região Sul-Brasileira (RS e SC), com excesso de chuva e solos ácidos; a Região Centro-Sul-Brasileira (PR, MS, SP), que apresenta uma parte mais ao sul do PR também com excesso de chuva e solos ácidos, e as outras regiões com baixa pluviosidade e solos com ou sem acidez; e a Região Centro-Brasileira (GO, DF, MG, MT e BA), com solos ácidos, onde o cultivo de trigo é irrigado em épocas de baixa precipitação pluviométrica (CUNHA et al., 2006).

O grão de trigo é composto pelo gérmen, pelo endosperma e pelo pericarpo (Figura 1). Cereais das tribos *Triticeae* (que inclui o trigo) e *Aveneae* (que inclui a aveia) podem ser distinguidos por um vinco na sua região ventral e que se estende por todo o comprimento do grão, sendo mais marcado no trigo, e, durante o processamento, ele apresenta a maior dificuldade para a separação do endosperma do resto dos tecidos (EVERS; MILLAR, 2002).

Segundo Haddad et al. (2001), o endosperma do trigo consiste em uma matriz proteica composta por um grande número de grânulos de amido. As proteínas dessa matriz proteica do endosperma compostas, em parte, pelo glúten, formam uma rede viscoelástica quando a farinha, por exemplo, é misturada com a água para a fabricação de massas (SHEWRY et al., 2002). A rede de glúten possui a capacidade de se deformar e reter gases da fermentação, o que propicia o crescimento de pães, sendo o trigo o único cereal que possui glúten em quantidade expressiva (RAE, 2011).

O grão de trigo maduro contém de 8 a 20% de proteína, incluindo as proteínas da rede de glúten, que são ricas em prolina e glutamina (DUPONT; ALTENBACH, 2003). O pericarpo, partícula que recobre o grão, é rico em pentosanas, celulose e enzimas (BRANDELLI et al., 2012).

Figura 1 – Estrutura de um grão de trigo



Fonte: Adaptado de McKeivith [2004]

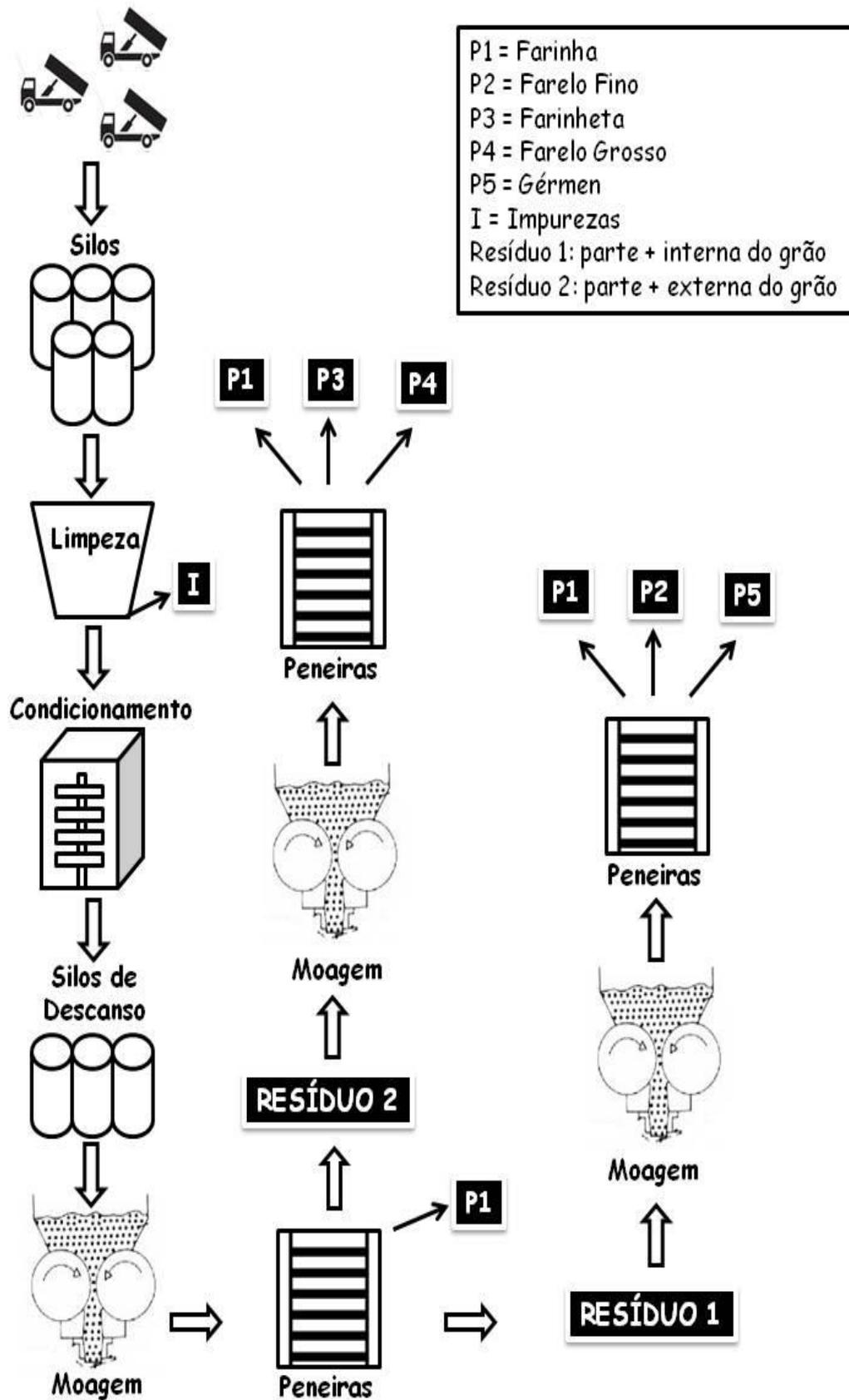
2.2 Coprodutos do trigo

Os coprodutos do trigo podem ser obtidos após uma série de processamentos (moagens), após os quais é possível separar determinados resíduos com o uso de peneiras (Figura 2).

O processo de moagem é composto de três passagens: trituração, redução e compressão, e o objetivo é a melhor separação do endosperma do resto do grão (BRANDELLI et al. 2012). Portanto, durante a separação na moagem do trigo, o endosperma é recuperado como farinha branca, e as camadas externas do grão formam o farelo, que é composto pelo pericarpo, pelo tegumento, pela camada de aleurona, e, ainda, alguns resquícios do endosperma (ANTOINE et al., 2003).

O farelo de trigo é produzido pela maioria dos moinhos como um único farelo que mescla frações de farelo de trigo fino, grosso e farinheta – o farelo de trigo comum, ainda pouco explorado para aves e suínos por possuir baixo conteúdo energético e alto valor de fibra bruta (BRANDELLI et al., 2012). Para a alimentação humana, o principal produto obtido após o beneficiamento do trigo é a farinha de trigo, correspondendo a 75% da produção (WESENDONCK, 2012). A região Sul é a que possui mais moinhos em atividade (77,29%), sendo que desses, 80 estão no Rio Grande do Sul (ABITRIGO, 2012).

Figura 2 – Fluxograma simplificado do processamento do grão de trigo

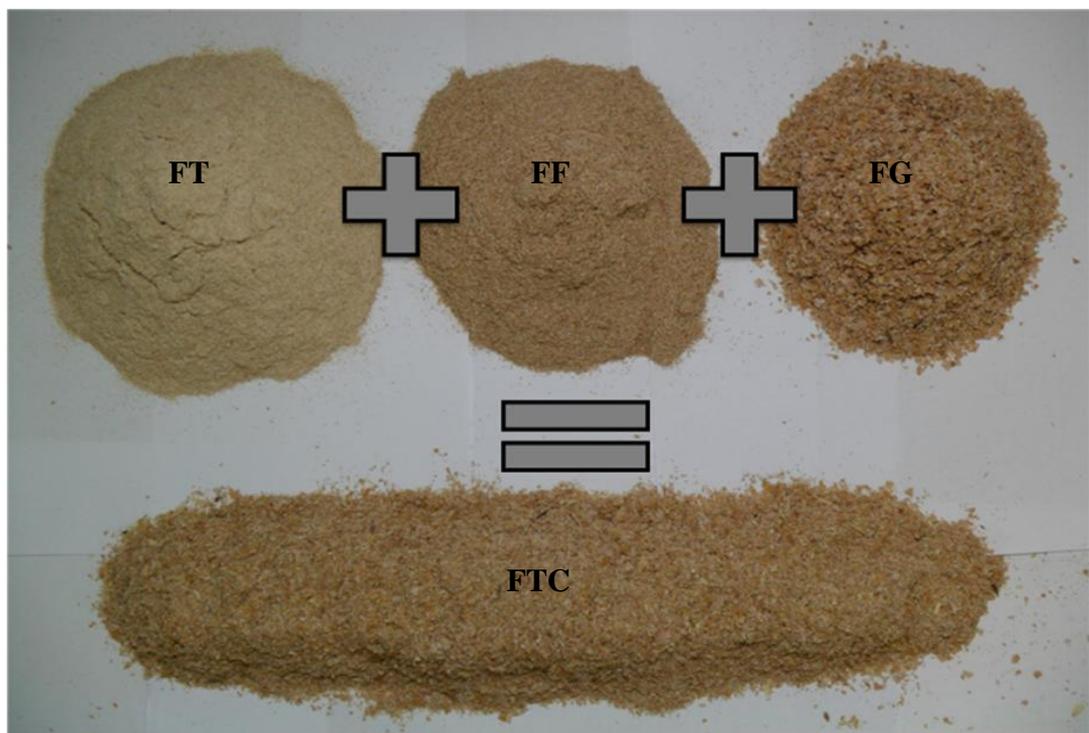


Fonte: Brandelli et al [2012]

A farinheta possui aparência semelhante à farinha de trigo e teor de fibra bruta entre 4,5 e 5% na base natural, o farelo fino, devido à maior quantidade de casca do grão, possui teor de fibra bruta mais elevado (de 7 a 7,5% na base natural) e o farelo grosso, gerado na última etapa de beneficiamento do grão de trigo, apresenta de 8,5 a 9% de fibra bruta na base natural (BRANDELLI et al., 2012).

O uso de coprodutos de grãos e cereais como alternativa na alimentação humana, mesmo com o baixo custo e a fácil acessibilidade, ainda é criticado devido à possível ocorrência de toxinas e fatores antinutricionais (FERREIRA et al., 2005). Diferente do que ocorre em outros países, a base de carboidratos na dieta do brasileiro ainda é o arroz (ROSSI; NEVES; CASTRO, 2005), o que também pode ser vantagem no que diz respeito ao uso desses ingredientes na dieta animal. Já na alimentação animal, espécies monogástricas como aves e suínos consomem dietas baseadas, principalmente, em milho, um insumo de preço elevado, já que também é utilizado na alimentação humana, por isso muitos estudos estão sendo realizados na busca de fontes alimentares alternativas, que incluem os coprodutos e resíduos agroindustriais (GOMES et al., 2007).

Figura 3 – Farelo de trigo comum (FTC) formado por farinheta de trigo (FT), farelo de trigo fino (FF) e farelo de trigo grosso (FG)



Fonte: Brandelli et al [2012]

2.3 Suínos em crescimento

O crescimento do suíno é estimulado pelo fornecimento de nutrientes, pela idade, pela genética e pelas condições sanitárias das instalações, sendo que as dietas de crescimento representam entre 20 e 25% dos custos de alimentação, pois é nesta fase que os suínos estão no momento de maior velocidade de deposição de tecido magro (SOBESTIANSKY et al., 1998).

No suíno em crescimento, a composição corporal irá depender dos tecidos adiposos e proteicos, e a sua relação com a ingestão de nutrientes depende de fatores relacionados à nutrição, ao genótipo, ao ambiente e à maturidade (LANGE; MOREL; BIRKETT, 2003). O suíno apresenta um aumento acelerado de peso no início da vida, seguido de uma fase de estagnação entre os 30 e o 120 kg (SOBESTIANSKY et al., 1998).

A fibra, no suíno, é digerida por enzimas do próprio animal (intestino delgado) e sofre fermentação microbológica (ceco e intestino grosso), e as suas ações fisiológicas (retenção de água, formação de gel, adsorção e trocas catiônicas) e efeitos nutricionais dependem da sua natureza, associação com outros componentes, concentração na dieta, idade e peso do animal e o tempo de trânsito no intestino (DIERICK et al., 1989). Segundo Noblet e Le Goff (2001) a fibra dietética é parcialmente digerida por suínos em crescimento, sendo a sua digestibilidade muito mais variável do que a de outros componentes do alimento. Dietas muito fibrosas e fornecidas indiscriminadamente a categorias mais jovens, como leitões desmamados ou em crescimento, fêmeas em final de gestação, fêmeas em lactação ou animais debilitados, podem reduzir a produtividade (GOMES et al., 2007).

Segundo WESENDONCK (2012), a farinha de trigo é um ingrediente alternativo capaz de ser utilizado nas dietas de suínos, pois respeita os níveis máximos de fibra para cada categoria e fase de produção animal. Os suínos conseguem se adaptar bem a dietas com novos ingredientes, inclusive quando o teor de fibra da dieta aumenta, e a inclusão de 40% de farelo de trigo na dieta mantém a conversão alimentar, porém com menos consumo de dieta líquida sendo, portanto, eficiente quando se deseja realizar o programa de restrição qualitativa para suínos em terminação, não gerando perda de desempenho (BRANDELLI et al., 2012).

3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS COPRODUTOS DE TRIGO

3.1 Introdução

Uma das limitações para a utilização de coprodutos do trigo na alimentação de animais de produção é a escassez de informações nutricionais acerca desses ingredientes. No Brasil, há informações sobre a composição nutricional somente do farelo de trigo (ROSTAGNO et al., 2011), mas há, ainda, outros coprodutos, que são originados do beneficiamento do trigo na indústria e não são competitivos com a alimentação humana.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química de cinco coprodutos de trigo, especialmente o conteúdo de nitrogênio para, assim, estimar os valores de proteína verdadeira solúvel, que pode ser um indicativo da qualidade proteica de alimentos utilizados na alimentação animal.

3.2 Material e métodos

Foram analisados cinco diferentes coprodutos de trigo, provenientes de três moinhos do estado do Rio Grande do Sul: grãos de trigo (GR), gérmen de trigo (GT), farinha de trigo (FT), farelo de trigo fino (FF) e farelo de trigo grosso (FG). Todas as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Foi coletada uma amostra de cada subproduto em cada moinho, totalizando três repetições por ingrediente, e as análises foram feitas em duplicata.

As análises bromatológicas realizadas, de acordo com a AOAC (1995), foram: Matéria Seca 105°C (MS) – método 930.15, Cinzas (CZ) – método 942.05, Proteína Bruta (PB) – método 984.13 adaptado por Prates, 2007, Extrato Etéreo (EE) – método 920.39, Fibra Bruta (FB) – método 978.10, Extrativo Não Nitrogenado (ENN) estimado pela equação: $100 - (\text{umidade} + \text{PB} + \text{CZ} + \text{EE} + \text{FB})$ (Prates, 2007) e Energia Bruta (EB), realizada através de bomba calorimétrica isoperibólica, modelo C2000, marca IKA Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemanha.

Para determinação do conteúdo em nitrogênio, foram realizadas as seguintes análises: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro (NIDN), Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA), Nitrogênio Não Proteico (NNP) e Nitrogênio Solúvel (NS).

As análises de NIDN e NIDA foram feitas com os resíduos de amostra provenientes de digestão em detergentes neutro e ácido – Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em

Detergente Ácido (FDA), respectivamente (AOAC, 1995, adaptado por Prates, 2007). Na análise de FDN, a solução de detergente neutro separou o alimento em duas porções: uma porção solúvel em detergente neutro, que é o conteúdo celular (amido, proteína, açúcar e outros compostos altamente digestíveis) e uma porção que é insolúvel em detergente neutro, correspondendo à parede celular (PRATES, 2007). Na análise de FDA a amostra foi digerida em detergente ácido, que solubilizou a hemicelulose da parede celular, restando, basicamente, a celulose e a lignina. De ambos os resíduos, foi determinado o conteúdo em nitrogênio pelo método de Kjeldhal

Nas análises de NS e NNP, as amostras foram tratadas em solução tampão borato-fosfato e em meio ácido com ácido tricloroacético, respectivamente, com posterior filtragem do resíduo e destilação, que seguiu o método de Kjeldhal. Na análise de NS foram pesadas 0,5g de amostra em erlenmeyer de 125ml e adicionou-se 50ml de tampão borato-fosfato, seguido de 1ml de azida sódica. A solução ficou em repouso por três horas e, após esse tempo, o resíduo foi filtrado a vácuo, em papel filtro. O papel e o resíduo foram digeridos e destilados em macro tubos de Kjeldhal. Na análise de NNP foram pesados 0,5g de amostra em erlenmeyer de 125ml e adicionou-se 50ml de água destilada às amostras. Após 30 minutos, adicionou-se mais 10ml de ácido tricloroacético à solução, que foi deixada por mais 30 minutos em repouso. Após esse tempo, o resíduo foi filtrado a vácuo, em papel filtro. O papel e o resíduo foram digeridos e destilados em macro tubos de Kjeldhal. Ainda, a análise de Nitrogênio Total (NT), que resulta os valores de PB, foi realizada pelo método de Kjeldhal, utilizando o fator de conversão de 6,25 para obter a PB.

As análises de NIDN e NIDA estimaram os valores de nitrogênio insolúvel, enquanto que os valores de NNP e NS foram usados para o cálculo da Proteína Verdadeira Solúvel (PVS). O resíduo filtrado a partir da técnica de NNP é denominado Nitrogênio Residual (NR), calculando-se o NNP como $NT - NR$. O resíduo filtrado a partir da técnica de NS é denominado Nitrogênio Insolúvel (NI), calculando-se o NS como $NT - NI$. A Proteína Verdadeira Solúvel (PVS) foi calculada como $PVS = PB - NI * 6,25 - NNP$. A fração nitrogenada solúvel dos alimentos contem os compostos nitrogenados não proteicos, aminoácidos, peptídeos e proteínas, sendo que a proteína verdadeira solúvel é a porção assimilada em pH ruminal, ou seja, 6,7. (LOPES; SANTANA, 2005). De acordo com Pitt et al. (1996), com valores de pH ruminal abaixo de 6,2, a taxa da digestão de fibra já é prejudicada, o que está relacionado a valores de FDN na dieta abaixo de 20%.

Realizou-se análise de variância utilizando o procedimento GLM no programa estatístico SAS (1999) e as médias foram testadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Através da análise bromatológica dos ingredientes, verificou-se uma grande diversidade entre os coprodutos de trigo, com diferenças significativas em todas as respostas analisadas (Tabela 1). No grão de trigo destaca-se o alto ENN, devido ao amido. O gérmen apresentou maiores resultados de PB e EB. O farelo de trigo grosso foi o ingrediente que apresentou os maiores valores nas frações fibrosas (FB, FDN e FDA), o que pode ser a causa do alto valor de fibra do farelo de trigo, que é formado, em sua maior parte (cerca de 85%), pelo próprio farelo de trigo grosso. O alto teor de fibra do farelo de trigo é um dos fatores limitantes para o seu uso em dietas para aves e suínos (BRANDELLI et al., 2012). O farelo de trigo fino também possui níveis de fibra altos, porém são menores do que os níveis de fibra do farelo grosso, que, no processo de extração do grão, corresponde à sua camada mais externa e fibrosa (SILVA, 2006).

Tabela 1 – Composição química dos coprodutos de trigo com médias expressas em porcentagem de matéria seca

Coprodutos	EB ²	MS	CZ	PB	EE	FB	ENN	FDN	FDA
	kcal/g	%	%	%	%	%	%	%	%
GR ¹	4335,55c	86,82b	1,54c	13,91c	1,34c	2,47d	68,67a	17,54c	3,41e*
GT	4807,13a	89,84a	4,26b	28,77a	8,74a	2,62d	45,46d	17,77c	5,24d
FT	4559,35b	90,36a	3,35b	17,05b	5,17b	5,12c	59,64b	29,42b	8,37c
FF	4569,02b	89,58a	4,18b	17,59b	4,71b	7,36b	55,73bc	35,65b	10,63b
FG	4540,52b	88,77ab	5,53a	17,49b	4,58b	9,83a	51,35c	45,73a	13,30a
Probabilidade	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Erro Padrão	66,85	1,30	0,51	1,63	1,20	0,76	3,38	4,22	0,86

*Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ GR – Grãos de Trigo; GT – Gérmen de Trigo; FT – Farinheta de Trigo; FF – Farelo de Trigo Fino; FG – Farelo de Trigo Grosso.

² EB – Energia Bruta; MS – Matéria Seca; CZ – Cinzas; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FB – Fibra Bruta; ENN – Extrativo Não Nitrogenado; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente Ácido.

Na análise do conteúdo de nitrogênio dos ingredientes (NT, NIDN, NIDA, NNP e NS) o grão de trigo apresentou maior valor de NIDN do que os demais, mesmo com o valor de FDN menor. O gérmen, subproduto com maior conteúdo de proteína bruta, foi o ingrediente que apresentou o maior valor de NIDA, que é a fração de nitrogênio praticamente insolúvel e

não assimilável pelo animal por estar relacionada com a lignina. Por outro lado, o gérmen também apresentou os maiores valores de NNP e NS, que são as frações de nitrogênio solúvel, e, conseqüentemente, maior valor de PVS.

Tabela 2 – Conteúdo em nitrogênio e estimativa da PVS dos coprodutos de trigo com médias expressas em porcentagem de matéria seca.

Coprodutos	NT ²	NIDN	NIDA	NS	NNP	PVS
	%	%	%	%	%	%
GR ¹	1,88c	2,25a	1,36a	0,44c	0,48bc	2,29c*
GT	4,09a	2,17a	1,66a	2,43a	1,51a	13,71a
FT	2,29bc	0,81c	0,60b	0,82b	0,35c	4,77b
FF	2,48b	1,22bc	0,59b	0,91b	0,51bc	5,17b
FG	2,50b	1,39b	0,45b	0,87b	0,70b	4,72b
Probabilidade	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Erro Padrão	0,23	0,30	0,33	0,07	0,19	0,41

*Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ GR – Grãos de Trigo; GT – Gérmen de Trigo; FT – Farinheta de Trigo; FF – Farelo de Trigo Fino; FG – Farelo de Trigo Grosso.

² NT – Nitrogênio Total; NIDN – Nitrogênio em Detergente Neutro; NIDA – Nitrogênio em Detergente Ácido; NS – Nitrogênio Solúvel; NNP – Nitrogênio Não Proteico; PVS – Proteína Verdadeira Solúvel.

3.4 Conclusão

Os coprodutos apresentam composição química diferenciada, tanto no conteúdo em nitrogênio quando no conteúdo fibroso, podendo diferentes coprodutos oriundos do beneficiamento dos mesmos grãos apresentar diferentes composições. A análise do nitrogênio insolúvel diferenciou o conteúdo proteico dos coprodutos, mas não foi suficiente como indicador de qualidade proteica desses ingredientes. Futuros estudos poderão confirmar a viabilidade da análise da proteína verdadeira solúvel de coprodutos de trigo para a predição da proteína digestível para animais monogástricos.

4 DIGESTIBILIDADE PROTEICA DE COPRODUTOS DE TRIGO EM SUÍNOS EM CRESCIMENTO

4.1 Introdução

A necessidade da utilização de ingredientes alternativos para animais de produção vem crescendo nos últimos anos, principalmente após o aumento do preço do milho e da soja em 2012, o que aumentou consideravelmente os custos da produção. Uma das vantagens da utilização dos coprodutos do trigo, ingrediente testado neste trabalho, é a baixa utilização na alimentação humana, que consome primariamente a farinha de trigo. Após o beneficiamento do trigo, 75% do produto equivale à farinha de trigo e os 25% restantes, que são comumente vendidos como farelo de trigo, correspondem aos diferentes coprodutos (farinheta, farelo fino e farelo grosso), que são separados por peneiras na indústria (WESENDONCK, 2012).

A fração nitrogenada solúvel dos alimentos contem os compostos nitrogenados não proteicos, aminoácidos, peptídeos e proteínas, sendo que a proteína verdadeira solúvel é a porção solúvel em pH ruminal (LOPES; SANTANA, 2005). Com poucos dados na literatura sobre o valor nutricional e a composição química dos coprodutos de trigo, o objetivo deste trabalho foi avaliar cinco coprodutos na dieta de suínos em crescimento, com relação ao seu valor nutricional e à digestibilidade dos nutrientes com ênfase na proteína verdadeira solúvel, e verificar se a proteína verdadeira solúvel do ingrediente pode ser um indicador de proteína digestível em suínos.

4.2 Material e métodos

O experimento com animais foi realizado no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) da UFRGS, e as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS. Todos os procedimentos usados neste experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, projeto cadastrado número 24157.

O experimento foi dividido em dois períodos, em que foram utilizados 18 suínos machos castrados de linhagem comercial, que apresentaram peso médio de $50,9\text{kg} \pm 5,1\text{kg}$ no início do primeiro período e média de $73,5\text{kg} \pm 5,5\text{kg}$ ao final do experimento. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições por tratamento em cada período, e a unidade experimental foi composta por um animal.

As dietas foram preparadas na fábrica de ração do LEZO, sendo que a dieta padrão foi formulada de acordo com as recomendações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011), à base de milho e farelo de soja, adicionada de macro e micro minerais e aminoácidos industrializados (Tabela 3). Foram utilizados cinco coprodutos de trigo para a composição das dietas experimentais (farinheta de trigo, farelo de trigo grosso, farelo de trigo fino, farinha de trigo e gérmen de trigo). Foi utilizado o método de substituição (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007) para quantificação da digestibilidade dos ingredientes, em que os tratamentos foram compostos com os diferentes coprodutos de trigo, substituindo 27% da dieta padrão pelo ingrediente teste (Tabela 4).

Tabela 3 – Composição da dieta padrão para o primeiro e o segundo período de tratamento

Ingredientes	Participação (%)
Milho	82,87
Farelo de Soja 44	12,63
Calcário	1,44
Fósforo Bicálcico	1,00
Óleo de soja	1,00
Sal	0,465
L-Lisina HCl	0,265
CL-Colina (60%)	0,095
L-Treonina	0,091
Premix Mineral ¹	0,065
DL Metionina	0,042
Premix Vitamínico ²	0,035
	Análise Proximal*
Matéria Seca (%)	87,80
Energia Bruta (Kcal.Kg ⁻¹)	4331,5
Proteína Bruta (%)	13,58
Fibra em Detergente Neutro (%)	12,98
Fibra em Detergente Ácido (%)	3,51
Extrato Etéreo (%)	2,82

*Valores expressos com base na matéria seca.

¹ Adição por kg de dieta: selênio, 0,39 mg; iodo, 0,46 mg; ferro, 52 mg; cobre, 10,4 mg; zinco, 104 mg; Mn, 39 mg.

² Adição por kg de dieta: vitamina A, 11.200 UI; vitamina D3, 2.100 UI; vitamina E, 25,2 mg; vitamina K, 2,8 mg; vitamina B1, 2,24 mg; vitamina B2, 7,14 mg; vitamina B6, 2,17 mg; vitamina B12, 26,6 µg; ácido pantotênico, 18,2 mg; niacina, 36,4 mg; ácido fólico, 0,63 mg; biotina, 126 mcg.

Tabela 4 – Composição dos tratamentos e ingredientes das dietas para suínos em crescimento

Tratamentos	Ingredientes
Padrão	Dieta à base de milho e farelo de soja
Farinheta (FT)	73% da dieta padrão + 27% de farinheta de trigo
Farelo Grosso (FG)	73% da dieta padrão + 27% de farelo de trigo grosso
Farelo Fino (FF)	73% da dieta padrão + 27% de farelo de trigo fino
Farinha (FA)	73% da dieta padrão + 27% de farinha de trigo
Gérmen (GE)	73% da dieta padrão + 27% de gérmen de trigo

Os animais receberam água à vontade e o fornecimento da ração foi diário às 8:30 e às 16:30. A quantidade de alimento foi restrita, com oferta total diária de 2,2kg de alimento por animal no primeiro período e 2,4kg de alimento por animal no segundo período, calculada para suprir 2,6 vezes a manutenção de 250 kcal.kg⁻¹ de peso metabólico (peso vivo^{0,6}).

Em ambos os períodos os animais passaram por quatro dias de adaptação às dietas experimentais e cinco dias de oferta de ração e coleta de fezes. Após o período de adaptação, foi adicionado Fe₂O₃ (0,5g por 100g de ração) às dietas como marcador externo, de modo que as coletas iniciaram após a identificação de fezes marcadas. As fezes foram coletadas duas vezes por dia, após o fornecimento da dieta, e acondicionadas em sacos plásticos identificados e conservadas em freezer a -10° C. Também foi coletado, diariamente, o resíduo não consumido da dieta ofertada, que foi acondicionado em saco plástico e conservado em freezer a -10° C para posterior análise de matéria seca e correção da oferta de ração no período de coleta.

Ao final de cada período todas as amostras de fezes foram homogeneizadas e pesadas, com coleta de 20% do peso total. As amostras de ingredientes, rações e fezes foram levadas ao Laboratório de Nutrição Animal para a realização das análises bromatológicas. As amostras de ingredientes e rações foram moídas em moinho de facas modelo TE-631/2-Tecnal. As amostras de fezes, tanto do primeiro quanto do segundo período, foram secas em estufa de ventilação forçada, a 60° C, por 72 horas e moídas em moinho tipo Wiley-Deleo com peneira de 1mm.

As análises bromatológicas dos ingredientes, das rações e das fezes foram realizadas de acordo com a AOAC (1995). Analisou-se Matéria Seca (MS) – método 930.15, Cinzas (CZ) e Matéria Orgânica (MO) – método 942.05, Proteína Bruta (PB) – método 984.13 adaptado por Prates, 2007 e Extrato Etéreo (EE) – método 920.39. Também foi realizada a análise do conteúdo em nitrogênio: Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro (NIDN) após Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido (NIDA) após Fibra em Detergente Ácido (FDA), Nitrogênio Não Proteico (NNP) e Nitrogênio Solúvel (NS) (Prates, 2007).

O Nitrogênio Total (NT) foi determinado na análise de PB. Na análise de NS, as amostras foram digeridas em tampão borato-fosfato e azida sódica a 10%, filtradas a vácuo, e o Nitrogênio Insolúvel (NI) determinado por destilação do resíduo pelo método de Kjeldhal. O NS foi calculado como NT – NI. Na análise de NNP, as amostras foram digeridas em ácido tricloroacético, filtradas a vácuo e o Nitrogênio Residual (NR) determinado por destilação do resíduo pelo método de Kjeldhal. O NNP foi calculado como NT – NR. O cálculo da Proteína Verdadeira Solúvel (PVS) foi realizado conforme a equação: $PVS = PB - NI * 6,25 - NNP$.

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade da MS (CDMS), CZ (CDCZ), MO (CDMO), PB (CDPB), EE (CDEE), NIDN (CDNIDN), NIDA (CDNIDA), FDN (CDFDN), FDA (CDFDA), NNP (CDNNP), NS (CDNS) e PVS (CDPVS). As respostas de digestibilidade dos diferentes coprodutos de trigo foram obtidas pelo método de substituição (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007), calculados conforme a fórmula exemplificada pela proteína digestível (PD):

$$PD_{dieta_padr\tilde{a}o} = PD_{dp} = (PB_{ingeridaMS} - PB_{produzida_fezesMS}) / consumo_ra\tilde{c}\tilde{a}oMS * 100$$

$$PD_{ingrediente_teste} = PD_{dp} + (PD_{dieta_teste} - PD_{dp}) / inclus\til{a}o_ingredienteMS$$

Foi utilizado o programa estatístico SAS (1999) para as análises estatísticas. Realizou-se análise de variância, utilizando o procedimento GLM, e as médias foram testadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizada a análise de correlação de Pearson pelo procedimento CORR entre os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, digestível e verdadeira solúvel tanto da dieta quanto dos ingredientes e a proteína verdadeira solúvel dos ingredientes. Foi realizada a análise de regressão, utilizando o procedimento REG, entre a proteína verdadeira solúvel dos ingredientes e a proteína digestível dos ingredientes pelos suínos, utilizando os valores absolutos e os valores relativos à proteína bruta do ingrediente.

4.3 Resultados e discussão

Com a análise da composição bromatológica dos coprodutos pode-se verificar uma grande diversidade nas suas composições (Tabela 5). O gérmen se apresentou como o ingrediente com maiores teores de nitrogênio – maiores valores de PB, NIDN, NIDA, NNP, NS e PVS, além de apresentar o menor valor de FDN e o segundo menor valor de FDA. Logo, caracterizou-se como um ingrediente com potencial para maior aproveitamento em nitrogênio, por possuir o maior valor proteico e ser o menos fibroso.

A farinha de trigo, embora seja formada basicamente pelo endosperma, que possui uma estrutura majoritariamente proteica (HADDAD et al., 2001), apresentou o menor valor de PB (15,24%), além dos menores valores de EE e CZ, mas, por outro lado, apresentou o segundo maior valor de NIDN. Não foi possível determinar o NIDA deste ingrediente devido à alta digestão da amostra em detergente ácido, não sendo possível, portanto, recuperar esta amostra para a análise de nitrogênio, sendo considerada com não detectável. A farinha de trigo também apresentou os menores valores de NS e PVS.

Tabela 5 – Composição bromatológica média, expressa em porcentagem de matéria seca, de coprodutos de trigo incluídos nas dietas experimentais

%	Farinheta	Farelo Grosso	Farelo Fino	Farinha	Gérmen
MS ¹	89,16	88,36	88,39	87,93	88,54
CZ	3,85	5,47	5,48	0,80	4,46
PB	19,57	18,83	18,96	15,24	31,41
EE	3,87	3,67	4,68	0,82	8,97
FDN	27,80	41,34	42,18	24,02	10,15
FDA	7,63	11,49	12,26	0,64	2,50
NT	3,13	3,01	3,04	2,44	5,03
NIDN	1,04	1,70	1,41	2,60	3,79
NIDA	0,65	0,61	0,62	0,00	1,40
NNP	1,02	0,82	0,86	0,86	1,63
NS	1,06	0,89	0,97	0,58	2,12
PVS	5,61	4,76	5,19	2,79	11,62

¹ MS – Matéria Seca; CS – Cinzas; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente Ácido; NT – Nitrogênio Total; NIDN – Nitrogênio em Detergente Neutro; NIDA – Nitrogênio em Detergente Ácido; NNP – Nitrogênio Não Proteico; NS – Nitrogênio Solúvel; PVS – Proteína Verdadeira Solúvel.

Os farelos (farinheta de trigo, farelo de trigo grosso e farelo de trigo fino) apresentaram valores de PB semelhantes, com destaque para a farinheta que, dentre os coprodutos, foi a que apresentou a maior PB (19,57%). Esses valores foram maiores do que os propostos por Rostagno et al. (2005). O farelo de trigo fino apresentou-se como o ingrediente mais fibroso, com maior FDN e FDA, e o farelo de trigo grosso foi o menos proteico, com menores valores de NIDA, NNP, NS e PVS.

Na análise da composição das dietas experimentais, a dieta padrão, isoladamente, possui o menor teor de PB e o segundo menor de PVS, mas possui o maior teor de NIDN, com o segundo menor teor de FDN (Tabela 6).

Após a substituição de 27% dieta padrão pelos diferentes coprodutos de trigo, pode-se observar uma diferença no perfil da composição bromatológica das dietas experimentais, mesmo com o nível de inclusão pertencendo ao intervalo proposto por Rostagno et al., 2005.

Tabela 6 – Composição bromatológica média, expressa em porcentagem de matéria seca, das dietas experimentais

%	Pad. ¹	Pad. + FT	Pad. + FG	Pad. + FF	Pad. + FA	Pad. + GE
MS ²	87,80	88,87	88,40	88,75	88,31	88,50
CZ	4,80	4,73	5,21	5,28	3,94	5,04
PB	13,58	14,93	15,06	15,46	13,63	18,21
EE	2,82	2,61	2,74	2,96	1,82	3,36
FDN	12,98	17,59	20,14	20,04	14,44	12,07
FDA	3,51	4,83	5,79	6,21	2,77	3,45
NT	2,17	2,39	2,41	2,48	2,18	2,91
NIDN	2,47	1,84	2,06	1,85	2,42	2,41
NIDA	1,76	1,27	1,08	0,97	1,92	2,32
NNP	0,34	0,48	0,39	0,53	0,39	0,55
NS	0,34	0,45	0,48	0,51	0,29	0,67
PVS	1,80	2,36	2,58	2,61	1,42	3,66

¹ Pad. – Dieta Padrão; FT – Farinheta de trigo; FG – Farelo de Trigo Grosso; FF – Farelo de Trigo Fino; FA – Farinha de trigo; GE – Gérmen de trigo.

² MS – Matéria Seca; CZ – Cinzas; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente Ácido; NT – Nitrogênio Total; NIDN – Nitrogênio em Detergente Neutro; NIDA – Nitrogênio em Detergente Ácido; NNP – Nitrogênio Não Proteico; NS – Nitrogênio Solúvel; PVS – Proteína Verdadeira Solúvel.

Ao considerar as dietas experimentais com gérmen de trigo e farinha de trigo, a dieta com gérmen apresentou o maior valor de PB, seguindo com os maiores valores de NIDA,

NNP, NS e PVS, demonstrando a contribuição do gérmen para o aumento do conteúdo em nitrogênio da dieta, sendo ainda a dieta com menores valores de FDN e FDA. Já a dieta com inclusão de farinha, obteve o segundo menor valor de PB e apresentou os menores valores de NNP, NS e PVS e, como incluía, dentre os ingredientes, o milho e o farelo de soja, não ocorreu digestão total do resíduo e foi possível determinar o NIDA, que apresentou o segundo maior valor dentre as demais dietas.

Dentre as dietas experimentais com farelos (farinheta de trigo, farelo de trigo grosso e farelo de trigo fino), os valores de PB foram semelhantes, no entanto a dieta com farinheta foi a que obteve o menor teor de PVS. Isso demonstra que a farinheta, isoladamente, apresenta valores de composição bromatológica em nitrogênio superiores quando comparados aos valores da dieta experimental com adição de farinha, o que procede com a recomendação de Rostagno et al. (2005), de inclusão máxima de 12% de farelos de trigo na dieta de suínos em crescimento. A dieta experimental com farelo de trigo grosso apresentou valores de NIDN e NIDA maiores e NNP, NS e PVS menores com relação à dieta experimental com farelo de trigo fino.

Com relação à digestibilidade das dietas, houve diferença significativa entre as mesmas (Tabela 7). A dieta padrão foi a que apresentou os valores de digestibilidade superiores às dietas com inclusão de coprodutos de trigo, concordando com Gomes et al. (2007), que verificaram prejuízo na digestibilidade pelo aumento do conteúdo de fibra bruta na dieta de suínos em crescimento.

Tabela 7 – Coeficientes de digestibilidade das dietas com inclusão de coprodutos de trigo para suínos em crescimento

	CDMS ²	CDCZ	CDMO	CDPB	CDEE	CDFDN	CDFDA
Pad. ¹	90,53b*	58,70ab	92,13a	89,34a	66,85a	67,03a	59,31a
Pad. + FT	86,55d	54,61b	88,14c	86,32b	53,71bc	59,31ab	44,54b
Pad. + FG	82,43f	54,62b	83,95e	81,44c	44,74c	51,01b	35,10c
Pad. + FF	83,99e	54,62b	85,63d	85,40b	59,15ab	54,81b	44,81b
Pad. + FA	91,82a	61,46a	93,06a	89,87a	47,78bc	67,75a	52,76a
Pad. + GE	88,81c	57,77ab	90,46b	88,14ab	58,56ab	59,35ab	52,93a
Probabilidade	0,0001	0,0058	0,0001	0,0001	0,0008	0,0009	0,0001
Erro Padrão	0,97	3,42	0,92	1,96	8,29	6,81	5,27
Coeficiente de variação (%)	1,11	6,01	1,03	2,26	15,03	11,37	10,92

* Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ Pad. – Dieta Padrão; FT – Farinheta de Trigo; FG – Farelo de Trigo Grosso; FF – Farelo de Trigo Fino; FA – Farinha de trigo; GE – Gérmen de trigo;

² Coeficientes de digestibilidade (CD) de: MS – Matéria Seca; CZ – Cinzas; MO – Matéria Orgânica; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente Ácido.

A dieta com farinha apresentou coeficientes de digestibilidade de MS, CZ, MO, PB e FDN maiores do que as demais dietas, e a digestibilidade de FDA foi semelhante à da dieta com gérmen. Dentre as dietas com farelos (farinheta de trigo, farelo de trigo grosso e farelo de trigo fino), na dieta com farelo de trigo grosso verificaram-se os menores coeficientes de digestibilidade de MS, MO, PB, EE, FDN e FDA, demonstrando que a dieta com maior teor de fibra resultou em menor digestibilidade. Isso se deve ao fato de o farelo de trigo grosso possuir níveis de fibra altos que, no processo de extração do grão, correspondem à sua camada mais externa e fibrosa (SILVA, 2006).

Com relação à digestibilidade do conteúdo em nitrogênio das dietas, a dieta padrão seguiu como aquela com os valores dos coeficientes de digestibilidade superiores às outras dietas (Tabela 8). Os coeficientes de digestibilidade de NIDN e NIDA foram maiores para as dietas experimentais com farinha de trigo e gérmen de trigo, sem diferença significativa entre ambas. Apesar das limitações para o uso dos coprodutos de trigo na dieta de suínos estarem vinculadas à baixa capacidade fermentativa dessa espécie (BRANDELLI et al., 2012), os altos valores de CDNIDN e CDNIDA encontrados nesse experimento demonstram que, embora o conteúdo de NIDN e NIDA seja baixo nos coprodutos e nas dietas, houve atividade fermentativa da fibra da dieta no trato gastrointestinal do suíno e o conteúdo em nitrogênio presente dentro da parede celular foi disponibilizado e aproveitado pelos animais.

Nas dietas com farelos de trigo, a dieta com farelo de trigo grosso apresentou coeficiente de digestibilidade de NNP significativamente menor em comparação com as outras dietas. Não houve diferença significativa entre os coeficientes de digestibilidade de NS e PVS entre as dietas testadas.

Tabela 8 – Coeficientes de digestibilidade do conteúdo em nitrogênio das dietas com inclusão de coprodutos de trigo para suínos em crescimento

	CDNIDN ²	CDNIDA	CDNNP	CDNS	CDPVS
Pad. ¹	97,25a*	96,60a	86,56a	76,56a	78,42a
Pad. + FT	95,18b	93,66b	82,03a	73,09a	71,44a
Pad. + FG	94,51b	90,20c	67,93b	59,25a	69,13a

Pad. + FF	94,68b	90,12c	85,02a	77,06a	75,11a
Pad. + FA	97,54a	97,45a	87,48a	72,81a	68,97a
Pad. + GE	96,95a	97,13a	81,23a	79,73a	79,08a
Probabilidade	0,0001	0,0001	0,0061	0,0956	0,0727
Erro Padrão	0,62	0,96	8,69	7,00	7,31
Coeficiente de variação (%)	0,65	1,02	10,64	9,31	9,92

*Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ Pad. – Dieta Padrão; FT – Farinheta de trigo; FG – Farelo de Trigo Grosso; FF – Farelo de Trigo Fino; FA – Farinha de trigo; GE – Gérmen de trigo;

² Coeficientes de digestibilidade (CD) de: NIDN – Nitrogênio em Detergente Neutro; NIDA – Nitrogênio em Detergente Ácido; NNP – Nitrogênio Não Proteico; NS – Nitrogênio Solúvel; PVS – Proteína Verdadeira Solúvel.

Na análise dos coeficientes de digestibilidade dos coprodutos houve diferença significativa (Tabela 9). A farinha de trigo foi, dentre todos os ingredientes, a que mais contribuiu positivamente com os coeficientes de digestibilidade das dietas, inclusive com o coeficiente de digestibilidade da PB. O valor negativo observado para o CDEE (-3,71%) na farinha demonstrou que a substituição de 27% da dieta padrão por farinha de trigo contribuiu negativamente para a digestibilidade do EE inicial da dieta padrão. O gérmen de trigo, por outro lado, contribuiu positivamente com a CDEE da dieta padrão, e, embora tenha sido o coproduto com maior valor de PB, apresentou um CDPB inferior ao da farinha de trigo.

Tabela 9 – Coeficientes de digestibilidade dos coprodutos de trigo para suínos em crescimento

	CDMS ¹	CDCZ	CDMO	CDPB	CDEE	CDFDN	CDFDA
Farinheta	75,97c*	43,71b	77,50c	78,26b	18,72ab	38,74ab	5,20b
Farelo Grosso	60,65e	43,64b	61,97e	60,22c	-14,74b	7,89b	-30,01c
Farelo Fino	66,46d	43,67b	98,18d	74,82b	38,49a	21,99b	5,91b
Farinha	95,30a	68,90a	95,57a	91,29a	-3,71ab	69,59a	35,08a
Gérmen	84,22b	55,28ab	85,97b	84,90ab	36,35a	38,77ab	35,86a
Probabilidade	0,0001	0,0037	0,0001	0,0001	0,0173	0,0032	0,0001
Erro Padrão	3,24	12,00	3,13	7,15	30,21	24,46	17,53
Coeficiente de variação (%)	4,22	23,52	4,02	9,18	201,05	69,10	168,41

*Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ Coeficiente de digestibilidade (CD) de: MS – Matéria Seca; CZ – Cinzas; MO – Matéria Orgânica; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FDN – Fibra em Detergente Neutro; FDA – Fibra em Detergente Ácido.

Na análise dos farelos de trigo o farelo de trigo fino apresentou o maior CDEE, seguido da farinha. O farelo de trigo grosso foi significativamente inferior nos coeficientes de digestibilidade de MS, MO e PB e também apresentou o menor CDFDA, com contribuição negativa para o coeficiente de digestibilidade de FDA da dieta padrão. Os resultados do CDMS foram maiores do que os 56,89% verificado por Wesendonck et al. (2013) com inclusão de 30% de farelo de trigo grosso na dieta, mas o CDPB do presente experimento foi menor do que o encontrado pelos autores (66,70%).

Para os coeficientes de digestibilidade do conteúdo em nitrogênio dos coprodutos, não houve diferença significativa entre os valores de CDNS e CDPVS, porém houve uma alta diferença numérica devido ao alto coeficiente de variação nessa resposta (Tabela 10). A farinha de trigo e o gérmen de trigo apresentaram valores de CDNIDN e CDNIDA significativamente superiores aos farelos. O farelo de trigo grosso foi o ingrediente com menor CDNNP, significativamente inferior a todos os outros coprodutos.

Tabela 10 – Coeficientes de digestibilidade do conteúdo em nitrogênio dos coprodutos de trigo

	CDNIDN ¹	CDNIDA	CDNNP	CDNS	CDPVS
Farinheta	89,71b*	85,81b	69,97a	55,87a	52,84a
Farelo Grosso	87,14b	72,99c	18,03b	41,64a	44,23a
Farelo Fino	87,79b	72,71c	80,94a	70,36a	66,23a
Farinha	98,32a	99,75a	90,02a	54,68a	43,53a
Gérmen	96,14a	98,56a	66,92a	78,89a	80,87a
Probabilidade	0,0001	0,0001	0,0060	0,1355	0,1116
Erro Padrão	2,46	3,36	31,50	25,54	26,90
Coeficiente de variação (%)	2,68	3,91	48,33	42,37	46,76

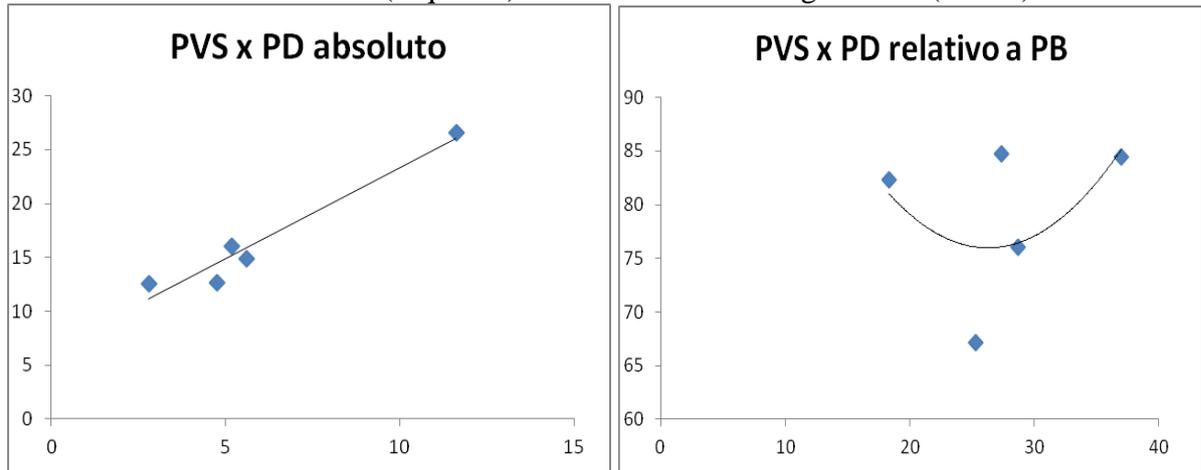
*Médias diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5%

¹ Coeficiente de digestibilidade (CD) de: NIDN – Nitrogênio em Detergente Neutro; NIDA – Nitrogênio em Detergente Ácido; NNP – Nitrogênio Não Proteico; NS – Nitrogênio Solúvel; PVS – Proteína Verdadeira Solúvel.

A análise de regressão entre os valores absolutos da proteína verdadeira solúvel dos ingredientes e a proteína digestível dos ingredientes pelos suínos resultou em correlação positiva de 0,734, e verificou-se uma regressão linear positiva conforme a equação: $PD = 1,6932 \cdot PVS + 6,3872$ (Figura 4). Na análise dos valores de proteína verdadeira solúvel dos ingredientes e a proteína digestível dos ingredientes pelos suínos relativos à proteína bruta não

foi detectada regressão significativa. Isso indica que existe uma forte influência do valor de proteína bruta do ingrediente sobre a correlação entre proteína digestível e proteína verdadeira solúvel e, por esse motivo, a proteína verdadeira solúvel parece não ser um indicador *in vitro* da proteína digestível *in vivo*.

Figura 4 – Gráficos da regressão entre proteína verdadeira solúvel e proteína digestível em valores absolutos (esquerda) e relativos à PB do ingrediente (direita)



4.4 Conclusão

O gérmen e a farinha de trigo proporcionam o melhor aproveitamento dos nutrientes dos que os farelos de trigo, porém, para uso prático recomenda-se a inclusão de farinha de trigo na dieta de suínos em crescimento.

A inclusão de coprodutos de trigo na dieta de suínos em crescimento não interfere na digestibilidade da proteína verdadeira solúvel e, com exceção do farelo de trigo grosso, não prejudica o aproveitamento dos demais nutrientes da dieta.

A proteína verdadeira solúvel dos ingredientes não contribuiu como indicador da proteína digestível de coprodutos de trigo em suínos em crescimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com estes experimentos foi possível demonstrar a grande variedade na composição química do trigo que, quando analisado na forma dos diferentes coprodutos, apresenta diferenças importantes, com porções de maior ou menor qualidade nutricional.

Nos dois experimentos o gérmen de trigo foi um dos ingredientes analisados e, em ambos, ele se apresentou como um ingrediente superior aos demais, sempre com o maior valor de proteína bruta, embora tenha apresentado um valor de energia bruta inferior no primeiro experimento. Os coeficientes de digestibilidade da dieta com gérmen também foram alguns dos mais altos, bem como do gérmen isoladamente. O gérmen de trigo é um produto altamente valorizado na alimentação humana, pois, por ser o embrião do grão, se trata de uma porção rica em proteína. Por esse motivo, mesmo sendo uma alternativa na alimentação animal pela sua elevada qualidade, o seu alto custo e a competitividade com a alimentação humana ainda tornam o seu uso distante.

A farinha de trigo, outro produto extremamente valorizado para a alimentação humana e objetivo principal do processamento do grão de trigo, também apresenta valores satisfatórios. Mesmo com um valor de proteína bruta inferior a outros coprodutos, os coeficientes de digestibilidade foram altos. Por outro lado, assim como o gérmen de trigo, a farinha de trigo também tem um custo elevado para a sua utilização na alimentação animal, não sendo, portanto, uma alternativa viável.

Os farelos de trigo podem ser as opções de menor competitividade com a alimentação humana e menor custo para a alimentação animal, já que são considerados os “resíduos” da moagem do grão de trigo, mas, ainda assim, há algumas ressalvas. O farelo de trigo grosso, por exemplo, é um produto altamente fibroso, gerando prejuízos para a digestibilidade de outros componentes da dieta. Ele é formado pelas porções externas mais fibrosas do grão de trigo e compõe a maior parte do farelo de trigo comum, o que o torna, também, um produto inadequado, com prejuízos para a produtividade dos animais. Embora este experimento tenha demonstrado, através dos resultados de digestibilidade de NIDN e de NIDA, que há algum grau de fermentação no trato digestório dos suínos em crescimento, esta fermentação provavelmente tem um limite que é ultrapassado com a oferta de farelo de trigo grosso, já que este ingrediente apresentou coeficientes de digestibilidade inferiores para diversas respostas analisadas.

Já a farinheta de trigo e o farelo de trigo fino apresentaram resultados semelhantes para algumas das análises realizadas. A farinheta obteve o maior valor de proteína bruta e

coeficiente de digestibilidade para proteína bruta isoladamente, mas, quando adicionada à dieta padrão, os valores de PB e CDPB foram inferiores aos da dieta com farelo de trigo fino, embora não haja diferença significativa entre esses valores. A única análise de nitrogênio em que houve diferença significativa entre a dieta com farinha e farelo de trigo fino foi a análise de NIDA, em que o CDNIDA da farinha foi superior ao do farelo de trigo fino. Com relação aos coeficientes de digestibilidade dos ingredientes isoladamente, os resultados foram semelhantes. Na análise da composição química desses produtos, a farinha demonstrou ser mais proteica e menos fibrosa do que o farelo de trigo fino. A farinha de trigo, portanto, parece ser o ingrediente mais apropriado para inclusão em até 27% na dieta de suínos em crescimento.

6 REFERÊNCIAS

ABITRIGO. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/pdf/ESTIMATIVA-MOINHOS-ATIV-BRASIL-2011.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

ABITRIGO. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.00.00>>. Acesso em: 19 maio 2013.

ABITRIGO. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/pdf/PROD-TRIGO.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2013.

ANTOINE, C. et al. **Individual Contribution of Grain Outer Layers and Their Cell Wall Structure to the Mechanical Properties of Wheat Bran.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 51, p. 2026-2033, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis.** 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p

BRANDELLI, A. et al. **Desenvolvimento de ração funcional para aves e suínos através da modificação no farelo de trigo.** Porto Alegre: Instituto Euvaldo Lodi (RS), 2012. 116 p.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=538&t=2>>. Acesso em: 19 maio 2013.

CUNHA, G. R. et al. **Regiões de adaptação para trigo no Brasil.** Circular Técnica Online, 20. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci20.htm>. Acesso em: 12 maio 2013.

DIERICK, N. A. et al. **Approach to the Energetic Importance of Fibre Digestion in Pigs. I. Importance of Fermentation in the Overall Energy Supply.** Animal Feed Science and Technology, v. 23, p. 141-167, 1989.

DUPONT, F. M.; ALTENBACH, S.B. **Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis.** Journal of Cereal Science, v. 38, p. 133-146, 2003.

EVERS, T.; MILLAR, S. **Cereal Grain Structure and Development: Some Implications for Quality.** Journal of Cereal Science, v. 36, p. 261-284, 2002.

FERREIRA, H. S. et al. **Efetividade da “multimistura” como suplemento de dietas deficientes em vitaminas e/ou minerais na recuperação ponderal de ratos submetidos à desnutrição pós-natal.** Revista de Nutrição, Campinas, v. 18, n. 1, p. 63-74, 2005.

GOMES, J. D. F. et al. **Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 18, n. 3, p. 483-492, 2007.

HADDAD, Y. et al. **Rheological Behaviour of Wheat Endosperm – Proposal for Classification Based on the Rheological Characteristics of Endosperm Test Samples.** Journal of Cereal Science, v. 34, p. 105-113, 2001.

- LANGE, C. F. M.; MOREL, P. C. H.; BIRKETT, S. H. **Modeling chemical and physical body composition of the growing pig.** Journal of Animal Science, v. 81, p. 159-165, 2003.
- LOPES, D. C.; SANTANA, M. C. A. **Determinação de proteína em alimentos para animais: métodos químicos e físicos.** Viçosa: Ed. UFV, 2005. 98 p.
- MCKEVITH, B. **Nutritional aspects of cereals.** British Nutrition Foundation, v. 29, p. 111-142, 2004.
- MORRIS, C. F. **Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness.** Plant Molecular Biology, v. 48, p. 633-647, 2002.
- NOBLET, J.; LE GOFF, G. **Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs.** Animal Feed Science and Technology, v. 90, p. 35-52, 2001.
- PITT, R. E. et al. **Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system.** Journal of Animal Science, v. 74, p. 226-244, 1996.
- PRATES, E. R. **Técnicas de Pesquisa em Nutrição Animal.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2007. 414p.
- RAE, R. P. **O tricultor e o mercado.** São Paulo: ABITRIGO, 2011. 42 p.
- RIBEIRO, A. M. L. **Nutrição Animal.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2010. 93 p.
- ROSSI, R. M.; NEVES, M. F.; CASTRO, L. T. **Quantificação e coordenação de sistemas agroindustriais: o caso do trigo no Brasil.** Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras, v. 7, n. 1, p. 93-102, 2005.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2005. 186 p.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011. 252 p.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.
- SILVA, G. **Caracterização e Digestibilidade dos farelos fino e grosso de trigo.** 2006. 29 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- SHEWRY, P. R. et al. **The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain.** Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences, v. 357, n. 1418, p. 133-142, 2002.
- SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho.** Brasília: Embrapa-SPI, 1998. 388 p.

WESENDONCK, W. R. **Valor nutricional de diferentes subprodutos do trigo para suínos em crescimento.** 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WESENDONCK, W. R. et al. **Valor nutricional e energia metabolizável de subprodutos do trigo utilizados para alimentação de suínos em crescimento.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 2, p. 203-210, 2013.