

sys 319635

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE TRIGO E DE AVEIA E EFEITO DOS
TEORES E PROPORÇÕES DE FIBRA ALIMENTAR SOBRE A RESPOSTA
BIOLÓGICA DE FRANGOS DE CORTE E RATOS**

LEILA PICOLLI DA SILVA
Engenheira Agrônoma (UPF)
Mestre em Zootecnia (UFRGS)

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do Grau de Doutor
em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2002



LEILA PICOLLI DA SILVA
Engenheira Agrônoma - UPF
Mestre em Zootecnia - UFRGS

TESE


Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

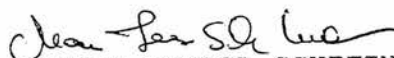
DOUTOR EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil


Aprovado em: 07.02.2002
Pela Banca Examinadora


Homologado em: 05.03.2002
Por



MARIA DE LOURDES SANTORIO CIOCCA
Orientadora-PPG-Zootecnia



MARIA TERESA SCHIFINO-WITTMANN
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


FERNANDO RUTZ
PPG-ZOOTECNIA


LUIZ CARLOS FEDERIZZI
PPG-FITOTECNIA


ERNA VOGT DE JONG
ICTA - UFRGS


GUSTAVO JÚLIO MELLO M. DE LIMA
EMBRAPA-CNPQ - Santa Catarina


GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que colaboraram, de alguma forma, para a realização deste trabalho. Em especial, a prof^a. Maria de Lourdes, pela orientação e empenho dedicados, pela confiança e pela amizade demonstrada durante este período de convivência. Aos demais membros da Comissão Orientadora, o prof. Luiz Carlos Federizzi e a prof^a. Eliana B. Furlong, pela cedência de amostras e materiais, pelo auxílio e pelas sugestões apresentadas no decorrer do trabalho.

Aos funcionários e pesquisadores do CNPSA-EMBRAPA, em especial ao Dr. Gustavo Lima e ao Dr. Paulo Brum; bem como, aos funcionários do ICTA, em especial a minha querida amiga prof^a. Erna e aos seus pupilos, por contribuírem para a viabilização deste trabalho. Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia/FA-UFRGS, em especial ao prof. Harold, a Ione e a Ângela, e aos colegas contemporâneos de curso, com os quais tive a satisfação de conviver.

As amigas Mylene, Ângela, Stela, Kátia, Lisiane, Geni, Ana e, em especial, a Sú e a Regina, por estarem sempre ao meu lado nos melhores e piores momentos, por me mostrarem que "quem tem um amigo, tem tudo na vida". Ao Ariel, a Wainer, a Bêre, a Eva e a Leonor, pelo carinho e ajuda.

A UFRGS, pelo ensino gratuito; a CAPES, pela concessão da bolsa de Doutorado, e a FAPERGS, pelo financiamento deste projeto.

Aos meus pais, Olinto e Vanda, e ao meu irmão Marcelo, por iluminarem todos os momentos da minha vida com muito amor e compreensão. Aos meus sogros, Oriente e Jacira, e a Simone, pelo apoio e incentivo. Ao meu esposo Leandro, pelo amor, paciência, estímulo, pela ajuda e por dividir as dificuldades e alegrias deste período ao meu lado.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE TRIGO E DE AVEIA E EFEITO DOS TEORES E PROPORÇÕES DE FIBRA ALIMENTAR SOBRE A RESPOSTA BIOLÓGICA DE FRANGOS DE CORTE E RATOS¹

Autora: Leila Picolli da Silva

Orientadora: Prof. Dra. Maria de Lourdes S. Ciocca

RESUMO

Foram conduzidos dois estudos, um com o objetivo de caracterizar e agrupar cultivares de trigo e de aveia produzidas na região Sul do País, de acordo com a sua composição química, e outro visando estabelecer relações entre as variações nos teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel para um mesmo teor de fibra total, com respostas biológicas de não ruminantes. No primeiro, amostras de treze cultivares de trigo e nove de aveia, obtidas em dois anos de cultivo, foram caracterizadas quanto a composição química e características macrométricas, e agrupadas quanto as medidas de importância nutricional. No segundo, realizou-se dois experimentos, um com frangos de corte em crescimento alimentados com ração basal composta por milho ou obtidas mediante a substituição do milho por grãos de trigo CEP 24 ou BR 32; e outro com ratos Wistar em crescimento alimentados com ração purificada ou obtidas mediante substituição total da celulose e parcial da caseína e amido de milho por grãos descascados de aveia UFRGS 15 ou UFRGS 18. O ano de cultivo influenciou os teores de amido, proteína bruta e fibra solúvel para trigo; e de amido, para aveia. As variações entre cultivares de trigo e aveia nas medidas amido, proteína bruta, fibra total, solúvel e insolúvel permitiram classificá-las em grupos com distintas possibilidades de utilização na nutrição. A elevação dos teores de fibra insolúvel aumentou o teor de umidade da digesta, diminuiu o ganho de peso das aves e, provavelmente, a digestão e absorção de nutrientes nos ratos, sem causar alterações no desaparecimento da matéria seca, no teor de umidade das excretas/fezes e no tempo de recuperação de 50% do indicador (T50). O aumento de fibra solúvel não influenciou sobre o teor de umidade das excretas/fezes e sobre o T50, mas diminuiu o desaparecimento da matéria seca, sem causar efeitos negativos sobre o ganho de peso das aves. As proporções e interações entre as frações insolúvel e solúvel da fibra talvez possam explicar a ausência de alterações sobre o T50 para as espécies animais. As diferentes fontes de fibra causaram efeitos distintos sobre algumas medidas de resposta biológica.

¹ Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (189 p.) Fevereiro, 2002.

CHEMICAL COMPOSITION OF WHEAT AND OAT AND EFFECTS OF LEVELS AND PROPORTIONS OF DIETARY FIBER ON BIOLOGICAL RESPONSE OF BROILERS AND RATS¹

Author: Leila Picolli da Silva

Adviser: Prof. Dra. Maria de Lourdes S. Ciocca

ABSTRACT

Two studies were conducted, the first to estimate and classify wheat and oat cultivars based on chemical composition, and the second to establish the relationship among the levels and proportions of insoluble and soluble fiber and the biological response of nonruminants. Chemical composition, hectolitic weight and 1,000 kernel weight of thirteen wheat cultivars and nine oat cultivars were evaluated for two years, and classified based on some indicators of the nutritional grain quality. The experiments with animals were conducted by using broiler chickens fed a corn control diet or with two other diets that were formulated substituting all corn by grain wheat cultivars CEP 24 or BR 32; and by using rats Wistar fed a purified control diet or with two others diets that were formulated substituting all cellulose and part of corn starch and casein by dehulled grain oat cultivars UFRGS 15 and UFRGS 18. Significant differences for wheat starch, crude protein and soluble fiber; and oat starch were observed between the years. The variation on the starch, crude protein, total fiber, insoluble fiber and soluble fiber showed the possible use of wheat cultivars and oat cultivars in specific strategies for nutrition. The augment of the insoluble fiber resulted in the increase of the digesta moisture, decrease of the weight gain for broiler chickens, and probable decrease of the nutrients digestion and absorption by rats, with no influence on the dry matter disappearance, the excreta/fecal moisture and the time of the 50% appearance of the marker in excreta/feces (T50). The increase of soluble fiber resulted in the decrease of the dry matter disappearance, with no influence on the weight gain for broiler chickens, the digesta moisture and excreta/fecal moisture, and the T50. The variation in the proportions and the interactions of insoluble and soluble fiber may explain the non alterations in the mean retention time in the animals. The different source of fiber resulted in the different biological response.

¹ Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (189 p.) February, 2002.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Anatomia dos grãos de cereais.....	4
2.2 Composição química dos grãos de cereais.....	6
2.2.1 Carboidratos.....	7
2.2.1.1 Amido.....	7
2.2.1.2 Polissacarídeos não-amiláceos.....	9
2.2.2 Proteínas.....	11
2.2.3 Lipídios.....	13
2.3 Uso atual dos grãos de trigo e aveia no Brasil.....	13
2.4 Determinação da composição química dos grãos de cereais.....	15
2.5 Efeito da fibra alimentar sobre a resposta biológica de não ruminantes.....	17
2.5.1 Efeito da fibra insolúvel.....	18
2.5.2 Efeito da fibra solúvel.....	22
2.5.3 Efeito da interação entre as frações insolúvel e solúvel da fibra alimentar.....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de grãos de cultivares de trigo e de aveia.....	28

	Página
3.1.1 Local e época.....	28
3.1.2 Material experimental.....	28
3.1.2.1 Amostragem e conservação.....	29
3.1.3 Análises laboratoriais.....	30
3.1.3.1 Análises macrométricas.....	30
3.1.3.2 Preparo das amostras para análise.....	30
3.1.3.3 Análises bromatológicas.....	31
3.1.3.4 Determinação da fibra total e insolúvel.....	31
3.1.3.4.1 Tratamento do material de filtração.....	32
3.1.4 Análises estatísticas.....	32
3.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais.....	35
3.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel.....	35
3.2.1.1 Local e época.....	35
3.2.1.2 Material experimental.....	35
3.2.1.3 Animais experimentais.....	36
3.2.1.4 Ingredientes e dietas experimentais.....	36
3.2.1.5 Tratamentos.....	38
3.2.1.6 Delineamento experimental.....	38
3.2.1.7 Condução do experimento.....	39
3.2.1.7.1 Período pré-experimental.....	39
3.2.1.7.2 Período experimental.....	39
3.2.1.8 Medidas e observações.....	41

	Página
a) Consumo, ganho de peso e conversão alimentar	41
b) Estimativa do tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	41
c) Produção de excreta úmida e seca.....	42
d) Desaparecimento da matéria seca.....	43
e) Digestibilidade aparente da FDN.....	43
f) Matéria seca da digesta.....	43
3.2.1.9 Análises estatísticas.....	43
3.2.2 Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel.....	45
3.2.2.1 Local e época.....	45
3.2.2.2 Material experimental.....	45
3.2.2.3 Animais experimentais.....	45
3.2.2.4 Ingredientes e dietas experimentais.....	46
3.2.2.5 Tratamentos.....	48
3.2.2.6 Delineamento experimental.....	48
3.2.2.7 Condução do experimento.....	49
3.2.2.7.1 Período pré-experimental.....	49
3.2.2.7.2 Período experimental.....	49
3.2.2.8 Medidas e observações.....	51
a) Consumo, ganho de peso e conversão alimentar	51
b) Tempo do primeiro aparecimento (TPA) e estimativa do tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	51
c) Produção de fezes úmidas e secas.....	52

	Página
d) Digestibilidade aparente da matéria seca.....	52
e) Digestibilidade aparente da FDN.....	52
f) Digestibilidade aparente da energia.....	52
g) Matéria seca da digesta.....	53
3.2.2.9 Análises estatísticas.....	53
4. RESULTADOS.....	55
4.1 ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de grãos de cultivares de trigo e de aveia.....	55
4.1.1 Cultivares de trigo.....	55
4.1.1.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de trigo.....	55
4.1.1.2 Agrupamento das cultivares de trigo.....	55
4.1.1.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de trigo.....	64
4.1.2 Cultivares de aveia.....	65
4.1.2.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de aveia.....	65
4.1.2.2 Agrupamento das cultivares de aveia.....	68
4.1.2.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de aveia.....	75
4.1.2.4 Influência da tamanho dos grãos de aveia sobre as medidas de composição química	76
4.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais.....	77
4.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel....	77

	Página
4.2.1.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar.....	77
4.2.1.2 Produção de excreta e desaparecimento da matéria seca.....	78
4.2.1.3 Digestibilidade aparente da FDN.....	80
4.2.1.4 Teor de matéria seca na digesta e na excreta.....	80
4.2.1.5 Passagem da fase sólida e líquida da digesta pelo trato gastrointestinal.....	81
a) Tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	81
b) Avaliação das curvas de excreção acumulada.....	83
c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado.....	83
4.2.2 Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel.....	84
4.2.2.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar.....	84
4.2.2.2 Produção de fezes e digestibilidade aparente da matéria seca e da energia.....	85
4.2.2.3 Digestibilidade aparente da FDN.....	86
4.2.2.4 Teor de matéria seca na digesta e nas fezes.....	86
4.2.2.5 Passagem da digesta pelo trato gastrointestinal.....	87
a) Tempo do primeiro aparecimento (TPA), tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	87
b) Avaliação das curvas de excreção acumulada.....	89
c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado.....	89
5. DISCUSSÃO.....	90

	Página
5.1 ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de grãos de cultivares de trigo e de aveia.....	90
5.1.1 Cultivares de trigo.....	90
5.1.1.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de trigo.....	90
5.1.1.2 Agrupamento das cultivares de trigo.....	93
5.1.1.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de trigo.....	99
5.1.2 Cultivares de aveia.....	101
5.1.2.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de aveia.....	101
5.1.2.2 Agrupamento das cultivares de aveia.....	103
5.1.2.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de aveia.....	109
5.1.2.4 Influência da tamanho dos grãos sobre as medidas de composição química	110
5.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais.....	112
5.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel....	112
5.2.1.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar.....	113
5.2.1.2 Produção de excreta e desaparecimento da matéria seca.....	117
5.2.1.3 Digestibilidade aparente da FDN.....	119
5.2.1.4 Matéria seca na digesta e na excreta.....	120
5.2.1.5 Passagem da fase sólida e líquida da digesta pelo trato gastrintestinal.....	123

	Página
a) Tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	123
b) Avaliação das curvas de excreção acumulada.....	129
c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado.....	130
5.2.2 Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel.....	132
5.2.2.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar.....	132
5.2.2.2 Produção de fezes e digestibilidade aparente da matéria seca e da energia.....	135
5.2.2.3 Digestibilidade aparente da FDN.....	137
5.2.2.4 Matéria seca na digesta e nas fezes.....	140
5.2.2.5 Passagem da digesta pelo trato gastrintestinal.....	143
a) Tempo do primeiro aparecimento (TPA), tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado.....	143
b) Avaliação das curvas de excreção acumulada.....	147
c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado.....	148
6. CONCLUSÕES.....	150
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152
8. APÊNDICES.....	168
9. VITA.....	189

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Cultivares de trigo e de aveia que foram caracterizadas quanto a composição química e macrométrica.....	29
2. Composição centesimal das rações experimentais fornecidas às aves.....	37
3. Composição química das rações experimentais fornecidas às aves.....	37
4. Teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra total (FT), insolúvel (FI), solúvel (FS) e amido (Am), e proporções de fibra insolúvel (FI/FT) e solúvel (FS/FT) em relação a fibra total dos ingredientes fornecedores de fibra e de proteína.....	38
5. Composição centesimal das rações experimentais fornecidas aos ratos.....	47
6. Composição química das rações experimentais fornecidas aos ratos.....	47
7. Teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra total (FT), insolúvel (FI), solúvel (FS) e amido (Am), e proporções de fibra insolúvel (FI/FT) e solúvel (FS/FT) em relação a fibra total dos ingredientes fornecedores de fibra e de proteína.....	48
8. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de trigo colhidas em 1996.....	56

9. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de trigo colhidas em 1997.....	57
10. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB.....	59
11. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB	59
12. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas Am e PB.....	61
13. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas Am e PB.....	61
14. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT	63
15. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT.....	63
16. Coeficientes de correlação entre as medidas macrométricas com as medidas de composição química, e entre algumas medidas de composição química das cultivares de trigo.....	65
17. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de aveia colhidas em 1996.....	66

18. Peso hectolétrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de aveia colhidas em 1997.....	67
19. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB.....	69
20. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB.....	69
21. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas de Am e de PB.....	71
22. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas de Am e de PB.....	71
23. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT.....	74
24. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT.....	74
25. Coeficientes de correlação entre os medidas macrométricas e de composição química avaliadas nas cultivares de aveia.....	75
26. Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS) e amido (Am), dos grãos de aveia menor e maior que 2mm	76
27. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o consumo médio diário de matéria seca (CMDMS), sobre o ganho de peso (GP) e sobre a conversão alimentar (CA) das aves.....	78

28. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a produção média diária de excreta úmida (PEU), sobre a produção média diária de excreta seca (PES) e sobre o desaparecimento da matéria seca (DMS) nas aves.....	79
29. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a digestibilidade aparente da FDN (DFDN) nas aves.....	80
30. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a matéria seca da digesta (MSD) e a matéria seca na excreta (MSE) das aves.....	81
31. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o tempo de excreção de 1% do cromo (TT) nas fases sólida e líquida da digesta das aves.....	82
32. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre tempo de excreção de 50% do cromo recuperado (T50) das fases sólida e líquida da digesta das aves.....	82
33. Total de cromo recuperado em relação ao administrado na excreta das aves.....	83
34. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o consumo médio diário de matéria seca (CMS), sobre o ganho de peso (GP) e sobre a conversão alimentar (CA) dos ratos.....	84
35. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a produção de fezes úmidas (PFU), sobre a produção de fezes secas (PFS), sobre a digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) e da energia (DAE) em ratos.....	85
36. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a digestibilidade aparente da FDN (DAFDN) em ratos.....	86
37. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a matéria seca da digesta (MSD) e a matéria seca nas fezes (MSF) de ratos.....	87
38. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o tempo de 1º aparecimento de cromo (TPA) nas fezes de ratos.....	88
39. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o tempo de excreção de 1% (TT) do cromo nas fezes de ratos.....	88

	Página
40. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre o tempo de excreção de 50% (T50) do cromo nas fezes de ratos.....	88
41. Total de cromo recuperado em relação ao administrado nas fezes dos ratos.....	89

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Representação esquemática simplificada das características estruturais comuns aos grãos de cereais (Evers et al., 1999).....	5

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Am: amido

CA: conversão alimentar

CMS: consumo médio diário de matéria seca

CV: coeficiente de variação

Cz: cinzas

DMS: desaparecimento da matéria seca

DAMS: digestibilidade aparente da matéria seca

EE: extrato etéreo

ENN: extrativo não nitrogenado

DFDN: digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (aves)

DAFDN: digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (ratos)

FB: fibra bruta

FDA: fibra em detergente ácido

FDN: fibra em detergente neutro

FI: fibra insolúvel

FI/FT: percentagem de fibra insolúvel em relação à fibra total

FS: fibra solúvel

FS/FT: percentagem de fibra solúvel em relação à fibra total

FT: fibra total

F-liq: fase líquida da digesta

F-sol: fase sólida da digesta

GL: graus de liberdade

GP: ganho de peso

K = constante para a equação $y = t^n / (t^n + k)$

MO: matéria orgânica

MS: matéria seca

MSD: matéria seca na digesta

MSE: matéria seca na excreta

MSF: matéria seca nas fezes

n = inclinação da linha

N° = número de pontos experimentais

P1, P2, P3: períodos de determinação da passagem da digesta

PB: proteína bruta

PES: produção média diária de excreta seca

PEU: produção média diária de excreta úmida

PFS: produção de fezes secas

PFU: produção de fezes úmidas

PH: peso do hectolitro

PMS: peso de mil sementes

PNA: polissacarídeos não-amiláceos

P; Prob.: probabilidade

QM: quadrado médio

R; r: coeficiente de correlação

T50: tempo de excreção de 50% do total de cromo recuperado

TAIN: ração purificada formulada de acordo com Reves et al. (1993)

TAGS 15: ração composta por grãos de aveia da cultivar UFRGS 15

TAGS 18: : ração composta por grãos de aveia da cultivar UFRGS 18

TB 32: ração composta por grãos de trigo da cultivar BR 32

TC 24: ração composta por grãos de trigo da cultivar CEP 24

TGI: trato gastrintestinal

TM: ração composta por milho

TPA: tempo do primeiro aparecimento do indicador

TT: tempo de excreção de 1% do total de cromo recuperado

1. INTRODUÇÃO

O trigo e a aveia são culturas de grande importância no sistema de produção agrícola da região Sul do Brasil. A pesquisa desenvolvida por instituições sul-brasileiras, ao longo dos últimos trinta anos, disponibilizou um vasto número de cultivares destes cereais no mercado, todas com excelente potencial de rendimento de grãos e amplamente adaptadas às diversas regiões de cultivo no Sul do País.

As classificações atualmente utilizadas para definir as diferentes possibilidades de uso destes grãos estão voltadas para a qualidade industrial, que não necessariamente podem ser relacionadas ao seu respectivo valor nutricional. No caso do trigo, os principais critérios são quanto a qualidade moageira e de panificação. Já, os grãos de aveia devem enquadrar-se dentro dos padrões desejáveis para a fabricação de flocos. Todos os grãos destas espécies que não satisfazem estas normas são classificados como “abaixo do padrão” e considerados impróprios para uso industrial, causando grandes prejuízos ao agricultor.

Uma das opções que surge para o aproveitamento deste tipo de grão é a de adicioná-lo em rações destinadas a alimentação animal, para as quais as informações sobre a composição química do ingrediente são de

fundamental importância. Embora esforços tenham sido feitos para o uso mais amplo destes grãos, a maior parte das avaliações registradas em publicações brasileiras referem-se a estudos de desempenho animal, considerando diferentes níveis de inclusão dos grãos na dieta, e a determinação do valor energético para aves e suínos. Na maior partes destes trabalhos não há especificação das cultivares utilizadas e, na caracterização da composição química, a maioria dos componentes que determinam o valor nutritivo dos grãos também não são quantificados.

Um dos aspectos menos estudados da composição química dos grãos de trigo e de aveia produzidos no Brasil é a fibra alimentar, a qual pode exercer vários efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo animal que serão diferenciados para as suas respectivas frações insolúvel e solúvel. Esses efeitos podem ser decorrentes de alterações em funções fisiológicas, nas características do bolo alimentar e da digesta, ou ainda, nas populações e na atividade da microbiota intestinal.

Na prática, em uma dieta usual, as duas frações da fibra serão consumidas; porém, os efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos não dependerão somente da variação nos seus teores individuais, mas também, das suas características físico-químicas, definidas a partir da composição química e da sua organização estrutural. As proporções de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total podem ser fatores que causam alterações nestas características, se refletindo, conseqüentemente, sobre as respostas biológicas de aves e mamíferos.

Alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos demonstram que os

teores de fibra insolúvel e solúvel e as suas proporções em relação a fibra total, bem como os teores de fibra total, apresentam ampla variação entre cultivares de trigo e de aveia provenientes da Região Sul do Brasil, sugerindo que o uso destes grãos poderão causar respostas biológicas distintas. Dessa forma, pode-se sugerir que a quantificação dos teores e proporções das frações de fibra destes cereais, aliados a avaliações biológicas, poderão fundamentar a definição de uso das cultivares de trigo e de aveia na nutrição animal e humana.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo principal de determinar a variação dos teores de fibra alimentar entre cultivares de trigo e de aveia e, a partir destas informações, estabelecer relações entre os teores individuais e entre as diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total, fornecidos a partir da inclusão de grãos de diferentes cultivares de trigo e de aveia na dieta, com algumas medidas de resposta biológica obtidas através de ensaios conduzidos com frangos de corte e ratos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Anatomia dos grãos de cereais

Botanicamente, os grãos da maioria das espécies de cereais e sobretudo os de cultivares pertencentes a mesma espécie, apresentam grande semelhança estrutural, sendo formados, basicamente, pelo embrião (eixo embrionário e escutelo), endosperma, testa e pericarpo (Figura 1) (Evers et al., 1999). Apesar desta semelhança, eles podem se distinguir quanto às características de composição química e quanto ao valor nutritivo. Isto ocorre devido a variação na proporção e composição de suas partes anatômicas (March & Biely, 1973; Hosney, 1991).

O embrião representa de 2,5 a 3,5% dos grãos de cereais e sua composição química é semelhante entre as diferentes espécies, com elevados teores de proteína, lipídios e de açúcares (Hosney, 1991). O endosperma ocupa entre 81 a 84% do grão de trigo e 55 a 70% do grão inteiro de aveia (Bewley & Black, 1985; Youngs & Forsberg, 1987). Neste local ocorre o acúmulo de substratos de reserva que, em ordem de abundância, são: o amido, as proteínas e os lipídios (SENAI, 1981). O tamanho das células que formam este tecido diminuem do centro para a periferia do grão. Este fenômeno é acompanhado pelo aumento no teor de proteína e na espessura

das paredes celulares que são constituídas, predominantemente, por hemiceluloses (Hoseney, 1991).

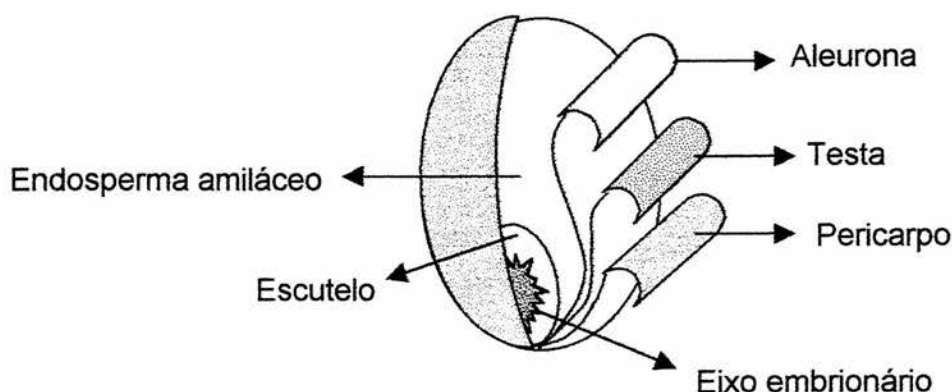


FIGURA 1. Representação esquemática simplificada das características estruturais comuns aos grãos de cereais (Evers et al., 1999).

A camada de aleurona representa de 5 a 7% dos grãos de cereais. Neste tecido não há acúmulo de amido, porém os teores de proteína e lipídios são elevados. A aleurona é formada por uma a três camadas de células com paredes muito espessas, onde predominam as hemiceluloses. O número de camadas é característico de cada espécie, em aveia e trigo existe apenas uma, e em cevada, três camadas celulares (Evers et al., 1999).

O pericarpo e a testa representam entre 8% a 12% dos grãos de trigo e aveia, respectivamente (Johnson & Mattern, 1987; Evers et al., 1999). O pericarpo é formado por multicamadas com elevados teores de celulose e hemiceluloses (Youngs & Forsberg, 1987; Hoseney, 1991) que são

responsáveis por regular as trocas hídricas e gasosas com o meio e por proteger os grãos contra os ataques de agentes deletérios (Hoseney, 1991).

Adicionalmente, os grãos da maioria dos cereais de inverno se desenvolvem dentro de estruturas florais denominadas lema e pálea, as quais apresentam elevados teores de celulose e lignina. Normalmente, estas estruturas se desprendem com facilidade durante a trilha. No entanto, na aveia, exceto a espécie *Avena nuda*, no arroz e na maioria das cevadas, elas permanecem aderidas constituindo a casca, que pode contribuir em até 32% do peso total do grão (Youngs & Forsberg, 1987). A persistência desta estrutura causa uma significativa elevação nos teores de fibra insolúvel, o que limita o uso *in natura* destes grãos na alimentação animal (Morris, 1990). Nestes casos, a descascagem mecânica é apontada como uma das alternativas para melhorar a qualidade nutricional dos grãos de aveia e cevada.

Como visto acima, apesar de existir grande semelhança estrutural nos grãos dos cereais de inverno, a sua composição química pode variar de acordo com as particularidades de cada espécie. Entre cultivares da mesma espécie estas variações também são observadas, e se bem caracterizadas, podem servir como ferramentas para o uso dirigido destes grãos em estratégias específicas na nutrição animal e humana.

2.2 Composição química dos grãos de cereais

Em ordem de abundância, os grãos de cereais são constituídos de carboidratos, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas, além de outros

compostos minoritários. Estes constituintes definem a qualidade nutricional dos grãos, sejam eles destinados a alimentação animal ou a humana. Porém, o teor e a composição destas frações são influenciados por uma complexa interação de fatores, incluindo a disponibilidade de nutrientes no solo onde os cereais foram cultivados; as condições climáticas, especialmente luz, temperatura e umidade; e a constituição genética das plantas (Sander et al., 1987). A variação em um destes fatores pode influenciar radicalmente a qualidade nutricional dos grãos, abrindo possibilidades para que sejam usados de forma diferenciada na nutrição.

2.2.1 Carboidratos

Segundo Newman (1994), os carboidratos compõem mais de 80% dos grãos dos cereais. Deste montante, 70 a 80% é amido, 10 a 30% são polissacarídeos não amiláceos (PNA) e 1 a 3% são açúcares livres.

Historicamente, os cereais são explorados como fonte energética na alimentação humana e animal devido aos elevados teores de amido. Porém, a partir da década de 60, os PNA também tornaram-se objetos de intensa pesquisa. Aos PNA são atribuídos alguns efeitos nutricionais que podem repercutir de forma diferenciada sobre o organismo animal. Estes efeitos são dependentes dos teores e da variação quanto à composição química deste grupo de carboidratos.

2.2.1.1 Amido: o amido é o constituinte mais abundante no grão de aveia, com teores médios entre 44 e 61% (Paton, 1977). Porém, está abaixo dos valores encontrados em grãos de trigo, onde variam entre 60 e 75%

(Hoseney, 1991). Na mesma espécie vegetal, as variações nos teores deste componente são relatadas tanto entre cultivares, como também, em uma mesma cultivar proveniente de diferentes locais ou submetida à diferentes condições de cultivo. Longstaff & McNab (1986) encontraram variações entre 62 e 65% nos teores de amido em diferentes cultivares de trigo, e entre 63 e 66% em uma mesma cultivar proveniente de diferentes locais de cultivo. Tisian et al. (2000), ao analisarem amostras de 12 cultivares de aveia brasileiras, provenientes de dois locais e de dois anos de cultivo, observaram uma grande influência do ano sobre esta característica. Coles et al. (1997) submeteram a mesma cultivar de trigo a diferentes condições de disponibilidade hídrica e observaram que o estresse hídrico teve relação negativa com o teor de amido.

Longstaff & MacNab (1986), Fennema (1993) e Abdel-Aal et al. (1998) relatam que o teor de amido correlaciona-se negativamente com os teores de hemiceluloses, proteína e lipídios dos grãos. Mas, independente destas correlações e com exceção dos resultados obtidos por Mollah et al. (1983), que trabalhando com frangos encontraram uma variação entre 80 e 99% na digestibilidade do amido de diferentes cultivares australianas de trigo, que se refletiu diretamente nos valores de energia metabolizável aparente. A maioria dos resultados obtidos nos demais trabalhos têm demonstrado que a digestibilidade do amido dos cereais é elevada e muito próxima aos 100% para suínos e frangos de corte (Johnson & Mattern, 1987; Longstaff & McNab, 1986).

Considerando que o amido é a principal fonte energética explorada, tanto na nutrição animal como na humana, a sua quantificação em grãos de

diferentes espécies de cereais, bem como em grãos de diferentes cultivares pertencentes a uma mesma espécie, é de grande importância; uma vez que esta informação poderá ser utilizada como indicativo indireto de valor nutricional.

2.2.1.2 Polissacarídeos não-amiláceos (PNA): esse grupo de carboidratos compreende as substâncias pécticas, a celulose e as hemiceluloses, que juntas representam os componentes predominantes da fração analítica de fibra total determinada nos alimentos. Estes PNA, com exceção da celulose, podem estar presentes na forma solúvel ou insolúvel em água e encontram-se distribuídos de forma desigual nos diferentes órgãos e tecidos da planta (Brunner & Freed, 1994; Hosney, 1991).

As substâncias pécticas estão presentes em quantidades muito pequenas (menos de 1%) na parede celular de cereais (Hatfield, 1989; Theander et al., 1989). A celulose predomina na casca da aveia e no pericarpo de trigo e aveia, representando, aproximadamente, 30% destas partes (Hosney, 1991). Porém, nas paredes celulares do endosperma, seu teor é pouco expressivo, representando menos de 3 e 0,3% desta estrutura nos grãos de trigo e aveia, respectivamente (Miller et al., 1995; Hosney, 1991).

As hemiceluloses são encontradas em abundância nas paredes das células que compõem a camada de aleurona e o endosperma amiláceo dos grãos. O tipo predominante (arabinoxilanas, β -glicanas, galactomananas, etc), e a solubilidade destes polissacarídeos estão diretamente relacionados às diferenças entre espécies, entre cultivares de uma mesma espécie e com as condições ambientais e de cultivo (Brunner & Freed, 1994).

Na parede celular do endosperma de trigo, triticale e centeio predominam as hemiceluloses denominadas arabinoxilanas ou pentosanas (Englyst, 1989; Flengler & Marquardt, 1988; Theander et al., 1989; Annison & Choct, 1994), e na parede celular do endosperma de aveia e cevada, a maior parte dos trabalhos encontrados na literatura relatam a predominância das β -glicanas (Theander et al., 1989; Miller et al., 1995; Van Soest, 1994). No entanto, a predominância de um determinado PNA em grãos de algumas espécies de cereais é questionado por Henry (1985). Este pesquisador determinou os teores totais e das frações insolúveis e solúveis de pentosanas e β -glicanas em grãos inteiros de cevada, aveia, arroz, centeio, triticale e trigo. Para todos os cereais, foram encontrados maior teor de pentosanas em relação as β -glicanas. Porém, o teor das β -glicanas foi de 1,8 a 6,7 vezes maior em cevada e aveia do que em trigo, centeio e triticale. Além disso, a solubilidade das β -glicanas foi maior (em torno de 65%) do que a encontrada para as pentosanas presentes nos grãos de aveia e cevada.

Os fatores genéticos que afetam os teores e a solubilidade dos PNA não são completamente conhecidos, mas algumas diferenças são atribuídas as variações no tamanho das células e espessura da parede celular (Miller et al., 1995) e no tamanho dos grãos (Aalto et al. 1988). Isso explica, em parte, a ampla variação nos teores de alguns PNA entre cultivares da mesma espécie vegetal. As condições edafo-climáticas e sanitárias do meio de cultivo e as de armazenagem destes grãos, são outros fatores que podem exercer influência sobre estas características (Brunner & Freed, 1994; Beber et al., 1997b).

A estimativa dos teores dos PNA é de grande importância, uma vez que, de acordo com a solubilidade e com a quantidade presente no alimento, estes compostos podem exercer efeitos diferenciados no organismo animal. Em algumas situações, estes efeitos podem atuar negativamente, prejudicando o crescimento e o desempenho de não ruminantes (Choct & Annison, 1992); em outras, podem ser benéficos. De acordo com Leontowicz et al. (2001), um grande número de experimentos na área de saúde humana têm demonstrado que as frações insolúvel e solúvel de fibra, compostas predominantemente por PNA, podem atuar como grandes agentes profiláticos, auxiliando na prevenção de doenças do sistema digestivo e do coração, na redução do colesterol e no controle glicêmico (Olson et al., 1987; Englyst, 1989; Theander et al., 1989; McDougall et al., 1993; Guillon & Champ, 2000).

2.2.2 Proteínas

Quantitativamente, as proteínas ocupam o segundo lugar entre os compostos que formam os grãos de trigo e de aveia. Em algumas espécies de trigo são relatados teores superiores a 27% de proteína nos grãos (Bathia & Rabson, 1987). Em aveia, de acordo com a espécie e o cultivar, o teor desta nutriente pode chegar a 37% no grão descascado (Pomeranz et al., 1973). Deste montante, aproximadamente 90% está distribuído entre o farelo (pericarpo + camada de aleurona) e o endosperma do grão (Youngs, 1972).

Nas duas espécies, os teores de proteína geralmente apresentam-se inversamente proporcionais ao tamanho do grão e à sua quantidade em amido e diretamente proporcional a espessura da parede celular do

endosperma e de camadas que formam o farelo (pericarpo + aleurona) (March & Biely, 1973; Youngs & Forsberg, 1987).

Bhatia & Rabson (1987) e Campbell (1996) comentam que, na maioria das vezes, a qualidade protéica não está relacionada a quantidade de proteína presente nos grãos e sim, definida a partir da composição protéica inerente de cada genótipo. As proteínas são classificadas em quatro categorias, de acordo com sua estabilidade em diferentes sistemas de solventes: a prolamina e a glutelina, que são frações pobres em aminoácidos nutricionalmente importantes; e a albumina e a globulina, que são frações com bom equilíbrio de aminoácidos, sendo ricas em lisina, triptofano e metionina (Hoseney, 1991).

No Brasil, o teor e a composição da proteína do trigo, especialmente quanto ao teor de glúten (prolamina+glutenina), são usados para definir a aptidão do grão para uso industrial (panificação ou fabricação de massas e bolachas) e dificilmente são relacionados com o valor nutritivo do grão de trigo ou do produto dele originado. Embora o teor de glúten, individualmente, não seja um parâmetro ideal para avaliar a qualidade nutricional do grão, talvez possa explicar o fenômeno de “empastamento” no bico de frangos e desenvolvimento de fungos neste local, quando este cereal é usado em substituição ao milho nas rações (Lesson & Summers, 1991). Para aveia, o teor e a composição da proteína são usadas como indicativos da qualidade nutricional dos grãos e de seus subprodutos.

2.2.3 Lipídios

Os lipídios estão presentes em baixas quantidades na maioria dos grãos dos cereais de inverno (entre 1 a 3%), onde são encontrados em maior concentração nas camadas externas (Hoseney, 1991; Abdel-Aal et al., 1998). A aveia difere-se dos demais cereais quanto a este nutriente, sendo relatados teores de até 11,6%; 80% dos quais, localizados no endosperma amiláceo dos grãos (Youngs, 1978). Em todos os cereais de inverno, a fração lipídica é formada, predominantemente, por ácidos graxos insaturados, o que aumenta a suscetibilidade à rancidez hidrolítica, sobretudo se houver danos mecânicos e/ou se as condições de armazenamento forem inadequadas (Morris, 1990).

Considerando o aspecto nutricional, a contribuição energética da fração lipídica para trigos será, de modo geral, muito baixa. Já, para aveia, o maior teor deste nutriente em relação aos demais cereais e as variações relatadas entre as cultivares (Youngs, 1978) podem influenciar na definição de seu uso para estratégias específicas na nutrição animal.

2.3 Uso atual dos grãos de trigo e aveia no Brasil

No Brasil, o trigo é destinado basicamente a alimentação humana. Sua classificação baseia-se na qualidade industrial que é determinada por legislação específica. De acordo com a Instrução Normativa N° 1, de 27 de janeiro de 1999, do MAA (Brasil, 1999) os grãos são atualmente classificados em três tipos e cinco classes.

O tipo, expresso em algarismos de 1 a 3, é definido em função de sua umidade, peso mínimo do hectolitro, máximo de matérias estranhas e

impurezas e máximo de grãos danificados (pelo calor, mofados e ardidos, chochos, triguilhos e quebrados, por insetos e/ou outras pragas, germinados e esverdeados). A classe, que determina a qualidade e a finalidade da farinha a ser produzida a partir de um determinado lote de grãos, poderá enquadrar o trigo como brando, pão, melhorador, para outros usos e durum, em função da força geral do glúten (alveografia) e do número de queda (Hagberg Falling Number) (Brasil, 1999). Os grãos de trigo que não atingirem os limites de tolerância para o tipo 3 ou que não se enquadrarem em uma classe pré-estabelecida, são considerados “abaixo do padrão” e impróprios para uso da indústria moageira.

A aveia branca (*Avena sativa*) é utilizada principalmente na alimentação de cavalos e, em menor quantidade, na indústria de alimentação humana e para usos na farmacologia e cosmetologia (Francisco, 1996). Para comercialização, estes grãos devem se enquadrar dentro das “Especificações para a padronização, classificação da comercialização interna da aveia, centeio e cevada”, aprovada pela portaria Nº 191 de 14 de abril de 1975 (Ministério da Agricultura, 1988). Nestas normas, a aveia pode ser classificada em quatro grupos quanto ao peso hectolítrico; em cinco classes quanto à cor (branca, vermelha, cinza ou moura, preta e mista) e quatro tipos quanto a qualidade, em função da umidade, grãos carunchados ou danificados, grãos avariados, impureza e matérias estranhas.

Considerando que estas normas apresentam deficiências em relação a atual realidade do sistema de produção e industrialização de aveia no Brasil, em 1998, as instituições pertencentes a Comissão Brasileira de

Pesquisa de Aveia e os representantes do setor produtivo e industrial, sugeriram mudanças na classificação da aveia com vistas a sua qualidade, principalmente para fabricação de flocos destinados ao consumo humano (Federizzi et al., 1998). Nessas sugestões, os grãos de *Avena sativa* seriam classificados de acordo com sua qualidade e de forma mais simplificada, em três tipos, considerando a umidade, o peso do hectolitro, grãos manchados e escuros, impurezas e matérias estranhas, acidez e espessura do grão. Aqueles que não se enquadrarem no tipo 3 serão classificadas como “abaixo do padrão” e considerados impróprios para uso industrial.

Como visto, seguindo estas normas, uma parte do total dos grãos de trigo e de aveia produzidos anualmente no País são classificados como “abaixo do padrão” e rejeitados pelas indústrias de beneficiamento. Uma das opções que surge para o aproveitamento deste tipo de grãos é de adicioná-los em rações destinadas a alimentação animal. No entanto, as informações quanto a composição química, em especial sobre a sua variação, e quanto ao valor nutricional das cultivares de trigo e de aveia, são muito escassas. Isto limita o uso mais racional destes cereais neste segmento de mercado.

2.4 Determinação da composição química dos grãos de cereais

A composição química dos grãos de cereais, bem como a dos ingredientes comumente usados nas rações, é usualmente descrita conforme o método de Weende, que compreende a determinação de água, cinzas, proteína bruta (Nx6,25), extrato etéreo e fibra bruta. O valor total obtido por essas determinações, subtraído de 100, fornece a percentagem do extrativo

não nitrogenado presente na amostra (AOAC, 1980).

De acordo com Van Soest (1994) e Larbier & Leclercq (1994), muitas das informações obtidas nesta seqüência são de significado incerto ou até mesmo errôneo. Estes autores comentam que o maior problema do método de Weende é a divisão dos carboidratos em fibra bruta, que representaria a parte indigestível, e extrativo não nitrogenado, onde estariam contidos os componentes prontamente digestíveis do alimento. Isto ocorre porque na determinação da fibra bruta, uma extensa e variável quantidade de celulose, lignina e hemiceluloses são dissolvidas e passam a fazer parte do extrativo não nitrogenado, o que leva a um grave erro de estimação, tanto na quantidade de carboidratos potencialmente digestíveis (amido, açúcares, etc), como também nos teores dos componentes indigestíveis presentes no alimento (celulose, hemiceluloses, lignina, etc).

Entre as tabelas de composição química de alimentos destinados à aves e suínos disponíveis no Brasil (EMBRAPA, 1991; NRC, 1994; NRC, 1998; Rostagno et al., 2000), a publicada por Rostagno et al. (2000) agrega, além das frações determinadas pelo método de Weende, o teor de amido dos ingredientes, que é o principal constituinte usado como fonte energética na nutrição. Adicionalmente, na nutrição humana, pelo interesse em ampliar o uso de grãos de cereais e para atender a obrigatoriedade de declaração em rótulo de alimentos embalados, a fibra alimentar também tem sido determinada por métodos laboratoriais específicos (enzímico-químicos ou enzímico-gravimétricos), que foram desenvolvidos a partir de diferentes conceitos de fibra alimentar. O Brasil adotou como oficial o método enzímico-gravimétrico n°

985.29 da AOAC, 15ª edição (1990), ou de edições posteriores, para a declaração dos níveis de fibra alimentar na rotulagem de produtos alimentícios embalados (Brasil, 1998). Neste, o conceito de fibra alimentar inclui, além dos PNA, outros compostos indigestíveis, como a lignina, o amido resistente, os taninos e alguns compostos minoritários. Utilizando esse método, a fibra do alimento é dividida nas frações insolúvel e solúvel em água, onde os teores de fibra total e insolúvel do alimento são determinados analiticamente, e o teor da fibra solúvel é estimado por diferença (Prosky et al., 1992). A base conceitual adotada pelo presente método parece ser adequada para estudos de resposta biológica em não ruminantes, uma vez que os efeitos provocados pelo conteúdo de fibra alimentar na dieta podem ser descritos em função das suas frações solúvel e insolúvel, e não necessariamente da sua composição.

De acordo com Lima (2001), a composição em nutrientes é um dos atributos mais importantes que caracterizam a qualidade dos grãos. Desta forma, o monitoramento de algumas medidas de composição química seria o primeiro passo para a classificação e utilização diferenciada de cultivares pertencentes a uma mesma espécie de cereal na nutrição. Neste contexto, Lima et al. (2000) sugerem que análise multivariada de agrupamento poderia ser usada como ferramenta para otimizar o uso dos grãos de cereais na formulação das rações animais, bem como, na alimentação humana.

2.5 Efeitos da fibra alimentar sobre a resposta biológica de não ruminantes

A fibra da dieta pode exercer vários efeitos metabólicos e fisiológicos

no organismo animal que serão diferenciados para as suas respectivas frações insolúvel e solúvel. Esses efeitos podem ser decorrentes de alterações em funções fisiológicas, como a taxa de excreção endógena e a passagem do alimento pelo trato gastrintestinal (Warner, 1981; Petterson & Åman, 1989; Coon et al., 1990; Van der Klis & Van Voorst, 1993; Angkanaporn et al., 1994; Refstie et al., 1999); alterações nas características do bolo alimentar e da digesta, tais como a capacidade de hidratação, o volume, o pH e a fermentabilidade (Robertson & Easwood, 1981; Jeraci & Horvath, 1989; Van Soest, 1994; Annison & Choct, 1994); ou ainda, por alterações nas populações e na atividade da microbiota intestinal (Stephen & Cummings, 1979; Easwood, 1992; Wenk, 2001).

2.5.1 Efeito da fibra insolúvel

De acordo com Warner (1981) o aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta pode provocar diminuição no tempo de passagem da digesta pelo trato gastrintestinal. Inicialmente, este efeito parece ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrintestinal, que tende a aumentar a motilidade e a taxa de passagem. Adicionalmente, o aumento nos teores desta fração também provoca diluição da energia da dieta, levando a um aumento compensatório no consumo para que os animais atinjam os níveis energéticos exigidos para o crescimento, desenvolvimento e produção (Lee et al., 1971; Gould et al., 1989; Lesson et al., 1991; Warpechowski, 1996).

A capacidade de hidratação é uma característica físico-química da fibra definida a partir da presença de grupos hidrofílicos, da área de superfície

e do arranjo estrutural das moléculas que compõem esta fração (Annison & Choct, 1994). No caso dos componentes que formam a fibra insolúvel, a quantidade de grupos hidrofílicos é muito pequena, e sua capacidade de hidratação torna-se mais dependente dos espaços intracelulares do que da sua superfície de contato (Van Soest, 1994). Quanto maior a coesão e a organização estrutural entre as moléculas, menor serão os espaços intracelulares e, conseqüentemente, menor será a capacidade de hidratação da fibra insolúvel (Stephen & Cummings, 1979). Geralmente, os tecidos da planta formados apenas por parede primária, onde as moléculas estão unidas de forma menos coesa e organizada, apresentam maior capacidade de hidratação do que aqueles compostos por parede secundária e/ou lignificadas (Goodwin & Mercer, 1988; Giger-Reverdin, 1995; McDougall et al, 1993). A maior capacidade de hidratação da fibra insolúvel pode levar ao aumento do volume e da pressão osmótica da digesta, influenciando a taxa de passagem (Stephen & Cummings, 1979; Gould et al., 1989; Easwood, 1992).

A matriz insolúvel da parede celular mantém sua integridade durante a passagem da digesta pelo intestino delgado por ser altamente resistente a ação dos microorganismos presentes neste segmento. Desta forma, além de manter a capacidade de hidratação, esta matriz também pode atuar como uma barreira física capaz de limitar o acesso das enzimas digestivas ao conteúdo interno das células (amido, açúcares, proteína, etc), causando redução na digestão e absorção dos nutrientes (Johansen et al., 1997; Vanderroof, 1998).

Adicionalmente, Zander (1986) observou que a diluição crescente da dieta com palha de trigo, material composto predominantemente por fibra insolúvel, aumenta linearmente a excreção endógena de nitrogênio e a massa bacteriana na excreta de matrizes pesadas. Assim, pode-se deduzir que o maior consumo de fibra insolúvel pode causar aumento na quantidade de substratos, tanto de origem endógena como exógena, disponíveis à fermentação bacteriana na região cecocólica. Nesta região, as populações bacterianas são mais diversificadas e exercem maior atividade do que as presentes no restante do trato digestivo dos não ruminantes (Larbier & Leclercq, 1994). Por este motivo, são capazes de degradar a maioria dos componentes que formam a matriz insolúvel da parede celular. A intensidade desta degradação dependerá da composição química e das características físico-químicas da fibra, além das particularidades da microflora intestinal de cada espécie animal (Van Soest, 1994; Jørgensen et al., 1996b).

A fibra proveniente de células que possuem apenas parede primária é mais suscetível à fermentação do que aquela proveniente de células que apresentam parede secundária e/ou lignificadas, as quais possuem pequenos espaços intracelulares que limitam, além da hidratação, a ação das enzimas bacterianas sobre o substrato (Grenet & Besle, 1991). De qualquer forma, se a matriz insolúvel da parede celular é parcialmente desintegrada, as suas características físico-químicas e, conseqüentemente, seus efeitos sobre o organismo animal, também serão alterados (Stephen & Cummings, 1979; Easwood, 1992). Hillman et al. (1983) observaram que o aumento nos teores de celulose em dietas consumidas por humanos diminuiu o tempo de retenção

da digesta e o pH fecal, enquanto que a adição de quantidades semelhantes de pectina ou de lignina, independente da sua solubilidade, não causaram alteração nestas medidas. De acordo com os autores, estes resultados estariam relacionados com possíveis alterações da flora bacteriana provocados pelo maior consumo de celulose. Guillon & Champ (2000) também citam que a natureza do substrato pode causar alterações no ambiente e na atividade da microflora gastrintestinal. De acordo com estes autores, o trânsito mais acelerado geralmente está associado à diminuição no pH, o que aumenta a quantidade de substratos que chega ao cólon, bem como, provoca um aumento no volume fecal.

Os ácidos graxos voláteis, produzidos a partir da fermentação da fibra pelos microrganismos do trato gastrintestinal, podem ser absorvidos e utilizados metabolicamente pela mucosa intestinal como fonte de energia (Ferreira, 1994), bem como, influenciar a absorção e a deposição de gordura (Choct et al., 1992; Zhao et al., 1995), o metabolismo do colesterol (Kritchevsky, 1997) e a proliferação das células epiteliais (Sakata, 1987). Desta forma, pode-se deduzir que a intensidade de degradação da fibra insolúvel e os respectivos compostos resultantes (AGV, massa bacteriana, etc) podem causar efeitos diferenciados sobre as respostas biológicas.

A partir destes comentários, sugere-se que o uso das diferentes cultivares de trigo e de aveia provenientes da Região Sul do Brasil, na alimentação animal ou humana, possa causar efeitos distintos sobre o metabolismo e as respostas biológicas, uma vez que apresentam grande amplitude de variação nos teores de fibra insolúvel (9,51 a 14,92% para trigo)

(Picolli e Ciocca, 1997; Maraschin et al., 1998), (4,87 a 10,07% para aveia) (Picolli e Ciocca, 1997; Pedó e Sgarbieri, 1997; Gutkoski e Trombetta, 1998). Uma vez que esta hipótese seja comprovada, os grãos das diferentes cultivares de trigo e de aveia poderiam ser usados de forma direcionada, para finalidades específicas na nutrição animal e/ou humana, de modo a se obter o máximo proveito de suas características particulares.

2.5.2 Efeito da fibra solúvel

Alguns trabalhos associam o aumento no teor de fibra solúvel de uma determinada dieta com a maior viscosidade (Bedford & Classen, 1992), o que contribuí para um trânsito mais lento da digesta no trato gastrintestinal (Shires et al., 1987; Van der Klis & Van Voorst, 1993; Guenter, 1993; Almirall & Esteve-Garcia, 1994; Ferreira, 1994) e com efeitos negativos sobre o desempenho animal (Annison, 1993). De acordo com estes trabalhos, o aumento da viscosidade atua como barreira física capaz de dificultar a ação de enzimas e sais biliares no bolo alimentar, causando redução na digestão e absorção dos nutrientes. A fibra solúvel também pode interagir com as células do epitélio intestinal, modificando a ação de hormônios e fazendo com que a secreção de proteínas endógenas seja aumentada, ou ainda, com os sais biliares e as enzimas digestivas, causando aumento na excreção de produtos de origem endógena (Angkanaporn et al., 1994; Refstie et al., 1999; Guillon & Champ, 2000). No entanto, a relação entre a fibra solúvel com o aproveitamento de nutrientes, excreção endógena e com o desempenho animal, está mais relacionada à origem e às características físico-químicas

desta fração, do que da variação nos seus respectivos teores (Jørgensen et al., 1996a). Os resultados obtidos por Gohl & Gohl (1977) demonstram que diferentes tipos de hidrocolóides podem tanto aumentar como diminuir o tempo de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal de ratos. Segundo estes autores, a composição química e a ação bacteriana sobre os diferentes substratos atuam mais efetivamente nesta resposta biológica do que a variação nos teores individuais de cada hidrocolóide. Shires et al. (1987) comentam que a atividade bacteriana e os produtos originados a partir da fermentação da fibra solúvel diminuem a motilidade do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, aumentam o tempo de retenção da digesta. Ao contrário, Coon et al. (1990) explicam que o maior teor dos oligossacarídeos da soja na dieta pode ter causado aumento da atividade bacteriana na região cecocólica, acidificando o meio e diminuindo o tempo de retenção do óxido de cromo utilizado como indicador da passagem da digesta em galos adultos.

Os componentes que formam a fibra solúvel geralmente apresentam-se ramificados e com grande quantidade de grupos hidrofílicos na sua estrutura (Annison & Choct, 1994), o que lhes confere maior capacidade de hidratação do que os componentes que formam a fração insolúvel da fibra (Stephen & Cummings, 1979). No entanto, esta relação direta entre teor de fibra solúvel com capacidade de hidratação, geralmente obtida nos estudos *in vitro*, pode não ser evidenciada nos estudos *in vivo*, devido a ação da microbiota intestinal sobre esta fração (McConnell et al., 1974). De acordo com Petterson & Åman (1989) e Vanderroof (1998), a maioria dos componentes que formam a fibra solúvel começam a ser depolimerizados no estômago e intestino delgado, originando moléculas menores e com menor capacidade de

hidratação. Longstaff & McNab (1986) e Carré & Gomez (1994) observaram que, em média, 80% dos PNA solúveis de trigo consumidos por galos adultos são digeridos pela microflora intestinal.

Considerando a intensa fermentação dos componentes solúveis da fibra pelos microrganismos do trato gastrintestinal, Stephen & Cummings (1979) e Jeraci & Horvath (1989) explicam que a maior umidade das fezes de animais recebendo dietas com teores elevados de fibra solúvel (Wagner & Thomas, 1978; Quershi et al., 1980; Jeroch & Dänicke, 1995) pode não estar relacionada diretamente com a maior capacidade de hidratação desta fração, e sim, com uma maior produção e excreção de massa bacteriana que, por sua vez, também possui uma alta capacidade de retenção de água.

Associado ao aumento na produção de massa bacteriana, o maior teor de fibra solúvel na dieta também aumenta a produção de ácidos graxos voláteis. Estes podem ser absorvidos e utilizados metabolicamente para a energia de manutenção, bem como, podem influenciar em outros processos metabólicos e fisiológicos que se refletirão sobre o desempenho animal ou sobre a saúde humana (Bergan, 1990; Choct et al., 1992; Bach Knudsen et al., 1993; Zhao et al., 1995; Guillon & Champ, 2000).

Realizando um compilamento de dados, também foi observado que as cultivares de trigo e de aveia produzidas na Região Sul do Brasil apresentam grande amplitude de variação nos teores de fibra solúvel (0,10 a 3,59% para trigo) (Picolli e Ciocca, 1997; Maraschin et al., 1998), (2,26 a 7,25% para aveia) (Picolli e Ciocca, 1997; Pedó e Sgarbieri, 1997; Gutkoski e Trombetta, 1998). Esta variação também sugere que o uso das diferentes cultivares de trigo e de aveia, na alimentação animal ou humana, possa causar

efeitos distintos sobre o metabolismo e as respostas biológicas. Assim, estes grãos poderiam ser usados de maneira diferenciada, para estratégias específicas na nutrição.

2.5.3 Efeito da interação entre as frações insolúvel e solúvel da fibra alimentar

De acordo com Guillon & Champ (2000), o principal problema quando se trata de fibra da dieta é que este termo refere-se a uma grande quantidade de substâncias, incluindo as purificadas, as semi-purificadas ou aquelas derivadas da parede celular das plantas. Estas substâncias têm em comum apenas o escape da digestão por enzimas endógenas e a possibilidade de serem fermentadas pela microbiota presente no trato gastrointestinal de mamíferos e aves, mas podem exibir propriedades muito diferenciadas de acordo com suas fontes, processamento, solubilidade e transformações durante a sua passagem pelo trato digestivo (Monro, 2000).

Na prática, as frações insolúvel e solúvel de fibra são partes integrais das dietas animais e humanas. Assim, em uma dieta usual, ambas serão consumidas; porém, os efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos não dependerão somente da variação nos seus teores individuais, mas também, da predominância de uma fração em relação a outra, da sua composição química e da sua organização estrutural. Estes fatores determinam as propriedades físico-químicas da fibra e, conseqüentemente, os seus efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos (Mongeau et al., 1990; Jørgensen et al., 1996a e 1996b; Johansen & Knudsen, 1997; Moore et

al., 1998). As propriedades físico-químicas da fibra podem modificar mais efetivamente a resposta biológica do que apenas as variações nas suas respectivas frações insolúvel e solúvel (Mongeau et al., 1990; Morre et al., 1998; Varderhoff, 1998). Jeraci & Horvath (1989) observaram que a fermentação da pectina *in vitro* foi inibida com a presença de celulose, mas potencializada com a presença de uma matriz indigestível de fibra insolúvel de palha de trigo.

Vários outros trabalhos também têm demonstrado que apenas as variações nos teores das frações de fibra das dietas não são suficientes para explicar as diferenças (ou semelhanças) obtidas em muitas das medidas de resposta biológica avaliadas (Mongeau et al., 1990; Brunsgaard et al., 1995, Yan et al., 1995; Zhao et al., 1995; Pedó, 1996; Jørsen et al., 1996a e 1996b; Leontowicz et al.; 2001). Johansen et al. (1996), Warpechoski (1996), Cherbut et al. (1997), Johansen & Kunudsen (1997) e Monro (2000), sugerem que as propriedades físico-químicas da fibra da dieta podem ser alteradas de acordo com as interações entre as suas respectivas frações insolúvel e solúvel, bem como, com a interação entre as fibras provenientes de diferentes origens, o que causaria diferentes efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos dos animais.

Entre cultivares pertencentes a mesma espécie de cereal, os contrastes entre as frações solúvel e insolúvel podem ser bastante amplos, mesmo quando os níveis de fibra total são semelhantes. Alguns estudos foram desenvolvidos nos últimos anos a fim de avaliar os níveis de fibra total e de suas frações em cultivares de trigo e de aveia provenientes da Região Sul do Brasil, nos quais foi observado que a fibra insolúvel representou entre 78,0 a

99,9% do teor de fibra total determinado em grãos de diferentes cultivares de trigo (Picolli & Ciocca, 1997; Maraschin et al., 1998); e entre 45 a 82% dos teores de fibra total obtidos nas diferentes cultivares de aveia (Picolli & Ciocca, 1997; Pedó & Sgarbieri, 1997; Gutkoski & Trombetta, 1998; Sá et al., 1998). Aliada às sugestões dos trabalhos citados anteriormente, a ampla variação nas proporções de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total entre as cultivares de trigo e de aveia permite sugerir que o uso destes grãos podem causar respostas biológicas diferenciadas, que dependerão da razão e da interação entre estas duas frações de fibra.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de grãos de cultivares de trigo e de aveia

3.1.1 Local e época

Os experimentos que compuseram o Estudo 1 foram desenvolvidos no período de janeiro de 1997 a agosto de 2000, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Análises Bromatológicas do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, ambos pertencentes a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3.1.2 Material experimental

Foram utilizados grãos de treze cultivares de trigo provenientes do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (EMBRAPA-CNPT/Passo Fundo-RS), e de nove cultivares de aveia provenientes da Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/Eldorado do Sul-RS), colhidos nos anos de 1996 e 1997 (Tabela 1).

3.1.2.1 Amostragem e conservação

No local de origem, logo após a colheita, os grãos passaram por um processo de limpeza e foram armazenados em câmara fria com temperatura e umidade controladas ($5 \pm 2^\circ\text{C}$ e $30 \pm 5\%$ de umidade). Desse material, foram retiradas amostras de aproximadamente 1kg, para a realização das análises laboratoriais. No laboratório, antes de serem acondicionadas, as amostras foram tratadas com fosfina para evitar o ataque de insetos. Posteriormente, foram armazenadas em potes plásticos com capacidade de 4,3 L que permaneceram hermeticamente fechados até o momento da subamostragem.

TABELA 1. Cultivares de trigo e de aveia que foram caracterizadas quanto a composição química e macrométrica

Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	Aveia (<i>Avena sativa</i>)
BR 23	UPF 7
BR 35	UPF 15
CEP 24	UPF 16
CEP 27	UPF 17
EMBRAPA 15	UFRGS 14
EMBRAPA 16	UFRGS 15
EMBRAPA 24	UFRGS 16
EMBRAPA 40	UFRGS 17
EMBRAPA 49	UFRGS 18
EMBRAPA 52	
OR 1	
RS 1	
RS 8	

3.1.3 Análises laboratoriais

3.1.3.1 Análises macrométricas

O peso do hectolitro (PH) e o peso de mil sementes (PMS) foram determinados logo após o recebimento das amostras, ainda com os grãos inteiros, conforme as Regras para Análise de Sementes (Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992).

3.1.3.2 Preparo das amostras para análise

Os grãos de aveia foram descascados manualmente para, posteriormente, receberem o mesmo tratamento das demais amostras.

Imediatamente antes das análises, as amostras dos grãos foram homogeneizadas e retirada uma alíquota de aproximadamente 250g, que foi moída em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm. Essa subamostra foi novamente homogeneizada e dela tomada uma alíquota de 100g para as análises de composição química. Para as análises de fibra alimentar, o restante do material foi submetido a nova moagem em moinho de facas (Tecator KNIFETEC 1095 Sample Mill) com velocidade do rotor de 20.000 rpm por 45 s, a fim de se obter tamanho de partículas apropriado.

Adicionalmente, para testar a influência do tamanho do grão sobre a composição química da aveia, foram utilizados grãos descascados da cultivar UFRGS 7, colhida no ano de 1997, separados em duas frações, considerando os diâmetros de peneira maior e menor que 2mm.

3.1.3.3 Análises bromatológicas

Para caracterização do material experimental foram realizadas, em duas repetições, as análises de matéria orgânica (MO), matéria seca (MS), cinzas (Cz), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) em aparelho Goldfish, e proteína bruta (PB) através da determinação de nitrogênio pelo método de Kjeldahl, de acordo com as técnicas descritas pela AOAC (1980). O teor de amido foi determinado pelo método de Lane-Eynon, conforme metodologia descrita em Carvalho & Jong (2001) para amostras com alto teor de amido.

3.1.3.4 Determinação da fibra total e insolúvel

As determinações de fibra total (FT) e insolúvel (FI) foram realizadas conforme o método descrito por Prosky et al. (1992). As enzimas utilizadas para digestão foram a amilase TERMAMYL 120L, protease ALCALASE 0,6L e amiloglicosidase AMG 200, todas fabricadas pela Novo Nordisk Bioindustrial Ltda. Essas enzimas foram armazenadas em refrigerador a 4°C, conforme recomendação do fabricante, e sua atividade foi testada de 2 em dois meses, conforme recomendado pelo ITAL (1996).

Em cada corrida laboratorial foram feitas duas determinações de FT e duas de FI, em duplicata. Para cada amostra foram realizadas três determinações de FT, três determinações de FI e conduzida uma prova em branco, todas em duplicata. O número de repetições foi estipulado de acordo com os resultados obtidos por Picolli (1997).

Os resultados de fibra insolúvel e total, expressos em percentagem de matéria seca, foram obtidos após subtração dos valores de cinzas, proteína

e prova em branco, conforme descrito no próprio método. O valor de fibra solúvel (FS) foi obtido pela diferença entre os valores de FT e FI.

3.1.3.4.1 Tratamento do material de filtração

Os cadinhos de fundo de vidro sinterizados (50 mL, porosidade de 40-60 μm) usados nestas análises receberam 1g de lã de vidro como auxiliar de filtração. A cada nova utilização, o conjunto foi submetido a queima em mufla a 525^oC por 5 horas, tratado com solução de HCl \pm 2N por no mínimo 6 horas e lavados com água destilada.

3.1.4 Análises estatísticas

Os valores das medidas obtidas para as cultivares colhidas nos anos de 1996 e 1997 foram submetidos a análise de variância e as médias dos anos de cultivo foram comparadas pelo F-teste ($P < 0,05$), seguindo o modelo:

$Y_{ij} = x + a_i + E_{ij}$, onde:

Y_{ij} = observação Y, do tratamento i, na repetição j;

X = média da população;

a_i = efeito do tratamento i;

E_{ij} = erro experimental.

3.1.4.1

As cultivares de trigo e de aveia foram divididas em grupos de características nutricionais distintas, em cada ano de cultivo, através da análise multivariada de Agrupamento ("Cluster analysis") utilizando o método de Ward, conforme indicado por Hair Jr. et al. (1998), seguindo o modelo:

$Y_{n \times p} = Xb_{n \times g} + E_{n \times p}$, onde:

$Y_{n \times p}$ = é a matriz das observações (p medidas para cada uma das n unidades experimentais);

$Xb_{n \times g}$ = é a matriz de planejamento (associa cada unidade experimental ao respectivo grupo);

$E_{n \times p}$ = é a matriz dos componentes aleatórios das observações (cada elemento representa o desvio entre o valor observado e o respectivo valor esperado). **3.1.4.2**

Na primeira etapa, as cultivares foram agrupadas de acordo com as medidas de composição química que melhor indicam o valor nutricional dos grãos (FT, FI, FS, Am e PB). Posteriormente, as cultivares também foram agrupadas considerando, separadamente, o conjunto das medidas que melhor indicam os componentes indigestíveis dos grãos (FT, FI e FS); o conjunto das medidas que representam a maior parte das substâncias de reserva presentes nestes grãos (Am e PB); e ainda, considerando apenas as proporções de FI e FS em relação a FT.

As análises de correlação foram realizadas a fim de verificar a associação entre as medidas macrométricas (PH e PMS) com as medidas utilizadas como indicativos do valor nutricional dos grãos (FT, FI, FS, Am e PB); bem como, a associação entre estas medidas com as medidas de FB, ENN e Cz, obtidas pelo sistema de análise proximal, utilizando o seguinte modelo:

$Y_{ij} = a + bx + E_{ij}$, onde:

Y_{ij} = observação Y, do tratamento i, da repetição j;

a = intercepto da reta no ponto que corta o eixo y;

b = inclinação da reta quando x aumenta 1 unidade, sendo

$b^{1/2}$ = coeficiente de correlação;

E_{ij} = erro experimental.

3.1.4.3

Foram utilizados os resultados dos dois anos, totalizando 26 observações para o trigo e 18 observações para a aveia. A significância dos coeficientes de correlação foi testada pelo t-teste ao nível de 5% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

Os teores médios das medidas de composição química obtidos para as frações menor e maior que 2mm de tamanho dos grãos de aveia UFRGS 7, resultantes de três repetições para as medidas de FT, FI e FS, e de duas repetições para as demais medidas avaliadas, foram comparadas pelo F-teste ao nível de 5% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS 8.0 (1997).

3.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais

3.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

3.2.1.1 Local e época

O experimento com as aves foi conduzido entre fevereiro e abril de 1999, nas dependências do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (EMBRAPA-CNPSA/Concórdia-SC), e as análises laboratoriais foram executadas no ano de 1999 no Laboratório de Nutrição deste mesmo centro, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Análises Químicas de Solos, Plantas e Outros Materiais do Departamento de Solos, ambos na UFRGS.

3.2.1.2 Material experimental

Para compor as rações experimentais foram utilizados grãos das cultivares de trigo CEP24 e BR 32 coletados em ensaios de produção conduzidos no CNPT (EMBRAPA-CNPT/Passo Fundo-RS) em 1998, selecionadas de um grupo de cinco cultivares, por apresentarem teores

semelhantes de FT e os maiores contrastes quanto aos teores das frações FI e FS.

3.2.1.3 Animais experimentais

Foram utilizados frangos machos de linhagem de corte, selecionados de um grupo de 100 animais mantidos em baterias quentes desde o 1º dia de idade, recebendo ração inicial para frangos de corte (CNPSA) e água à vontade. No 24º dia de idade, foram pesados individualmente e selecionados os 24 animais com pesos mais próximos a média geral (888 ± 18 g).

3.2.1.4 Ingredientes e dietas experimentais

A partir de uma ração basal, composta à base de milho e farelo de soja, e formulada de acordo com os níveis recomendados pelo NRC (1994) para frangos de corte, foram compostas outras duas rações mediante a substituição total do milho por grãos de trigo CEP 24 ou BR 32, mantendo-se fixos os demais ingredientes.

A composição centesimal e química das rações experimentais encontram-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Os teores de MS, PB e fibra alimentar dos ingredientes e das rações experimentais foram determinados pelas mesmas técnicas usadas no Experimento 1, e os teores de fibra em detergente neutro (FDN), pelo método descrito por Goering e Van Soest (1970).

Os resultados das análises bromatológicas do milho, do farelo de soja e dos grãos de trigo encontram-se na Tabela 4.

TABELA 2. Composição centesimal das rações experimentais fornecidas às aves

Ingredientes	Ração		
	TM	TC 24	TB 32
	%		
Milho	64,3800	0,0000	0,0000
Trigo CEP 24	0,0000	64,3800	0,0000
Trigo BR 32	0,0000	0,0000	64,3800
Farelo de Soja	31,9000	31,9000	31,9000
Calcáreo	1,5639	1,5639	1,5639
Fosfato bicálcico	1,3110	1,3110	1,3110
Sal	0,3406	0,3406	0,3406
DL – Metionina	0,1663	0,1663	0,1663
Colina	0,1429	0,1429	0,1429
Premix mineral ¹	0,1000	0,1000	0,1000
Premix vitamínico ²	0,0900	0,0900	0,0900

¹ Níveis por kg do produto: Mn, 160g; Fe, 100g; Zn, 100g; Cu, 20g; Co, 2g; I, 2g;

² Níveis por kg do produto: vit. A, 12.000.000UI; vit. D₃, 2.500.000UI; vit. E, 30.000UI; vit. B₁, 2g; vit. B₂, 7g; vit. B₄, 2g; pantotenato de cálcio, 10g; biotina, 0,07g; vit. K₃, 3g; ácido fólico, 1g; ácido nicotínico, 35g; cloreto de colina, 250g; BHT, 5g; vit. B₁₂, 15µg; Se, 0,12g.

TABELA 3. Composição química das rações experimentais fornecidas às aves

Frações nutritivas	Ração		
	TM	TC 24	TB 32
	% na matéria seca.....		
Cálcio	0,98	0,98	0,98
Fósforo total	0,59	0,65	0,65
Fósforo disponível	0,35	0,41	0,41
Sódio	0,15	0,14	0,14
Lisina	1,00	1,08	1,03
Colina	0,10	0,10	0,10
Metionina + cistina	0,72	1,05	1,01
PB	21,76 - 19,92	22,02 - 21,58	21,92 - 22,36
FDN	19,38	18,19	18,94
FT	14,78 - 18,21	16,32 - 18,81	16,21 - 18,60
FI	14,23 - 16,94	15,69 - 17,25	14,49 - 16,35
FS	0,56 - 1,27	0,63 - 1,57	1,73 - 2,24
FI/FT	96,28 - 93,08	96,14 - 91,67	89,39 - 87,92
FS/FT	3,72 - 6,92	3,86 - 8,33	10,61 - 12,08
	Kcal/kg.....		
En. Metabolizável	2953	2696	2696

* Os valores em negrito representam as médias de determinações da composição química das rações em laboratório; os demais foram calculados a partir da composição dos ingredientes .

TABELA 4. Teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra total (FT), insolúvel (FI), solúvel (FS) e amido (Am), e proporções de fibra insolúvel (FI/FT) e solúvel (FS/FT) em relação a fibra total dos ingredientes fornecedores de fibra e de proteína

Amostra	MS	PB	FT	FI	FS	Am	FI/FT	FS/FT
	..%...	..... % de matéria seca.....						
Trigo CEP 24	87,73	12,87*	15,51	13,95	1,56	61,18	90,00	10,00
Trigo BR 32	87,57	14,27*	15,18	12,60	2,57	63,97	83,00	17,00
Farelo de Soja	88,42	44,86**	25,43	23,85	1,58	---	93,79	6,21
Milho	87,90	9,91**	14,61	13,50	1,11	---	92,40	7,60

* N x 5,7; ** N x 6,25

3.2.1.5 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pelas rações experimentais e designados por:

TM: ração composta por milho;

TC 24: ração composta por grãos da cultivar CEP 24;

TB 32: ração composta por grãos da cultivar BR 32.

3.2.1.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado, com 8 repetições por tratamento, considerando cada indivíduo como uma unidade experimental.

Para a comparação dos tratamentos quanto às medidas de 1% (TT) e 50% (T50) de recuperação do indicador na excreta, foi utilizado arranjo fatorial 3x2, onde as rações experimentais constituíram o fator A e as fases da digesta (sólida e líquida), o fator B.

3.2.1.7 Condução do experimento

3.2.1.7.1 Período pré-experimental

Quando as aves completaram 24 dias de idade foram transferidas para gaiolas individuais equipadas com bandejas para coleta de excreta, comedouros individuais e bebedouro contínuo comum. As aves foram submetidas a quatro dias de adaptação às dietas experimentais, durante os quais as rações foram oferecidas em quatro refeições diárias iguais (às 6:00, 12:00, 18:00 e 24:00 h) na quantidade de 120 g/dia.

3.2.1.7.2 Período experimental

O experimento foi conduzido em um período de oito dias. Em todo o período experimental a água foi oferecida a vontade, a iluminação foi permanente e as rações foram oferecidas em quatro refeições diárias iguais (às 6:00, 12:00, 18:00 e 24:00 h) na quantidade de 120 g/dia no 1º dia experimental e 160g/dia a partir do 2º dia experimental. As sobras das rações foram pesadas diariamente, antes da refeição das 12:00h, e o peso corporal dos animais foi registrado no 1º e no 7º dias do experimento.

A determinação de TT e T50 foi realizada em dois períodos, no 1º e no 7º dias experimentais (aves com 28 e 34 dias de idade), empregando-se quatro animais de cada tratamento para a determinação da passagem da fase sólida e outros quatro para a determinação da passagem da fase líquida. No intervalo de cinco dias entre estas determinações, do 2º ao 6º dia experimental, foram realizadas coletadas diárias de excreta. Imediatamente

após a pesagem, as amostras de excreta foram armazenadas em congelador a -10°C até o momento das análises.

Para a determinação de TT e T50 da fase sólida, 0,60 a 0,65 g de fibra cromo mordente, preparada conforme metodologia descrita por Udén et al. (1980), foram acondicionadas em duas cápsulas de gelatina tamanho A02, que foram umedecidas e colocadas na orofaringe das aves para deglutição espontânea. Para a determinação de TT e T50 da fase líquida, 1,0 mL de cromo-EDTA, preparado de acordo com Binnerts et al. (1968), foi administrado diretamente no papo das aves através de sonda esofageana.

Os indicadores foram administrados imediatamente antes da refeição das 12:00 h, registrando-se o horário (tempo zero) após completada a administração do indicador para cada unidade experimental. A excreta foi recolhida de hora em hora, até as primeiras 8 horas, e também na 12^o e na 24^o hora após a administração do cromo, totalizando 10 coletas/animal. Imediatamente após cada coleta, o material foi colocado em sacos plásticos, pesado e estocado à temperatura de aproximadamente -10°C até o momento da análise.

Após a última coleta de excreta do segundo período (12:00 horas do 8^o dia experimental), as aves receberam uma refeição de 40g e, aproximadamente duas horas depois, foram abatidas por deslocamento cervical. Imediatamente foi realizada a abertura da cavidade peritoneal e o segmento compreendido entre a moela e o divertículo de Meckel foi isolado por ligaduras (intestino proximal), do qual foi coletada a digesta. As amostras

foram colocadas em recipientes previamente tarados, pesadas imediatamente para determinar o peso úmido e conservadas à aproximadamente -10°C até o momento da análise de matéria seca.

3.2.1.8 Medidas e observações

a) Consumo, ganho de peso e conversão alimentar: A partir das pesagens de sobra diária de ração e do registro de peso corporal dos animais, foram determinados o consumo, ganho e peso e conversão alimentar de cada ave.

b) Estimativa do tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado: A quantidade de cromo presente na excreta foi determinada conforme o método de adotado por Siddons et al. (1985). O cromo determinado na excreta de cada ave foi expresso como fração acumulada do total de cromo recuperado até a última coleta em função do tempo após a administração do indicador. As curvas individuais de excreção acumulada dos indicadores foram analisadas pelo seguinte modelo matemático descrito por Ferrando et al. (1987):

$$Y = t^n / (t^n + K), \text{ onde:}$$

Y é a fração acumulada de cromo excretado;

t é o tempo após a administração do indicador;

n é a inclinação da linha;

K é uma constante que define a curva.

Para o cálculo da inclinação (n), de K e do coeficiente de correlação (R), as curvas foram transformadas em uma equação linear da seguinte forma:

$$\ln (Y/1-Y) = n \ln (t) - \ln (K) \quad \text{ou} \quad Y' = ax + b, \quad \text{sendo:}$$

$$Y' = \ln (Y/1-Y);$$

$$a = n;$$

$$x = \ln (t), e;$$

$$b = -\ln (k)$$

Para estes cálculos, a mínima quantidade de cromo considerada significativa foi equivalente a 1% do cromo administrado, sendo que quantidades menores não foram consideradas.

A partir dos parâmetros que descrevem as curvas de excreção, foram estimados o tempo de trânsito (TT), que representa o tempo de excreção de 1% do cromo recuperado, e o tempo de excreção de 50% do cromo recuperado (T50), para as fases líquida e sólida da digesta.

O TT foi calculado como:

$$Y = 0,01 = TT^n / (TT^n + K) \quad \text{ou} \quad TT = (K/99)^{1/n}$$

O T50 foi estimado como:

$$Y = 0,5 = T50^n / (T50^n + K) \quad \text{ou} \quad T50 = (K)^{1/n}$$

c) Produção de excreta úmida e seca: A produção média diária de excreta úmida e seca foram obtidas a partir das coletas realizadas entre o 2º e 6º dias experimentais. Para determinar a produção média diária de excreta seca, o total de excreta úmida coletada para cada animal foi homogeneizada em picador de salada marca Hobart e seca parcialmente a 60°C por 72 horas (AOAC, 1980). Este material foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1

mm, novamente homogeneizado, e retirada outra alíquota para secagem a 105°C até peso constante (AOAC, 1980).

d) Desaparecimento da matéria seca: Considerando os valores de matéria seca consumida e excretada, foi calculado o desaparecimento da matéria seca.

e) Digestibilidade aparente da FDN: A partir das amostras de excreta secas a 60°C, foi retirada uma alíquota para determinação do teor de fibra em detergente neutro (FDN) (Goering & Van Soest, 1970). Utilizando-se dos valores de FDN das rações, foi então calculada a digestibilidade aparente da FDN no trato gastrointestinal das aves, conforme descrito por Mongeau et al. (1990).

f) Matéria seca da digesta: As amostras de digesta coletadas e pesadas imediatamente após o abate dos animais, foram secas por processo de liofilização (168 horas em liofilizador marca Virtiz, capacidade de 25 litros) para a determinação da matéria seca da digesta.

3.2.1.9 Análises estatísticas

Os resultados referentes ao consumo, ganho de peso, conversão alimentar, produção média de excreta úmida e seca, matéria seca na excreta, desaparecimento da matéria seca, desaparecimento da FDN e matéria seca no conteúdo do intestino proximal, foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

Os resultados referentes as medidas de TT e T50 também foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, seguindo o modelo:

$$Y_{ijk} = x + a_i + b_j + ab_{ij} + E_{ijk}$$

Y_{ij} = observação Y, do tratamento i, na repetição j;

X = média da população;

a_i = efeito do iésimo nível do fator a;

b_j = efeito do jésimo nível do fator b;

ab_{ij} = efeito da interação a x b;

E_{ijk} = erro experimental.

3.2.1.9.1

Os resultados destas medidas, obtidos apenas para os tratamentos compostos pelos grãos das diferentes cultivares de trigo, foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste F, considerando até 20% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

O efeito do peso das aves sobre as medidas de TT e T50 foi testado pela análise de covariância. Quando significativo, os valores das medidas foram ajustados conforme a equação obtida e realizada nova análise de variância. Também foram calculados e analisados, pelo t-teste ao nível de 5 % de probabilidade, os coeficientes de correlação entre as medidas de TT e T50 das fases sólida e líquida, seguindo o modelo 3.1.4.3.

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS 8.0 (1997).

3.2.2. Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

3.2.2.1 Local e época

O experimento com os ratos foi realizado entre os meses de novembro e dezembro de 2000 nas dependências do Laboratório de Ensaio Biológicos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) e as análises laboratoriais realizadas entre janeiro e maio de 2001, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, no Laboratório de Análises Químicas de Solos, Plantas e Outros Materiais do Departamento de Solos, todos na UFRGS; e no Laboratório de Nutrição do CNPSA (EMBRAPA-Concórdia-SC).

3.2.2.2 Material experimental

Para compor as rações experimentais foram utilizados grãos das cultivares de aveia UFRGS 15 e UFRGS 18 selecionados entre sete cultivares por apresentarem níveis semelhantes de FT, mas contrastantes de FI e de FS, obtidos em ensaios de produção conduzidos na Estação Experimental da UFRGS (Eldorado do Sul/RS) no ano de 1999.

3.2.2.3 Animais experimentais

Foram utilizados ratos machos da linhagem Wistar, selecionados de

um grupo de 40 animais mantidos em caixas coletivas com temperatura controlada (24°C) desde o nascimento, recebendo leite materno e água a vontade. No 21º dia de idade, os animais foram pesados individualmente e selecionados os 36 indivíduos com pesos mais próximos a média geral (57,38 ± 7,89g). Após essa pesagem, os animais selecionados foram transferidos para gaiolas metabólicas individuais equipadas com bebedouro, comedouro e bandeja para coleta de fezes.

3.2.2.4 Ingredientes e dietas experimentais

A partir de uma ração basal purificada, formulada conforme as recomendações do American Institute of Nutrition (AIN) (Reeves et al. 1993), foram compostas outras duas rações mediante a substituição total da celulose, e parcial da caseína e do amido de milho, por grãos descascados de aveia UFRGS 15 ou UFRGS 18, mantendo-se fixos os demais ingredientes. A composição centesimal e química das rações experimentais encontram-se nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Os teores de MS, PB e fibra alimentar dos ingredientes e das rações experimentais foram determinados pelas mesmas técnicas usadas no Estudo 1, e os teores de fibra em detergente neutro (FDN), pelo mesmo método utilizado no Experimento 1 do Estudo 2.

Os resultados das análises bromatológicas dos grãos de aveia e da caseína encontram-se na Tabela 7.

Tabela 5. Composição das rações experimentais fornecidas aos ratos

Ingredientes	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
	%		
Óleo de soja	7,0000	7,0000	7,0000
Mistura mineral ¹	3,5000	3,5000	3,5000
Mistura vitamínica ²	1,0000	1,0000	1,0000
L-cistina	0,3000	0,3000	0,3000
Bitartarato colina	0,2500	0,2500	0,2500
BHT	0,0014	0,0014	0,0014
Sacarose	10,0000	10,0000	10,0000
<i>SUB – TOTAL</i>	<i>22,0500</i>	<i>22,0500</i>	<i>22,0500</i>
Caseína	21,0800	9,6300	9,0700
Amido de milho	51,8600	11,4300	12,7900
Celulose purificada	5,0000	0,0000	0,0000
Aveia UFRGS 15	0,0000	56,8800	0,0000
Aveia UFRGS18	0,0000	0,0000	56,0900

¹ Níveis em mg/kg do produto: Ca, 5000; P, 1561; K, 3600; S, 300; Na, 1019; Cl, 1571; Mg, 507; Mn, 10; Fe,35; Zn,30; Cu, 6; Co, g; I, 0,2; Mo, 0,15; Se, 0,15; Si, 5;Cr, 1; F, 1; Ni, 0,5; B, 0,5; Li, 0,1; V, 0,1;

² Níveis em kg do produto: vit. A, 4000 UI; vit. D₃, 1000 UI; vit. E, 75 UI; vit. K, 750 µg; piridoxina, 6 mg; tiamina, 5 mg; riboflavina, 6 mg; pantotenato, 15 mg; D-biotina, 200 µg; ácido fólico, 2 mg; ácido nicotínico, 30 mg; vit. B₁₂, 25 µg.

TABELA 6. Composição química das rações experimentais fornecidas aos ratos

Fração nutritiva	Ração		
	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
	% na matéria seca.....		
PB	18,50 – 18,69	18,42 - 18,66	18,68 - 19,75
FDN	5,00	6,40	6,86
FT	6,63 - 5,50	6,30 - 5,49	6,23 - 5,51
FI	5,49 - 5,50	5,12 - 4,16	4,44 - 3,49
FS	1,14 - 0,00	1,18 - 1,33	1,79 - 2,03
FI/FT	82,80 - 100,00	81,27 – 75,77	71,27 – 63,34
FS/FT	17,20 - 0,00	18,73 – 24,23	28,73 – 36,66
	.....Kcal/kg.....		
En. Metabolizável	3890	3971	3756

* Os valores em negrito representam as médias de determinações da composição química das rações em laboratório; os demais foram calculados a partir da composição dos ingredientes .

TABELA 7. Teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra total (FT), insolúvel (FI), solúvel (FS) e amido (Am), e proporções de fibra insolúvel (FI/FT) e solúvel (FS/FT) em relação a fibra total dos ingredientes fornecedores de fibra e de proteína

Amostra	MS	PB	FT	FI	FS	Am	FI/FTI	FS/FT
	.....%.....	..... % de matéria seca.....						
UFRGS 15	87,55	18,54	10,04	7,61	2,43	74,70	75,80	24,20
UFRGS 18	87,74	19,69	10,16	6,41	3,75	62,23	63,09	36,91
Caseína	95,00	84,87	---	---	---	---		

3.2.2.5 Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pelas rações experimentais e designados por:

TAIN: ração purificada formulada de acordo com o AIN (Reeves et al., 1993);

TAGS 15: ração composta por 56,88% de grãos descascados do cultivar UFRGS 15;

TAGS 18: ração composta por 56,09% de grãos descascados do cultivar UFRGS 18.

3.2.2.6 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o completamente casualizado, com 12 repetições por tratamento, considerando cada animal como uma unidade experimental.

3.2.2.7 Condução do experimento

3.2.2.7.1 Período pré-experimental

Os animais foram submetidos a cinco dias de adaptação às dietas experimentais, durante os quais a água e a ração foram oferecidas a vontade e a iluminação e a temperatura foram controladas, alternando-se períodos de 12h de luz/12h de escuro e mantendo-se $24 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3.2.2.7.2 Período experimental

O experimento foi conduzido por um período de 16 dias, tendo início quando os animais completaram 26 dias de idade. Em todo o período experimental a água foi oferecida a vontade e a iluminação e temperatura foram controladas tal como no período pré-experimental. As rações experimentais foram oferecidas a vontade, exceto nos dias que precederam as determinações das medidas de primeiro aparecimento (TPA), aparecimento de 1% (TT) e 50% do indicador nas fezes (T50) (8^o, 11^o e 14^o dias experimentais), quando os animais foram submetidos a um período de 12 horas de jejum (Ghol & Ghol, 1977).

As sobras da ração de cada animal foram pesadas diariamente entre o 1^o e o 7^o dia experimental, antes da refeição das 8:00 horas da manhã. Neste período também foram realizadas coletas diárias de fezes que, imediatamente após a pesagem, foram armazenadas em congelador a -10°C até o momento das análises. O peso corporal dos animais foi registrado no 1^o, 4^o e 8^o dias experimentais.

A determinação das medidas de TPA, TT e T50, foi realizada no 9º dia experimental e repetida no 12º e no 15º dias experimentais (animais com 34, 37 e 40 dias de idade, respectivamente), empregando-se os doze animais de cada tratamento. As repetições no tempo foram denominadas P1, P2 e P3.

Para a determinação destas medidas, 2g de ração experimental contendo 0,25% de óxido de cromo foi oferecida aos animais após um período de 12 horas de jejum (Gohl & Gohl, 1977). Após o consumo total desta ração, os animais voltaram a receber as suas respectivas rações experimentais, e o horário (tempo zero) da administração do indicador para cada unidade experimental foi registrado.

Todas as fezes produzidas por defecações espontâneas após administração do óxido de cromo foram coletadas, identificadas, e os respectivos horários de excreção foram anotados. Este procedimento foi realizado continuamente por 11 horas e 30 minutos após a administração do indicador. As fezes produzidas em defecações ocorridas após este período foram coletadas na 24ª hora após a administração do indicador. Todas as amostras coletadas foram mantidas em congelador (-10°C) até o momento das análises.

Após a última coleta de fezes do terceiro período, os animais receberam uma refeição (8:00 h do 21º dia experimental) e, aproximadamente duas horas depois, foram anestesiados com éter etílico e abatidos por incisão cardíaca para a coleta de digesta do intestino delgado. Imediatamente após o abate, o segmento compreendido entre o início do intestino delgado e a porção

imediatamente anterior ao ceco foi isolado por ligaduras, do qual foi coletada a digesta. As amostras foram colocadas em recipientes previamente tarados, pesadas e armazenadas à aproximadamente -10°C até o momento da análise.

3.2.2.8 Medidas e observações

a) Consumo, ganho de peso e conversão alimentar: A partir das pesagens de sobra diária de ração e do registro de peso corporal dos animais, foram determinados o consumo, ganho e peso e conversão alimentar de cada rato.

b) Tempo do primeiro aparecimento (TPA) e estimativa do tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado: A quantidade de cromo presente nas fezes foi determinada conforme o método descrito por Siddons et al. (1985). O tempo do primeiro aparecimento (TPA) foi aquele da primeira leitura de cromo nas fezes de cada animal.

O cromo determinado nas fezes de cada rato também foi expresso como fração acumulada do total de cromo recuperado até a última coleta em função do tempo após a administração do indicador, de acordo com o descrito por Ferrando et al. (1987). As curvas individuais de excreção acumulada do indicador foram analisadas pelo mesmo modelo matemático utilizado no experimento com aves (item 3.2.1.3 - b).

A partir dos parâmetros que descrevem as curvas de excreção, foram estimados o tempo de trânsito (TT), que representa o tempo de excreção

de 1% do cromo recuperado, e o tempo de excreção de 50% do cromo recuperado (T50). Ambas as medidas foram calculadas da mesma forma descrita no item 3.2.1.3 – b.

c) Produção de fezes úmidas e secas: A produção de fezes úmida e seca foram obtidas a partir das coletas realizadas entre o 1° e 7° dias experimentais. O total de fezes coletadas durante este período foi parcialmente seca a 60°C por 72 horas (AOAC, 1980) e o material resultante desta secagem foi moído em Gral de porcelana, homogeneizado e retirada uma alíquota para secagem a 105°C até peso constante (AOAC, 1980).

d) Digestibilidade aparente da matéria seca: Considerando os valores de matéria seca consumida e excretada, foi calculada a digestibilidade aparente da matéria seca.

e) Digestibilidade aparente da FDN: A partir das amostras de fezes parcialmente secas, foi retirada uma alíquota para determinação do teor de FDN. A digestibilidade aparente da FDN foi calculada subtraindo a FDN presente nas fezes do total de FDN consumida através das rações experimentais, de acordo com o procedimento descrito por Mongeau et al. (1990).

f) Digestibilidade aparente da energia: A digestibilidade aparente de energia foi estimada a partir da determinação da energia bruta das rações experimentais e das fezes coletadas entre o 1° e o 7° dia experimental, em bomba calorimétrica marca Parr (modelo 1241EA).

g) Matéria seca da digesta: As amostras de digesta foram secas por processo de liofilização por 168 horas em liofilizador marca Virtiz (capacidade de 25 litros), para a determinação da matéria seca da digesta.

3.2.2.9 Análises estatísticas

Os resultados referentes à produção total de fezes, digestibilidade aparente da matéria seca, digestibilidade aparente da FDN, matéria seca nas fezes e na digesta, digestibilidade aparente de energia, consumo, ganho de peso e conversão alimentar, foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

Os resultados destas medidas, obtidos apenas para os tratamentos compostos pelos grãos das diferentes cultivares de aveia, também foram submetidos a análise de variância e comparados pelo teste F, considerando até 20% de probabilidade, seguindo o modelo 3.1.4.1.

Para comparar os tratamentos quanto as estimativas de tempo do primeiro aparecimento do indicador (TPA), tempo de trânsito (TT) e tempo médio de retenção (T50), foram excluídos os dados relativos aos animais que não apresentaram leitura de cromo nas fezes até as primeiras 11 horas e 30 minutos de avaliação. Dessa forma, foi realizada uma análise multivariada de medidas repetidas no tempo, com diferentes números de repetições para os tratamentos (Aubin, 1984; Castro, 1997) seguindo o modelo 3.1.4.2. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

O efeito do peso dos animais sobre as medidas de TPA, TT e T50 foi testado pela análise de covariância. Também foram calculados e analisados, pelo t-teste ao nível de 5 % de probabilidade, os coeficientes de correlação entre as medidas de TPA, TT e T50 obtidas com os ratos, seguindo o modelo 3.1.4.2.

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS 8.0 (1997).

4. RESULTADOS

4.1. ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de cultivares de trigo e de aveia

4.1.1 Cultivares de trigo

4.1.1.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de trigo

A maioria das medidas determinadas para as amostras das cultivares de trigo foram afetadas pelos anos de cultivo (Apêndice 1). Foram observados decréscimos significativos nos valores médios de Am, PB, FS, EE, PH e PMS ($P < 0,05$) e aumento nos valores médios de Cz e FB ($P < 0,05$) do ano de 1996 (Tabela 8) para o ano de 1997 (Tabela 9). Os teores médios de FT, de FI e de ENN não foram significativamente diferentes entre esses anos ($P > 0,05$).

4.1.1.2 Agrupamento das cultivares de trigo

Em cada ano de avaliação, as cultivares de trigo foram classificadas em quatro grupos com características distintas quanto ao conjunto de medidas de FT, FI, FS, Am e PB.

TABELA 8. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de trigo colhidas em 1996

Cultivar	PH	PMS	MS	FT	FI	FS	FI/FT	FS/FT	Am	PB	MO	CZ	EE	FB	ENN
	.. kg/hl.	.... g	.... %	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
															% na matéria seca
BR 23	79,0	34,5	87,98	15,10	12,82	2,28	84,90	15,10	73,23	14,94	98,57	1,43	1,45	3,32	78,86
BR 35	72,7	36,0	88,13	13,90	12,57	1,33	90,43	9,57	73,79	15,77	98,12	1,89	1,32	3,09	77,93
CEP 24	79,7	43,2	87,68	13,41	11,84	1,56	88,29	11,63	73,48	14,96	98,27	1,73	1,49	2,41	79,41
CEP 27	77,4	37,1	88,08	12,59	10,44	2,15	82,92	17,08	73,51	16,11	97,98	2,02	1,38	2,30	78,19
EMBRAPA 15	77,3	32,0	87,86	12,51	10,39	2,12	83,05	16,95	74,47	14,36	98,46	1,54	1,37	2,47	80,26
EMBRAPA 16	77,0	33,7	87,04	15,20	12,66	2,54	83,29	16,71	72,56	14,25	98,30	1,70	0,76	2,95	80,34
EMBR 24	79,0	30,7	87,23	13,41	12,04	1,37	89,78	10,22	65,36	14,51	98,17	1,83	0,78	2,85	80,03
EMBRAPA 40	79,4	32,4	87,44	14,75	11,81	2,94	80,07	19,93	69,18	16,52	98,65	1,35	1,02	3,19	77,92
EMBRAPA 49	72,0	33,0	87,59	16,61	12,78	3,84	76,94	23,12	76,02	14,63	98,46	1,54	1,24	2,81	79,78
EMBRAPA 52	76,0	30,1	87,24	14,26	11,75	2,51	82,40	17,60	68,00	14,61	98,12	1,88	1,05	3,26	79,20
OR 1	72,0	27,0	87,28	12,60	12,17	0,43	96,59	3,41	73,81	12,30	98,24	1,76	1,10	2,97	81,87
RS 1	80,0	37,1	87,59	13,11	11,03	2,08	84,13	15,87	72,82	15,11	98,05	1,96	1,16	2,67	79,10
RS 8	77,0	31,6	87,40	13,58	11,95	1,63	88,00	12,00	73,59	13,56	98,43	1,58	0,76	2,86	81,24
Média	76,8	33,7	87,58	13,93	11,87	2,06	85,45	14,55	72,29	14,74	98,29	1,71	1,14	2,86	79,55
Desvio padrão	2,9	4,0	0,35	1,22	0,81	0,84	5,10	5,11	2,96	1,09	0,21	0,21	0,26	0,32	1,21

TABELA 9. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de trigo colhidas em 1997

Cultivar	PH	PMS	MS	FT	FI	FS	FI/FT	FS/FT	Am	PB	MO	CZ	EE	FB	ENN
.. kg/hl..	... g ...	... % ...	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
															% na matéria seca
BR 23	68,2	31,1	85,61	14,65	12,69	1,96	86,62	13,38	56,80	14,34	97,60	2,40	0,27	3,15	79,84
BR 35	69,6	31,9	85,81	12,92	11,47	1,45	88,78	11,22	69,21	14,03	98,19	1,81	0,39	3,18	80,59
CEP 24	70,0	37,4	84,67	13,71	11,98	1,73	87,38	12,62	68,87	14,12	98,10	1,90	0,24	4,23	79,51
CEP 27	73,6	34,6	84,42	13,20	10,81	2,38	81,89	18,03	62,57	13,70	97,86	2,14	0,17	2,78	81,21
EMBRAPA 15	66,0	27,0	85,74	12,62	11,97	0,65	94,85	5,15	64,19	15,05	97,80	2,20	0,15	4,41	78,19
EMBRAPA 16	66,4	26,4	85,33	14,17	12,17	1,99	85,89	14,04	63,45	13,84	98,08	1,92	0,29	3,21	80,74
EMBR 24	71,0	30,6	86,06	12,19	11,25	0,95	92,29	7,79	59,64	14,36	98,01	1,99	0,60	3,61	79,44
EMBRAPA 40	73,2	31,0	84,05	13,69	12,19	1,50	89,04	10,96	61,82	13,24	97,98	2,02	0,19	2,94	81,61
EMBRAPA 49	68,7	32,0	85,83	14,51	12,24	2,28	84,36	15,71	60,05	14,62	97,92	2,08	0,39	3,02	79,89
EMBRAPA 52	66,4	26,8	86,27	13,52	12,75	0,77	94,30	5,7	59,02	13,94	97,77	2,23	0,25	4,74	78,84
OR 1	70,5	30,8	83,83	12,36	11,65	0,72	94,26	5,83	64,86	11,59	98,13	1,87	0,12	2,85	83,57
RS 1	74,6	36,4	84,99	11,86	10,96	0,90	92,41	7,59	62,38	13,41	98,25	1,75	0,33	3,02	81,49
RS 8	<66,0	25,3	85,69	14,29	12,45	1,85	87,12	12,95	60,88	14,74	97,56	2,44	0,13	3,56	79,13
Média	69,8	30,9	85,25	13,36	11,89	1,47	89,17	10,84	62,60	13,92	97,94	2,06	0,27	3,44	80,31
Desvio padrão	2,9	3,8	0,79	0,92	0,62	0,61	4,14	4,12	3,61	0,87	0,22	0,22	0,13	0,64	1,43

Os grupos obtidos com as cultivares de trigo colhidas no ano de 1996 (Tabela 10) apresentaram as seguintes composição e características:

- O grupo A-96 foi composto pelas cultivares BR 23, EMBRAPA 16 e EMBRAPA 49, que se caracterizaram por apresentarem teores superiores de FT, FI e FS, intermediário a superior de Am, e intermediários de PB;
- O grupo B-96 foi formado pelas cultivares EMBRAPA 24, EMBRAPA 40 e EMBRAPA 52, que apresentaram teores intermediários de FT, FI e FS, inferior de Am e intermediário a superior de PB;
- O grupo C-96 foi composto pelas cultivares BR 35, CEP 24, OR 1 e RS 8, que apresentaram teores inferiores de FT e FS, intermediários de FI e de Am e variáveis de PB;
- O grupo D-96 foi composto pelas cultivares CEP 27, EMBRAPA 15 e RS 1, que apresentaram teores inferiores de FT e FI, intermediários de FS e superiores de Am e intermediário a superior de PB.

Os grupos formados com as cultivares de trigo colhidas em 1997 (Tabela 11) apresentaram composição e características ligeiramente diferenciadas daqueles obtidos em 1996, distribuindo-se da seguinte forma:

- O grupo A-97 foi formado pelas cultivares BR 23, EMBRAPA 16, EMBRAPA 40, EMBRAPA 49, EMBRAPA 52 e RS 8, todas com teores superiores de FT e FI, intermediário de FS (exceto quanto a EMBRAPA 52) e de PB, e intermediário a inferior de Am;
- O grupo B-97 foi composto pelas cultivares BR 35 e CEP 24, todas com teores intermediários de FT, FI, FS e PB, e superior de Am;

TABELA 10. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB

Medidas	Grupo A-96			Grupo B-96			Grupo C-96			Grupo D-96		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Nº cultivares	3			3			4			3		
FT	15,64	15,10	16,61	14,14	13,41	14,75	13,37	12,60	13,90	12,74	12,51	13,11
FI	12,75	12,66	12,82	11,87	11,75	12,04	12,13	11,84	12,57	10,62	10,39	11,03
FS	2,89	2,28	3,84	2,27	1,37	2,94	1,24	0,43	1,63	2,12	2,08	2,15
Am	73,94	72,56	76,02	67,51	65,36	69,18	73,67	73,48	73,81	73,60	72,82	74,47
PB	14,61	14,25	14,94	15,21	14,61	16,52	14,15	12,30	15,77	15,19	14,36	16,11

TABELA 11. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB

Medidas	Grupo A-97			Grupo B-97			Grupo C-97			Grupo D-97		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Nº cultivares	6			2			4			1		
FT	14,14	13,52	14,65	13,32	12,92	13,71	12,26	11,86	12,62	13,20	13,20	13,20
FI	12,42	12,17	12,75	11,72	11,47	11,98	11,46	10,96	11,97	10,81	10,81	10,81
FS	1,72	0,77	2,28	1,59	1,45	1,73	0,80	0,65	0,95	2,38	2,38	2,38
Am	60,34	56,80	63,45	69,04	68,87	69,21	62,77	59,64	64,86	62,57	62,57	62,57
PB	14,12	13,24	14,74	14,08	14,03	14,12	13,60	11,59	15,05	13,70	13,70	13,70

- O grupo C-97 foi composto pelas cultivares EMBRAPA 15, EMBRAPA 24, OR 1 e RS 1, que apresentaram teores inferiores de FT e de FS, intermediário de FI, e variáveis de Am e PB;
- A cultivar CEP 27 compôs sozinha o grupo D-97, com teores intermediários de FT, Am e PB, inferior de FI e superior de FS.

Quando as cultivares de trigo foram agrupadas utilizando apenas o conjunto de medidas FT, FI e FS, que melhor estimam os componentes indigestíveis do grão, os grupos obtidos apresentaram a mesma composição e características quanto a FT, FI e FS daqueles descritos para as cinco medidas consideradas anteriormente (Tabelas 10 e 11). Entretanto, quando essas cultivares foram agrupadas utilizando somente as medidas que representam a maior parte das substâncias de reserva desses grãos (Am e PB), os grupos formados foram denominados E-96, F-96 e G-96 para o ano de 1996, E-97, F-97 e G-97 para o ano de 1997 (Tabelas 12 e 13), e apresentaram composição e características diferenciadas daquelas descritas para o conjunto de medidas FT, FI, FS, Am e PB.

Entre as cultivares colhidas em 1996 (Tabela 12), a EMBRAPA 15, a OR 1 e a RS 8 foram classificadas no grupo E-96, que se caracterizou por apresentar teor superior de Am e intermediário a inferior de PB. As cultivares BR 23 e CEP 24 foram classificadas no grupo F-96, que apresentou teores intermediários a elevados de PB e de Am.

Entre as cultivares colhidas em 1997 (Tabela 13), a OR 1 compôs, sozinha, o grupo F-97, que se caracterizou por apresentar teores intermediário de Am e inferior de PB. As cultivares EMBRAPA 15, EMBRAPA 24 e RS1

formaram, junto com outras sete cultivares, o grupo G-97, que se caracterizou por apresentar teores inferior de Am e intermediário a elevado de PB.

TABELA 12. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas Am e PB

Grupos	Grupo E-96			Grupo F-96			Grupo G-96		
N ^o cultivares	5			5			3		
Medida	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.
Am	74,09	72,56	76,02	73,34	72,82	73,79	67,51	65,36	69,18
PB	13,82	12,30	14,63	15,38	14,94	16,11	15,21	14,51	16,52

TABELA 13. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas Am e PB

Grupos	Grupo E-97			Grupo F-97			Grupo G-97		
N ^o cultivares	2			1			10		
Medida	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.
Am	69,04	68,87	69,21	64,86	64,86	64,86	61,08	56,80	64,19
PB	14,08	14,03	14,12	11,59	11,59	11,59	14,12	13,24	15,05

As demais cultivares colhidas em 1996 e em 1997, neste agrupamento, permaneceram com as mesmas características quanto a Am e PB, relatadas para a classificação utilizando o conjunto das cinco medidas consideradas anteriormente.

Embora a composição e as características dos grupos obtidos pelas diferentes formas de classificação tenham apresentado algumas alterações de um ano para o outro, onze das treze cultivares avaliadas permaneceram com

o mesmo padrão de comportamento, em ambos os anos de cultivo, para muitas das medidas consideradas nos diferentes agrupamentos, sendo observado que:

- As cultivares BR 23, EMBRAPA 16 e EMBRAPA 49 permaneceram em grupos com teores superiores de FT e FI, e intermediários quanto aos teores de PB;
- As cultivares EMBRAPA 15, OR 1 e RS 1 permaneceram em grupos com teores inferiores de FT, inferiores a intermediários quanto aos teores de FI, FS e PB, e intermediários a superiores quanto aos teores Am;
- As cultivares EMBRAPA 24, EMBRAPA 40 e EMBRAPA 52 permaneceram com os menores teores de Am e intermediários a elevados de PB;
- As cultivares BR 35 e CEP 24 continuaram em grupos com teores intermediários a elevados de Am e de PB em ambos os anos.

Adicionalmente, as cultivares de trigo também foram classificadas de acordo com as suas proporções de FI e FS em relação a FT, em cada ano de cultivo (Tabelas 14 e 15). As cultivares colhidas em 1996 foram classificadas em quatro grupos (Tabela 14), onde:

- A cultivar OR 1 compôs, sozinha, o grupo H-96, e apresentou a maior proporção de FI e, conseqüentemente, a menor de FS em relação a FT;
- As cultivares BR 35, CEP 24, EMBRAPA 24 e RS 8 formaram o grupo I-96, com proporções intermediária alta de FI e intermediária baixa de FS em relação a FT;
- As cultivares BR 23, CEP 27, EMBRAPA 15, EMBRAPA 16, EMBRAPA 52 e RS 1 formaram o grupo J-96, caracterizando-se por apresentar proporções intermediária baixa de FI e intermediária alta de FS em relação a FT;

TABELA 14. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1996, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT

Grupos	Grupo H-96			Grupo I-96			Grupo J-96			Grupo K-96		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Nº cultivares	1			4			6			2		
% FI	96,59	96,59	96,59	89,12	88,00	90,43	83,45	82,40	84,90	78,50	76,94	80,07
% FS	3,41	3,41	3,41	10,85	9,57	12,00	16,55	15,10	17,60	21,52	19,93	23,12

TABELA 15. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de trigo colhidas em 1997, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT

Grupos	Grupo H-97			Grupo I-97			Grupo J-97		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
Nº cultivares	5			6			2		
% FI	93,62	92,29	94,85	87,47	85,89	89,04	83,12	81,89	84,36
% FS	6,41	5,15	7,79	12,53	10,96	14,04	16,87	15,71	18,03

- As cultivares EMBRAPA 40 e EMBRAPA 49 formaram o grupo K-96, que se caracterizou por apresentar menores proporções de FI e, conseqüentemente, maiores proporções de FS em relação a FT.

As cultivares colhidas em 1997 foram classificadas em três grupos (Tabela 15), onde:

- As cultivares EMBRAPA 15, EMBRAPA 24, EMBRAPA 52, OR 1 e RS 1 formaram o grupo H-97, apresentando proporções elevadas de FI e, por conseguinte, baixas proporções de FS em relação a FT;
- As cultivares BR 23, BR 35, CEP 24, EMBRAPA 16, EMBRAPA 40 e RS 8 compuseram o grupo I-97, mostrando proporções intermediárias de FI e FS em relação a FT;
- As cultivares CEP 27 e a EMBRAPA 49, formaram o grupo J-97, com baixas proporções de FI e, conseqüentemente, elevadas proporções de FS em relação a FT.

4.1.1.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de trigo

Os coeficientes de correlação obtidos demonstraram que o aumento nas medidas de PH e de PMS está associado ao aumento na deposição de Am nos grãos de trigo (Tabela 16). No entanto, as alterações nos valores dessas medidas macrométricas não foram significativamente associadas com as alterações nas outras medidas de composição química utilizadas para indicar a qualidade nutricional dos grãos (FT, FI, FS e PB).

TABELA 16. Coeficientes de correlação entre as medidas macrométricas com as medidas de composição química, e entre algumas medidas de composição química das cultivares de trigo

Medidas	Am	PB	FT	FI	FS	ENN	Cz
PH	0,62**	0,31	0,02	-0,34	0,33	---	---
PMS	0,46*	0,32	-0,03	-0,31	0,24	---	---
FB	---	---	0,02	0,41*	-0,35	---	---
Am	---	---	---	---	---	-0,14	-0,72**

** Correlação significativa ao nível de 0,01;

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

A associação entre as medidas que estimam a divisão dos carboidratos pela análise proximal com as medidas do esquema analítico adotado no presente trabalho (FB x FT, FI e FS ou ENN x Am) não foram satisfatoriamente correlacionadas. Houve associação significativa apenas entre as medidas de FB e FI ($P < 0,05$). Os valores dos demais coeficientes de correlação (FB x FT e FS, Am x ENN) foram baixos e não significativos (Tabela 16). O teor de Cz demonstrou ser um bom indicativo do teor de Am presentes nos grãos de trigo (Tabela 16).

4.1.2 Cultivares de aveia

4.1.2.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de aveia

Algumas das medidas avaliadas nos grãos de aveia também foram influenciadas pelo ano de cultivo (Apêndice 10). Foram observados decréscimos significativos nos valores de PH e PMS, e aumentos significativos nos teores de Am, CZ e EE ($P < 0,05$) do ano de 1996 para o de 1997 (Tabelas 17 e 18).

TABELA 17. Peso hectolítico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de aveia colhidas em 1996

Cultivar	PH	PMS	MS	FT	FI	FS	FI/FT	FS/FT	Am	PB	MO	CZ	EE	FB	ENN
.. kg/hl. g % % na matéria seca															
UPF 7	56,7	33,5	88,26	11,20	6,55	4,65	58,48	41,52	63,21	15,37	98,11	1,89	3,34	1,37	78,03
UPF 15	55,2	37,3	89,29	11,75	6,91	4,84	58,81	41,19	55,93	16,79	98,00	2,00	3,53	1,25	76,43
UPF 16	58,5	37,4	88,81	8,76	6,86	1,91	78,31	21,80	66,55	13,82	98,21	1,79	3,33	1,12	79,94
UPF 17	55,6	42,7	88,69	9,73	6,42	3,31	65,98	34,02	59,79	14,55	98,22	1,78	2,80	1,06	79,81
UFRGS 14	54,6	40,5	87,95	10,33	6,41	3,92	62,05	37,95	57,45	16,89	97,80	2,20	3,85	1,29	75,77
UFRGS 15	57,0	38,7	89,28	9,47	6,62	2,85	69,90	30,10	58,44	14,89	98,14	1,86	3,53	1,13	78,59
UFRGS 16	49,9	35,0	88,48	9,68	7,68	2,00	79,34	20,66	60,42	14,98	98,22	1,78	3,33	1,25	78,66
UFRGS 17	57,5	42,1	88,64	10,49	7,90	2,60	75,31	24,79	54,24	14,18	98,35	1,65	4,02	1,35	78,80
UFRGS 18	51,0	34,8	89,05	9,92	7,78	2,14	78,43	21,57	59,80	16,85	98,43	1,57	3,58	1,26	76,74
Média	55,1	38,0	88,72	10,15	7,01	3,14	69,62	30,40	59,54	15,37	98,16	1,84	3,48	1,23	78,09
Desvio padrão	2,9	3,3	0,45	0,91	0,61	1,12	8,60	8,58	3,71	1,19	0,19	0,19	0,35	0,11	1,48

TABELA 18. Peso hectolítrico (PH), peso de mil sementes (PMS), matéria seca (MS), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), percentagem de FI (FI/FT) e de FS em relação a FT (FS/FT), amido (Am), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e extrativo não nitrogenado (ENN) obtidos para as cultivares de aveia colhidas em 1997

Cultivar	PH	PMS	MS	FT	FI	FS	FI/FT	FS/FT	Am	PB	MO	CZ	EE	FB	ENN
	.. kg/hl..	..... g % % % % % % % % % % % % %
UPF 7	40,8	27,4	88,18	11,37	7,68	3,69	67,55	32,45	56,64	18,01	98,04	1,96	5,65	1,64	72,74
UPF 15	52,6	39,0	88,09	9,32	7,50	1,82	80,47	19,53	56,71	14,64	97,85	2,15	5,66	1,62	75,93
UPF 16	52,6	34,7	89,19	8,42	6,71	1,71	79,69	20,31	58,73	14,02	97,80	2,20	4,60	1,29	77,89
UPF 17	52,8	43,9	87,51	10,56	5,62	4,94	53,22	46,78	71,07	15,02	98,06	1,94	3,38	1,18	78,48
UFRGS 14	31,6	31,9	89,12	11,58	6,70	4,87	57,86	42,06	70,16	16,74	97,48	2,52	4,12	1,04	75,58
UFRGS 15	36,8	27,8	89,44	10,80	8,07	2,73	74,72	25,28	70,26	15,32	98,02	1,98	4,86	1,52	76,32
UFRGS 16	51,2	33,8	90,34	8,77	6,63	2,14	75,60	24,40	70,94	15,48	97,79	2,21	3,80	1,41	77,10
UFRGS 17	46,5	32,0	88,94	11,36	7,81	3,55	68,75	31,25	71,72	15,82	98,02	1,98	3,19	1,11	77,90
UFRGS 18	51,8	35,9	89,95	11,80	10,05	1,75	85,17	14,83	63,96	15,83	97,89	2,11	3,58	1,34	77,14
Média	46,3	34,0	88,97	10,44	7,42	3,02	71,45	28,54	65,58	15,65	97,88	2,12	4,32	1,35	76,56
Desvio padrão	8,0	5,2	0,91	1,28	1,25	1,30	10,64	10,62	6,59	1,17	0,18	0,18	0,93	0,22	1,73

Não houve diferença entre os teores médios de PB, FT, FI, FS, FB e ENN entre os anos de avaliação.

4.1.2.2 Agrupamento das cultivares de aveia

Em cada ano de avaliação, as cultivares de aveia foram classificadas em grupos com características distintas quanto ao conjunto de medidas de FT, FI, FS, Am e PB.

As cultivares colhidas no ano de 1996 (Tabela 19) foram classificadas em cinco grupos, com as seguintes composição e características:

- O grupo L-96 foi formado pelas cultivares UPF 7, UPF 15 e UFRGS 14, que apresentaram teores superiores de FT, FS e PB, inferior de FI e variável de Am;
- O grupo M-96 foi composto pela cultivar UPF 16, com teores inferiores de FT, FI, FS e PB, e superior de Am;
- O grupo N-96 foi formado pelas cultivares UPF 17 e UFRGS 15, com teores intermediários de FT, FS, Am e PB, e inferior de FI;
- O grupo O-96 foi formado pelas cultivares UFRGS 16 e a UFRGS 18, e caracterizou-se por apresentar teores intermediários de FT e Am, intermediário a superior de PB, superior de FI e inferior de FS;
- O grupo P-96 foi composto pela cultivar UFRGS 17, que apresentou teores superiores de FT e de FI, intermediários de FS, e inferior de Am e de PB.

Os grupos obtidos para as cultivares de aveia colhidas em 1997 (Tabela 20) apresentaram as seguintes composição e características:

TABELA 19. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB

Grupos	Grupo L-96			Grupo M-96			Grupo N-96			Grupo O-96			Grupo P-96		
	3			1			2			2			1		
Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
FT	11,09	10,33	11,75	8,76	8,76	8,76	9,60	9,47	9,43	9,80	9,68	9,92	10,49	10,49	10,49
FI	6,62	6,41	6,91	6,86	6,86	6,86	6,52	6,42	6,62	7,73	7,68	7,78	7,90	7,90	7,90
FS	4,47	3,92	4,84	1,91	1,91	1,91	3,08	2,85	3,31	2,07	2,00	2,14	2,60	2,60	2,60
Am	58,86	55,93	63,21	66,55	66,55	66,55	59,11	58,44	59,79	60,11	59,80	60,42	54,24	54,24	54,24
PB	16,35	15,37	16,89	13,82	13,82	13,82	14,72	14,55	14,89	15,92	14,98	16,85	14,18	14,18	14,18

TABELA 20. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas FT, FI, FS, Am e PB

Grupos	Grupo L-97			Grupo M-97			Grupo N-97			Grupo O-97			Grupo P-97		
	2			3			1			2			1		
Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
FT	11,48	11,37	11,58	8,84	8,42	9,32	10,56	10,56	10,56	11,08	10,80	11,36	11,80	11,80	11,80
FI	7,19	6,70	7,68	6,95	6,63	7,50	5,62	5,62	5,62	7,94	7,81	8,07	10,05	10,05	10,05
FS	4,28	3,69	4,87	1,89	1,71	2,14	4,94	4,94	4,94	3,14	2,73	3,55	1,75	1,75	1,75
Am	63,40	56,64	70,16	62,13	56,71	70,94	71,07	71,07	71,07	70,99	70,26	71,72	63,96	63,96	63,96
PB	17,38	16,74	18,01	14,71	14,02	15,48	15,02	15,02	15,02	15,57	15,32	15,82	15,83	15,83	15,83

- O grupo L-97, formado pelas cultivares UPF 7 e UFRGS 14, apresentou teores superiores de FT, FS e PB, intermediário de FI e variável de Am;
- O grupo M-97 foi composto pelas cultivares UPF 15, UPF 16 e UFRGS 16, que apresentaram teores inferiores de FT, FS e PB, intermediário de FI, e variável de Am;
- O grupo N-97, composto pela cultivar UPF 17, apresentou teores intermediário de FT, inferiores de FI e de PB, e superiores de FS e de Am;
- O grupo O-97 foi formado pelas cultivares UFRGS 15 e UFRGS 17, que apresentaram teores intermediários de FT, FI, FS e PB, e superior de Am;
- O grupo P-97, composto pela cultivar UFRGS 18, caracterizou-se por apresentar teores superiores de FT e de FI, inferior de FS, e intermediários de Am e de PB.

Quando estas cultivares foram agrupadas utilizando apenas o conjunto de medidas que melhor estimam os componentes indigestíveis dos grãos (FT, FI e FS), os grupos obtidos apresentaram a mesma composição e características quanto a FT, FI e FS daqueles descritos para as cinco medidas consideradas anteriormente. Entretanto, quando essas cultivares foram agrupadas utilizando somente as medidas que representam a maior parte das substâncias de reserva desses grãos (Am e PB), os grupos formados foram denominados Q-96, R-96, S-96 e T-96 para o ano de 1996, Q-97, R-97, S-97 e T-97 para o ano de 1997 (Tabelas 21 e 22), e apresentaram composição e características diferenciadas daquelas descritas para o conjunto de medidas FT, FI, FS, Am e PB.

TABELA 21. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando o conjunto das medidas de Am e de PB

Medidas	Grupo Q-96				Grupo R-96				Grupo S-96				Grupo T-96			
	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares
Am	66,55	66,55	66,55	1	60,46	58,44	63,21	4	57,73	55,93	59,80	3	54,24	54,24	54,24	1
PB	13,82	13,82	13,82	1	14,95	14,55	15,37	4	16,84	16,79	16,89	3	14,18	14,18	14,18	1

TABELA 22. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando o conjunto das medidas de Am e de PB

Medidas	Grupo Q-97				Grupo R-97				Grupo S-97				Grupo T-97			
	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares	Média	Mínimo	Máximo	Nº cultivares
Am	71,00	70,26	71,72	4	67,06	63,96	70,16	2	57,72	56,71	58,73	2	56,64	56,64	56,64	1
PB	15,41	15,02	15,82	4	16,28	15,83	16,74	2	14,33	14,02	14,64	2	18,01	18,01	18,01	1

Entre as cultivares colhidas em 1996 (Tabela 21), a UPF 7 foi classificada no grupo R-96, apresentando teores intermediários de Am e de PB. As cultivares UPF 15, UFRGS 14 e UFRGS 18 formaram o grupo S-96, caracterizado por apresentar teores inferior de Am e superior de PB.

Para as cultivares colhidas em 1997 (Tabela 22), a UPF 7 compôs, sozinha, o grupo T-97, que apresentou teor inferior de Am e superior de PB. As cultivares UPF 15 e UPF 16 fizeram parte do grupo S-97, que se caracterizou pelos teores inferiores de Am e de PB. As cultivares UFRGS 14 e UFRGS 16 fizeram parte do grupo Q-97, apresentando teor superior de Am e intermediário de PB.

As demais cultivares colhidas em 1996 e em 1997 permaneceram com as mesmas características quanto a Am e PB, relatadas para o conjunto das cinco medidas consideradas anteriormente.

Embora a composição e as características dos grupos obtidos pelas diferentes formas de classificação tenham apresentado algumas alterações de um ano para o outro, cinco das nove cultivares de aveia avaliadas permaneceram com o mesmo padrão de comportamento nos dois anos de cultivo para a maioria das medidas consideradas nos diferentes agrupamentos, sendo observado que:

- As cultivares UPF 7 e UFRGS 14 permaneceram em grupos com teores superiores de FT, FS e PB;
- A cultivar UPF 16 permaneceu em grupos com teores inferiores de FT, FS e PB e superiores quanto aos teores de Am;
- A cultivar UFRGS 15 continuou com valores intermediários de FT, FS e PB;

- A cultivar UFRGS 18 permaneceu com valores superiores de FI e inferiores de FS.

Pelos mesmos motivos considerados para o trigo, as cultivares de aveia também foram classificadas, em cada ano de cultivo, de acordo com as proporções de FI e FS em relação a FT (Tabelas 23 e 24). As cultivares colhidas em 1996 foram classificadas em três grupos (Tabela 23), onde:

- O grupo U-96, formado pelas cultivares UPF 16, UFRGS 16, UFRGS 17 e UFRGS 18, apresentou a maior percentagem de FI e, conseqüentemente, menor percentagem de FS em relação a FT;
- o grupo V-96 foi composto pelas cultivares UPF 17 e UFRGS 15, com percentagens intermediárias de FI e de FS em relação a FT;
- O grupo X-96 foi composto pelas cultivares UPF 7, UPF 15 e UFRGS 14, que apresentaram a menor percentagem de FI e, por conseguinte, a maior percentagem de FS em relação a FT.

Para as cultivares colhidas em 1997 (Tabela 24) foram obtidos quatro grupos com as seguintes composição e características:

- O grupo U-97, formado pelas cultivares UPF 15, UPF 16 e UFRGS 18, apresentou a maior percentagem de FI e, conseqüentemente, menor percentagem de FS em relação a FT;
- O grupo V-97 foi composto pelas cultivares UFRGS 15 e UFRGS 16, com percentagens intermediária alta de FI e intermediária baixa de FS em relação a FT;

TABELA 23. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1996, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT

Grupos	Grupo U-96			Grupo V-96			Grupo X-96		
	Nº cultivares								
	4			2			3		
Medida	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
% FI	77,85	75,31	79,34	67,94	65,98	69,90	59,78	58,48	62,05
% FS	22,20	20,66	24,79	32,06	30,10	34,02	40,22	37,95	41,52

TABELA 24. Valores médios, mínimos e máximos dos grupos formados pelas cultivares de aveia colhidas em 1997, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT

Grupos	Grupo U-97			Grupo V-97			Grupo X-97			Grupo Z-97		
	Nº cultivares											
	3			2			2			2		
Medida	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
% FI	81,78	79,69	85,17	75,16	74,72	75,60	68,15	67,55	68,75	55,54	53,22	57,86
% FS	18,22	14,83	20,31	24,84	24,40	25,28	31,85	31,25	32,45	44,42	42,06	46,78

- o grupo X-97 foi composto pelas cultivares UPF 7 e UFRGS 17, com percentagens intermediária baixa de FI e intermediária alta de FS em relação a FT;
- O grupo Z-97 foi formado pelas cultivares UPF 17 e UFRGS 14, com menores percentagens de FI e, conseqüentemente, maiores percentagens de FS em relação a FT.

4.1.2.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de aveia

Os coeficientes de correlação obtidos demonstraram que a redução nas medidas de PH e PMS esteve associada com o aumento na deposição de PB nos grãos de aveia (Tabela 25). No entanto, as demais medidas de composição química utilizadas para indicar a qualidade nutricional dos grãos de aveia (Am, FT, FI e FS) não foram associadas significativamente com as medidas macrométricas.

TABELA 25. Coeficientes de correlação entre os medidas macrométricas e de composição química avaliadas nas cultivares de aveia

Medidas	Am	PB	FT	FI	FS	ENN	CZ
PH	-0,30	-0,46*	-0,28	-0,36	0,04	---	---
PMS	-0,34	-0,50*	-0,41	-0,20	-0,22	---	---
FB	---	---	0,03	0,35	-0,26	---	---
Am	---	---	---	---	---	0,14	0,31

** Correlação significativa ao nível de 0,01;

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

A associação entre as medidas que estimam a divisão dos carboidratos pela análise proximal com as medidas do esquema analítico

adotado no presente trabalho (FB x FT, FI e FS ou ENN x Am) não foi significativa. No caso da aveia, ao contrário do trigo, não foi verificada associação significativa entre o teor de Cz com o teor de Am determinado nos grãos (Tabela 25).

4.1.2.4 Influência da tamanho dos grãos de aveia sobre as medidas de composição química

Além das influências do ano de cultivo e da variabilidade existente entre as cultivares, também foi observado que o tamanho do grão pode ser um fator de variação sobre as medidas de composição química (Tabela 26).

Os grãos da cultivar de aveia UFRGS 7 com tamanho menor que 2mm apresentaram maior teor de FT e FS e menor teor de FI do que os grãos maiores de 2mm (Tabela 26). As demais medidas de composição química não foram influenciadas pelo tamanho dos grãos, considerando o fracionamento adotado.

TABELA 26. Matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas (Cz), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), fibra total (FT), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS) e amido (Am), dos grãos de aveia menor e maior que 2mm

Composição	menor que 2mm	maior que 2mm
MS	88,76 ± 0,07	88,02 ± 0,54
	.....% na matéria seca	
Am	57,83	57,86
PB	16,81 ± 0,32	17,34 ± 0,35
FT*	12,13 ± 0,21 a	11,51 ± 0,26 b
FI*	8,67 ± 0,34 b	9,99 ± 0,18 a
FS*	3,46 ± 0,50 a	1,53 ± 0,44 b
MO	97,65 ± 0,02	97,87 ± 0,01
CZ	2,35 ± 0,01	2,13 ± 0,01
EE	4,06 ± 0,23	3,80 ± 0,19
FB	1,15 ± 0,05	1,10 ± 0,06

Médias seguidas de letras distintas na linha, diferem entre si pelo F-teste ao nível de 5% de significância;

* Médias resultantes de quatro repetições.

4.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais

4.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

O afastamento entre os níveis calculados e observados de fibra total e insolúvel nas rações experimentais variou de 13 a 18% e 7 a 16%, respectivamente. Com isto, as proporções de FI/FT comparadas neste experimento foram de 96,28; 96,14 e 89,39% para TM, TC 24 e TB 32, respectivamente. Na mesma ordem, as proporções de FS/FT comparadas foram de 3,72; 3,86 e 10,61% (Tabela 3).

4.2.1.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar

O consumo das rações experimentais oferecidas do 1° ao 7° experimental não atingiu o limite de 160g/ave/dia, o que remove a possibilidade da ocorrência de restrição alimentar. Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados quanto ao consumo, sendo que o valor numérico das médias foi igual (Tabela 27).

A ração controle (TM) promoveu maior ganho de peso do que a composta pelo trigo CEP 24, não ocorrendo diferença significativa quando comparada com a ração composta por grãos de trigo da cultivar BR 32. As

aves alimentadas com a ração controle também apresentaram melhor conversão alimentar do que aquelas que receberam as rações experimentais a base de grãos de trigo (Tabela 27).

TABELA 27. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o consumo médio diário de matéria seca (CMS), sobre o ganho de peso (GP) e sobre a conversão alimentar (CA) das aves

Medida	TM	TC 24	TB 32
	..... g		
CMS	114 ± 7	114 ± 13	114 ± 11
GP	434 ± 24 a	381 ± 33 b	409 ± 35 ab
CA (g/g)	1,57 ± 0,05 a	1,80 ± 0,09 b	1,68 ± 0,16 a

Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

Comparando apenas os tratamentos a base de grãos de trigo, foi observado maior ganho de peso (GP) e melhor conversão alimentar (CA) para os frangos alimentados com a ração experimental TB 32 do que aqueles alimentados com a ração TC 24, considerando $P=0,15$ e $P=0,09$ para GP e CA, respectivamente.

4.2.1.2 Produção de excreta e desaparecimento da matéria seca

A diferença quanto a produção média diária de excreta úmida não alcançou significância estatística entre os três tratamentos avaliados (Tabela 28). Porém, quando os tratamentos compostos pelos grãos de trigo foram comparados isoladamente, constatou-se que o TB 32, com maior teor de FS e

menor proporção de FI/FT, provocou um aumento de 15,53% (considerando $P=0,16$) na produção de excreta úmida em relação ao tratamento TC 24.

TABELA 28. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a produção média diária de excreta úmida (PEU), sobre a produção média diária de excreta seca (PES) e sobre a desaparecimento da matéria seca (DMS) nas aves

Medida	TM	TC 24	TB 32
	..... g		
PEU	147 ± 19	136 ± 30	161 ± 40
PES	30 ± 3 b	30 ± 5 b	36 ± 8 a
 %		
DMS	73,46 ± 2,96	73,40 ± 4,89	67,25 ± 10,15

Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

Ao expressar a produção média diária de excreta com base na matéria seca, o efeito dos teores e das proporções de FI e de FS nas rações experimentais ficou mais evidenciado (Tabela 28). A ração composta pelo trigo BR 32 (TB 32), causou aumento dessa medida comparada com as rações compostas por milho (TM) e por trigo CEP 24 (TC 24), que apresentaram média de produção de excreta seca idênticas.

Também não houve diferença significativa no desaparecimento da matéria seca entre os três tratamentos avaliados (Tabela 28). Porém, na comparação entre os tratamentos compostos por grãos de trigo, aquele com maior teor de FS e menor proporção FI/FT (TB 32) causou menor desaparecimento da matéria seca do que o composto pela cultivar CEP 24 (TC 24), considerando efeito significativo ao nível de 14%.

4.2.1.3 Digestibilidade aparente da FDN

Não houve diferença significativa quanto a digestibilidade aparente da FDN entre os três tratamentos avaliados (Tabela 29). Comparando apenas os tratamentos compostos pelos grãos de trigo, também não foi verificada diferença significativa quanto a esta medida (Tabela 29).

TABELA 29. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a digestibilidade aparente da FDN (DFDN) nas aves

Medida	TM	TC 24	TB 32
 %		
DFDN	58,83 ± 7,60	59,66 ± 7,09	55,53 ± 11,24

As médias dos tratamentos, na linha, não diferem pelo F-teste ao nível de 5% de significância.

4.2.1.4 Teor de matéria seca na digesta e na excreta

Houve efeito significativo ($P < 0,01$) dos diferentes teores e proporções de FI e de FS sobre a matéria seca do conteúdo do intestino delgado proximal das aves (MSD). A ração composta por grãos da cultivar CEP 24, com maior teor de FI e proporção mais elevada de FI/FT, causou redução na MSD (Tabela 30). Já, o teor de umidade da digesta para os tratamentos TM e TB 32 foram idênticos, o que pode estar mais relacionado aos teores semelhantes de FI do que com as diferenças quanto as proporções de FI/FT nas respectivas rações experimentais.

O teor de matéria seca da excreta (MSE) não foi significativamente diferente entre os tratamentos avaliados (Tabela 30), demonstrando que os

efeitos dos diferentes teores de FI, bem como das diferentes proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a MSE, não se refletiram da mesma forma que sobre a MSD.

TABELA 30. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a matéria seca da digesta (MSD) e a matéria seca na excreta (MSE) das aves

Medida	TM	TC 24	TB 32
 %		
MSD	18,90 ± 1,80 a	15,69 ± 1,72 b	18,51 ± 1,39 a
MSE	20,42 ± 2,08	22,50 ± 2,73	22,65 ± 2,19

Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

4.2.1.5 Passagem da fase sólida e líquida da digesta pelo trato gastrointestinal

a) Tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado

Não houve diferença significativa entre tratamentos para o TT e o T50 das fases sólida e líquida da digesta. Entretanto, a análise de covariância para o peso corporal dos animais foi significativa com TT e T50 da fase líquida da digesta (Apêndice 21) e os valores destas medidas foram, então, ajustados. Na nova análise de variância, também não houve efeito de tratamentos sobre o TT e o T50 de ambas as fases (Tabelas 31 e 32). Entretanto, a média da fase sólida foi significativamente maior do que a da fase líquida para ambas as

medidas (Tabelas 31 e 32). O coeficiente de variação (CV) para a medida de TT foi praticamente o dobro (32,6%) daquele obtido para o T50 (14,7%).

TABELA 31. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o tempo de excreção de 1% do cromo (TT) nas fases sólida e líquida da digesta das aves

Tratamento	Fase sólida	Fase líquida
	.....horas.....	
TM	2,96 ± 0,12	1,13 ± 0,23
TC 24	2,54 ± 0,09	1,13 ± 0,25
TB 32	2,55 ± 0,08	1,05 ± 0,28
Média	2,69 ± 0,23 a	1,10 ± 0,25 b

Médias dos tratamentos, na coluna, não diferem pelo F-teste ao nível de 5% de significância
Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo F-teste ao nível de 5% de significância.

TABELA 32. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre tempo de excreção de 50% do cromo recuperado (T50) das fases sólida e líquida da digesta das aves

Tratamento	Fase sólida	Fase líquida
	.....horas.....	
TM	5,47 ± 0,14	4,95 ± 0,23
TC 24	5,02 ± 0,10	4,48 ± 0,26
TB 32	4,97 ± 0,10	4,43 ± 0,29
Média	5,15 ± 0,26 a	4,62 ± 0,34 b

Médias dos tratamentos, na coluna, não diferem pelo F-teste ao nível de 5% de significância
Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo F-teste ao nível de 5% de significância.

As correlações entre TT e T50 para a fase sólida e líquida da digesta foram altamente significativas ($P < 0,01$), com coeficientes de 0,93 e 0,79, respectivamente.

b) Avaliação das curvas de excreção acumulada

As curvas de excreção acumulada da fibra cromo-mordente (fase sólida) e do cromo-EDTA (fase líquida) apresentaram forma sigmóide (Apêndice 23) e ajustaram-se bem ao modelo utilizado, como demonstram os coeficientes de correlação maiores que 0,93 para todos os tratamentos (Apêndice 24).

c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado

A percentagem de cromo recuperado até a 24^a hora de coleta foi considerada baixa e muito variável para as duas fases da digesta, independente do tratamento avaliado (Tabela 33).

TABELA 33. Total de cromo recuperado em relação ao administrado na excreta das aves

Tratamento	Fase sólida	Fase líquida
	.....% de cromo recuperado do total administrado.....	
TM	62,10 ± 18,57	48,04 ± 22,07
TC 24	62,57 ± 18,59	59,32 ± 16,82
TB 32	68,94 ± 20,47	63,74 ± 13,42
Média	64,53 ± 17,47	57,03 ± 18,29

4.2.2 Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

O afastamento entre os níveis calculados e observados de fibra total e insolúvel nas rações experimentais variou de 12 a 17% e de 0,2 a 21%, respectivamente. Com isto, as proporções de FI/FT comparadas neste experimento foram de 82,80; 81,27 e 71,27% para TAIN, TAGS 15 e TAGS 18, respectivamente. Na mesma ordem, as proporções de FS/FT comparadas foram de 17,20; 18,73 e 28,73% (Tabela 6).

4.2.2.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar

Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados quanto ao consumo médio diário de matéria seca, ao ganho de peso e a conversão alimentar (Tabela 34).

TABELA 34. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o consumo médio diário de matéria seca (CMS), sobre o ganho de peso (GP) e sobre a conversão alimentar (CA) dos ratos

Medida	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
CMS (g)	12,59 ± 1,64	11,85 ± 1,76	11,46 ± 1,61
GP (g)	48,21 ± 7,33	45,69 ± 7,21	45,58 ± 8,25
CA (g/g)	1,84 ± 0,18	1,82 ± 0,14	1,79 ± 0,23

Médias dos tratamentos, na linha, não diferem pelo F-teste ao nível de 5% de significância.

4.2.2.2 Produção de fezes e digestibilidade aparente da matéria seca e da energia

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto a produção total de fezes úmidas (Tabela 35). Porém, ao expressar esta medida com base na matéria seca, constatou-se que os animais alimentados com os tratamentos compostos por grãos de aveia excretaram quantidades significativamente menores de matéria seca do que aqueles alimentados com a ração controle, que continha a celulose purificada como fonte de fibra na sua composição (Tabela 35).

Apesar de não haver diferença significativa quanto a digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), foi observada uma menor digestibilidade aparente de energia (DAE) para o tratamento controle, quando comparado aqueles compostos por grãos das diferentes cultivares de aveia (Tabela 35).

TABELA 35. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a produção de fezes úmidas (PFU), sobre a produção de fezes secas (PFS), sobre a digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) e da energia (DAE) em ratos

Medida	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
	..... g		
PFU	7,86 ± 0,82	8,27 ± 1,70	7,49 ± 1,43
PFS	6,48 ± 0,66 a	5,70 ± 1,08 b	5,31 ± 0,99 b
 %		
DAMS	92,62 ± 0,32	93,09 ± 1,13	93,35 ± 1,12
DAE	91,65 ± 2,02 b	94,13 ± 1,49 a	93,56 ± 2,30 a

Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

4.2.2.3 Digestibilidade aparente da FDN

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (DAFDN) no trato gastrointestinal dos ratos (Tabela 36). A DAFDN para o tratamento controle foi aproximadamente 44 vezes menor do que os valores obtidos para os tratamentos compostos pelos grãos das diferentes cultivares de aveia.

TABELA 36. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a digestibilidade aparente da FDN (DAFDN) em ratos

Medida	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
 %		
DAFDN	1,80 ± 2,26 c	76,87 ± 5,50 b	80,84 ± 3,77 a

Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

Comparando os tratamentos compostos por grãos de aveia, observou-se uma maior DAFDN para aquele com menor teor de FI e proporção de FI/FT (TAGS 18).

4.2.2.4 Teor de matéria seca na digesta e nas fezes

O teor de umidade da digesta foi menor para o tratamento controle, que continha celulose purificada como fonte de fibra na sua composição, do que para os demais tratamentos (Tabela 37).

Entre os tratamentos compostos por grãos de aveia, constatou-se que o teor de umidade da digesta foi maior para o TAGS 15, com maior teor de

FI e proporção de FI/FT, do que para o TAGS 18 (Tabela 37), considerando $P=0,18$.

TABELA 37. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre a matéria seca da digesta (MSD) e a matéria seca nas fezes (MSF) de ratos

Medida	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
 %		
MSD	38,62 ± 5,74 a	24,72 ± 3,64 b	27,69 ± 6,17 b
MSF	61,96 ± 5,28 a	40,55 ± 6,59 b	41,96 ± 6,37 b

Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

O efeito da fonte de fibra também se refletiu sobre o teor de umidade das fezes, que foi menor para o tratamento controle quando comparado aqueles compostos pelos grãos das diferentes cultivares de aveia, que não foram significativamente diferentes entre si quanto a essa medida (Tabela 37).

4.2.2.5 Passagem da digesta pelo trato gastrointestinal

a) Tempo do primeiro aparecimento (TPA), tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado

Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados ou entre os períodos de avaliação quanto as medidas de TPA, TT e T50 (Tabelas 38, 39 e 40).

A análise de covariância para o peso corporal dos animais não foi significativa com estas medidas (Apêndice 27).

O coeficiente de variação para o TT foi praticamente o dobro do que os obtidos para as medidas de TPA e de T50 (Apêndice 28).

TABELA 38. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o tempo de 1º aparecimento de cromo (TPA) nas fezes de ratos

Período	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
P1	8,13 ± 1,59	7,37 ± 0,82	7,27 ± 2,17
P2	8,03 ± 1,27	6,73 ± 1,95	6,75 ± 2,23
P3	7,10 ± 1,28	6,98 ± 2,59	7,54 ± 2,24
Média	7,75 ± 1,61	7,03 ± 1,93	7,18 ± 2,12

As médias dos tratamentos, na linha, e dos períodos, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

TABELA 39. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o tempo de excreção de 1% (TT) do cromo nas fezes de ratos

Período	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
P1	5,74 ± 2,74	5,21 ± 2,62	4,77 ± 1,75
P2	5,19 ± 2,41	5,98 ± 1,33	4,64 ± 1,90
P3	4,99 ± 2,57	5,56 ± 2,54	5,78 ± 2,54
Média	5,31 ± 2,50	5,59 ± 2,17	5,06 ± 2,08

As médias dos tratamentos, na linha, e dos períodos, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

TABELA 40. Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FT sobre o tempo de excreção de 50% (T50) do cromo nas fezes de ratos

Período	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
P1	10,20 ± 1,50	10,96 ± 1,96	10,56 ± 1,52
P2	11,09 ± 1,53	10,21 ± 0,87	11,22 ± 2,37
P3	9,56 ± 0,94	11,88 ± 3,17	10,88 ± 2,54
Média	10,38 ± 1,48	10,99 ± 2,22	10,88 ± 2,12

As médias dos tratamentos, na linha, e dos períodos, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

A correlação entre TPA e TT foi significativa ($P < 0,05$), porém o coeficiente foi baixo ($r = 0,30$). As correlações entre TPA e T50, e entre TT e T50 não foram significativas ($r = -0,08$ e $0,06$; respectivamente).

b) Avaliação das curvas de excreção acumulada

As curvas de excreção acumulada do óxido de cromo apresentaram forma sigmóide (Apêndices 29, 30 e 31) e ajustaram-se bem ao modelo utilizado, como demonstram os coeficientes de correlação maiores que 0,87 para todos os tratamentos e períodos de avaliação (Apêndice 32).

c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado

A percentagem de cromo recuperado até a última hora de coleta, na maioria dos casos, foi considerada baixa e muito variável no presente experimento (Tabela 41).

TABELA 41. Total de cromo recuperado em relação ao administrado nas fezes dos ratos

Período	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
	.....% cromo recuperado do total administrado.....		
P1	88,69 ± 19,70	70,62 ± 17,44	71,27 ± 26,96
P2	91,33 ± 8,63	76,84 ± 10,71	70,69 ± 15,40
P3	69,44 ± 10,50	63,23 ± 10,87	72,68 ± 10,71
Média	82,99 ± 16,55	70,43 ± 14,20	71,51 ± 18,58

5. DISCUSSÃO

5.1 ESTUDO 1. Composição química e características macrométricas de grãos de cultivares de trigo e de aveia

5.1.1 Cultivares de trigo

5.1.1.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de trigo

Ao longo dos anos, vários trabalhos têm demonstrado que o ambiente de cultivo exerce importante efeito sobre a qualidade dos grãos produzidos. As variações de temperatura, de luminosidade e de umidade, tanto isoladas como simultaneamente, influenciam a disponibilidade de nutrientes no solo, a dinâmica da água, os processos fisiológicos na planta e o desenvolvimento de agentes patogênicos. Dependendo do momento em que ocorrem durante o ciclo da cultura, estas variações climáticas podem causar efeitos bastante diferenciados na composição química e na qualidade nutricional dos grãos (Sander et al., 1987).

Alguns pesquisadores procuraram estudar os efeitos isolados dos fatores climáticos sobre as medidas que expressam a qualidade nutricional dos grãos de trigo. Em um experimento desenvolvido em Madison (EUA), Smika &

Greb (1973) observaram que as alterações na temperatura do ar durante um período de cinco dias, dos 20 aos 15 dias antes da maturação, exerceu grande efeito sobre o conteúdo de proteína de duas cultivares de trigo, sendo observada relação curvilínea, com o teor de PB aumentando até os 32°C. Neste mesmo local (Madison, EUA), Pendleton & Weibel (1965) observaram que a redução na luminosidade diminuiu drasticamente o rendimento, porém, causou um aumento significativo no teor de proteína nos grãos deste cereal. Já, Coles et al. (1997), conduzindo um experimento em Lincoln (Nova Zelândia), observaram que o estresse hídrico causou queda nos teores de amido e aumento no conteúdo de pentosanas totais em grãos de uma mesma cultivar de trigo.

Estes resultados vão ao encontro dos obtidos no presente trabalho, e poderiam ser usados para justificar as variações nos teores de Am, PB e FS nos grãos de trigo entre os anos de avaliação. No entanto, em condições normais de cultivo, as alterações nos fatores ambientais ocorrem simultaneamente e são muito dinâmicas durante todo o período de desenvolvimento da planta, o que impossibilita atribuir a um ou outro fator climático isolado os efeitos observados sobre a essas medidas.

De acordo com Hosney (1991), os componentes que formam as partes mais externas do grão (pericarpo e casca) são menos afetados pelas condições ambientais do que as substâncias de reserva. Considerando que estas camadas são formadas basicamente por compostos insolúveis da fibra, justifica-se que os teores de FI não tenham sido diferentes entre os anos de cultivo. Embora os teores de FS tenham diferido entre os anos de 1996 e

1997, a fração FI representou a maior parte da FT presente nos grãos das cultivares de trigo analisadas (médias de 85,45 e 89,17%, respectivamente), justificando, deste modo, a não variação nos teores de FT entre os anos avaliados.

Segundo Mundstock (1983) e Guarienti & Del Duca (1997), qualquer fator, seja ele genético ou ambiental, que provoque redução nos teores de amido e/ou proteína, também provocará redução na densidade (PH) e poderá afetar o PMS dos grãos. De fato, os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que a redução no teor de Am e de PB entre os anos de cultivo foram seguidas, na maioria das vezes, por reduções nos valores das medidas macrométricas. Entretanto, a diminuição de um ponto percentual no teor de Am ou de PB representou decréscimos variáveis nos valores das medidas macrométricas nas diferentes cultivares. Este fato demonstra que embora exista relação entre os valores de PH e de PMS com os teores de Am e de PB, esta relação é dependente da cultivar considerada, indicando limitações no uso das medidas macrométricas para a avaliação da qualidade nutricional do trigo.

De acordo March & Biely (1973), os teores de EE, Cz e FB nos grãos de trigo são mais dependentes da cultivar do que do ambiente de cultivo. Porém, os resultados obtidos no presente trabalho demonstram que os diferentes anos de cultivo também exercem grande influência sobre estas medidas, em especial sobre o conteúdo de EE. No entanto, estas medidas apresentam significado incerto ou até mesmo errôneo em função das metodologias de análise usualmente empregadas para obtê-las (Van Soest,

1994; Adrian et al., 2000). Desta forma, considera-se que as variações nessas medidas entre os anos de cultivo apresentam pouca ou nenhuma relação com possíveis alterações na qualidade nutricional dos grãos. Da mesma forma, esta consideração poderia ser estendida para a não variação no valor de ENN entre os anos de avaliação, tendo em vista que esta medida é estimada por diferença, acumulando os erros analíticos das outras medidas utilizadas na sua obtenção.

5.1.1.2 Agrupamento das cultivares de trigo

Segundo Lima et al. (2000), a composição em nutrientes é um dos atributos mais importantes que caracterizam a qualidade nutricional dos grãos. O seu monitoramento permite a seleção e a separação dos grãos em lotes que, de acordo com as características nutricionais, poderão ser usados para finalidades específicas na nutrição.

A variação observada entre as cultivares de trigo para cada uma das medidas de maior importância nutricional (FT, FI, FS, Am e PB) e para as proporções de FI e FS em relação a FT em ambos os anos de cultivo, foi o primeiro indicativo de que estes grãos poderiam ser mais eficientemente utilizados na nutrição animal e/ou humana.

Os teores de FT e de FI de cada cultivar avaliada foram superiores aos relatados por Ranhotra et al. (1996) e por Abdel-Aal et al. (1998), mas semelhantes aos observados por Picolli & Ciocca (1997), por Maraschin et al. (1998) e por Bonafaccia et al. (2000). Já, os teores de FS foram de 36 a 93% inferiores aos teores de pentosanas solúveis relatados por Annison (1993)

para grãos de trigo. A amplitude observada para estas medidas dentro de cada ano de cultivo também foi maior do que as verificadas na maioria dos trabalhos anteriormente citados. Esta variação de resultados entre os distintos trabalhos pode ser explicada tanto pelas diferenças nas metodologias empregadas para avaliar as frações da fibra, pelo tipo de materiais avaliados, considerando as diferenças de ordem genética ou aquelas provocadas pelas condições de cultivo.

As variações no desempenho animal observadas nas dietas a base de trigo são freqüentemente associadas aos teores das frações de fibra, em especial de FS, presentes nestes grãos (Annison & Choct, 1991). De acordo com Annison (1993), níveis de 3% de PNA solúveis são suficientemente capazes de causar redução no coeficiente de metabolizabilidade da energia para frangos de corte. No entanto, Choct & Annison (1990) observaram que o aumento da inclusão da fração solúvel de um isolado indigestível em α -amilase e papaína, extraído de grãos de trigo, até o nível de 3,5% de pentosana solúvel, à uma dieta a base de sorgo destinada a frangos de corte, não causou efeitos negativos na digestibilidade do amido (98,7%) ou no valor deste coeficiente. Do mesmo modo, os resultados obtidos por Pieniz et al. (1996) e Vargas et al. (2001) mostraram que a substituição de 100% do milho por grãos de trigo não causou prejuízos no desempenho de frangos de corte.

Os valores de FS encontrados no presente experimento foram inferiores a 3% para a grande maioria das cultivares analisadas nos dois anos de cultivo. Adicionalmente, mais de 50% dessas cultivares apresentaram valores de FT, FI e FS semelhantes aos obtidos para diferentes híbridos de

milho cultivados na região Sul do País (Picolli & Ciocca, 1997). Estes resultados sugerem que a maioria das cultivares avaliadas poderiam ser usadas como ingrediente alternativo nas rações de aves e suínos, em substituição ao milho, sem que viessem a causar efeitos antinutricionais devido aos seus níveis de FT, FI ou FS.

Os teores de Am das cultivares de trigo colhidas em 1996 e em 1997 foram, respectivamente, superiores e semelhantes aos relatados por Mollah et al. (1983), Longhstaff & McNab (1986) e Ranhotra et al. (1996). A amplitude de variação quanto a este componente foi semelhante dentro do ano, e maior do que as relatadas nos trabalhos anteriormente citados. De acordo com McNab (1996), a variação nos teores de Am tem influência direta sobre os valores de energia digestível e/ou metabolizável dos grãos de trigo, refletindo-se mais intensamente sobre o desempenho animal do que os possíveis efeitos provocados pelos teores de PNA solúveis presentes nestes grãos.

Os teores de PB das cultivares colhidas em 1996 e em 1997 foram semelhantes aos relatados por Ranhotra et al. (1996). No entanto, a amplitude encontrada nos dois anos de cultivo foi menor do que as relatadas para 33 amostras canadenses, entre 9,5 e 19,9% (March & Biely, 1973), e para 12.613 amostras de trigo obtidas na USDA Wheat Collection, entre 6,9 a 22,0% (Johnson & Mattern, 1987). Mesmo assim, foi observado que as treze cultivares de trigo avaliadas nos dois anos de cultivo poderiam ser utilizadas de forma distinta na nutrição, de acordo com os seus teores de PB.

Apesar de ser um fator importante, a discussão da variação individual de cada medida proporciona uma análise incompleta do potencial nutricional das diferentes cultivares de trigo. Procurou-se corrigir esta deficiência através do uso da análise multivariada de agrupamento, utilizando o conjunto de medidas que melhor estimam a qualidade nutricional dos cereais. Segundo Lima (2001), este tipo de classificação poderia ser usada para otimizar o uso dos grãos nas formulações de rações animais. Mais do que isto, a classificação das cultivares de trigo em grupos com características nutricionais distintas, de acordo com os diferentes conjuntos de medidas utilizadas, demonstra que esta análise pode ser utilizada para direcionar o uso dos grãos na alimentação animal ou humana, em estratégias específicas de nutrição.

A primeira forma de classificação, utilizando todas as medidas de maior importância nutricional, proporcionou uma caracterização mais ampla dos grupos de cultivares. Nesta, foi evidenciado que as variações nos teores de FT, FI e FS tiveram maior influência sobre a formação dos grupos do que as variações nos teores de Am e PB. Nas duas classificações subsequentes, a utilização destas medidas em separado, permitiu a caracterização mais específica dos grupos de cultivares. Com os teores de FT, FI e FS, a formação e a caracterização dos grupos se restringiu ao conjunto das medidas que melhor estimam os componentes indigestíveis. Já, com Am e PB, a formação e caracterização baseou-se no conjunto de medidas que melhor estimam as substâncias de reserva dos grãos de trigo.

A partir da primeira forma de classificação das cultivares colhidas em 1996 e em 1997, as características dos grupos formados permitem sugerir que as cultivares pertencentes aos grupos A-96, B-96, A-97 e D-97 poderiam ser usadas, preferencialmente, na nutrição humana, devido aos valores elevados de FT, FI e FS. Aquelas pertencentes aos grupos B-96 e A-97 poderiam ser usadas em dietas de controle de peso, devido aos baixos teores de Am e aos elevados teores em PB.

Do mesmo modo, as cultivares pertencentes aos grupos C-96, D-96 e B-97 poderiam ser direcionadas ao arraçamento de não ruminantes, devido aos valores superiores de Am e intermediários a inferiores de FT, FI e FS. Estes grupos ainda poderiam ser usados de forma mais específica na nutrição animal, de acordo com a variação nos teores de PB.

Para a classificação baseada nos teores de FT, FI e FS, os grupos formados apresentaram a mesma composição e característica da primeira classificação. Desta forma, as interpretações a respeito da utilização dos grãos desses grupos são as mesmas inferidas para os grupos formados com todas as medidas de importância nutricional.

Já, pela classificação considerando apenas Am e PB foram obtidos grupos distintos dos anteriores, demonstrando a possibilidade de explorar outros nichos de utilização. Entretanto, o uso desta classificação para a escolha das cultivares está na dependência de que os teores de fibra e de suas frações não sejam limitantes para o emprego dos grãos na finalidade considerada. As cultivares dos grupos E-96, F-96, E-97 e F-97 poderiam ser destinadas à alimentação animal, devido aos seus teores intermediários a

elevados de Am. As cultivares dos grupos G-96 e G97 seriam preferencialmente utilizadas em dietas de controle de ingestão calórica na alimentação humana, devido aos baixos teores de Am e intermediários de PB.

Independente da variação observada nos teores absolutos destas medidas entre os anos de avaliação, o fato de que algumas cultivares tenham se mantido em grupos com características semelhantes nos dois anos, nas três classificações, demonstra a existência de estabilidade quanto a qualidade nutricional, que poderia ser utilizada como um critério de escolha na produção destes grãos para usos específicos na nutrição animal e humana.

Neste caso, as cultivares BR 35, CEP 24, EMBRAPA 15, OR 1 e RS1 poderiam ser indicadas para uso nas rações de aves e suínos, enquanto as cultivares BR 23, EMBRAPA 16 e EMBRAPA 49 poderiam ser destinadas para fins nutracêuticos na dieta humana. Da mesma forma, as cultivares EMBRAPA 24, EMBRAPA 40 e EMBRAPA 52 poderiam ser usadas em dietas para controle de ingestão calórica, devido aos teores inferiores de Am e intermediários a superiores de PB nos dois anos de cultivo.

As cultivares de trigo ainda foram agrupadas em uma quarta forma de classificação, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT presente nos grãos. Pois, de acordo com Jørgensen et al. (1996b), Johansen & Knudsen (1997), Moore et al. (1998) e Guillon & Champ (2000), os efeitos das frações de FI e de FS dependerão não só da quantidade ingerida, como também da predominância de uma fração em relação a outra e do sinergismo que pode ocorrer entre elas.

Baseado nos resultados de testes biológicos obtidos por Mongeau et al. (1990) e Cherbut et al. (1997), é razoável supor que a ingestão dos grãos das cultivares pertencentes aos grupos H-96 e H-97 poderiam causar redução no tempo de trânsito e aumento na quantidade de fezes secas produzidas por não ruminantes, devido as suas maiores proporções de FI em relação a FT. Já, o consumo dos grãos das cultivares pertencentes aos grupos K-96 e J-97 poderiam aumentar a umidade e a produção diária de fezes, em função da maior proporção de FS em relação a FT.

Outras informações a respeito do efeito das proporções de FI e de FS em relação a FT em grãos de cultivares de trigo sobre as respostas biológicas, também foram exploradas no Experimento 1 do Estudo 2, conduzido com frangos de corte em fase de crescimento; as quais serão discutidas posteriormente.

5.1.1.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de trigo

O PH e o PMS são medidas macrométricas freqüentemente utilizadas para avaliar a qualidade industrial dos grãos de trigo com vistas a sua comercialização (Ministério da Agricultura, 1992; Guarienti, 1996). Segundo Mundstock (1983), o PH está diretamente relacionado com os teores de amido e de proteína dos grãos. Essa pressuposição foi confirmada, em parte, pela associação significativa do PH e PMS com o teor de Am das diferentes amostras de trigo. No entanto, outras medidas de importância nutricional, tais como PB, FT, FI e FS, não foram associadas a estas medidas

macrométricas, o que também foi evidenciado nos resultados obtidos por March & Biely (1973). Estes resultados demonstram que o PH e o PMS não são bons índices para estimar a qualidade nutricional dos grãos. Guarienti (1996) reforça esta afirmativa ao relatar que o fato de um trigo apresentar maior valor de PH e/ou de PMS não indica que apresente melhor qualidade industrial ou nutricional. Esta relação será significativa somente quando se compara valores bastante diferenciados obtidos para uma mesma cultivar.

As deficiências da análise proximal quanto a divisão dos carboidratos em FB e ENN, relatadas por Van Soest (1994), Larbier e Leclercq (1994) e Adrian et al. (2000) foram confirmadas a partir dos resultados obtidos no presente trabalho. Os teores de FB foram, em média, 4,33 vezes menores do que os teores de FT e 3,77 vezes menores do que os teores de FI para as cultivares de trigo. Apesar de significativo, o valor do coeficiente de correlação entre FB e FI foi baixo, e não deve ser utilizado como um indicativo de associação entre estas duas frações.

Van Soest (1994) relata que o erro causado pela inclusão de frações da parede celular no ENN é menor em alimentos concentrados, onde aproximadamente três quartos do ENN é composto por amido e carboidratos solúveis. No entanto, a baixa correlação entre os valores de ENN e de Am obtidos no presente experimento demonstram que o erro acumulado na estimativa desta medida é elevado e seu uso pode causar grandes limitações na avaliação da qualidade nutricional dos grãos de trigo.

A correlação entre os teores de Cz e de Am é utilizada pela indústria moageira como indicativo do rendimento de moagem de uma cultivar e/ou de

um lote de grãos (Guarienti, 1996). Segundo Hosney (1991) esta associação é explicada pelo fato de que a maior parte dos minerais presentes nas cinzas situam-se na parte externa do grão. Então, supõe-se que quanto maior a proporção de pericarpo, maior será o teor de cinzas e menor será a quantidade de amido armazenado nos grãos de trigo. De fato, estas duas medidas foram negativa e altamente correlacionadas, confirmando estas pressuposições.

5.1.2 Cultivares de aveia

5.1.2.1 Influência do ano de cultivo sobre a composição química e as características macrométricas dos grãos de aveia

Vários trabalhos têm demonstrado que as condições ambientais também exercem importante efeito sobre algumas das medidas que expressam a qualidade nutricional dos grãos de aveia. De acordo com os resultados obtidos por Tisian et al. (2000), o ano de cultivo exerce maior influência sobre os teores de Am do que o local ou o genótipo testado. Com base nestes resultados, os autores comentam que a seleção de genótipos para aumentar o teor de amido dos grãos de aveia é de difícil realização devido a forte influência que o ano desempenha sobre esta característica. Por outro lado, as variações nos teores de PB são mais dependentes do genótipo do que do ambiente de cultivo (local e ano) (Beber et al., 1997a; Milach et al., 2000). Os resultados obtidos no presente experimento vão ao encontro desses relatos e também demonstram que os teores de Am são mais suscetíveis às variações ambientais entre os anos de cultivo do que os teores de PB.

Provavelmente, as variações dos fatores ambientais entre os anos de 1996 e 1997 foram insuficientes para causar alterações significativas nos teores de FS nos grãos de aveia. Brunner & Freed (1994) relatam diferenças de até 32% nos níveis do seu principal constituinte - as β -glicanas - para uma única cultivar avaliada em um mesmo local em diferentes anos. Também, Beber et al. (1997b) encontraram diferenças de até 33% no teor de β -glicanas em uma mesma cultivar submetida a diferentes locais e anos de cultivo.

Os teores de FT e FI são menos afetados pelas condições ambientais do que as substâncias de reserva presentes nos grãos dos cereais (Hoseney, 1991). Este fato justifica a semelhança nos teores destas frações entre os anos de cultivo para os grãos de aveia.

Ao contrário do observado para os grãos de trigo, o aumento no teor de Am do ano de 1996 para o de 1997 foi acompanhado por decréscimos nos valores de PH e de PMS. Apesar de não ser o comportamento usualmente esperado, tendo em vista que o aumento no teor de Am provocaria aumento na densidade dos grãos (Mundstock, 1983) e, conseqüentemente, aumento nos valores de PH e PMS, existe um fator que pode ter influenciado a obtenção destes resultados. Segundo Mundstock (comunicação pessoal), no caso de grãos de cereais de lema e pálea não persistentes (trigo, triticales, centeio, etc), tanto as medidas macrométricas como as de composição química são obtidas a partir dos grãos sem casca. Desta forma, ambas se referem a mesma composição estrutural do grão. No entanto, no caso dos grãos de aveia, com lema e pálea persistentes, as medidas macrométricas são obtidas a partir do grão com casca, e as de composição química foram obtidas a partir dos grãos

descascados. Dessa forma, essas medidas foram expressas em base estrutural diferentes do grão (grão com casca x grão descascado), o que pode levar a problemas de interpretação. Este fato, no entanto, reforça a idéia de que as medidas macrométricas usadas na classificação industrial não devem ser usadas como indicativos da qualidade nutricional dos grãos de aveia.

De acordo com Weiler et al. (2000), o teor de EE nos grãos de aveia é menos influenciado pelo ano do que pelo local ou pelo genótipo. Porém, os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que os anos de cultivo também exercem uma influência significativa sobre esta medida. Pelos mesmos motivos relatados no item 5.1.1.1, as variações nas medidas de EE e Cz, juntamente com a estabilidade nos teores de FB e ENN entre os anos de cultivo, possivelmente tenham pouca ou nenhuma relação com prováveis alterações na qualidade nutricional dos grãos de aveia.

5.1.2.2 Agrupamento das cultivares de aveia

O alto conteúdo em fibra dos grãos inteiros da aveia (cariopse+casca) é considerado o principal fator limitante do seu uso no arração de não ruminantes (Morris, 1990). Porém, a remoção mecânica das cascas pode revelar um alimento de excelente qualidade nutricional, apto a ser usado em diferentes segmentos da nutrição animal e humana.

A variação observada para cada uma das medidas de maior importância nutricional propostas para a caracterização dos grãos de aveia descascados, bem como para as proporções de FI e FS em relação a FT, em ambos os anos de cultivo, foi o primeiro indicativo de que estes grãos

poderiam ser utilizados de forma mais ampla e eficiente na nutrição animal e/ou humana.

Os teores de FT e de FI das cultivares avaliadas foram semelhantes aos obtidos por Pedó (1996), Pedó & Sgarbieri (1997) e Gutkoski & Trombetta (1998). No entanto, os teores de FS, em geral, foram inferiores aos relatados por estes autores. Cabe ressaltar que nestes trabalhos foram utilizados diferentes métodos analíticos para determinação das frações de fibra. Logo, a variação observada entre os resultados relatados pelos respectivos autores e obtidos no presente experimento pode ter sido provocada pelas diferenças analíticas, além das diferenças entre cultivares e/ou daquelas provocadas pelas condições ambientais do meio de cultivo.

Geralmente, as diferenças no desempenho animal observadas nas dietas compostas por grãos de cereais de inverno (trigo, aveia, cevada, triticale e centeio) são associadas as variações nos teores dos componentes de FS presentes nestes grãos (β -glicanas e pentosanas, principalmente) (Annison & Choct, 1991; Jeroch & Dänicke, 1995). No entanto, Pettersson et al. (1996), trabalhando com ratos, observaram que níveis entre 1,3 a 2,7% de β -glicanas solúveis fornecidas a partir de grãos de aveia não provocaram efeitos negativos sobre a digestibilidade verdadeira de PB e sobre a digestibilidade da energia. Da mesma forma, a maioria dos resultados citados na revisão realizada por Morris (1990) demonstram que a aveia nuda (sem casca) pode substituir em até 100% o milho, sem causar prejuízos ao desempenho de suínos em crescimento. As cultivares UPF 6, UFRGS 16 e UFRGS 18, apresentaram, nos dois anos de cultivo, teores de FS inferiores a

2,7%, sugerindo que estes grãos poderiam ser utilizados como ingrediente alternativo nas rações de não ruminantes, em substituição ao milho, sem que viessem a causar efeitos antinutricionais devido aos seus níveis de FS.

Nos dois anos, a maioria das cultivares de aveia apresentaram teor de Am superior aos relatados por Sowa & White (1992), Pedó (1996), Sá et al. (1998), Gutkosky & El-Dash (1999) e Sá & Francisco (1999). A amplitude de variação também foi elevada, chegando a 15 pontos percentuais entre as cultivares UPF 7 e UFRGS 17 colhidas em 1997. Deve-se salientar que esta variação poderá ter grandes reflexos sobre a densidade energética dos grãos, refletindo-se sobre o desempenho animal.

Os teores de PB nos grãos de aveia foram semelhantes aos relatados por Youngs & Gilchrist (1976), Pedó (1996), Federizzi & Almeida (1998) e Milach et al. (2000), mas inferiores aos encontrados por Floss et al. (1996). A amplitude nos valores de PB relatados nesses trabalhos, especialmente naqueles utilizando cultivares provenientes do Sul do Brasil (variando de 9,5 a 22,9% de PB), indicam a possibilidade de uso diferenciado dos grãos de aveia tanto na nutrição humana como na animal.

A variação individual de cada uma das medidas anteriormente citadas é um indicativo de que as cultivares de aveia também podem ser usadas para finalidades específicas na nutrição. Esta possibilidade foi estudada por Francisco (1996) que, ao caracterizar sete cultivares de aveia quanto a composição química, concluiu que estes grãos poderiam ser usados em segmentos específicos da nutrição humana. Na sua classificação, os grãos com altos teores de amido e de β -glicanas (UPF 16 e CTC 3) seriam

destinados a fabricação de cereais quentes; os de alto teor de lipídios (CTC 3 e UFRGS 7) poderiam ser usados como alimentos calóricos; os de alto conteúdo de proteína e amido (UFRGS 14) seriam destinados a alimentação infantil; os de alto teor de β -glicana e de proteína (CTC 3) poderiam ser usados em bebidas; e os de alto teor de β -glicanas (UPF 16) seriam usados como espessantes.

Com finalidade semelhante, buscando explorar o máximo potencial nutricional dos grãos, o presente experimento buscou classificar as cultivares de aveia, utilizando a análise multivariada de agrupamento, considerando o conjunto de medidas que melhor estimam a sua qualidade nutricional (FT, FI, FS, Am e PB).

A exemplo do trigo, a primeira forma de classificação das cultivares de aveia proporcionou a caracterização mais ampla dos grupos, utilizando todas as medidas de maior importância nutricional. Nesta classificação, também foi evidenciado que as variações nos teores de FT, FI e FS tiveram maior influência sobre a formação dos grupos do que as variações nos teores de Am e PB. Nas duas classificações subsequentes, os grupos das cultivares de aveia foram caracterizados de maneira mais específica, de acordo com o conjunto das medidas que melhor estimam os componentes indigestíveis (FT, FI e FS) ou de acordo com o conjunto de medidas que melhor estimam as substâncias de reserva dos grãos de aveia (Am e PB).

As características dos grupos formados a partir da primeira forma de classificação das cultivares colhidas em 1996 e em 1997 permitem sugerir que às pertencentes aos grupos L-96, P-96, L-97 e P-97 poderiam ser usadas,

preferencialmente, na nutrição humana, devido aos valores elevados de FT e de FI ou FS. Da mesma forma, as cultivares pertencentes aos grupos M-96 e O-97 poderiam ser direcionadas ao arraçamento de não ruminantes, devido aos valores superiores de Am e intermediários a inferiores de FT, FI e FS.

As interpretações a respeito da utilização dos grãos dos grupos formados na classificação baseada nos teores de FT, FI e FS são as mesmas inferidas para os grupos formados com todas as medidas de importância nutricional, uma vez que os grupos obtidos apresentaram a mesma composição e característica da primeira classificação.

Considerando apenas Am e PB, foram obtidos grupos distintos dos anteriores, o que demonstra a possibilidade de outras formas de utilização das cultivares de aveia. Entretanto, a mesma consideração feita para o uso dos grãos de trigo aplica-se também às cultivares de aveia, onde o uso desta classificação está na dependência de que os teores de fibra e de suas frações não sejam limitantes para o emprego dos grãos na finalidade considerada. Sob este ponto de vista, as cultivares pertencentes aos grupos Q-96 e Q-97 poderiam ser destinados à alimentação animal, devido aos seus teores elevados de Am. Aquelas pertencentes aos grupos S-96, S-97, T-96 e T-97 seriam preferencialmente utilizadas em dietas de controle de ingestão calórica na alimentação humana, devido aos baixos teores de Am e intermediários a elevados de PB.

O fato de que cinco das nove cultivares avaliadas tenham se mantido em grupos com características semelhantes nos dois anos de cultivo nas três classificações, demonstra uma estabilidade que poderia ser utilizada

como critério na escolha dessas cultivares para a produção de grãos à serem usados com finalidades específicas na nutrição animal e humana. Desta forma, a produção de grãos das cultivares UPF 7, UFRGS 14 e UFRGS 15 poderia ser indicada para uso na nutrição humana, em dietas nutracêuticas, por apresentarem elevados teores de FT, FS e PB. A produção da cultivar UPF 16, que permaneceu em grupos com teores inferiores de FT, FS e PB e superiores quanto aos teores de Am, poderia ser indicada para uso no arraçãoamento de não ruminantes.

Adicionalmente às três classificações anteriores, as cultivares de aveia ainda foram agrupadas em uma quarta forma de classificação, considerando as proporções de FI e FS em relação a FT. Baseado nos trabalhos de Mongeau et al. (1990) e Cherbut et al. (1997), os grãos das cultivares pertencentes aos grupos U-96 e U-97, quando fornecidos à não ruminantes, poderiam causar redução no tempo de trânsito e aumento na quantidade de fezes secas produzidas, devido as suas maiores proporções de FI em relação a FT. Já, os grãos das cultivares pertencentes aos grupos X-96 e Z-97 poderiam aumentar a umidade e a produção diária de fezes, em função da maior proporção de FS em relação a FT.

Outras informações a respeito do efeito das proporções de FI e de FS em relação a FT em grãos de cultivares de aveia também foram exploradas no Experimento 2 do Estudo 2, que avaliou as respostas biológicas de ratos em crescimento alimentados com duas cultivares de aveia.

5.1.2.3 Correlação entre as medidas macrométricas e de composição química em grãos de aveia

A associação não significativa entre as medidas macrométricas com o teor de Am e a associação negativa significativa destas medidas com o teor de PB não foi um comportamento esperado. Isto pode ter ocorrido porque as medidas de PH e PMS foram obtidas a partir dos grãos inteiros (cariopse+casca), enquanto às de composição química foram expressas com base na matéria seca dos grãos descascados.

Outra possibilidade para explicar a correlação negativa entre as medidas macrométricas e PB na aveia estaria baseada no fato de que até 57% do total de PB determinado no grão descascado desta espécie encontra-se nas camadas mais externas que dão origem ao farelo (Youngs, 1972). Considerando que a quantidade de farelo está inversamente relacionada com o PH (Guarienti, 1996), o teor de PB também poderia apresentar associação inversa com esta medida macrométrica.

Aliada a esses resultados, a ausência de associação significativa entre PH e PMS com as medidas de FT, FI e FS demonstra que as medidas macrométricas utilizadas na classificação industrial não são bons indicadores para estimar a qualidade nutricional dos grãos de aveia.

As deficiências da análise de Weende relatadas para os grãos de trigo também são observadas nos resultados obtidos com aveia. Os teores de FB obtidos para os grãos de aveia sequer apresentaram correlação significativa com os de FT, FI e FS. A baixa correlação entre os valores de ENN e de Am também deve estar associada com o acúmulo nos erros na

estimativa de ENN, o que pode causar grandes limitações na avaliação da qualidade nutricional dos grãos de aveia utilizando esta medida.

Ao contrário do que ocorreu para os grãos de trigo, não houve correlação significativa entre Am e Cz. Considerando que a maior parte dos minerais, de modo semelhante ao trigo, também estaria na parte externa do grão de aveia (Peterson, 1975), a ausência de correlação entre estas medidas não tem uma explicação lógica. Entretanto, reforça as limitações do uso do teor de Cz como um indicativo da qualidade nutricional destes grãos.

5.1.2.4 Influência do tamanho dos grãos sobre as medidas de composição química

Como visto até o presente momento, a qualidade nutricional dos grãos de cereais depende, basicamente, de fatores de ordem genética e ambiental. No entanto, existem outros fatores pós-colheita, tais como classificação, armazenamento e beneficiamento, que podem gerar produtos com características nutricionais totalmente diferenciadas. O simples fato de classificar os grãos quanto ao seu tamanho pode ser um destes fatores de variação.

As indústrias de beneficiamento de aveia, por exemplo, priorizam a utilização de grãos com espessura maior que 2 mm para a fabricação de flocos. Considerando que os grãos de menor tamanho possuem maior área de superfície em relação a sua massa e, conseqüentemente, maior percentagem de pericarpo do que os grãos de maior tamanho (March & Biely, 1973; Youngs & Forsberg, 1987), pode-se deduzir que existirá uma considerável diferença na

composição química das frações de grãos oriundas desta classificação, mesmo quando provenientes de uma mesma amostra.

Os resultados demonstram que há uma contradição entre a classificação dos grãos quanto a sua qualidade industrial em relação a sua qualidade nutricional para humanos. Os grãos de aveia menores que 2mm são indesejados pela indústria, no entanto, apresentaram os maiores teores de FT e FS, que são características desejáveis na nutrição humana, sobretudo para aplicação em dietas nutracêuticas. Por outro lado, os grãos de tamanho maior que 2mm apresentaram características nutricionais que poderiam qualificá-lo para uso como ingrediente alternativo nas rações destinadas aos não ruminantes.

Aalto et al. (1988) observaram que o tamanho dos grãos de cevada foi inversamente associado com o teor de FI e diretamente associado ao teor de FS. Apesar destes resultados irem de encontro aos obtidos no presente experimento, isto pode ser explicado pelas diferenças existentes entre as duas espécies de cereais. Miller et al. (1994) observaram que na cevada, as β -glicanas estão mais uniformemente distribuídas no endosperma, enquanto que, na aveia, é encontrada em altas concentrações nas camadas de subaleurona e aleurona dos grãos. As β -glicanas presentes nas camadas mais externas dos grãos de aveia apresentam maior solubilidade do que as oriundas do endosperma da cevada (Wikström et al., 1994), o que pode justificar o maior teor de FS e o menor teor de FI obtido para os grãos de aveia menores de 2mm.

5.2 ESTUDO 2. Influência dos diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel sobre a resposta biológica dos animais

5.2.1 Experimento 1. Resposta biológica de frangos de corte alimentados com rações a base de trigo, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

A variação na composição das rações calculadas a partir da análise bromatológica dos principais ingredientes e a composição determinada diretamente nas misturas quanto as frações de fibra pode ter se originado de vários fatores. Embora pouco relatada na literatura, a presença de outros ingredientes nas rações experimentais poderia ter provocado uma interferência nas determinações das frações de fibra, comparado com a determinação individual de cada ingrediente. Segundo Mañas & Saura-Calixto (1993), a co-precipitação de componentes que não fazem parte da FS ou a incompleta precipitação dos mesmos pela presença de outros compostos são fontes de erro na determinação dessa fração. Embora fosse possível a interferência da atividade das enzimas sobre as determinações, essa hipótese foi descartada, uma vez que os testes de atividade enzimática foram realizados antes de cada análise.

Apesar dos valores das frações de fibra terem sido maiores na composição calculada do que na determinada diretamente em cada uma das rações experimentais, as diferenças entre tratamentos quanto as proporções de FI/FT e FS/FT foram mantidas.

5.2.1.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar

As frações da fibra podem influenciar o consumo e, conseqüentemente, alterar o ganho de peso e a conversão alimentar. Muitos trabalhos constataram que o oferecimento *ad libitum* de dietas diluídas com volumosos, com altos teores de FI, normalmente provocam aumento compensatório no consumo a fim de atingir os níveis energéticos exigidos pelas aves, que em geral, parece ser mais ou menos proporcional ao aumento no nível de diluição da dieta (Lee et al., 1971, Gould et al., 1989; Lesson et al., 1991; Lesson et al., 1992; Warpechowski, 1996). Por outro lado, o acréscimo nos teores de FS geralmente causa depressão no consumo, que é associado com o aumento da viscosidade, com o tempo de trânsito mais lento e com o aumento da atividade fermentativa dos microrganismos intestinais (Pettersen & Aman, 1989; Friesen et al., 1992; Choct, 1999).

No presente trabalho, tanto as variações individuais nos teores das frações de fibra como as diferentes proporções testadas para um mesmo nível de FT não provocaram efeito sobre o consumo alimentar. De fato, as variações nos teores de FI entre as rações experimentais foram pequenas (menores que 1,5 pontos percentuais), o que pode não ter sido suficiente para exercer efeito sobre o consumo, uma vez que as constatações verificadas nos trabalhos citados anteriormente baseiam-se em diferenças de, pelo menos, 5 pontos percentuais nos níveis de FDN entre as dietas experimentais.

As diferenças nos teores de FS de mais de um ponto percentual, comparando o tratamento TB 32 com o TM e com o TC 24 poderia, potencialmente, causar efeitos sobre o consumo da ração, uma vez que Van

Der Klis & Van Voorst (1993) obtiveram redução linear nessa medida quando adicionados níveis de 0; 1 e 2% de carboxi-metil-celulose (um PNA solúvel purificado) a uma dieta fornecida à frangos de corte. Deve-se considerar, entretanto, que a fibra obtida de ingredientes *in natura* (grãos e farelo), como é o caso do presente experimento, apresentam composição química e organização estrutural bem mais complexa do que à obtida de fontes purificadas (Jørgensen et al., 1996a; Guillon & Champ, 2000). Deste modo, as suas propriedades físico-químicas podem ser bastante diferenciadas, causando efeitos distintos sobre os processos digestivos, metabólicos e sobre o desempenho animal (Johansen et al., 1996; Smits & Annison, 1996; Cherbut et al., 1997; Monro, 2000).

O maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar dos animais alimentados com a ração controle pode ser explicado pelo seu maior valor de energia metabolizável e/ou pelo melhor balanceamento energia:proteína deste tratamento. No entanto, essas indicações não explicam o menor ganho de peso e conversão alimentar dos animais alimentados com o tratamento TC 24 em relação aqueles que receberam o tratamento TB 32, tendo em vista que as rações apresentaram valor de energia metabolizável e proteína bruta idênticos (Tabela 3). Tais diferenças podem ser atribuídas aos efeitos das frações de fibra e variações nas suas proporções.

Apesar dos efeitos deletérios relatados em muitos trabalhos (Petersson & Aman, 1989; Annison & Choct, 1991; Friesen et al., 1992; Van Der Klis & Van Voorst, 1993; Guenter, 1993), a elevação nos teores de FS, ao menos até o nível testado, não causou prejuízos ao desempenho animal. Ao

contrário, as aves alimentadas com o tratamento TB 32, com maior teor de FS e maior proporção de FS/FT, apresentaram melhor desempenho do que as alimentadas com o tratamento TC 24. De acordo com Mosenthin e Fulcher (The fibre factor, 2000), níveis moderados de FS (entre 3 e 5% nas rações de suínos) podem exercer efeitos benéficos à microflora intestinal, melhorando a digestão e a absorção dos nutrientes. Ainda, de acordo com Ferreira (1994), teores mais elevados de FS podem levar à maior produção de ácidos graxos voláteis (AGV), em especial na região cecocólica, que são absorvidos e utilizados metabolicamente pela mucosa intestinal com finalidades semelhantes à glicose, porém, com uma eficácia menor. Segundo este mesmo autor, os AGV produzidos no intestino grosso de não ruminantes podem cobrir entre 5 a 30% das necessidades energéticas de manutenção, podendo se refletir no melhor desempenho animal.

Em contrapartida, Pettersson & Aman (1989) relatam que a resistência à fermentação dos componentes insolúveis da fibra no intestino delgado faz com que a matriz insolúvel da parede celular atue como uma barreira, limitando o acesso das enzimas digestivas ao conteúdo interno das células (amido, açúcares, proteína, etc), diminuindo a digestão e a absorção destes nutrientes. Os resultados obtidos por Choct & Annison (1990) são um indicativo desta pressuposição. Nesse trabalho, os pesquisadores extraíram de grãos de trigo um isolado indigestível em α -amilase e papaína, rico em pentosanas, e adicionaram em uma ração basal composta predominantemente por grãos de sorgo (82%). Eles observaram que o aumento nos níveis de inclusão da fração insolúvel (até 5,5% de pentosana insolúvel) causou

depressão na digestibilidade do amido e na retenção de nitrogênio, diminuindo o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. No entanto, a inclusão da fração solúvel (até 3,5% de pentosana solúvel) não causou efeito sobre estas medidas, sendo que as respostas foram semelhantes ao tratamento controle.

Os relatos citados anteriormente, aliados aos resultados obtidos no presente trabalho, onde as aves alimentadas com o tratamento TC 24 apresentaram pior desempenho do que as alimentadas com o tratamento TB 32, sugerem que o aumento nos teores de FI são mais prejudiciais ao desempenho animal do que o aumento nos teores de FS, pelo menos até os níveis testados. Isto foi considerado na revisão realizada por Wenk (2001), onde ressalta-se que a influência da fibra solúvel na digestão e absorção dos nutrientes é geralmente menos pronunciada do que a influência da fibra insolúvel da dieta.

Porém, deve-se considerar que, na prática, estas duas frações da fibra estarão presentes nas dietas e serão simultaneamente consumidas pelos animais. Assim, torna-se razoável supor que o efeito sobre o consumo e as demais medidas de resposta biológica dependerá não só da quantidade ingerida de cada uma dessas frações, mas também da interação que pode ocorrer entre elas. Estas interações poderão causar alterações nas propriedades físico-químicas da fibra, o que se refletirá sobre os processos digestivos e metabólicos dos animais (Johansen & Knudsen, 1997; Morre et al., 1998; Guillon & Champ, 2000). Os resultados obtidos por Mongeau et al. (1990), Yan et al. (1995), Zhao et al. (1995), Pedó (1996), Jørgensen et al. (1996a) e Leontowicz et al. (2001) demonstram que mesmo alterando

consideravelmente os teores de fibra insolúvel e solúvel da dieta, não há alterações sobre o desempenho animal. A explicação destes resultados pode estar baseada na hipótese de que as alterações nas características físico-químicas da fibra, quando mantida uma proporção adequada de FI e de FS em relação a FT, pode causar alterações em algumas medidas de resposta biológica sem, contudo, afetar o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Baseando-se nesta hipótese, pode-se dizer que a maior proporção testada de FI/FT (96,14%) ou a menor proporção de FS/FT fornecida pelo tratamento TC 24, provavelmente tenha afetado de forma negativa o aproveitamento dos nutrientes da dieta quando comparada as proporções fornecidas pelo tratamento TB 32, refletindo sobre o desempenho animal.

5.2.1.2 Produção de excreta e desaparecimento da matéria seca

Na comparação entre os tratamentos com grãos de trigo, a maior produção de excreta úmida e seca e, conseqüentemente, o menor desaparecimento da matéria seca obtida para o tratamento TB 32, em um primeiro momento, parecem ir totalmente de encontro aos resultados de desempenho anteriormente citados, uma vez que não podem ser explicados pelo maior consumo alimentar ou pelo menor aproveitamento dos nutrientes no organismo animal. Isto porque a média de consumo da matéria seca foi numericamente igual entre os tratamentos a base de grãos de trigo, porém, o desempenho dos animais alimentados com a ração experimental TB 32 foi melhor do que aqueles alimentados com o tratamento TC 24 (Tabela 27).

Estes resultados talvez possam ser explicados pela ação microbiana sobre as frações de fibra e/ou pelo efeito da fração de FS sobre o processo digestivo. De acordo com Eastwood (1992) e Wenk (2001), a maior atividade microbiana no trato digestivo dos animais, provocado pela elevação nos teores de FS, não aumenta apenas a produção de AGV, mas também provoca aumento na excreção de substâncias microbianas, que podem representar uma percentagem significativa da massa fecal. Os trabalhos realizados por Longstaff & McNab (1986), Jeraci & Horvath (1989) e Lebet et al. (1998) demonstraram que os PNA solúveis são mais rapidamente e intensamente fermentados pelos microrganismos intestinais do que os insolúveis em humanos e galos, respectivamente. Em aves, Carré & Gomes (1994) relatam que a maior digestibilidade da FS em relação a FI é resultante da fermentação que ocorre nos cecos. Nesse segmento do trato gastrointestinal (TGI), entram apenas as partículas muito pequenas e os materiais solúveis que são intensamente fermentados, produzindo, além dos ácidos graxos voláteis, grande quantidade de massa bacteriana que é excretada junto com as fezes.

Aliado a este fato, o aumento no peso das excretas úmidas também pode ser decorrente do aumento da produção e retenção de gás na massa fecal (Jeraci & Horvath, 1989). Jeraci (1978) *apud* Jeraci & Horvath (1989) observou que, na fermentação de *Psyllum* por bactérias fecais humanas, as borbulhas de gás eram detectadas mesmo após 10 horas do início da liberação. Angkanaporn et al. (1994) e Refstie et al. (1999) também relatam que a FS pode interagir com as paredes intestinais modificando a ação de alguns hormônios e fazendo com que a secreção de proteínas endógenas seja

aumentada, ou interagindo com os sais biliares e as enzimas digestivas, causando aumento na excreção de produtos de origem endógena. Trabalhando com humanos, Lia et al. (1996) observaram que 21 a 30 % da energia bruta que chegou ao intestino grosso não foi identificado como gordura, nitrogênio, amido ou fibra da dieta, sugerindo que esta energia seja proveniente de perdas endógenas, de produtos da degradação dos carboidratos e de diferentes formas de oligossacarídeos.

Desta maneira, é possível que a maior produção de excreta e o menor desaparecimento da matéria seca observados para o tratamento TB 32 não seja decorrente do menor aproveitamento dos nutrientes da dieta e sim, tenham sido provocadas pelo aumento da excreção de massa bacteriana e de produtos de origem endógena, provavelmente resultante do maior teor de FS ou da maior proporção de FS/FT deste tratamento.

5.2.1.3 Digestibilidade aparente da FDN

De acordo com os resultados obtidos por Mongeau et al. (1990) e com os relatos de Eastwood (1992), o desaparecimento dos componentes insolúveis da fibra encontra-se inversamente relacionado com a quantidade de fezes produzidas pelos animais. Porém, a diferente produção de excreta entre os tratamentos avaliados não teve relação com os resultados obtidos para esta medida. A ausência dessa relação pode ser justificada pela influência da FS de trigo na produção de excreta, já relatada anteriormente.

A digestibilidade aparente média da FDN no presente experimento foi aproximadamente 40% superior aos valores citados por Moran & Evans

(1977). No entanto, assemelhou-se aos 52,2% de fermentabilidade aparente da FDN constatada por Mongeau et al. (1990) em uma dieta a base de trigo fornecida para ratos. Essa diferença entre as respostas obtidas nos trabalhos pode ser resultante da variabilidade na composição química e estrutural entre os ingredientes utilizados para compor as diferentes rações. Nos tecidos dos grãos dos cereais de casca não persistente ou descascados, não há ocorrência de lignina (Youngs & Forsberg, 1987; Hosney, 1991). Porém, a organização estrutural, o tipo de ligação, a composição em monômeros dos polímeros, bem como, o grau de cristalinidade da celulose, serão os fatores determinantes no grau de fermentação da fibra oriunda destes ingredientes (Van Soest, 1994). Esses fatores podem variar tanto entre espécies vegetais, como também entre cultivares pertencentes a uma mesma espécie, o que resulta em diferentes graus de fermentabilidade dos polímeros insolúveis da fibra, de acordo com os grãos ou subprodutos utilizados para compor a ração.

Embora possam haver diferenças na composição química e estrutural da fibra insolúvel dos grãos das diferentes espécies (milho *versus* trigo) e cultivares de trigo (CEP 24 *versus* BR 32) utilizadas no presente experimento, a ausência de efeitos dos tratamentos sobre a digestibilidade aparente da FDN indica que estas diferenças não foram limitantes, ou limitaram de forma semelhante, a fermentabilidade da FDN pelos microrganismos do TGI das aves.

5.2.1.4 Matéria seca na digesta e na excreta

A capacidade de hidratação ou a capacidade de retenção de água é

característica tanto da fração insolúvel como da fração solúvel da fibra (Annison & Choct, 1994) e está diretamente relacionada com a composição química e a organização estrutural de seus componentes (Robertson & Eastwood, 1981; Van Soest, 1994). Resultados obtidos *in vitro* demonstram que a fibra solúvel possui capacidade de hidratação muito superior à insolúvel (Stephen & Cummings, 1979). No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que o teor de umidade do conteúdo do intestino proximal das aves esteve mais associada aos teores de FI do que de FS presentes na dieta.

De fato, os resultados obtidos *in vitro* nem sempre são reproduzidos nos estudos *in vivo*, devido a ação da microbiota intestinal que pode alterar as características físico-químicas da fibra e, portanto, as suas funções fisiológicas (McConnell et al., 1974). Stephen & Cummings (1979) citam que a ação da microrganismos do TGI, principalmente daqueles localizados no cólon, pode destruir a capacidade da fibra de reter água. Porém, a fração que permanece intacta, ou seja, aquela que “sobrevive” a fermentação ao longo do TGI, poderá exercer efeito maior sobre os eventos digestivos do que as rapidamente fermentadas.

De acordo com Johansen et al. (1997) e Vanderhoof (1998), os componentes insolúveis da fibra que formam a parede celular apresentam grande resistência a ação microbiana no intestino delgado, permitindo que esta estrutura mantenha a sua integridade durante a passagem da digesta por este seguimento. A manutenção desta estrutura cria uma barreira física capaz de limitar a entrada e/ou a saída de fluídos em seus interior, diminuindo a

hidratação e a solubilização de componentes potencialmente solúveis da fibra (pentosanas, β -glicanas, substâncias pécticas, etc). Esta pode ser uma das razões pela qual foi observada maior teor de umidade da digesta dos frangos alimentados com o tratamento TC 24 do que aqueles que receberam o TB 32, com menor teor de FI. Outra explicação reside no fato de que os componentes solúveis da fibra também podem ser parcialmente fermentados pelos microrganismos presentes no intestino delgado, originando moléculas menores e com menor capacidade de hidratação (Pettersson & Åman, 1989; Vanderhoof, 1998).

Embora o teor de umidade da digesta tenha sido superior para o tratamento com maior proporção de FI/FT (TC 24), isso não se refletiu sobre a umidade das excretas, provavelmente devido a fermentação semelhante de parte dos componentes insolúveis da fibra no cólon, estimada pelo digestibilidade aparente da FDN (Tabela 29). De acordo com Larbier & Leclercq (1994), a atividade e a variabilidade das populações microbianas do TGI das aves são mais expressivas na região cecocólica. A fermentação dos componentes insolúveis da fibra ocorre principalmente nesta região, fazendo com que a matriz celular se desintegre e reduza a sua capacidade de hidratação (Stephen & Cummings, 1979; Eastwood, 1992; Guillon & Champ, 2000). Provavelmente, este foi o motivo pelo qual não houve relação entre o teor de umidade da digesta e da excreta para cada um dos tratamentos avaliados.

5.2.1.5 Passagem da fase sólida e líquida da digesta pelo trato gastrointestinal

a) Tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de cromo recuperado

Os processos de digestão e absorção que definem a eficiência do uso dos nutrientes pelos animais estão intimamente relacionados com a passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (Ferrando et al., 1987; Van Der Klis & Van Voorst, 1993). Esta passagem pode ser influenciada por muitos fatores; entre os quais, pelas frações insolúvel e solúvel de fibra presentes na dieta (Warner, 1981; Morre et al., 1998).

A influência das frações de fibra pode ocorrer tanto pelos níveis em que se encontram na dieta e seus respectivos efeitos físicos decorrentes, como também pelas suas propriedades físico-químicas, ou ainda pela interação entre estes fatores (Jeraci & Horvath, 1989; Van Soest, 1994; Ferreira, 1994).

Com relação a fração insolúvel da fibra, Warner (1981) relata que a presença de maior quantidade de partículas fibrosas (insolúveis) causa estímulo nas paredes do TGI, aumentando a motilidade e, conseqüentemente, a passagem das fases sólida e líquida da digesta. Esta observação se aplica a algumas espécies de não ruminantes, tais como os primatas e os suínos (Milton & Demment, 1988; Wenk, 2001). Entretanto, pode não se aplicar para as aves, com anatomia do TGI diferenciada.

Em galos adultos, após 24 e 36 horas de alimentação forçada, Muztar & Singler (1980) observaram que a moela foi o segmento do TGI que

mais influenciou a retenção do material fibroso do alimento. Neste segmento, a quantidade de resíduo retidos era de 2 a 3 vezes maior do que nos demais segmentos do TGI. Estes dados indicam que a FI pode agir de forma diferenciada na passagem da digesta nos diferentes segmentos do TGI das aves. Shires et al. (1987) observaram que o tempo médio de retenção da digesta de uma dieta contendo 9,1% de FDA foi menor apenas no duodeno e nos cecos das aves, quando comparada a uma dieta contendo apenas 2,8% de FDA.

De acordo com Ferrando et al. (1987), o tamanho e a rigidez das partículas do alimento serão fatores determinantes da motilidade da moela. Este segmento, juntamente com o piloro, uma barreira seletora do tamanho das partículas que podem passar para o duodeno, exercem grande influência sobre o tempo de retenção das partículas do alimento no TGI das aves. No presente estudo, as rações experimentais testadas, bem como o indicador utilizado para determinar a passagem da fase sólida da digesta, apresentaram composição granulométrica semelhante (Apêndice 25), minimizando o efeito do tamanho das partículas da dieta sobre os resultados de TT e T50 obtidos com os diferentes tratamentos. Além disso, Youngs & Forsberg (1987) e Hosney (1991) relatam que não há ocorrência de lignina em grãos de cereais de casca não persistente ou descascados, que é o principal fator de aumento da resistência das partículas à ação mecânica da moela. Esse fato é um indicativo de que, possivelmente, a dureza das partículas presentes nas diferentes dietas também não tenha causado efeito nestas medidas.

Em relação as fases da digesta das aves, o efeito da FI é mais evidente para a fase sólida, uma vez que a entrada de fluídos e pequenas partículas nos cecos dificulta a previsão do efeito desta fração da fibra sobre a passagem da fase líquida pelo TGI. Warpechowski (1996), trabalhando com galos adultos, observou que a diluição de uma dieta básica com palha de trigo, aumentando o teor de FDN de 29,4 para 37,7%, resultou em menor tempo de trânsito da fase sólida. Entretanto, o aumento dessa diluição para 46,3% de FDN não causou alteração sobre esta medida. O T50 dessa fase, no entanto, diminuiu claramente com o aumento no nível de FDN da dieta. Neste mesmo trabalho, o TT da fase líquida não diferiu entre os tratamentos, mas o T50 foi menor para a dieta contendo 37,7% de FDN, com maior capacidade de hidratação, de troca catiônica e tamponante do que as demais dietas. De acordo com o autor, estes resultados demonstram que o efeito da FI sobre a passagem da fase sólida parece depender principalmente do nível de FDN, enquanto o efeito sobre a passagem da fase líquida é, aparentemente, uma função tanto do nível quanto das propriedades físico-químicas da mesma.

De acordo com Smits & Annison (1996) o principal efeito da fração insolúvel da fibra sobre a passagem da digesta está relacionado com a sua capacidade de hidratação. A maior retenção de água provoca aumento no volume da digesta, diminuindo o tempo de passagem. De fato, foi verificado maior teor de umidade da digesta para o tratamento TC 24, com maior teor de FI (Tabela 30). Entretanto, isto não se refletiu sobre os valores de TT ou T50 das fases avaliadas. Considera-se assim, que o aumento da umidade da digesta no TC 24, de aproximadamente 3 pontos percentuais em relação aos

demais tratamentos, pode ter sido insuficiente para causar efeitos significativos sobre estas medidas.

Com relação ao efeito da fração solúvel da fibra, Annison & Choct (1991), Eastwood (1992) e Guenter (1993) relatam que o maior teor de FS pode causar aumento da viscosidade, tornando a passagem da digesta mais lenta. Sibbald (1979) observou que o uso de trigo em substituição ao milho nas rações destinadas a galos adultos aumentou em aproximadamente 2 horas o tempo médio de retenção. Este fato poderia estar relacionado aos níveis mais elevados dos componentes da FS presentes nestes grãos. Almirall & Esteve-Garcia (1994) observaram que a adição de β -glicanase em uma dieta a base de grãos de cevada, diminuiu o TT e o T50 em frangos de corte de 3 semanas de idade, provavelmente, pela redução na viscosidade da digesta provocada pelo teor elevado de β -glicana presente nestes grãos. Van Der Klis & Van Voorst (1993) observaram que a adição de 1 e 2% de carboxi-metil-celulose (polissacarídeo solúvel indigestível) a uma dieta semi-purificada para frangos com 3 semanas de idade diminuiu o TT, mas aumentou linearmente o tempo de excreção de 50% do cromo ministrado.

Esta fração da fibra parece agir de forma semelhante na retenção das duas fases da digesta. Provavelmente, o efeito da FS sobre a passagem da fase sólida seja mais evidente no intestino delgado, enquanto para a fase líquida este efeito pode ser evidenciado tanto no intestino delgado como nos cecos das aves. Shires et al. (1987) observaram que, em frangos de corte e em poedeiras, o tempo médio de retenção nos cecos foi 3,5 vezes maior com dieta a base de farelo de soja do que com dieta a base de farelo de canola. De

acordo com os autores, apenas líquidos e compostos solúveis da digesta podem entrar nos cecos em quantidades significativas. Deste modo, o maior tempo de retenção foi atribuído à presença dos oligossacarídeos da soja, cuja atividade bacteriana e os produtos da fermentação, verificados pela formação de gases, poderiam reduzir a motilidade nestes segmentos. Ao contrário, Coon et al. (1990) atribuíram o menor tempo de retenção do óxido de cromo em galos adultos à presença dos oligossacarídeos da soja na dieta, que promoveu maior atividade bacteriana na região cecocólica, acidificando o meio e tornando a passagem da digesta mais rápida. O contrastante entre os resultados obtidos nestes trabalhos pode ser atribuído à composição diferenciada da FS de cada amostra de farelo de soja avaliada, demonstrando que o efeito dessa fração de fibra para aves é complexo, e deve estar relacionado tanto a sua composição química, como também, com as suas propriedades físico-químicas e seus respectivos efeitos no TGI (Gohl & Gohl, 1977).

Os resultados obtidos no presente experimento demonstram que as variações nos teores individuais de FS entre os tratamentos a base de trigo não interferiram sobre as medidas de TT e T50 das duas fases da digesta. A diferença nos teores de FS, assim como nos teores de FI, podem ter sido insuficientes para refletirem-se em tais medidas ou esta ausência de efeito pode estar relacionada com as proporções de FI e FS em relação a FT. Smits & Annison (1996) e Choct (1999) sugerem que uma razão apropriada entre os teores de FI e de FS podem diminuir os seus respectivos efeitos individuais. Provavelmente, a alteração nas proporções de FI e de FS causarão mudanças

nas propriedades físico-químicas da fibra da dieta, o que se refletirá sobre a resposta biológica. No presente experimento, as alterações nos teores de FI e de FS foram usados como justificativa para explicar as diferenças em alguns dos resultados obtidos. Embora as proporções de FI/FT e FS/FT também exerçam influência sobre estas respostas, podem ter sido a causa da ausência de alterações nos valores de TT e T50, das duas fases da digesta, entre os tratamentos avaliados.

Quanto as diferenças nos valores de TT e T50 para as fases líquida e sólida da digesta, Vergara et al. (1989) relatam que a substância sólida fica retida por mais tempo na moela do que a substância líquida, o que pode explicar o TT 2,55 vezes maior da fase sólida em relação à fase líquida obtido no presente experimento. Em relação ao T50, onde a fase sólida foi 1,11 vezes maior do que o da fase líquida, pode haver a influência da idade das aves. Vergara et al. (1989) apontam para a possibilidade de variações no tempo médio de retenção na comparação das fases da digesta em função da idade das aves. A medida que as aves se desenvolvem os cecos também aumentam em tamanho, aumentando a capacidade de retenção de líquidos e partículas solúveis. Este fato faz com que o T50 da fase líquida seja próximo ou superior ao da fase sólida, conforme a idade.

Shires et al. (1987) observaram que o tempo médio de retenção do ¹⁰³Ru-Tris aumentava com o peso corporal das aves. Resultado semelhante a este também foi obtido no presente trabalho para as medidas de TT e T50 da fase líquida da digesta (Apêndice 21) e pode ter explicação semelhante a relatada por Vergara et al. (1989). Considerando que os cecos são os principais segmentos do TGI responsáveis por regular o tempo de retenção da

fase líquida, é razoável supor que aves com menor peso corporal possuam menor tamanho de cecos, com capacidade de retenção de solutos reduzida, o que causaria redução nos valores de TT e T50 desta fase da digesta das aves.

De acordo com Van Soest (1994), o TT é uma medida de fluxo tubular e não considera os efeitos da mistura e refluxo do TGI. Ferrando et al. (1987) comenta que esta medida não dá uma boa estimativa da passagem da digesta, uma vez que a variação individual é bastante alta. De acordo com o autor, como a curva de excreção acumulada é uma função sigmóide, quando o parâmetro estudado se localiza na assíntota da curva, como no caso do TT, as variações encontradas são de pouco significado. Ao contrário, o T50, por situar-se na região linear da curva sigmóide, é mais adequado para avaliar a passagem do alimento no TGI das aves. Os coeficientes de variação entre TT e T50 para a fase líquida da digesta confirmam os relatos da literatura, demonstrando que o T50 é uma medida mais precisa para avaliar a passagem da digesta pelo TGI do que o TT. Apesar de apresentarem alta correlação, os dados da literatura demonstram que o TT não deve ser usado para estimar o tempo médio de retenção nas duas fases da digesta.

b) Avaliação das curvas de excreção acumulada

As curvas de excreção acumulada do cromo apresentaram padrão semelhante ao encontrado na literatura (Ferrando et al., 1987; Vergara et al., 1989; Almirall & Esteve-Garcia, 1994), com bom ajuste à equação "tipo Hill" adotada por Ferrando et al. (1987) e com coeficientes de correlação altos, semelhantes aos citados pelos respectivos autores, entre 0,90 a 0,96, e superiores aos encontrados por Almirall & Esteve-Garcia (1994) para frangos

de corte (0,77 e 0,85) e para galinhas de postura (0,82 e 0,85) alimentados com rações a base de cevada, sem e com adição de β -glicanase.

c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado

A percentagem média de recuperação do cromo administrado até a 24^a hora coleta foi baixa e os coeficientes de variação resultantes destes dados foram bastante altos. O procedimento de coleta das excretas adotado no presente estudo, porém, foi baseado naquele utilizado por Ferrando et al. (1987) que obtiveram mais de 99% de recuperação do cromo administrado na forma de fibra cromo-mordente para aves com 8 a 10 semanas de idade, com coeficientes de variação em torno de 10% para cada tratamento.

Entretanto, outros trabalhos realizados com galos adultos também relatam incompleta recuperação do indicador administrado após 24 horas de coleta (Sibbald, 1979, 1980). Almirall & Esteve-Garcia (1994), utilizando frangos de 3 semanas de idade ou galos adultos com um ano de idade obtiveram recuperação incompleta do indicador até a 24^a hora de coleta. Porém, esta recuperação subiu para 99,3% quando a coleta se estendeu até a 48^a h. Warpechowski (1996) obteve alta variação na recuperação do cromo usado para avaliar a passagem da fase líquida e sólida da digesta, que foi atribuída a perda de pequenas quantidades de excreta por aderência ao piso das gaiolas. No presente experimento, mesmo que as bandejas de coleta de excreta tenham sido forradas com filme plástico a fim de minimizar as perdas na recuperação do indicador, é possível que pequenas quantidades de excreta

não tenham sido recuperadas devido a sua aderência nas grades das gaiolas e até mesmo ao forro plástico utilizado nas bandejas.

Apesar de parte dessa variação ter sido eliminada pela expressão dos resultados como frações do total de cromo recuperado até a última coleta, a interpretação destes resultados deve ser realizada com cautela, dada a variabilidade na percentagem de cromo recuperado, bem como, devido a alta variabilidade observada entre indivíduos submetidos a um mesmo tratamento.

5.2.2 Experimento 2. Resposta biológica de ratos alimentados com rações a base de aveia, contendo diferentes teores e proporções de fibra insolúvel e solúvel

Neste experimento também foram verificadas variações quanto as frações de fibra alimentar entre a composição das rações calculada a partir da análise bromatológica dos principais ingredientes e a determinada diretamente nas misturas (Tabela 6) que, provavelmente, possam ser explicadas pelos mesmos fatores considerados no item 5.2.1. Apesar dessa variação, as diferenças entre tratamentos quanto as proporções de FI/FT e FS/FT foram mantidas.

5.2.2.1 Consumo, ganho de peso e conversão alimentar

Alguns trabalhos demonstram que o aumento nos níveis individuais de FI e/ou de FS nas rações, mesmo com redução no valor da energia digestível, não causam efeitos significativos no consumo dos ratos. Mongeau et al. (1990) constataram que, mesmo em dietas com níveis de FI e de FS diferindo-se em onze e treze vezes, respectivamente, não houve diferenças quanto ao consumo médio diário e quanto ao ganho de peso dos animais. De forma semelhante, ao fornecerem uma dieta com níveis de PNA insolúveis e solúveis quatro e dez vezes superior, respectivamente, aos níveis presentes em uma ração controle, Zhao et al. (1995) não observaram diferenças no consumo diário entre os animais pertencentes aos dois grupos. Pedó (1996), avaliando o valor nutritivo da proteína de grãos descascados de quatro cultivares de aveia, obteve dietas que se diferiram em até 30% quanto aos

níveis de FI e de FS, sem que isto tenha causado diferença significativa sobre o consumo ou o ganho de peso dos ratos. Em comum em todos estes trabalhos, observa-se que ao alterar os níveis de uma das frações de fibra, os níveis da outra fração também foram alterados, mantendo-se constante, na maioria das vezes, a proporção entre estas frações em relação a FT. Os resultados obtidos por Leontowicz et al. (2001) demonstram que, mesmo variações entre 0 e 10% de celulose (predominantemente FI), ou entre 1,8 e 3,9% de fibra solúvel não são suficientes para causar alterações no consumo, ganho de peso ou conversão alimentar dos ratos.

Em outras espécies animais, também foram observadas respostas semelhantes. Yan et al. (1995), ao fornecerem duas fontes diferenciadas de fibra, uma rica em FI (palha de trigo) e outra rica em FS (polpa de beterraba açucareira), não observaram diferenças no consumo de porcas prenhas. Jørgensen et al. (1996b) também não observaram diferenças no consumo e no ganho de peso de suínos, em fase de crescimento, quando fornecidas dietas com diferenças nos níveis de PNA solúveis e insolúveis de dez e quatro vezes, respectivamente. Saltzman et al. (2001) incluíram grãos de aveia à uma dieta hipocalórica e com baixo teor de fibras, com o objetivo de aumentar o teor de FS e potencializar a redução do peso corporal de homens e mulheres, dos 18 aos 78 anos de idade. Porém, a inclusão desta fonte de FS não surtiu efeito sobre o objetivo proposto.

Todos os resultados obtidos nos trabalhos relacionados acima, juntamente com o verificado no presente experimento, levam a crer que as variações nos níveis individuais de FI ou de FS e mesmo a variação

combinada destas frações, ao menos até os níveis testados, não causaram efeitos relevantes ao desempenho animal.

Porém, cabe salientar que, pela análise bromatológica dos grãos de aveia utilizados nas rações experimentais (Tabela 7), a TAGS 15 teve em sua formulação aproximadamente 10% a mais de amido disponível do que a ração TAGS 18. Ou seja, poderia se esperar que a ração TAGS 15, por apresentar o nível de energia potencialmente disponível superior a TAGS 18, proporcionasse melhor desempenho animal. Entretanto, o ganho de peso entre os animais alimentados com estas duas rações foi semelhante (Tabela 34). A partir destas constatações, e tendo em vista que as rações experimentais apresentaram teor de extrato etéreo muito próximos (8,72 e 8,96% para TAGS 15 e TAGS 18, respectivamente), uma hipótese foi considerada. Esta hipótese, já discutida a partir dos resultados obtidos no experimento com os frangos de corte, baseia-se no efeito dos maiores teores de FI sobre a disponibilidade dos nutrientes para a digestão no intestino delgado dos animais. A maior quantidade da matriz insolúvel da parede celular presente na ração TAGS 15 pode ter atuado como barreira ao acesso das enzimas digestivas no conteúdo interno das células vegetais durante a passagem da digesta pelo intestino delgado (Bach Kudsén et al., 1993). Desta forma, mesmo com maior teor de amido na sua composição, este nutriente torna-se menos acessível, ou seja, será aproveitado com menor eficiência pelo organismo animal do que aquele presente na ração controle ou na TAGS 18.

Esta hipótese, juntamente com os resultados obtidos no experimento com os frangos de corte e com a revisão realizada por Wenk (2001), reforçam

o pressuposto de que o aumento nos teores de FI são mais prejudiciais ao desempenho animal do que o aumento nos teores de FS, ao contrário do que foi postulado por vários autores ao longo dos anos (Petersson & Åman, 1989; Englyst, 1989; Annison & Choct, 1991; Friesen et al., 1992; Van Der Klis & Van Voorst, 1993; Guenter, 1993).

5.2.2.2 Produção de fezes e digestibilidade aparente da matéria seca e da energia

A maior produção de fezes secas observada no tratamento controle não pode ser relacionada ao maior consumo ou ao menor aproveitamento dos nutrientes da dieta, nem à maior produção de massa bacteriana devido aos teores de FS contidos na ração, uma vez que o teor desta fração foi menor no TAIN do que nas demais rações testadas. Provavelmente, esse resultado poderia ser explicado pela grande resistência da principal fonte de fibra da ração controle (celulose purificada) à fermentação microbiana no TGI dos animais (Tabela 36). As fezes produzidas pelos animais alimentados com o tratamento controle foram compostas, predominantemente, de fibra insolúvel, com teores de FDN aproximadamente três vezes maior do que o verificado nas fezes produzidas pelos animais alimentados com as rações a base de aveia (Apêndice 33).

A semelhança quanto a produção de fezes secas entre os tratamentos a base de aveia com diferentes níveis de FS vão de encontro aos resultados discutidos no Experimento 1 (item 5.2.1.2). Entretanto, podem ser explicados por duas hipóteses: a primeira consiste no fato de que o contraste

nos teores de FS entre as rações a base de aveia foi pequeno (0,61 pontos percentuais) e pode ter sido insuficiente para causar efeitos significativos na produção e excreção da massa bacteriana. A segunda hipótese baseia-se nos resultados obtidos por Johansen et al. (1996) e Johansen & Knudsen (1997), os quais observaram que as β -glicanas, principais constituintes da fibra de aveia, tiveram digestibilidade aparente mais intensa no intestino delgado dos suínos (44%) do que as arabinoxilanas, que foram degradadas somente a partir dos cecos e cólon desses animais. Desta forma, é possível deduzir que a FS presente no trigo, predominantemente composta por arabinoxilanas, possa causar maior proliferação bacteriana nos cecos e, conseqüentemente, maior excreção de massa bacteriana do que dietas compostas por grãos de aveia. Este cereal, mesmo com níveis semelhantes ao trigo quanto à FS, disponibilizará menos substrato para fermentação cecocólica, uma vez que quantidades razoáveis de β -glicanas serão degradadas pelas bactérias do intestino delgado. Essas duas constatações podem explicar a semelhança na produção de fezes secas entre os tratamentos a base de aveia, mesmo que estes tenham sido contrastantes quanto aos teores de FS.

A diferença na produção de fezes secas não foi suficientemente elevada para alterar a digestibilidade aparente da matéria seca entre os tratamentos avaliados. Porém, a diferença na digestibilidade aparente da energia (DAE) entre os tratamentos controle e compostos por grãos de aveia refletiram a contribuição energética das diferentes fontes de fibra para o metabolismo animal. A menor DAE para o tratamento controle não reflete o menor aproveitamento das fontes energéticas e/ou protéicas da dieta, e sim, a

indisponibilidade da energia que poderia ter sido liberada pela fermentação da fibra da dieta. Já, a maior DAE obtida para os tratamentos compostos pelos grãos de aveia reflete, além do aproveitamento eficiente das fontes protéicas e energéticas disponíveis, o aproveitamento parcial da energia liberada pela intensa fermentação da fibra das dietas. De acordo com Bergman (1990) e Mosenthin & Bauer (2000), a contribuição energética decorrente da fermentação da fibra está positivamente correlacionada com o teor de fibra da dieta, uma vez que tanto a microbiota intestinal como o organismo animal passam por um processo adaptativo capaz de maximizar a produção e a absorção dos AGV pelo epitélio intestinal. Van Dokkum et al. (1983) estimaram que em torno de 77% dos AGV produzidos pela fermentação microbiana são absorvidos no cólon de humanos e utilizados como fonte de energia.

Desta forma, pode-se dizer que a diferença na suscetibilidade à fermentação das fontes de fibra usadas no presente experimento influenciou de forma significativa na digestibilidade aparente de energia, sendo que a fibra proveniente dos grãos de aveia foi mais intensamente fermentada, proporcionando o melhor aproveitamento da energia disponível à digestão e absorção animal, quando comparadas ao tratamento controle.

5.2.2.3 Digestibilidade aparente da FDN

O grau de fermentação da fibra da dieta depende da sua composição e do tempo de adaptação da flora intestinal à fonte de fibra (Van Soest, 1994; Yan et al., 1995; Brunsgaard et al., 1995). Em um experimento para avaliar a influência do período de adaptação na digestibilidade de dietas

contendo diferentes tipos de PNA em ratos, Brunsgaard et al (1995) constataram que, para a dieta composta por celulose purificada, o período necessário para estabilizar a digestibilidade da matéria seca dos PNA e do amido foi menor do que 4 dias. Mesmo conduzindo o experimento até os 61 dias, a recuperação deste PNA nas fezes continuava alta, mas estável, em torno de 64 a 70%, sendo os valores semelhantes aos teores de FDN recuperado nas fezes dos ratos alimentados com o tratamento controle no presente trabalho (Apêndice 33). A alta recuperação da celulose ou da FDN nos respectivos trabalhos demonstram que a fonte ou o tipo de fibra utilizada nas rações pode ter uma grande influência sobre as respostas biológicas.

Jeraci e Horvath (1989) observaram que a celulose purificada (SolKa flocc[®]) é pouco fermentada pelos microorganismos do TGI de humanos, tanto *in vivo* como *in vitro*, e também pode causar decréscimo na fermentação de outros componentes da fibra. Provavelmente, esta baixa fermentação seja decorrente do alto grau de cristalinidade da celulose purificada, resultante do perfeito arranjo estrutural e da estreita união entre as microfibrilas formadas pela união entre suas cadeias estruturais (Giger-Reverdin, 1995; Goodwin & Mercer, 1988, McDougall et al, 1993). De acordo com Van Soest (1994), o grau de cristalinidade destas fibrilas, bem como a presença de outros polímeros associados à matriz celulósica, têm grande influência sobre a suscetibilidade da molécula à hidrólise enzimática microbiana. Lebet et al. (1998), embora trabalhando com fontes naturais de fibra, também atribuíram o baixo rendimento dos produtos de fermentação de palha de ervilha, *in vitro* com inóculo fecal humano, ao alto grau de cristalinidade da celulose presente na

parede celular. Da mesma forma, é razoável supor que o alto grau de cristalinidade da celulose usada como fonte de fibra no tratamento TAIN tenha sido a causa do baixo valor da digestibilidade aparente da FDN (DAFDN) observado nos animais que consumiram esta ração experimental, em relação àqueles que receberam as rações formuladas a base de grãos das diferentes cultivares de aveia.

A DAFDN para os tratamentos compostos pelos grãos das diferentes cultivares de aveia foi, em média, 13% superior ao resultado obtido por Mongeau et al. (1990), ao fornecerem uma dieta que apresentava farelo de aveia como fonte de fibra para ratos com aproximadamente 100g de peso vivo. Considerando que os tecidos do grão que dão origem ao farelo de aveia apresentam paredes celulares mais espessas, sendo assim, mais resistentes a fermentação microbiana do que as encontradas no endosperma amiláceo do grão (Hoseney, 1991), conclui-se que os valores de DAFDN encontrados para o subproduto e para os grãos descascados de aveia nos respectivos trabalhos, são compatíveis e demonstram a alta digestibilidade da fração insolúvel da fibra que compõe este material.

O desaparecimento da FDN para os tratamentos compostos por grãos de aveia também foram superiores aos obtidos para os tratamentos a base de grãos de trigo e milho fornecidos para os frangos de corte (Tabela 29 *versus* Tabela 36). Neste caso, além da diferença quanto a fonte de fibra, Jørgensen et al. (1996a) aponta que a degradabilidade das diferentes frações de fibra é mais limitada no TGI das aves do que no de ratos e suínos, quando alimentados com dietas similares. Este relato vai ao encontro dos resultados

obtidos em ambos os experimentos conduzidos, onde o desaparecimento da FDN para os ratos alimentados com ração a base de aveia foi maior do que para frangos de corte alimentados com rações a base de grãos de milho ou diferentes cultivares de trigo.

Comparando os dois tratamentos a base de aveia, pode-se dizer que o maior teor de FS do TAGS 18, aliado a maior digestibilidade aparente das β -glicanas (principais constituintes da FT de aveia) no intestino delgado (Johansen & Knudsen, 1997), podem ter contribuído para a maior digestibilidade da FDN quando comparado ao TAGS 15, com menor teor de FS. Partindo do pressuposto que a parede das células dos grãos da cultivar UFRGS 18 seja composta por maiores proporções de componentes solúveis e que estes podem ser degradados já no intestino delgado, é razoável supor que a retirada destes componentes darão origem a maiores espaços intracelulares. Isso possibilitaria a ação mais eficiente das enzimas microbianas sobre a fração insolúvel da fibra contida nesta cultivar do que aquela presente nas paredes celulares provenientes da cultivar UFRGS 15, com menor quantidade de componentes solúveis em sua composição.

5.2.2.4 Matéria seca na digesta e nas fezes

A primeira vista, os valores de teor de umidade da digesta obtidos no presente trabalho parecem ser conflitantes, considerando os níveis de FI e as hipóteses levantadas no item 5.2.1.4 quanto a capacidade de retenção de líquidos desta fração. Tanto na ração experimental TAIN como na TAGS 15, os níveis de FT, FI e FS foram semelhantes (Tabela 6). No entanto, os

respectivos valores de teor de umidade, tanto na digesta como nas fezes, foram muito distintos. Este fato pode ser explicado pelas diferentes fontes de fibra usadas para compor cada uma dessas rações experimentais. De acordo com Stephen & Cummings (1979), a capacidade de hidratação da fibra purificada, como é o caso da celulose usada no tratamento controle, pode ser muito diferente daquela constatada para a fibra proveniente dos ingredientes *in natura* (grãos, farelos, etc), o que se deve às diferenças estruturais e químicas das respectivas fontes de origem.

A capacidade de retenção de água da fibra depende da presença de grupos hidrofílicos, da área de superfície e do arranjo estrutural das moléculas (Annison & Choct, 1994). Os PNA insolúveis, como a celulose e algumas xilanas, possuem pequena quantidade de grupos hidrofílicos. Sendo assim, a sua capacidade de hidratação é mais dependente dos espaços intracelulares do que da sua superfície de contato (Van Soest, 1994). A celulose purificada apresenta alto grau de cristalinidade, as cadeias de celulose que formam este composto estão unidas de forma bastante coesa e organizada, com espaços intracelulares muito pequenos, o que lhe confere baixa capacidade de hidratação (Goodwin & Mercer, 1988; Giger-Reverdin, 1995; McDougall et al, 1993). Isto foi evidenciado nos resultados obtidos por Stephen & Cummings (1979) que, ao determinarem a capacidade de hidratação de 17 fontes diferenciadas de fibra, observaram que a α -celulose apresentava o segundo menor valor, o que foi atribuído às peculiaridades quanto a sua composição química e estrutural.

As células que compõem os tecidos dos grãos de cereais são constituídas, predominantemente, de parede primária, formada pela celulose

(30%), arabinosilanas (30%), glicanas (30%), pectina (5%) e extensinas (McDougall et al. 1993). Nesta estrutura celular, os polímeros não possuem a ordenação elevada e isto confere maior espaço intercelular e, conseqüentemente, maior capacidade de retenção de líquidos (Miller et al., 1995). Então, pode-se deduzir que o elevado grau de cristalinidade da celulose purificada causou significativa redução no teor de umidade da digesta dos ratos alimentados com a ração controle.

De forma semelhante ao observado no experimento com frangos de corte, o teor de umidade da digesta dos ratos esteve mais associado aos teores de FI do que aos de FS presentes nas rações compostas pelos grãos de aveia. A explicação também pode estar baseada na maior resistência dos componentes insolúveis da fibra que formam a parede celular à ação microbiana no intestino delgado, o que provoca maior retenção de líquidos nos espaços intracelulares, seja pela área superficial disponível ou pela permanência de fluídos celulares em seu interior (Johansen et al., 1997; Vanderhoof, 1998).

O menor teor de umidade das fezes para o tratamento controle está tanto relacionado com a resistência da sua fonte de fibra à fermentação pelos microrganismos da região cecocólica, como também, a baixa capacidade de hidratação da celulose. Alguns trabalhos atribuem a maior umidade das fezes de animais alimentados a base de grãos de cevada, aveia e centeio, à maior proporção de FS (Wagner & Thomas, 1978; Quershi et al., 1980; Jeroch & Dänicke, 1995). De fato, a alta fermentabilidade desta fração de fibra pelas bactérias cecocólicas pode aumentar imensamente a produção de massa bacteriana, a qual possui excelente capacidade de retenção de água (Stephen

& Cummings, 1979; Jeraci & Horvath, 1989). No entanto, a fermentação da fração insolúvel da fibra também produz uma quantidade significativa de massa microbiana (Van Dokkum et al., 1983). Assim, pode-se dizer que as duas frações, de acordo com a suscetibilidade à fermentação microbiana da sua fonte de origem, podem influenciar de forma diferenciada o teor de umidade das fezes. No presente trabalho foi evidenciado que a menor DAFDN para o tratamento controle refletiu em maior proporção de matéria seca nas fezes. No entanto, mesmo com diferenças na quantidade de FS e na digestibilidade da FDN entre as rações experimentais a base de grão de aveia, não foram evidenciadas diferenças sobre o teor de matéria seca das fezes.

A exemplo do observado no experimento com frangos de corte, as diferenças quanto ao teor de umidade da digesta para os tratamentos a base de aveia não se refletem nos resultados de teor de umidade nas fezes dos ratos. Isto deve ter ocorrido porque na região cecocólica a matriz insolúvel da parede celular foi intensidade fermentada, se desintegrando e reduzindo a sua capacidade de hidratação (Guillon & Champ, 2000).

5.2.2.5 Passagem da digesta pelo trato gastrintestinal

a) Tempo do primeiro aparecimento do indicador (TPA), Tempo de excreção de 1% (TT) e de 50% (T50) do total de Cr recuperado

Os resultados de TPA obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos relatados por Ghol & Ghol (1977) para dietas controle e com 1% de adição de pectina e goma arábica a uma dieta basal fornecida a

diferentes grupos de ratos, mas superiores aos observados por Toderó et al. (1998), quando forneceram quatro rações experimentais compostas por grãos de diferentes cultivares de trigo.

Os resultados de TT e T50 obtidos no presente estudo foram, em média, duas vezes maior do que os obtidos para os frangos de corte. De acordo com Zhao et al. (1995), Jørgensen et al. (1996a) e Jørgensen et al. (1996b), a influência da fibra sobre as medidas de resposta biológica de aves pode ser diferenciada daquelas obtidas com suínos e ratos. Isto se deve, em parte, às diferenças morfo-anatômicas e fisiológicas entre as espécies animais. De acordo com Muztar & Singler (1980) e Warner (1981), o maior tempo de retenção da digesta em aves ocorre na moela. Nos ratos, porém, apenas 2% do tempo total de retenção pode ser atribuído ao estômago (Warner, 1981). De acordo com este mesmo autor, o tempo de retenção na primeira metade do intestino delgado é pequeno para todas as espécies (em média, 4,27% do total). Porém, parece ser menor em mamíferos do que em aves. Os cecos também contribuem para a alta proporção do tempo total de retenção em aves, ratos e suínos. A proporção do tempo de retenção da digesta no intestino grosso é relativamente mais curta para as aves e ruminantes adultos do que para os ratos (Warner, 1981; Wenk, 2001).

Van Dokkum et al. (1983) relatam que nem sempre o aumento no consumo de FI resulta em uma passagem mais rápida da digesta pelo TGI. Outros fatores, como as características físico-químicas da fibra e aqueles relacionados ao indivíduo, têm grande influência sobre o tempo de trânsito. Os resultados obtidos por Hillman et al. (1983) concordam, em parte, com este

relato. Estes pesquisadores observaram que a celulose diminuiu o tempo de retenção da digesta em humanos, enquanto a adição de quantidades semelhantes de pectina ou de lignina, independente da sua solubilidade, não causaram alteração nesta medida. Segundo os autores, a celulose pode ter causado alterações na flora bacteriana, repercutindo em uma passagem mais rápida, uma vez que foi observado decréscimo do pH fecal com o respectivo tratamento. Guillon & Champ (2000) comentam que a natureza do substrato pode causar alterações no ambiente gastrintestinal (pH, pressão osmótica, etc), na quantidade e na atividade da microflora. O tempo de trânsito mais acelerado geralmente está associado à diminuição no pH, aumentando a quantidade de substrato que chega ao cólon e o volume fecal. Os valores de DAFDN obtidos no presente trabalho sugerem que as diferentes fontes de fibra tenham provocado alterações na microflora intestinal. Porém, ao contrário do relatado nos dois trabalhos citados acima, estas alterações não se refletiram sobre as medidas de TPA, TT ou T50. Os resultados obtidos por Van Dokkum et al. (1983) também demonstraram que a digestibilidade da FDN independe do tempo de trânsito intestinal, sugerindo que a digestão das diferentes fontes de fibra seja limitada pela sua estrutura física, que impede uma ação bacteriana mais efetiva, mesmo quando o substrato esteja disponível por mais tempo a ação da microbiota.

De acordo com Smits & Annison (1996), a maior retenção de água na digesta diminui o tempo de passagem pelo TGI. Porém, este fato não foi evidenciado no presente experimento, onde os valores de TPA, TT e T50 foram semelhantes entre os tratamentos, mesmo que o grupo padrão tenha

apresentado teor de matéria seca na digesta 1,5 vezes superior aos observados para aqueles compostos por grãos de aveia. Zhao et al. (1995), ao observarem aumento no comprimento do intestino delgado, cecos e cólon de ratos pela inclusão de níveis mais elevados de FI na dieta, levantaram ainda a hipótese de que o aumento de comprimento destes segmentos pode compensar parcialmente o efeito do aumento da passagem da digesta relatados para FI.

Geralmente o maior teor de FS é associado ao aumento da viscosidade da digesta e, conseqüentemente, ao maior tempo de passagem pelo TGI dos animais (Eastwood, 1992; Wenk, 2001). Porém, o trabalho realizado por Ghol & Ghol (1977) demonstra que esta pressuposição é mais dependente da composição da FS do que dos seus teores *per se*. Ao adicionarem 10 tipos e duas concentrações (1 e 10%) de diferentes hidrocolóides, estes autores observaram que alguns destes compostos (pectina, goma arábica, amido oxidado e β -glicana) realmente aumentaram o tempo do primeiro aparecimento do indicador nas fezes de ratos, enquanto outros (guar, carrogena, Na-alginato e CMC) provocaram redução nesta medida. De acordo com os autores, este efeito diferenciado não é claro, mas aparentemente parece estar associado a adaptação da microflora intestinal aos diferentes substratos disponíveis para a fermentação. Hillman et al. (1983) também relataram alguns resultados conflitantes em estudos com adição de pectina nas dietas, provocando aumento, diminuição ou não causando efeito algum sobre o tempo de trânsito da digesta. Os autores, entretanto, não relatam os teores de fibra insolúvel nas respectivas rações experimentais.

Estes resultados demonstram que o aumento nos teores de FS de uma determinada ração experimental não devem ser tratados, via de regra, como “retardador” da passagem da digesta. Estes efeitos são peculiares, e dependerão da composição da fibra, da interação entre seus componentes, e da ação e adaptação da microbiota intestinal sobre os respectivos substratos. Este fato é evidenciado através dos resultados obtidos no presente trabalho, onde o aumento no consumo de FS não provocou alterações sobre os valores de TPA, TT ou T50 obtidos com os ratos.

A ausência de efeitos significativos dos diferentes teores das frações solúvel e insolúvel de fibra verificados no presente trabalho, aliados aqueles obtidos no estudo com frangos de corte, reforçam a hipótese de que as proporções de FI e de FS em relação a FT podem ser mais relevantes para explicar alguns dos efeitos biológicos da fibra, do que apenas o estudo da variação nos teores individuais dessas frações.

b) Avaliação das curvas de excreção acumulada

A exemplo do trabalho conduzido com frangos de corte, as curvas de excreção acumulada do cromo obtidas no presente experimento também apresentaram padrão semelhante ao encontrado na literatura (Ferrando et al., 1987; Vergara et al., 1989; Almirall & Esteve-Garcia, 1994), com bom ajuste à equação “tipo Hill” e com coeficientes de correlação altos, semelhantes aos citados pelos respectivos autores e aos encontrados no experimento com frangos de corte (entre 0,87 e 0,97).

c) Percentagem de cromo recuperado do total administrado

A percentagem média de recuperação do cromo administrado até a 24^a hora coleta das fezes foi considerada baixa, mas em geral, foi superior a recuperação obtida no experimento com aves para as fases sólida e líquida da digesta. De acordo com os resultados obtidos por Possompes et al. (1979) e com os relatos de Warner et al. (1981), o tempo de recuperação total do indicador administrado para ratos pode variar entre 12,8 a 42,9 horas, dependendo da dieta fornecida e da idade do animal. Para animais entre 33 e 50 dias de idade, os resultados relatados por Warner (1981) indicaram tempo para recuperação entre 26,3 a 30,2 horas, que são maiores do que as 24 horas adotadas no presente experimento. Isto demonstra que em experimentos com ratos deve-se estender o período de coleta das fezes além das 24 horas, a fim de se obter uma recuperação mais satisfatória do indicador administrado.

O número de defecações espontâneas para esta espécie animal até as onze horas e meia após a administração do indicador (Apêndice 34) foi menor do que o número de coletas de excreta obtidos para as aves após oito horas da administração do indicador (entre 6 e 8). Associado a este fato, apenas 1/3 do total de cromo administrado foi recuperado neste período (Apêndice 35). O restante da recuperação ficou acumulada entre o período das onze e meia à vigésima quarta hora após a administração do indicador. Estes dados sugerem que o número de pontos de coleta para ratos também deva se estender além das 12 horas após a administração do indicador. Deste modo, serão obtidas informações que devem aumentar a precisão das curvas de excreção acumulada, bem como, as respectivas estimativas de TT e de T50.

Da mesma forma que no experimento com aves, deve-se ter cautela na interpretação dos resultados de TT e T50 obtidos no experimento com os ratos, uma vez que também foi observada alta variabilidade na percentagem de cromo recuperado em cada um dos tratamentos avaliados.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

- O ano de cultivo não exerce efeito sobre os teores de fibra total e fibra insolúvel, e sobre os valores de extrativo não nitrogenado, mas influencia os teores de amido, cinzas e extrato etéreo, e os valores de peso hectolítrico e peso de mil sementes dos grãos de trigo e de aveia. O ano de cultivo também influencia os teores de proteína bruta, fibra solúvel e fibra bruta do trigo, o que não é evidenciado para os grãos de aveia;
- As variações nos teores de amido, proteína bruta, fibra total, fibra insolúvel e fibra solúvel permitem classificar as cultivares de trigo e de aveia em grupos com características de composição química distintas;
- 85% das cultivares de trigo e 55% das cultivares de aveia permaneceram em grupos de classificação com características semelhantes nos dois anos de cultivo;
- O peso hectolítrico e o peso de mil sementes, utilizados para avaliar a qualidade industrial dos grãos de trigo e de aveia, não são bons indicadores dos teores de amido, proteína bruta, fibra total, fibra insolúvel e fibra solúvel. Os valores de extrativo não nitrogenado e de fibra bruta, utilizados para descrever a composição química, também não estão relacionados, respectivamente, com os teores de amido, fibra total ou fibra insolúvel destes grãos;

- O tamanho dos grãos de aveia não causa alteração nos teores amido, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta, mas influenciam os teores de fibra alimentar deste cereal;

- Grãos de cultivares de trigo, com teores semelhantes de fibra total mas contrastantes de fibra insolúvel e fibra solúvel, aos níveis testados no arraçoamento de frangos de corte, não causam alterações sobre o consumo, digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro, teor de umidade da excreta e no tempo de excreção de 1% e de 50% do indicador das fases sólida e líquida da digesta. O menor ganho de peso e o maior teor de umidade da digesta é atribuído à elevação do teor ou proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total, enquanto o menor desaparecimento da matéria seca é atribuído ao maior teor ou proporção de fibra solúvel em relação a fibra total entre as cultivares de trigo;

- Grãos de cultivares de aveia, com teores semelhantes de fibra total mas contrastantes de fibra insolúvel e fibra solúvel, aos níveis testados no arraçoamento de ratos, não causam alterações sobre o consumo, teor de umidade das fezes e no tempo do primeiro aparecimento e de excreção de 1% e de 50% do indicador. A elevação no teor e proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total aumenta o teor de umidade da digesta, enquanto o aumento do teor e proporção de fibra solúvel em relação a fibra total entre as cultivares de aveia, aumenta a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTO, T.; LEHTONEN, M.; VARO, P. Dietary Fiber Content of Barley Grown in Finland. **Cereal Chem.**, St. Paul, v. 65, n. 4, p.284-286, 1988.

ABDEL-AAL, E.S.; SOSULSKI, F.W.; HUCL, P. Origins, characteristics, and potentials of ancient wheats. **Cereal Foods Word**, St. Paul, v.43, n. 9, p.708-715, 1998.

ADRIAN, J.; POTUS, J.; POIFFAIT, A.; DAUVILLIER, P. **Análisis nutricional de los alimentos**. Zaragoza: Ed. Acribia, 2000. 292p.

ALMIRALL, M.; ESTEVE-GARCIA, E. Rate of passage of barley diets with chromium oxide: influence of age and poultry strain and effect of β -glucanase supplementation. **Poult. Sci.**, Champaign, v. 73, n.9, p.1433-1440, 1994.

ANGKANAPORN, K.; CHOCT, M.; BRYDEN, W.L.; ANNISON, E.F. Effects of wheat pentosans o endogenous amino acid losses in chickens. **J. Sci. Food Agric.**, Mysore, v.66, n. 4, p.399-404, 1994.

ANNISON, G. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. **Aust. J. Agric. Res.**, Victoria, v.44, n.2, p.405-422, 1993.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. **Word's Poult. Sci. J.**, Ithaca, v. 47, p.232-242, 1991.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides - their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: University Press, 1994. p.51-66.

AOAC - ASSOCIATION OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13. ed. Washington: AOAC, 1980. 1018p.

ASP, G.N.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H.; SILJESTRÖM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 31, n. 4, p.476-482, 1983.

- AUBIN, E.C.Q. **Análise de experimentos com medidas repetidas**. São Paulo, 1984. 164f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- BACH KUDSEN, K.E.; JENSEN, B.B.; HANSEN, I. Digestion of polysaccharides and other major components in the small and large intestine of pigs fed on diets consisting of oat fractions rich in β -D-glucan. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 70, n. 2, p.537-556, 1993.
- BAKER, R.A. Potential dietary benefits of citrus pectin and fiber. **Food Tech.**, Chicago, v. 48, n. 11, p.133-138, 1994.
- BATHIA ; RABSON. Relationship of grain yield and nutritional quality. In: OLSON, R.A.; FREY, K.J. **Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1987. cap.2, p.11-43.
- BEBER, R.C.; FRANCISCO de, A.; SÁ, R.M.; ALVES, A.C. Estudo comparativo de cultivares de aveia do sul do Brasil: I – Influência genética e do ambiente de cultivo. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 17., 1997, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1997a. p.305-306.
- BEBER, R.C.; FRANCISCO de, A.; SÁ, R.M.; ALVES, A.C. Estudo comparativo de cultivares de aveia do sul do Brasil: IV – Conteúdo de β -glicanas. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 17., 1997, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1997b. p.531-532.
- BEDFORD, M.R.; CLASSEN, H.L.. An *in vitro* assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. **Pout. Sci.**, Champaign, v. 72, n.1, p.137-143, 1992.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Phys. Rev.**, Bethesda. v.70, n.2, p.567-589, 1990.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367 p.
- BINNERTS, W.T.; KLOOSTER, A.; FRENS, A.M. Soluble chromium indicator measured by atomic absorption in digestion experiments. **Vet. Rec.**, London, v.82, p.470, 1968.
- BONAFACCIA, G.; GALLI, V.; FRANCISCI, R. et al. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. **Food Chem.**, Madison, v. 68, n. 4, p.437-441, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 41, de 21 de janeiro de 1998. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 14 de jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Instrução Normativa n. 1, de 27 de janeiro de 1999. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 29 de jan. 1999.

BRUNNER, D.R.; FREED, R.D. Oat grain β -glucan content as affected by nitrogen level, location, and year. **Crop Sci.**, Cambridge, v. 34, n. 2, p.473-476, 1994.

BRUNSGAARD, G.; BACH KNUDSEN, K.E.; EGGUM, B.O. The influence of the period of adaptation on the digestibility of diets containing different types of indigestible polysaccharides in rats. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v.74, n. 6, p.833-848, 1995.

CAMPBELL, L.D. Barley and oat improvement for non-ruminants. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE; INTERNATIONAL BARLEY GENETICS SYMPOSIUM, 1996, Saskatchewan. **Proceedings...** Saskatchewan: University Press, 1996. p.91-96.

CARRÉ, B.; GOMEZ, J. Digestibility of water-soluble pectin and organic acid losses in intact or cecectomized adult cockerels. **Poultry Sci.**, Champaign, v. 73, n. 12, p. 1881-1886, 1994.

CARVALHO, H.H.; JONG, E.V. de. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise.** Porto Alegre: Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 1CD-ROM.

CASTRO, S.M.J. **A metodologia de análise de dados longitudinais.** 1997. 119f. Monografia (Bacharelado em Estatística) – Instituto de Matemática. Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

CHERBUT, C.; AUBE, A.-C.; MEKKI, N.; DUBOIS, C.; LAIRON, D.; BARRY, J.-L. Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v.77, n.1, p. 33-46, 1997.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. **Br. Poult. Sci.**, London, v. 31, n. 7, p. 811-821, 1990.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **Br. Poult. Sci.**, London, v. 33, n. 7, p. 821-834, 1992.

- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **MITA**, v. ano 8, n. 044/111/96. Disponível em: <<http://www.pacweb.net.sg/asa>>. Acesso em: 17 set. 1999.
- COLES, G.D.; HARTUNIAN-SOWA, S.M.; JAMIENSON, P.D.; HAY, A.J.; ATWELL, W.A.; FULCHER, R.G. Environmentally-induced variation in starch and non-starch polysaccharide content in wheat. **J. Cereal Sci.**, New York, v. 26, n. 1, p.47-54, 1997.
- COON, C.N.; LESKE, K.L.; AKAVANICHAN, O.; CHENG, T.K. Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. **Poultry Sci.**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 938-947, 1990.
- EASWOOD, M.A. The physiological effect of dietary fiber: and update. **Annu. Rev. Nutr.**, New York, v. 12, n.1, p.19-35, 1992.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed., Concórdia: EMBRAPA, 1991. 97p.
- ENGLYST, H.; WIGGINS, H.S.; CUMMINGS, J.H. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, London, v. 107, n. 2, p. 307-318, 1982.
- ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. **An. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 27-42, 1989.
- EVERS, A.D.; BLAKENEY, A.B.; BRIEN, L.O. Cereal structure and composition. **Aust. J. Agric. Res.**, Collingwood, v. 50, n. 5, p.629-650, 1999.
- FEDERIZZI, L.C.; ALMEIDA, J. Análise de alguns parâmetros de qualidade dos grãos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1998. p.49-52.
- FEDERIZZI, L.C.; FLOSS, E.L.; ALMEIDA, J.L. **Sugestão de especificações para padronização e classificação da aveia branca e amarela**. [S.l.:s.n.], 1998. 4f.
- FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.
- FERRANDO, C.; VERGARA, P.; JIMÉNEZ, M.; GOÑALONS, E. Study of the rate of passage of food with chromium-mordanted plant cells in chickens (*Gallus gallus*). **Q.J.Exp. Physiol.**, Cambridge, v. 72, n.2, p. 251-259, 1987.

FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 85-113.

FLEGLER, A.I.; MARQUARDT, R. Water-soluble pentosans from rye: I. Isolation, partial purification, and characterization. **Cereal chem.**, St. Paul, v. 65, n. 4, p. 291-297, 1988.

FLOSS, E.L.; SCHULZ, J.; TRENTIN, E.A. Composição química de grãos de cultivares de aveia, em Passo Fundo, 1994. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., 1996, Florianópolis. **Resultados experimentais....** Florianópolis: UFSC, 1996. p. 149-151.

FRANCISCO, A. A relação entre estrutura e função dos grãos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., 1996, Florianópolis. **Palestra.** Florianópolis: UFSC, 1996.

FRIESEN, O.D.; GUENTER, W.; MARQUARDT, R.R.; ROTTER, B.A. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats, and rye for the young broiler chick. **Poultry Sci.**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 1710-1721, 1992.

GHOL, B.; GHOL, I. The effect of viscous substances on the transit time of barley digesta in rats. **J. Sci. Food Agric.**, Mysore, v.28, n. 9, p.911-915, 1977.

GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interst and limits for ruminants. **Ani. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v.55, n. 4, p.295-334, 1995.

GOERING, H.G.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications).** Washington: Agr. Res. Service, 1970. 20p. (Agriculture Handbook, 379).

GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry.** 2.ed. Aberystwyth: Pergamon Press, 1988. 677p.

GOULD, J.M.; JASBERG, B.K.; DEXTER, L.B.; HSU, J.T.; LEWIS, S.M.; FAHEY, G.C. Jr. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods - Properties of alkaline peroxide-treated lignocellulose. **Cereal chem.**, St. Paul, v. 66, n. 3, p. 201-295, 1989.

GRENET, E.; BESLE, J.M. Microbes and fibre degradation. In: JOUANY, J.P. **Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion.** Paris: [s.n.], 1991. p.107-129.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade Industrial de Trigo**. 2. ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

GUARIENTI, E.M.; DEL DUCA, L.J.A. **Defeitos em grãos de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 32p.

GUENTER, W. Impact of feed enzymes on nutrient utilization of ingredients in growing poultry. **J. Appl. Poultry Res.**, New York, v. 2, n. 1, p. 82-84, 1993.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Res. Int.**, Ontario, v.33, n. 3-4, p. 233-245, 2000.

GUTKOSKI, L.C.; TROMBETTA, C. Determinação de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total em cariopses de aveia (*Avena sativa* L.). In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1998. p.63-67.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A. Efeito de variáveis do processo de extrusão nas propriedades reológicas de farinha de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19., 1999, Porto Alegre. **Resultados experimentais...** Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.79-82.

HAIR Jr., J.F.; ANDERSON, R.E.; TAHMAN, R.L.; BLACK, W.C. **Multivariate data analysis**. 5.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 730p.

HALLFRISH, J.; SCHOLFIELD, D.J.; BEHALL, K.M. Diets containing soluble oat extracts reduce urinary malondialdehyde in moderately hypercholesterolemic men and women. **J. Nutr. Biochem.**, Lexington, v. 8, n. 9, 1997, p.497-501.

HATFIELD, R.D. Structural polysaccharides in forages and their degradability. **Agron. J.**, Madison, v. 81, n. 1, p.39-46, 1989.

HENRY, R.J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains. **J. Sci. Food Agric.**, Mysore, v. 36, n. 11, p. 1243-1253, 1985.

HILLMAN, L.; PETERS, S.; FISHER, A.; POMARE, E.W. Differing effects of pectin, cellulose and lignin on stool pH, transit time and weight. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 50, n. 2, p. 189-195, 1983.

HOSENEY, R.C. **Principios de ciência y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.

INK, L.; HURT, H.D. Nutritional implications of gums. **Food Tech.**, Chicago, v. 38, n. 1, p.77-82, 1987.

ITAL. **Determinação da fibra alimentar**. Campinas, SP, 1996. 14p.

JERACI, J.L.; HORVATH, P.S. In vitro fermentation of dietary fiber by human fecal organisms. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 23, n.1, p.121-140, 1989.

JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Adv. Exp. Med. Biol.**, New York, v. 270, n. 2, p.245-263, 1990.

JEROCH, H.; DÄNICKE, S. Barley in poultry feeding: a review. **Word's Poultry Sci.**, Ithaca, v. 51, n. 3, p.271-291, 1995.

JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.E.B.; SANTRÖM, B.; SKJØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 75, n. 3, p.339-351, 1996.

JOHANSEN, H. N.; KNUDSEN, K.E.B. Physico-chemical properties and the degradation of oat bran polysaccharides in the gut of pigs. **J. Sci. Food Agric.**, Mysore, v. 73, n. 1, p.81-92, 1997.

JOHNSON, V.A.; MATTERN, P.J. Wheat, rye, and triticale. In: OLSON, R.A.; FREY, K.J. **Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement.** Madison: American Society of Agronomy, 1987. cap. 6, p.133-182.

JØRGENSEN, H.; ZHAO, X.-Q.; KNUDSEN, K.E.B. et al. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 75, n.3, p.379-395, 1996a.

JØRGENSEN, H.; ZHAO, X.-Q.; EGGUM, B.O. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 75, n. 3, p.365-378, 1996b.

KRITCHEVSKY, D. Cereal fiber and lipidemia. **Cereal Foods World**, St. Paul, v.42, n. 2, p.81-85, 1997.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry.** Nottingham: Nottingham University Press, 1994. 305p.

LEBET, V.; ARRIGONI, E.; AMADÒ, R. Measurement of fermentation products and substrate disappearance during incubation of dietary fibre sources with human faecal flora. **Lebens. Wiss. Technol.**, Zurich, v. 31, n. 5, p.473-479, 1998.

- LEE, P.J.W.; GULLIVER, A.L.; MORRIS, T.R. A quantitative analysis of the literature concerning the restricted feeding of growing pullets. **Br. Poultry Sci.**, London, v. 12, n. 3, p.413-437, 1971.
- LEE, S.C.; PROSKY, L. Internatinal survey on dietary fiber: definition, analysis, and reference materials. **J. Assc. Off. Anal. Chem. Int.**, Washington, v. 78, n. 1, p.22-36, 1995.
- LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. Ontario: University Press, 1991, 293p.
- LESSON, S.; SUMMERS, J.D.; CASTON, L.J. Response of broilers to feed restriction or diet dilution in the finisher period. **Poultry Sci.**, Champaing, v. 71, n. 12, p.2050-2064, 1992.
- LEONTOWICZ, M.; GORINSTEING, S.; BARTNIKOWSKA, E.; LEONTOWICZ, H.; KULASEK, G.; TRAKHTENBERG, S. Sugar beet pulp and apple pomae dietary fibers improve lipid metabolism in rats fed cholesterol. **Food Chem.**, New York, v. 72, n.1, p.73-78, 2001.
- LIA, A.; SUNDBERG, B.; ÅMAN, P.; SANDBERG, A.-S.; HALLMANS, G.; ANDERSSON, H. Substrates available for colonic fermentation from oat, barley, and wheat bread diets. A study in ileostomy subjects. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 76, n. 6, p.797-808, 1996.
- LIMA, G.J.M.M. de; SINGER, J.M.; GUINONI, A.L. et al. Classificação do milho, quanto à composição em alguns nutrientes através do emprego de análise de conglomerados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABMS, 2000. 1CD-ROM.
- LIMA, G.J.M.M. de. Grãos de alto valor nutricional para a produção de aves e suínos: oportunidades e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SONOPRESS-RIMO, 2001. 1CD-ROM.
- LONGSTAFF, M.; McNAB, J.M. Influence of site and variety on starch, hemicellulose and cellulose composition of wheats and their digestibilities by adult cockerels. **Brit. Poult. Sci.**, London, v. 27, n.3, p.435-449, 1986.
- MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Dietary fibre analysis: methodological error sources. **Euro. J. Clin. Nutr.**, London, v. 49, n. 3, p.s158-s162, 1995.
- MARASCHIN, A.F.; SILVA, L.P.; TODERO, M.A.; CIOCCA, M.L.S. Caracterização de cultivares de trigo no Rio Grande do Sul através de teores de fibra total e fibra insolúvel. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-PROPESQ, 10., 1998, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 1998. p.116.

- MARCH, B.E.; BIELY, J. Chemical, physical, and nutritional characteristics of different samples of wheat. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 53, n. 3, p. 569-577, 1973.
- McCONNELL, A.A.; EASTWOOD, M.A.; MITCHELL, W.D. Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. **J. Sci. Food Agric.**, London, v. 25, n. 12, p.1457-1464, 1974.
- McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D.; WEYERS, J.D.B.; HILLMAN, J.R. Plant fibres: Chemistry and processing for industrial use. **J. Sci. Food Agric.**, London, v. 62, n. 1, p.1-20, 1993.
- McNAB, J. M. Factors affecting the energy value of wheat for poultry. **Word's Poult. Sci. Ass.**, Ithaca, v. 52, n. 1, p.69-73, 1996.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Especificações para a padronização, classificação e comercialização interna da aveia, centeio e cevada.** Brasília: Ministério da Agricultura, 1988. 23p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 365 p.
- MILACH, S.C.K.; TISIAN, L.M.; WEILER, R.; FEDERIZZI, L.C.; TEIXEIRA, M.C.C.; LIMBERGER, E. Conteúdo de proteína em genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: UFPel, 2000. p.141-143.
- MILLER, M.C.; FROSETH, J.A.; WYATT, C.L.; ULLRICH, S.E. Effect of starch type, total β -glucans and acid detergent fiber levels on the energy content of barley (*Hordeum vulgare* L.) for poultry and swine. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 74, n. 4, p.679-686, 1994.
- MILLER, S.S.; FULCHER, R.G.; SEM, A.; ARNASON, J.T. Oat endosperm cell walls: I. Isolation, composition, and comparison with other tissues. **Cereal Chem.**, St. Paul, v. 72, n. 5, p.421-427, 1995.
- MILTON, K.; DEMMENT, M.W. Digestion and passage of chimpanzees fed high and low fiber diets and comparison with human data. **J. Nutr.**, Bethesda, v. 118, n. 11, p.1082-1088, 1988.
- MOLLAH, Y.; BRYDEN, W.L.; WALLIS, I.R. et al. Studies on low metabolisable energy wheats for poultry using conventional and rapid assay procedures and the effects of processing. **Brit. Poult. Sci.**, London, v. 24, n. 1, p. 81-89, 1983.
- MONGEAU, R.; BRASSARD, R. Effect of dietary fiber from Shredded and Puffed wheat breakfast cereals on intestinal functions in rats. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 49, n.1, p.507-509, 1984.

- MONGEAU, R.; SIDDIQUI, I.R.; EMERY, J.; BRASSARD, R. Effect of dietary fiber concentrated from celery, parsnip, and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol, and blood glucose response in rats. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 38, n.2, p.195-200, 1990.
- MONRO, J.A. Evidence-based food choice: the need for new measures of food effects. **Trends Food Sci. Tech.**, Ontario, v.11, n.4-5, p.136-144, 2000.
- MORAN, E.T.; EVANS, E. Performance and nutrient utilization by laying hens fed practical rations having extremes in fibre content. **J. Anim. Sci.**, Albany, v. 57, n. 3, p.433-438, 1977.
- MORRE, M.A.; PARK, C.B.; TSUDA, H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in oncology/hematology**, New York, v. 27, n.3, p.229-242, 1998.
- MORRIS, J.R. Oats: Naked. In: THACKER, P.A.; KIRKWOOD, R.N. **Nontraditional feed sources foil use in swine production**. Butterworths: ASA, p.275-285. 1990.
- MOSENTHIN, R.; BAUER, E. The potential use of prebiotics in pig nutrition. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECENT ADVANCES IN ANIMAL NUTRITION, 2000, Seoul. **Proceedings...** Seoul: Seoul National University, 2000. p.515-528.
- MUNDSTOCK, C.M. **Cultura dos cereais de estação fria**. Porto Alegre: Gráfica e Ed. NBS Ltda., 1983. 265p.
- MUZTAR, J.M.; SLINGER, S.J. Rate of passage of feedstuffs through mature roosters and effect on true metabolizable energy. **Nutr. Rep. International**, Los Altos, v. 22, n. 3, p.361-367, 1980.
- NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy Press, 1994. 155p.
- NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 10. ed. Washington: National Academy Press, 1998. 190p.
- NEWMAN, C.W. The united states market for feed enzymes: What opportunities exist? In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: University Press, 1994. p.99-115.
- OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Tech.**, Chicago, v. 41, n. 2, p.71-82, 1987.
- PATON, D. Oat starch. Part 1. Extraction, purification, and pasting properties. **Starch/Stärke**, Stuttgart, v. 29, n. 1, p.149-153, 1977.

PEDÓ, I. **Caracterização química e nutricional de novos cultivares de aveia (*Avena sativa*, L.)**. 1996. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) - Pós-graduação em Ciência da Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

PEDÓ, I.; SGARBIERI, V.C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 17., 1997, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: UPF, 1997. p.535-536.

PENDLETON, J.W; WEIBEL, R.O. Shading studies in winter wheat. **Agron. J.**, Madison, v. 57, n. 3, p. 292-293, 1965.

PETERSON, D.M. Protein concentration of protein fractions, and amino acid balance in oats. **Crop Sci.**, Madison, v.16, n.5, p.663-666, 1975.

PETTERSSON, D.; ÅMAN, P. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 62, n.1, p.139-149, 1989.

PETTERSSON, Å.; LINDBERG, J.E.; THOMKE, S.; EGGUM, B.O. Nutrient digestibility and protein quality of oats differing in chemical composition evaluated in rats and by na in vitro technique. **Ani. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 62, n. 3, p.203-213, 1996.

PICOLLI, L. **Determinação de fibra total, insolúvel e solúvel em grãos de cereais**. 1997. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

PICOLLI, L.; CIOCCA, M.L.S. Determinação de fibra total, insolúvel e solúvel em grãos de cereais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Resumos...** Juiz de Fora: UFMG, 1997. p.184-186.

PIENIZ, L.C.; ZANOTTO, D.Z.; GUIDONI, A.L. et al. Trigo em substituição ao milho em rações para frangos de corte. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.94-95.

POMERANZ, Y.; YOUNGS, V.L.; ROBBINS, G.S. Protein content and amino acid composition of oat species and tissues. **Cereal Chem.**, Saint Paul, v. 50, n. 6, p.702-707, 1973.

POSSOMPES, B.; CHOI SCHING, I.S.; BESANCON, P. Transit digestif chez le rat recevant de la caséine traitée en milieu alcalin. **Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.**, Paris, v.19, n. 3b, p.907-910, 1979.

PROSKY, L.; ASP, G.N.; SCHWEIZER, T.F.; DE VRIES, J.W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products:

Collaborative study. **J. Assoc. Anal. Chem. Int.**, Washington, v. 75, n. 2, p.360-367, 1992.

QURESHI, A.A.; BURGER, W.C.; PRENTICE, N.; BIRD, H.; SUNDE, M.L. Regulation of lipid metabolism in chicken liver by dietary cereals. **J. Nutr.**, Bethesda, v. 10, n. 2, p.388-393, 1980.

RANHOTRA, G.S.; GELROTH, J.A.; GLASER, B.K. et al. Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. **Cereal Chem.**, Saint Paul, v. 73, n.5, p.533-535, 1996.

REEVES, P.G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY Jr., G.C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **J. Nutr.**, Bethesda, v.23, n.11, p.1939-1951, 1993.

REFSTIE, S.; SVIHUS, B.; SHEARER, K.D.; STOREBAKKEN, T. Nutrient digestibility in atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polisaccharide content in different soyabean products. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 79, n. 2, p.331-345, 1999.

ROGEL, A.M.; VOHRA, P. Effects of wheat bran and oat hull fiber fractions on lipid metabolism in japanese quail and cockerels. **Nutr. Rep. Int.**, Bethesda, v. 33, n. 6, p.949-961, 1986.

ROBERSON, J.A.; EASTWOOD, M.A. An examination of factors which may affect the water holding capacity of dietary fibre. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 45, n. 1, p.83-87, 1981.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T., DONZELI, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA de, R.F.; LOPEZ, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV, 2000. 141p.

SÁ, R.M. de; SOARES, F.C.T.; FRANCISCO, A. Concentração de β -glucanas nas diferentes etapas do processamento da aveia (*Avena sativa* L). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 18, n. 4, p.425-427, 1998.

SÁ, R.M. de; FRANCISCO, A. Redistribuição e concentração de β -glucanas em farinha de aveia (*Avena sativa* L). In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19., 1999, Porto Alegre. **Resultados experimentais...** Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.77-78.

SAKATA, T. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine: a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v. 58, n. 1, p.95-103, 1987.

- SALTZMAN, E.; MORIGUTI, J.C.; DAS, S.K.; CORRALES, A.; FUSS, P.; GREENBERG, A.S.; ROBERTS, S.B. Effects of a cereal rich in soluble fiber on body composition and dietary compliance during consumption of a hypocaloric diet. **J. of the American College of Nutrition**, New York, v.20, n. 1, p.50-57, 2001.
- SANDER, D.H.; ALLAWAY, W.H.; OLSON, R.A. Modification of nutritional quality by environment and production practices. In: OLSON, R.A.; FREY, K.J. **Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1987. cap. 3, p.45-82.
- SENAI. **Fundamento de química e controle de qualidade dos cereais**. Fortaleza: SENAI, 1981. p.A1-A59.
- SHIRES, A.; THOMPSON, J.R.; TURNER, B.V.; KENNEDY, P.M.; GOH, Y.K. Rate of passage of corn-canola meal and corn-soybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and white leghorn chickens. **Poultry Sci.**, Champaign, v.66, n. 2, p.289-298, 1987.
- SIBBALD, I.R. Passage of feed through the adult rooster. **Poultry Sci.**, Champaign, v.58, n. 2, p.446-459, 1979.
- SIBBALD, I.R. The clearance time and rate of passage of feed residues. **Poultry Sci.**, Champaign, v.59, n. 2, p.374-377, 1980.
- SIDDONS, R.C.; PARADINE, J.; BEEVAR, D.E.; CORNELL, P.R. Ytterbium acetate as a particulate-phase digesta-flow marker. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v.54, p.509-519, 1985.
- SMITS, H.M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **Word's Poultry Sci.**, Ithaca, v. 52, n. 2, p.203-221, 1996.
- SPSS for Windows, version 8.0: project planning software. [S.I.]: Real Stats-Real Easy, 1997. Conjunto de programas. 1 CD-ROM.
- STEPHEN, A.M.; CUMMINGS, J.H. Water-holding by dietary fibre *in vitro* and its relationship to faecal output in man. **Gut**, London, v. 20, n. 5, p.722-729, 1979.
- SMIKA, D.E.; GREB, B.W. Protein content of winter wheat grain as related to soil and climatic factors in the semi-arid central Great Plains. **J. Agron.**, Madison, v. 65, n. 3, p. 433-436, 1973.
- SOWA, S.M.H.; WHITE, P.J. Characterization of starch isolated from oat groats with different amounts of lipid. **Cereal Chem.**, Saint Paul, v. 69, n. 5, p.521-527, 1992.
- THE fibre factor. **Pig International**, Mount Morris, v. 29, n. 5, p.16-20, 1999.

- THEANDER, O.; AMAN, P. Studies on dietary fibres. **Swed. J. Agric. Res.**, Stockholm, v. 9, p.97-106, 1979.
- THEANDER, O.; WESTERLUND, E.; AMAN, P. et al. Plant cell walls and monogastric diets. **Anim. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 205-225, 1989.
- TISIAN, L.M.; MILACH, S.C.K.; LIMBERGER, E.; TEIXEIRA, M.C.C. Influência da interação genótipo x ambiente na qualidade do amido da aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: UFPel, 2000. p.144-146.
- TODERO, M.A.; SILVA, L.P. da; CIOCCA, M.L.S.; JONG, E.V.; LIMA G.J.M.M. Resposta biológica de ratos alimentados com grãos de trigo com diferentes níveis de fibra total e insolúvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE ANIMAIS DE LABORATÓRIO, 6., 1998, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: COBEA, 1998. p.15.
- ÚDEN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Sci. Food Agric.**, London, v. 31, n. 6, p.625-632, 1980.
- VAN DER KLIS, J.D.; VAN VOORST, A. The effect of carboxy methyl cellulose (a soluble polysaccharide) on the rate of marker excretion from the gastrointestinal tract of broilers. **Poultry Sci.**, Champaign, v.72, n. 3, p.503-512, 1993.
- VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. **Nutr. Res.**, New York, v. 14, n. 7/8, p.595-598, 1998.
- VAN DOKKUM, W.; PIKAAR, N.A.; THISSEN, J.T.N.M. Physiological effects of fibre-rich types of bread. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v.50, n. 1, p.61-74, 1983.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on nutrition and forage and pastures: new quimical procedures for evaluating forages. **J. Ani. Sci.**, Champaign, v. 23, n.4, p. 838-845, 1964.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaka: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VARGAS, G. D´A.; BRUM, P.A.R., FIALHO, F.B.; RUTZ, F.; DIONELLO, N.; BORDIN, R.A. Efeito do nível de trigo na dieta e o percentual de grãos germinados sobre o desempenho de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ/SONOPRESS, 2001. 1 CD-ROM.

VERGARA, P.; JIMENEZ, M.; FERRANDO, C.; FERNANDEZ, E.; GOÑALONS, E. Age influence on digestive transit time of particulate and soluble markers in broiler chickens. **Poultry Sci.**, Champaign, v.68, n. 1, p.185-189, 1989.

WAGNER, D.D.; THOMAS, O.P. Influence of diets containing rye or pectin on intestinal flora of chicks. **Poultry Sci.**, Champaign, v.57, n. 3, p. 971-975, 1978.

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutr. Abstr. Rev.** (Series 'B'), Farnham Royal, v.51, n. 12, p.789-975, 1981.

WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrintestinal de aves intactas, cecectomizadas e fistuladas no ileo terminal.** 1996. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

WEILER, R.; MILACH, S.C.K.; TISIAN, L.M.; TEIXEIRA, M.C.C.; LIMBERGERE, E. Lipídios totais e qualidade de aminoácidos em genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: UFPel, 2000. p.147-149.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **An. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 21-33, 2001.

WIKSTRÖM, K.; LINDAHL, L.; ANDERSSON, R.; WESTERLUND, E. Rheological studies of water soluble (1,3), (1,4)- β -D-glucans from milling fractions of oat. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 59, n.5, p. 1077-1080, 1994.

ZANDER, R. Der einfluss einer strohapplikation als rohfaserquelle auf die N-exkretion bei kolostomiertem broilerhennen und die bakterielle aktivität in darm. **Arch. Geflügelk**, Berlim, v.50, n. 2, p.68-73, 1986.

ZHAO, X.; JØRGENSEN, H.; EGGUM, B.O. The influence of dietary fibre on body composition, visceral, organ weight, digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments. **Br. J. Nutr.**, Cambridge, v.73, n.5, p.687-699, 1995.

YAN, T.; LONGLAND, A.C.; CLOSE, W.H.; SHARPE, C.E.; KEAL, H.D. The digestion of dry matter and non-starch polisaccharides from diets containing plain sugar-beet pulp or wheat straw by pregnant sows. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 61, n. 2, p.305-309, 1995.

YOUNGS, V.L. Protein distribution in the oat kernel. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.49, n.4, p.407-411, 1972.

YOUNGS, V.L. Oat Lipids. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.55, n.5, p.591-597, 1978.

YOUNGS, V.L.; FORSBERG, R.A. Oat. In: OLSON, R.A.; FREY, K.J. **Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement.** Madison: American Society of Agronomy, 1987. cap. 10, p.457-499.

YOUNGS, V.L.; GILCHRISTS, K.D. Note on protein distribution withing oat kernels of single cultivars that differ in protein concentration. **Cereal Chem.**, St. Paul, v.53, n.6, p.947-949, 1976.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Resumo das análises de variância da comparação dos trigos colhidos em 1996 e 1997, quanto as medidas macrométricas e de composição química

Variável	GL	QM	Prob. > F	CV(%)
Peso do hectolitro				
Ano	1	342,02	<0,01	4,00
Resíduo	24	8,56		
Peso de mil sementes				
Ano	1	52,94	0,05	12,12
Resíduo	24	15,32		
Fibra total				
Ano	1	2,07	0,20	7,92
Resíduo	24	1,17		
Fibra insolúvel				
Ano	1	4,19E-03	0,93	6,10
Resíduo	24	0,52		
Fibra solúvel				
Ano	1	2,25	0,05	41,77
Resíduo	24	0,54		
Amido				
Ano	1	611,39	<0,01	4,90
Resíduo	24	10,91		
Proteína bruta				
Ano	1	4,36	0,04	3,04
Resíduo	24	0,97		
Cinzas				
Ano	1	0,79	<0,01	11,27
Resíduo	24	4,51E-02		
Extrato etéreo				
Ano	1	4,96	<0,01	29,27
Resíduo	24	4,29E-02		
Fibra bruta				
Ano	1	2,19	<0,01	16,07
Resíduo	24	0,26		
Extrato não-nitrogenado				
Ano	1	3,78	0,16	1,66
Resíduo	24	1,76		

APÊNDICE 2. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel, solúvel, amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	3	4,79	<0,01
Resíduo	9	0,39	
Fibra insolúvel			
Grupo	3	2,43	<0,01
Resíduo	9	6,95E-02	
Fibra solúvel			
Grupo	3	1,63	<0,01
Resíduo	9	0,40	
Amido			
Grupo	3	29,77	<0,01
Resíduo	9	1,76	
Proteína bruta			
Grupo	3	0,92	
Resíduo	9	1,27	0,56

APÊNDICE 3. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel, solúvel, amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	3	2,84	<0,01
Resíduo	9	0,18	
Fibra insolúvel			
Grupo	3	1,21	<0,01
Resíduo	9	0,12	
Fibra solúvel			
Grupo	3	1,00	0,02
Resíduo	9	0,17	
Amido			
Grupo	3	37,93	<0,01
Resíduo	9	4,77	
Proteína bruta			
Grupo	3	0,25	0,85
Resíduo	9	0,93	

APÊNDICE 4. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel e solúvel

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	3	4,79	<0,01
Resíduo	9	0,39	
Fibra insolúvel			
Grupo	3	2,43	<0,01
Resíduo	9	6,95E-02	
Fibra solúvel			
Grupo	3	1,63	<0,01
Resíduo	9	0,40	

APÊNDICE 5. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel e solúvel

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	3	2,84	<0,01
Resíduo	9	0,18	
Fibra insolúvel			
Grupo	3	1,21	<0,01
Resíduo	9	0,12	
Fibra solúvel			
Grupo	3	1,00	0,02
Resíduo	9	0,17	

APÊNDICE 6. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Amido			
Grupo	2	40,00	<0,01
Resíduo	10	2,52	
Proteína bruta			
Grupo	2	4,21	0,01
Resíduo	10	0,57	

APÊNDICE 7. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Amido			
Grupo	2	55,58	<0,01
Resíduo	10	4,55	
Proteína bruta			
Grupo	2	2,95	<0,01
Resíduo	10	0,32	

APÊNDICE 8. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas proporção de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total

Variável	GL	QM	Prob. > F
Proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total			
Grupo	3	99,54	<0,01
Resíduo	9	1,46	
Proporção de fibra solúvel em relação a fibra total			
Grupo	3	100,01	<0,01
Resíduo	9	1,46	

APÊNDICE 9. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de trigo colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas proporção de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total

Variável	GL	QM	Prob. > F
Proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total			
Grupo	2	94,75	<0,01
Resíduo	10	1,62	
Proporção de fibra solúvel em relação a fibra total			
Grupo	2	93,93	<0,01
Resíduo	10	1,58	

APÊNDICE 10. Resumo das análises de variância da comparação das aveias colhidas em 1996 e 1997, quanto as medidas macrométricas e de composição química

Variável	GL	QM	Prob. > F	CV(%)
Peso do hectolitro				
Ano	1	368,20	0,05	12,11
Resíduo	16	39,98		
Peso de mil sementes				
Ano	1	70,49	<0,01	12,50
Resíduo	16	19,02		
Fibra total				
Ano	1	,39	0,58	10,80
Resíduo	16	1,24		
Fibra insolúvel				
Ano	1	0,74	0,40	13,59
Resíduo	16	0,96		
Fibra solúvel				
Ano	1	5,78E-02	0,84	39,32
Resíduo	16	1,47		
Amido				
Ano	1	164,17	0,03	8,55
Resíduo	16	28,61		
Proteína bruta				
Ano	1	0,36	0,62	7,63
Resíduo	16	1,40		
Cinzas				
Ano	1	0,36	<0,01	9,38
Resíduo	16	3,43E-02		
Extrato etéreo				
Ano	1	3,15	0,02	18,05
Resíduo	16	0,49		
Fibra bruta				
Ano	1	6,36E-02	0,16	13,22
Resíduo	16	2,91E-02		
Extrativo não-nitrogenado				
Ano	1	10,41	0,45	2,28
Resíduo	16	2,58		

APÊNDICE 11. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel, solúvel, amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	4	1,39	0,05
Resíduo	4	0,27	
Fibra insolúvel			
Grupo	4	0,69	<0,01
Resíduo	4	3,95E-02	
Fibra solúvel			
Grupo	4	2,35	0,01
Resíduo	4	0,15	
Amido			
Grupo	4	19,90	0,19
Resíduo	4	7,65	
Proteína bruta			
Grupo	4	2,03	0,20
Resíduo	4	0,81	

APÊNDICE 12. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel, solúvel, amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	4	3,13	<0,01
Resíduo	4	0,15	
Fibra insolúvel			
Grupo	4	2,87	0,02
Resíduo	4	0,24	
Fibra solúvel			
Grupo	4	3,08	0,02
Resíduo	4	0,28	
Amido			
Grupo	4	34,14	0,66
Resíduo	4	52,75	
Proteína bruta			
Grupo	4	2,26	0,05
Resíduo	4	0,50	

APÊNDICE 13. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel e solúvel

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	4	1,39	0,05
Resíduo	4	0,27	
Fibra insolúvel			
Grupo	4	0,69	<0,01
Resíduo	4	3,95E-02	
Fibra solúvel			
Grupo	4	2,35	0,01
Resíduo	4	0,15	

APÊNDICE 14. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas fibra total, insolúvel e solúvel

Variável	GL	QM	Prob. > F
Fibra total			
Grupo	4	3,13	<0,01
Resíduo	4	0,15	
Fibra insolúvel			
Grupo	4	2,87	0,02
Resíduo	4	0,24	
Fibra solúvel			
Grupo	4	3,08	0,02
Resíduo	4	0,28	

APÊNDICE 15. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Amido			
Grupo	3	30,17	0,03
Resíduo	5	3,40	
Proteína bruta			
Grupo	3	3,68	<0,01
Resíduo	5	6,92E-02	

APÊNDICE 16. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas amido e proteína bruta

Variável	GL	QM	Prob. > F
Amido			
Grupo	3	108,42	<0,01
Resíduo	5	4,47	
Proteína bruta			
Grupo	3	3,36	<0,01
Resíduo	5	0,19	

APÊNDICE 17. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1996 quanto ao conjunto de medidas proporção de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total

Variável	GL	QM	Prob. > F
Proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total			
Grupo	2	2,75E-02	<0,01
Resíduo	6	4,28E-04	
Proporção de fibra solúvel em relação a fibra total			
Grupo	2	2,75E-02	<0,01
Resíduo	6	4,28E-04	

APÊNDICE 18. Resumo da análise estatística para o agrupamento das cultivares de aveia colhidas em 1997 quanto ao conjunto de medidas proporção de fibra insolúvel e solúvel em relação a fibra total

Variável	GL	QM	Prob. > F
Proporção de fibra insolúvel em relação a fibra total			
Grupo	3	2,91E-02	<0,01
Resíduo	5	6,03E-04	
Proporção de fibra solúvel em relação a fibra total			
Grupo	3	2,91E-02	<0,01
Resíduo	5	6,03E-04	

APÊNDICE 19. Resumo das análises de variância para composição química da cultivar de aveia UFRGS 7 maior e menor 2mm, quanto as medidas de composição química

Variável	GL	QM	Prob. > F	CV(%)
Fibra total				
Tamanho	1	0,72	0,01	1,92
Resíduo	6	5,21E-02		
Fibra insolúvel				
Tamanho	1	3,24	<0,01	3,26
Resíduo	6	8,92E-02		
Fibra solúvel				
Tamanho	1	7,02	<0,01	17,68
Resíduo	6	0,23		
Proteína bruta				
Tamanho	1	0,29	0,25	1,97
Resíduo	2	0,11		
Cinzas				
Tamanho	1	4,84E-02	<0,01	0,50
Resíduo	2	1,00E-04		
Extrato etéreo				
Tamanho	1	7,02E-02	0,33	5,33
Resíduo	2	4,38E-02		
Fibra bruta				
Tamanho	1	3,60E-03	0,40	5,07
Resíduo	2	3,25E-03		

APÊNDICE 20. Resumo das análises de variância das medidas de resposta biológica obtida em frangos de corte

Variável	Tratamentos TMxTC 24xTB32 ¹				Tratamentos TC 24xTB 32 ²			
	GL	QM	Prob.> F	CV(%)	GL	QM	Prob.> F	CV(%)
Consumo médio diário								
Tratamento	2	0,88	0,99	9,88	1	1,00	0,94	11,26
Resíduo	21	126,96			14	165,20		
Ganho de peso								
Tratamento	2	5620,04	0,02	8,13	1	2997,56	0,15	9,18
Resíduo	21	1103,28			14	1315,63		
Conversão alimentar								
Tratamento	2	0,11	0,03	6,98	1	6,28E-2	0,09	7,99
Resíduo	21	1,37E-2			14	1,93E-2		
Produção de excreta úmida								
Tratamento	2	1339,56	0,26	20,65	1	2667,72	0,16	23,62
Resíduo	21	934,15			14	1229,67		
Produção de excreta seca								
Tratamento	2	111,35	0,05	17,59	1	163,01	0,08	20,12
Resíduo	21	31,70			14	44,41		
Desaparecimento da matéria seca								
Tratamento	2	101,83	0,13	9,42	1	151,23	0,14	11,33
Resíduo	21	45,22			14	63,51		
Desaparecimento da fibra em detergente neutro								
Tratamento	2	154,23	0,29	19,02	1	255,20	0,21	21,68
Resíduo	21	116,35			14	145,63		
Matéria seca na digesta								
Tratamento	2	24,54	<0,01	9,29	1	31,84	<0,01	9,17
Resíduo	21	2,71			14	2,44		
Matéria seca na excreta								
Tratamento	2	12,44	0,13	10,75	1	8,70E-2	0,91	10,96
Resíduo	21	5,52			14	6,12		

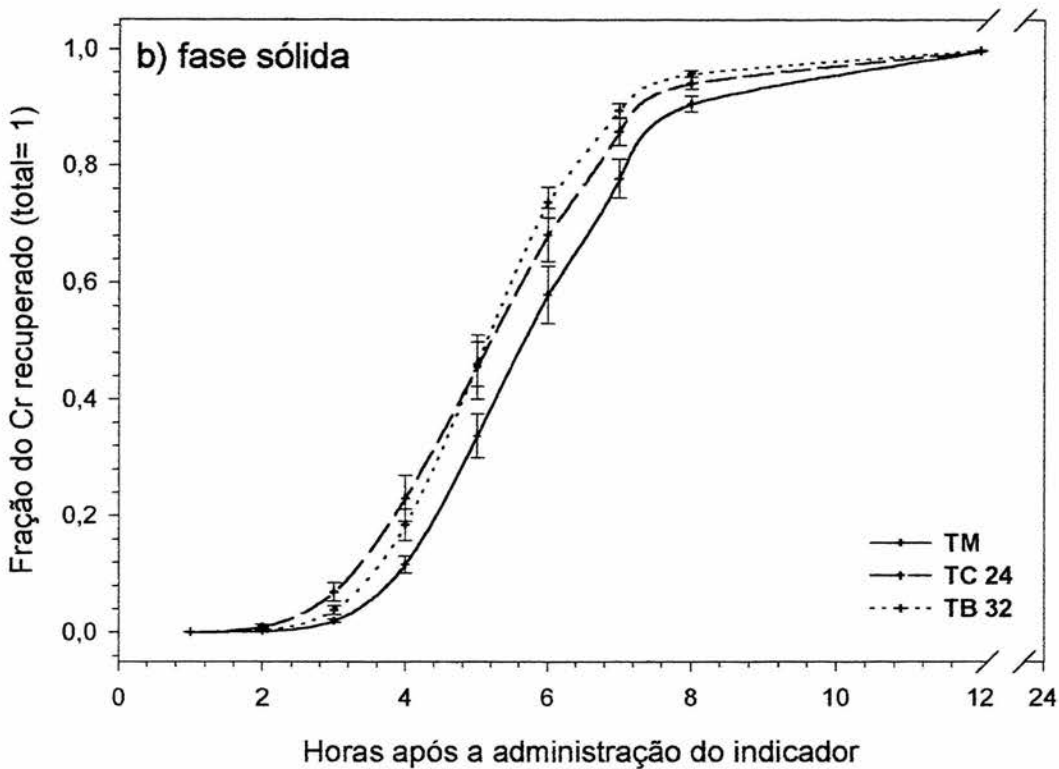
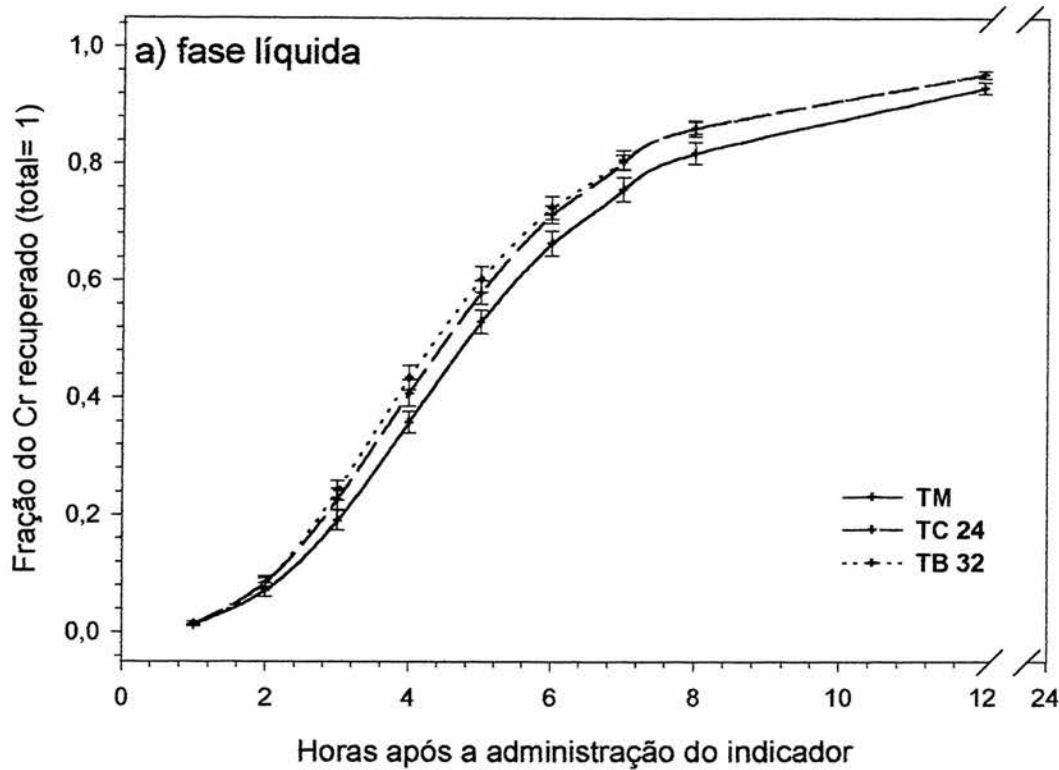
1. Graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), probabilidade >F e coeficiente de variação experimental (CV) obtidos nas comparações entre os três tratamentos avaliados;
2. Graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), probabilidade >F e coeficiente de variação experimental (CV) obtidos nas comparações entre os tratamentos a base de trigo.

APÊNDICE 21. Resumo das análises de covariância das medidas peso corporal com o tempo de trânsito (TT) e tempo de 50% do cromo recuperado (T50) na excreta, para as fases sólida (F-sol) e líquida (F-liq) da digesta de frangos de corte

Covariável	Variável dependente	Coefficiente	Prob. > F
Peso corporal	TT – F-sol	0,07	0,60
	T50 – F-sol	0,07	0,60
	TT – F-liq	0,33	<0,01
	T50 - F-liq	0,25	0,05

APÊNDICE 22. Resumo das análises de variância das medidas de tempo de trânsito (TT) e tempo de 50% do cromo recuperado (T50) na excreta, para as fases sólida e líquida da digesta de frangos de corte

Medida	Causas	GL	QM	Prob. > F	CV(%)
TT	Tratamento	2	0,28	0,52	32,59
	Fase	1	30,08	<0,01	
	Tratamento* Fase	2	0,19	0,62	
	Resíduo	42	0,38		
T50	Tratamento	2	1,26	0,10	14,73
	Fase	1	3,41	0,01	
	Tratamento* Fase	2	0,0002	0,99	
	Resíduo	42	0,52		

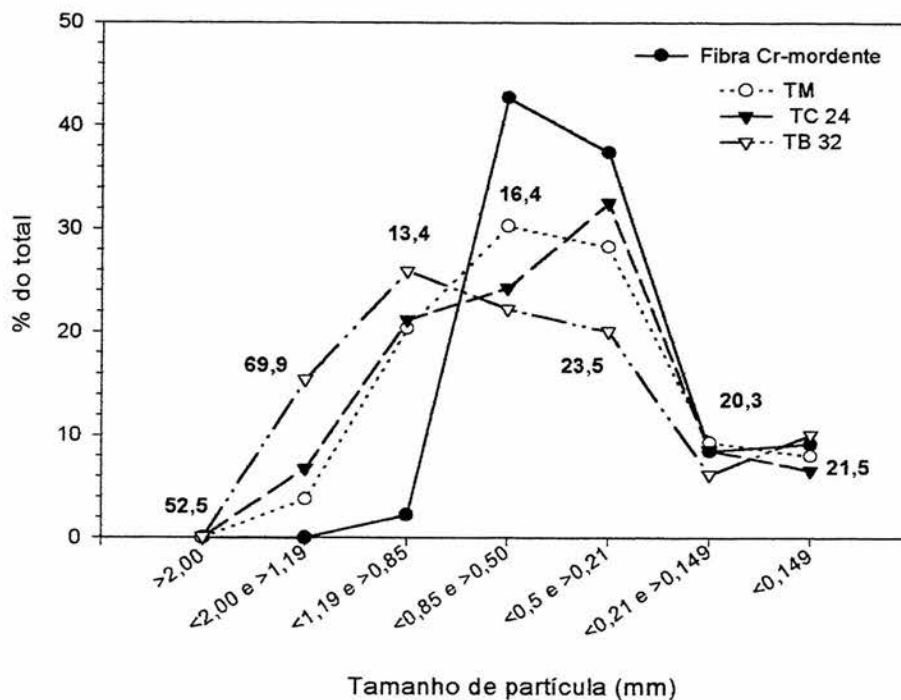


APÊNDICE 23. Curvas de excreção acumulada de cromo (Cr) para a fase líquida (a) e para a fase sólida (b) em frangos de corte alimentado com as rações experimentais TM (ração controle), TC 24 (ração com trigo CEP 24) e TB 32 (ração com trigo BR 32). As barras representam o erro padrão da média.

APÊNDICE 24. Parâmetros das curvas de excreção acumulada de fibra cromomordente (F-sol) e de cromo-EDTA (F-liq) obtidos com as aves

Tratamento	Nº	n	k	R
F-sol TM	52	7,30	305284,70	0,94
F-sol TC 24	57	6,96	81389,37	0,93
F-sol TB 32	59	7,13	104193,00	0,96
F-liq TM	76	3,12	121,06	0,94
F-liq TC 24	78	3,07	92,86	0,95
F-liq TB 32	78	3,15	101,04	0,95

Nº = número de pontos experimentais; R = coeficiente de correlação; n = inclinação da linha; K = constante para a equação $y = t^n / (t^n + k)$.



APÊNDICE 25. Composição granulométrica das dietas experimentais e da fibra cromomordente fornecidas as aves. Os números em negrito indicam os coeficientes de variação entre as dietas experimentais em cada tamanho de partícula.

APÊNDICE 26. Resumo das análises de variância das medidas de resposta biológica obtida em ratos

Tratamentos TAINxTAGS15xTAGS18 ¹					Tratamentos TAGS15xTAGS18 ²			
Variável	GL	QM	Prob.> F	CV(%)	GL	QM	Prob.> F	CV(%)
Consumo médio diário								
Tratamento	2	193,67	0,26	13,96	1	45,13	0,58	14,46
Resíduo	33	136,83			22	139,20		
Ganho de peso								
Tratamento	2	26,56	0,64	16,37	1	7,26E-2	0,97	16,97
Resíduo	33	57,91			22	60,02		
Conversão alimentar								
Tratamento	2	1,03E-2	0,75	10,34	1	9,20E-3	0,62	10,60
Resíduo	33	3,53E-2			22	3,66E-2		
Produção de fezes úmidas								
Tratamento	2	1,82	0,39	17,39	1	3,64	0,24	18,70
Resíduo	33	1,88			22	2,47		
Produção de fezes secas								
Tratamento	2	4,25	0,01	15,90	1	0,94	0,36	18,82
Resíduo	33	0,86			22	1,07		
Digestibilidade aparente da matéria seca								
Tratamento	2	1,66	0,17	1,01	1	0,40	0,58	1,20
Resíduo	33	0,88			22	1,26		
Digestibilidade aparente da energia								
Tratamento	2	20,25	0,01	2,11	1	1,96	0,48	2,07
Resíduo	33	3,87			22	3,77		
Digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro								
Tratamento	2	24650,8	<0,01	8,48	1	94,72	0,05	5,98
Resíduo	33	19,22			22	22,28		
Matéria seca na digesta								
Tratamento	2	593,28	<0,01	17,61	1	50,79	0,18	19,50
Resíduo	33	28,41			22	26,23		
Matéria seca nas fezes								
Tratamento	2	1720,74	<0,01	12,68	1	11,90	0,60	15,70
Resíduo	33	37,29			22	41,99		

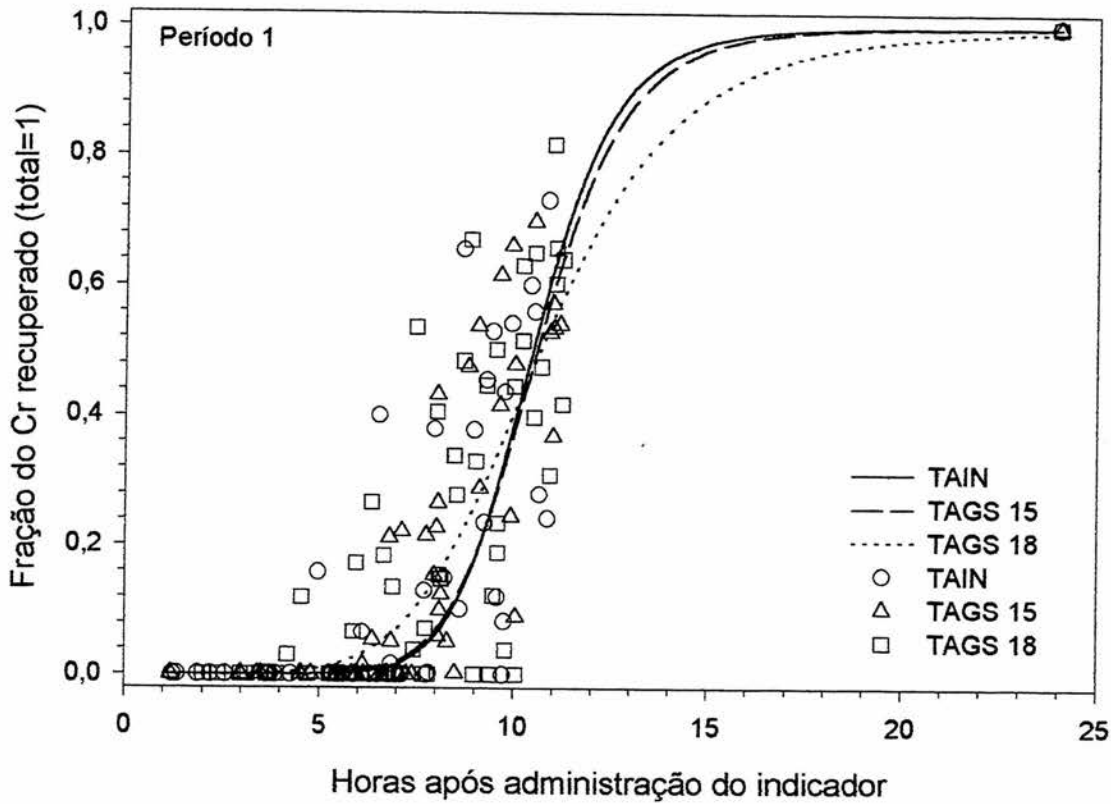
1. Graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), probabilidade >F e coeficiente de variação experimental (CV) obtidos nas comparações entre os três tratamentos avaliados;
2. Graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), probabilidade >F e coeficiente de variação experimental (CV) obtidos nas comparações entre os tratamentos a base de aveia.

APÊNDICE 27. Resumo das análises de covariância das medidas peso corporal com o tempo de primeiro aparecimento do indicador(TPA), tempo de trânsito (TT) e tempo de 50% do cromo recuperado (T50) nas fezes dos ratos

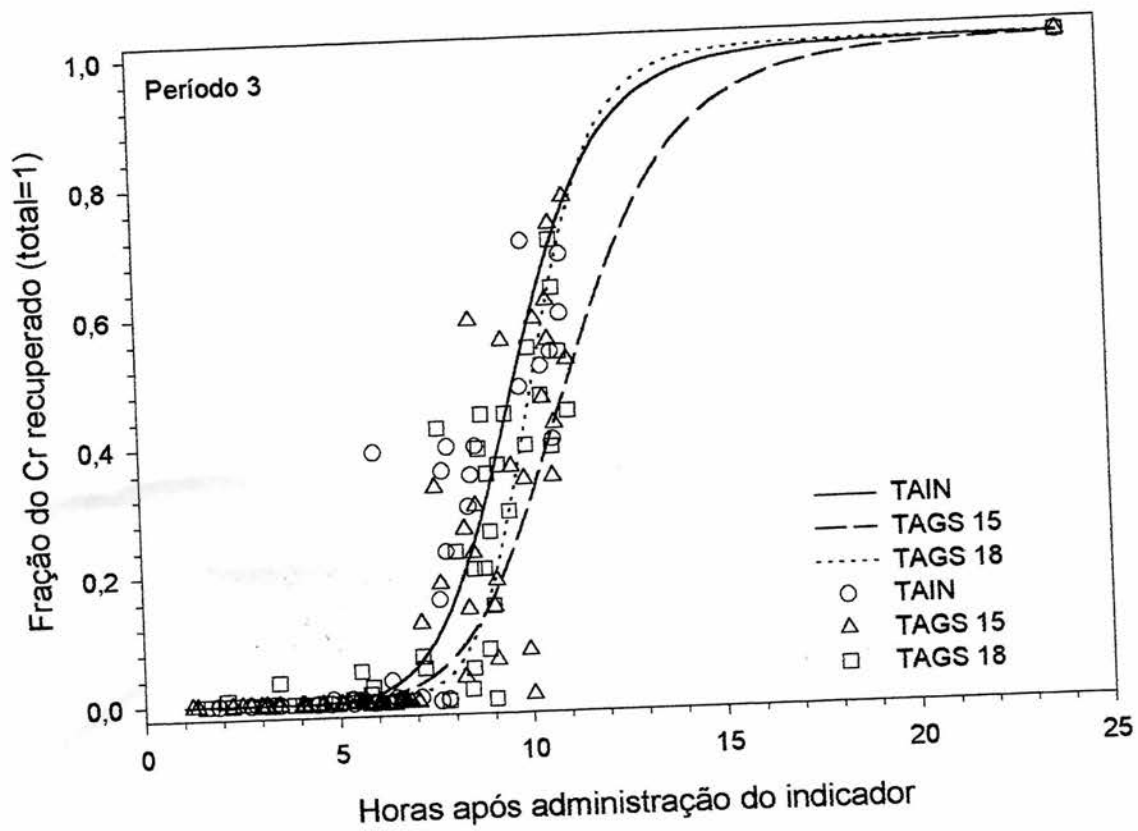
Covariável	Variável dependente	Coefficiente	Prob. > F
Peso corporal	TPA	0,02	0,64
	TT	0,09	0,57
	T50	0,18	0,60

APÊNDICE 28. Resumo da análise multivariada de perfis e da análise de variância das medidas de tempo de primeiro aparecimento do indicador(TPA), tempo de trânsito (TT) e tempo de 50% do cromo recuperado (T50) nas fezes dos ratos

Medida	Variável	GL	QM	Prob. > F
TPA	Esfericidade período	2	12,50	0,71
	Esfericidade período*tratamento	4	68,79	0,13
	Resíduo (período)	48	36,56	
	Tratamento	2	2,05	0,56
	Resíduo	97	3,53	
TT	Esfericidade período	2	0,24	0,93
	Esfericidade período*tratamento	4	2,84	0,48
	Resíduo (período)	48	3,24	
	Tratamento	2	6,48	0,30
	Resíduo	97	5,30	
T50	Esfericidade período	2	2,34E-3	0,99
	Esfericidade período*tratamento	4	3,56	0,38
	Resíduo (período)	48	3,44	
	Tratamento	2	3,19	0,45
	Resíduo	97	3,98	



APÊNDICE 29. Curva de excreção acumulada de cromo no primeiro período de avaliação (período 1) obtida em ratos alimentados com as rações experimentais TAIN (ração controle), TAGS 15 (ração com aveia UFRGS 15) e TAGS 18 (ração com aveia UFRGS 18).



APÊNDICE 31. Curva de excreção acumulada de cromo no terceiro período de avaliação (período 3) obtida em ratos alimentados com as rações experimentais TAIN (ração controle), TAGS 15 (ração com aveia UFRGS 15) e TAGS 18 (ração com aveia UFRGS 18).

APÊNDICE 32. Parâmetros das curvas de excreção acumulada do óxido de cromo obtidos com ratos alimentados com os tratamentos TAIN, TAGS 15 e TAGS 18

Tratamento	Período	Nº	n	k	R
TAIN	1	34	10,12	$20,65 \cdot 10^9$	0,96
TAGS 15		42	9,42	$43,35 \cdot 10^8$	0,96
TAGS 18		48	6,10	$18,14 \cdot 10^5$	0,90
TAIN	2	45	7,36	$45,24 \cdot 10^6$	0,87
TAGS 15		54	11,53	$33,01 \cdot 10^{10}$	0,96
TAGS 18		55	8,59	$45,79 \cdot 10^7$	0,87
TAIN	3	30	8,76	$45,54 \cdot 10^7$	0,97
TAGS 15		46	7,83	$16,05 \cdot 10^7$	0,94
TAGS 18		50	12,26	$23,33 \cdot 10^{11}$	0,93

Nº = número de pontos experimentais; R = coeficiente de correlação; n = inclinação da linha; K = constante para a equação $y = t^n / (t^n + k)$.

APÊNDICE 33. Teor de FDN nas fezes dos ratos alimentados com as rações experimentais controle (TAIN) e a base de grãos de aveia UFRGS 15 (TAGS 15) e UFRGS 18 (TAGS 18)

Tratamento	Teor de FDN (% na matéria seca)
TAIN	$67,54 \pm 2,97$
TAGS 15	$21,33 \pm 2,80$
TAGS 18	$19,76 \pm 1,90$

APÊNDICE 34. Número médio de defecações espontâneas até às 11 horas e trinta minutos após a administração do indicador, dos ratos alimentados com as rações experimentais controle (TAIN), e a base de grãos de aveia UFRGS 15 (TAGS 15) e UFRGS 18 (TAGS 18)

Tratamento	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
P1	$4,83 \pm 1,47$	$4,33 \pm 1,67$	$5,09 \pm 1,30$
P2	$4,33 \pm 1,56$	$4,67 \pm 1,55$	$4,83 \pm 1,70$
P3	$3,67 \pm 1,61$	$5,00 \pm 1,60$	$4,67 \pm 2,39$
Média geral	$4,28 \pm 1,58$	$4,67 \pm 1,59$	$4,86 \pm 1,79$

APÊNDICE 35. Percentagem de cromo recuperado em relação ao total administrado até às 11 horas e trinta minutos após a administração do indicador, nas fezes dos ratos alimentados com as rações experimentais controle (TAIN), e a base de grãos de aveia UFRGS 15 (TAGS 15) e UFRGS 18 (TAGS 18)

Tratamento	TAIN	TAGS 15	TAGS 18
P1	35,08 ± 22,90	30,63 ± 17,00	39,65 ± 27,73
P2	42,22 ± 19,47	41,56 ± 10,34	34,92 ± 18,91
P3	28,93 ± 19,47	27,33 ± 17,00	27,89 ± 21,90
Média geral	35,42 ± 20,87	33,52 ± 15,78	35,18 ± 22,52

9. VITA

Leila Picolli da Silva, filha de Olinto Picolli e Vanda Loss Picolli, nasceu em 01 de fevereiro de 1973, em Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

Concluiu o curso de 1^o grau na Escola Estadual de 1^o Grau Jorge Manfrói, em Mato Castelhano, no ano de 1986. No Colégio Nossa Senhora da Conceição, em Passo Fundo, concluiu o segundo grau no ano de 1989. Ingressou na Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo em 1990, graduando-se Engenheira Agrônoma em janeiro de 1995.

Em março de 1995, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, concluindo em junho de 1997. Em agosto de 1997, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.