



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**Dissertação de Mestrado**

**DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA  
INSOLÚVEL E SOLÚVEL DE GRÃOS DE AVEIA  
SOBRE A RESPOSTA BIOLÓGICA DE RATOS**

**Fabiana Monteiro**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL E  
SOLÚVEL DE GRÃOS DE AVEIA SOBRE A RESPOSTA  
BIOLÓGICA DE RATOS**

por

**Fabiana Monteiro**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de  
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Santa Maria, RS, Brasil

**2005**

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos

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

**DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL E  
SOLÚVEL DE GRÃOS DE AVEIA SOBRE A RESPOSTA  
BIOLÓGICA DE RATOS**

elaborada por  
**Fabiana Monteiro**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**José Laerte Nörnberg, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Léris Salete B. Haeffner, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

---

**Nerinéia Dalfollo Ribeiro, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2005

Dedico este trabalho à minha  
amada Vó Ely, por todo o  
amor, compreensão e  
dedicação durante  
todos estes anos.  
Muito obrigada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Jussara e minha vó Ely, pelo amor, dedicação, compreensão e incentivo em todas as etapas da minha vida.

Ao meu irmão Marcio, pela amizade estreitada nos últimos tempos, por acreditar sempre na “mina mais punk de todas” e por me proporcionar momentos muito divertidos.

Ao meu pai Flávio, por acreditar sempre no meu potencial e investir nele.

Aos meus familiares, em especial aos tios João Luiz, Ondina, Ailo e Jane, pelo incentivo, exemplo, pela confiança e palavra certa na hora certa, meu muito obrigada. Um dia eu chego lá.

Ao Prof. José Laerte Nörnberg, agradeço a amizade, os ensinamentos, a oportunidade de trabalhar neste projeto e a confiança em me aceitar como orientada.

As colegas Cátia e Melissa agradeço a parceria no laboratório, nas aulas, nos congressos e nas reuniões na pizzaria. A ciência não será a mesma depois da passagem das “Meninas Superpoderosas” (ao menos o NIDAL não será).

Aos Tropeiros do NIDAL e à Marcell, pelos bons momentos durante este período de convivência, em especial às estagiárias Larissa e Milena, pelo auxílio, paciência e amizade durante este trabalho. Certamente o ensaio biológico deixará boas e engraçadas recordações.

Ao pessoal do Biotério Central, em especial ao Silvano e à “Tia” Lúcia, pelo auxílio e convivência durante o ensaio biológico.

A secretária do curso Lia, pelos serviços prestados.

A “Tia” Beth agradeço por arrumar nossas bagunças no NIDAL, deixando o laboratório sempre organizado para o nosso trabalho, e pelas palavras de incentivo no final do dia.

Meu especial agradecimento vai para uma pessoa muito importante, que talvez não tenha noção do bem que me fez com suas palavras, carinho e dedicação dados durante este trabalho. À Prof<sup>a</sup> Leila Picolli da Silva, muito

obrigada pelo estímulo, orientação, ensinamentos e paciência. Muitas pessoas passam nas nossas vidas, mas poucas fazem diferença e você certamente fez diferença, minha amiga.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse realizado, muito obrigada.

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRA INSOLÚVEL E SOLÚVEL DE GRÃOS DE AVEIA SOBRE A RESPOSTA BIOLÓGICA DE RATOS**

AUTORA: FABIANA MONTEIRO  
ORIENTADOR: JOSÉ LAERTE NÖRNBERG

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2005.

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer relações entre as diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel em medidas de resposta biológica de ratos Wistar alimentados com rações formuladas com níveis semelhantes de fibra alimentar, mas diferentes quanto aos teores de fibra insolúvel e solúvel. Para tal, determinou-se a composição em fibra alimentar total, insolúvel e solúvel de oito cultivares de aveia, que, de acordo com estes resultados, foram agrupadas, por análise multivariada de agrupamento (Cluster analysis) de acordo com o método de Ward, considerando suas proporções de fibra insolúvel e solúvel. Dos três grupos formados, foram escolhidos grãos de três cultivares (UFRGS 17, UFRGS 18 e UFRGS 20) para a realização do ensaio biológico (oito animais por tratamento). Este foi conduzido por um período de 35 dias, no qual foram avaliados parâmetros como consumo diário de matéria seca, ganho de peso, conversão alimentar, excreção de fezes, digestibilidade aparente da matéria seca, pH e digestibilidade aparente da fibra alimentar e de suas frações. Os tratamentos avaliados não demonstraram diferença significativa quanto ao consumo médio diário de matéria seca, ganho de peso, conversão alimentar e digestibilidade aparente da matéria seca. As dietas com teores mais elevados de fibra solúvel aumentaram a excreção fecal e a digestibilidade aparente de fibra alimentar e solúvel, enquanto que a dieta com alto teor de fibra insolúvel reduziu o valor de pH das fezes e aumentou a digestibilidade aparente de fibra insolúvel. Os resultados obtidos permitem fundamentar o uso de diferentes cultivares de aveia para fins específicos na nutrição humana.

Palavras-chave: fibra alimentar, composição química, nutrição.

## **ABSTRACT**

Masters Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DIFFERENTS PROPORTIONS OF INSOLUBLE AND SOLUBLE DIETARY FIBER FROM OAT GRAINS ON BIOLOGICAL RESPONSE IN RATS**

AUTHOR: FABIANA MONTEIRO  
ADVISER: JOSÉ LAERTE NÖRNBERG

Date and Local of Defense: Santa Maria, February 25, 2005.

The present report had as the objective to establish relations between the different proportions of insoluble and soluble fiber from oat grains on biological response in Wistar rats fed with formulated rations with similar dietary fiber levels, but different in insoluble and soluble fiber content. For that, the total dietary fiber composition, insoluble and soluble from eight oat grains cultivars was determined, which according with these results, were grouped, by multivariate group analysis (Cluster analysis) according to the ward method, considering its proportions of insoluble and soluble fiber. From the three formed groups, grains from three cultivars were chosen (UFRGS 17, UFRGS 18 and UFRGS 20) for the realization of the biological response (8 animals per treatment). It was conducted throughout a period of 35 days, in which parameters such as daily consumption of dry matter, weight gaining, dietary conversion, feces excretion, dry matter apparent digestibility, pH and dietary fiber apparent digestibility and its insoluble and soluble fractions were assessed. The evaluated treatments did not show any significant difference concerning dry fiber daily average consumption, weight gaining, dietary conversion and dry matter apparent digestibility. The diets with higher content of soluble fiber increased the fecal excretion and total and soluble fiber apparent digestibility, while the diet with high content of insoluble fiber reduced the pH value of the feces and increased the insoluble fiber apparent digestibility. The results obtained allow to fundament the use of different oat grains cultivars for specific ends in human nutrition.

Key words: dietary fiber, chemical composition, nutrition.



## LISTA DE FIGURA

Figura 1: Estrutura do grão de aveia.....	5
---	---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição das dietas fornecidas aos animais de acordo com os diferentes tratamentos experimentais .....	21
Tabela 2: Matéria seca (MS), cinzas (Cz), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra alimentar (FA), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), amido disponível (AD) e amido resistente (AR) das cultivares de aveia analisadas .....	25
Tabela 3: Teores de fibra alimentar (FA), fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS) e os respectivos grupos das cultivares de aveia analisadas .....	26
Tabela 4: Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre o consumo médio da matéria seca (CMS), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) .....	28
Tabela 5: Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre a excreção total de fezes úmidas (ETFU), excreção total de fezes secas (ETFS), pH e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) nos ratos .....	31
Tabela 6: Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre a digestibilidade aparente da fibra alimentar (DAFA), digestibilidade aparente da fibra insolúvel (DAFI) e digestibilidade aparente da fibra solúvel (DAFS) nos ratos .....	33

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA.....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Conceito e composição da fibra alimentar.....	3
2.2. Grão de aveia .....	4
2.3. Importância da fibra alimentar na nutrição e na saúde humana .....	6
2.4. Efeitos da fibra alimentar sobre a resposta biológica .....	7
2.4.1. Efeito da fibra insolúvel .....	8
2.4.2. Efeito da fibra solúvel.....	11
2.5. Efeito da interação entre as frações insolúvel e solúvel da fibra alimentar .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Cultivares de aveia .....	17
3.1.1. Avaliação bromatológica .....	17
3.2. Escolha das cultivares de aveia para o ensaio biológico.....	19
3.3. Ensaio biológico .....	19
3.3.1. Ingredientes e dietas experimentais.....	19
3.3.2. Animais experimentais .....	20
3.3.3. Tratamentos .....	20
3.3.4. Condução do experimento .....	21
3.3.5. Parâmetros avaliados .....	22
3.3.5.1. Consumo médio na matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar .....	22
3.3.5.2. Excreção de fezes úmidas e secas .....	23
3.3.5.3. Digestibilidade aparente da matéria seca .....	23
3.3.5.4. pH das fezes .....	24
3.3.5.5. Digestibilidade aparente da fibra alimentar, insolúvel e solúvel .....	24
3.3.6. Delineamento experimental e análise estatística .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25

4.1. Composição bromatológica das cultivares de aveia.....	25
4.2. Agrupamento das cultivares de aveia.....	26
4.3. Ensaio Biológico.....	28
4.3.1. Consumo médio da matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar.....	28
4.3.2. Excreção de fezes, digestibilidade aparente da matéria seca e pH	31
4.3.3. Digestibilidade aparente da fibra alimentar, insolúvel e solúvel.....	33
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A aveia é uma cultura de estação fria de grande importância para o sistema de produção agrícola da região Sul do Brasil. Existe hoje no mercado um grande número de cultivares deste cereal, com excelente potencial de rendimento de grãos e capacidade de adaptação às diversas regiões de cultivo. Estas características são conseqüências de avanços tecnológicos e intensa pesquisa, os quais também propiciaram melhorias significativas na qualidade industrial, mas seus efeitos na qualidade nutricional, ainda necessitam de mais estudos. A qualidade dos grãos de aveia procurada pela indústria relaciona-se com a fabricação de flocos, sem levar em consideração a composição bromatológica, que é um dos atributos mais importantes para caracterizar a qualidade nutricional dos alimentos.

Um exemplo da importância da quantificação da composição bromatológica desses grãos é a fibra alimentar. Embora pouco estudada sabe-se que este componente exerce, através de suas frações insolúvel e solúvel, vários efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo humano, como mudanças das características do bolo alimentar e da digesta e na diversidade e atividade dos microrganismos intestinais. Na prática, as duas frações de fibra são consumidas concomitantemente, mas são suas respectivas proporções em relação à fibra alimentar, e não apenas os seus teores individuais, que alteram expressivamente as respostas biológicas de mamíferos.

Em 1997 o FDA (Food and Drug Administration – EUA) autorizou a rotulagem de produtos a base de aveia com as seguintes informações: “ Dietas ricas em aveia ou farelo de aveia e pobres em gordura saturada e colesterol podem reduzir o risco de doenças coronárias”. Isto foi baseado em múltiplos estudos clínicos sobre os efeitos da aveia no auxílio da prevenção de doenças do sistema digestivo, na redução do colesterol sérico e na conseqüente

diminuição dos riscos de doenças coronárias. Além dos efeitos sobre o colesterol, o consumo de aveia pode diminuir a absorção de glicose (controle glicêmico), o que é benéfico para diabéticos e pode estimular funções imunológicas, tanto *in vitro* quanto *in vivo*. Tais fatores caracterizam a aveia e seus produtos como alimentos funcionais.

As cultivares de aveia provenientes da região Sul do Brasil apresentam grande variação em seus teores de fibra insolúvel e solúvel, bem como nos teores de fibra alimentar, sugerindo que o consumo destes grãos poderá causar respostas biológicas distintas. Dessa forma, pode-se definir cultivares de aveia a serem utilizadas na alimentação através da quantificação dos níveis e proporções das frações de fibra alimentar, desde que estes resultados sejam validados por avaliações de resposta biológica.

Neste contexto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar a composição em fibra alimentar das diferentes cultivares de aveia, bem como a variação nos teores de suas frações insolúvel e solúvel em medidas de resposta biológica de ratos alimentados com rações formuladas com níveis semelhantes de fibra alimentar, mas diferentes quanto aos teores de fibra insolúvel e solúvel.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Conceito e composição da fibra alimentar

A fibra alimentar é constituída pela soma de polissacarídeos não-amiláceos (PNA) e lignina de vegetais que não são digeridos por enzimas digestivas de seres humanos (Peterson, 1992). As fibras podem ser classificadas, quanto a sua solubilidade em água, em fibras solúveis e insolúveis. A fração solúvel é composta por pectinas, beta-glicanas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Os componentes insolúveis são lignina, pectinas insolúveis, celulose e hemiceluloses (Walker, 1993). Esta classificação apresenta importância quanto a sua ação, pois os efeitos fisiológicos das fibras solúveis são diferentes dos efeitos das fibras insolúveis. De acordo com a portaria brasileira nº41, de 14 de janeiro de 1998 (DOU - 21/01/1998) define-se como fibra alimentar *"qualquer material comestível de origem vegetal que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano, determinado segundo o método 985.29 da AOAC 15ªed. 1990 (método enzimático-gravimétrico) ou edição mais atual"*.

Pesquisas têm demonstrado que alguns cereais, como centeio, cevada e aveia, ricos em fibra alimentar, são promotores naturais da boa saúde e por este motivo, seu consumo tem sido incentivado nos últimos anos. No caso específico da aveia, múltiplos estudos clínicos demonstraram a sua eficácia no

auxílio da prevenção de doenças do sistema digestivo, na redução do colesterol sérico e na conseqüente diminuição dos riscos de doenças coronárias (Mattos & Martins, 2000).

## **2.2. Grão de aveia**

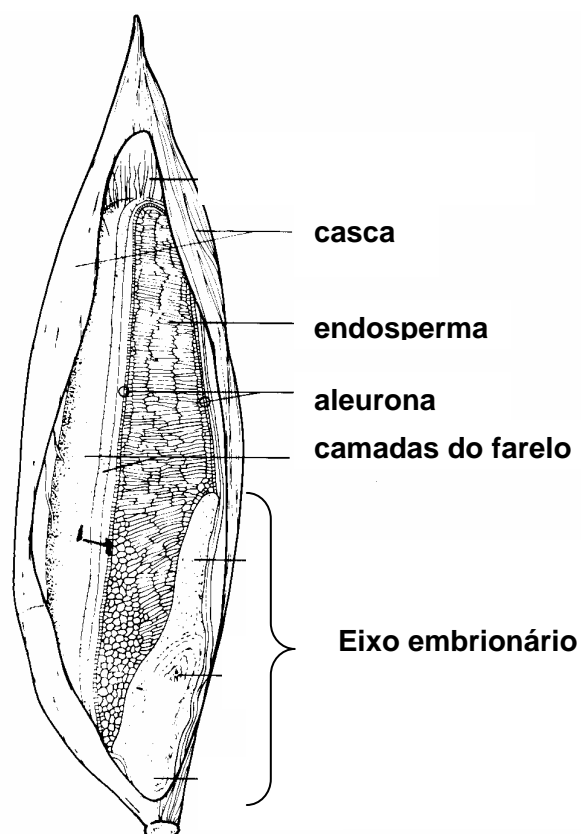
A aveia (*Avena sativa* L.) é um cereal de excelente valor nutricional. Destaca-se dentre os outros cereais por seu teor e qualidade protéica, variando de 12,40 a 24,50% no grão descascado; e por sua maior porcentagem de lipídios, que varia de 3,10 a 10,90%, distribuídos por todo o grão e com predominância de ácidos graxos insaturados (Làszity, 1998; Webster, 1986).

O conteúdo de carboidratos (incluindo celulose e polissacarídeos não amiláceos) pode chegar a 75-80% do peso seco, em grãos de aveia, sendo o amido o componente principal. Contém, ainda, altas proporções de polissacarídeos não amiláceos, principais constituintes das fibras alimentares totais (Làszity, 1998).

Na aveia, a fibra alimentar encontra-se principalmente nos tecidos externos do grão, com funções estruturais e de proteção. Estes tecidos contêm acima de 70% do total da fibra alimentar, enquanto o endosperma apresenta quantidades relativamente pequenas. O teor de fibra alimentar varia com a cultivar, condições de desenvolvimento, práticas culturais e tamanho do grão (Gutkoski & Trombetta, 1998; Picolli & Ciocca, 1997). As frações solúveis podem ser encontradas em maior concentração na parede das células que compõe as camadas sub-aleurona e aleurona (De Sá et al, 1998). Já as



frações insolúveis são encontradas no pericarpo e na testa e representam cerca de 12% do grão aveia (Johnson & Mattern, 1987; Evers et al., 1999).



**Figura 1:** Estrutura do grão de aveia (adaptado de Olson, 1987)

Com o crescente interesse em alimentos funcionais e nutracêuticos, a aveia tem se destacado devido ao seu teor de fibra alimentar. Existem estudos para determinar as causas de variação do teor desta fibra em aveia, porém, poucas informações são disponíveis sobre a aveia cultivada no Brasil. (Pedó, 1997).

### **2.3. Importância da fibra alimentar na nutrição e na saúde humana**

A estimativa dos teores de fibra é de grande importância uma vez que, de acordo com a solubilidade e com a quantidade presente no alimento, esta fração pode exercer efeitos diferenciados no organismo humano. De acordo com Leontowicz et al. (2001), as frações insolúvel e solúvel de fibra podem atuar como 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). Estes efeitos podem ser atribuídos às variações das propriedades físico-químicas das diferentes frações da fibra alimentar. As fibras solúveis, altamente fermentáveis, são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal. Já as insolúveis, aumentam o volume do bolo fecal, a maciez das fezes e a frequência da evacuação, reduzindo o tempo de trânsito intestinal (Mattos & Martins, 2000).

Vários mecanismos têm sido apontados para explicar o papel das fibras no processo de carcinogênese do cólon. Um deles diz respeito aos efeitos fisiológicos e mecânicos das fibras que, através do aumento do volume das fezes ou através da diminuição do tempo de trânsito intestinal, facilitariam a remoção dos carcinógenos, co-carcinógenos e/ou promotores do tumor, diminuindo o tempo de contato desses agentes, presentes no conteúdo fecal, com a mucosa do intestino. Outro mecanismo considera a capacidade físico-química da fibra de se ligar aos ácidos biliares, retardando ou reduzindo a absorção de lipídios. O terceiro mecanismo proposto está relacionado com a capacidade das fibras de servir como substrato para a fermentação das

bactérias presentes no cólon, influenciando a ecologia intestinal e gerando produtos finais fisiologicamente ativos. Essa fermentação contribui para o aumento da massa bacteriana e, conseqüentemente, para o aumento do volume das fezes, também levando à produção de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato) que alteram o pH e a microflora intestinal, o que exerce efeitos fisiológicos benéficos (Howe et al,1992; Klurfeld,1992; Ausman, 1993).

#### **2.4. Efeitos da fibra alimentar sobre a resposta biológica**

A fibra da dieta pode exercer vários efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo, 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).

#### 2.4.1. 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 gastrointestinal. Inicialmente, este efeito parece ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrointestinal, que tende a aumentar a motilidade e a taxa de passagem.

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 matriz insolúvel da parede celular mantém sua integridade durante a passagem da digesta pelo intestino delgado por ser altamente resistente a ação dos microrganismos 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). 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 (Zander, 1986). Nesta região, as populações bacterianas são mais diversificadas e exercem maior atividade do que as presentes no restante do trato digestivo (Larbier & Leclerq, 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 bromatológica e das características físico-químicas da fibra, além das particularidades da microflora intestinal (Van Soest, 1994; Jorgensen 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, 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 a adição de quantidades semelhantes de pectina ou de

lignina, independente da sua solubilidade, não causou 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 gastrointestinal. 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 aumento no volume fecal.

Os ácidos graxos voláteis (AGV), produzidos a partir da fermentação da fibra pelos microrganismos do trato gastrointestinal, 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 de grãos de cultivares de aveia provenientes da Região Sul do Brasil na alimentação, possa causar efeitos distintos sobre o metabolismo e as respostas biológicas, uma vez que os teores de fibra insolúvel podem variar de 4,87 a 10,07% (Picolli & Ciocca, 1997; Pedó & Sgarbieri, 1997; Gutkoski & Trombetta, 1998). Uma vez que esta hipótese seja comprovada, os grãos de cultivares de aveia poderiam ser

usados de forma direcionada, para finalidades específicas na nutrição humana, de modo a se obter o máximo proveito de suas características particulares.

#### 2.4.2. Efeito da fibra solúvel

O aumento no teor de fibra solúvel de uma determinada dieta está associado com a maior viscosidade (Bedford & Classen, 1992), o que contribui 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). 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 na 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 e excreção endógena, está mais relacionada à origem e às características físico-químicas desta fração, do que da variação nos seus respectivos teores (Jorgensen 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 gastrintestinal de ratos. Segundo estes autores, a composição bromatológica 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 gastrintestinal e, conseqüentemente, aumentam o tempo de retenção da digesta. Ao contrário, Coon et al. (1990) explicam que o maior teor de oligossacarídeos da soja na dieta pode ser a causa do 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 à 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 degradados no estômago e intestino delgado, originando moléculas menores e com menor capacidade de hidratação.

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 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 (Wagner & Thomas, 1978; Quershi et al., 1980; Jeroch & Dänicke, 1995).

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 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 aveia produzidas na Região Sul do Brasil apresentam amplitude de variação de 2,26 a 7,25% nos teores de fibra solúvel (Picolli & Ciocca, 1997; Pedó & Sgarbieri, 1997; Gutkoski & Trombetta, 1998). Esta variação também sugere que o uso das diferentes cultivares de aveia na alimentação 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. 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 gastrintestinal, 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 das dietas. 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 à outra, da sua composição bromatológica 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; Jorgensen 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). Além disso, 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 (Johansen et al., 1996; Warpechoski, 1996; Cherbut et al., 1997; Johansen & Kunudsen, 1997 e Monro, 2000).

Entre cultivares pertencentes à mesma espécie de cereal, os contrastes entre as frações solúvel e insolúvel podem ser bastante amplos, mesmo quando os níveis de fibra alimentar são semelhantes. Alguns estudos foram desenvolvidos nos últimos anos a fim de avaliar os níveis de fibra e de suas frações em cultivares de aveia provenientes da Região Sul do Brasil, nos quais foi observado que a fibra insolúvel representou entre 45 a 82% dos teores de fibra alimentar 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 à fibra total entre as

cultivares de aveia permite sugerir que o uso destes grãos pode causar respostas biológicas diferenciadas, que dependerão da razão e da interação entre estas duas frações de fibra.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Cultivares de aveia**

Para atingir o objetivo desta pesquisa foram analisadas oito cultivares de aveia (*Avena sativa*) (UFRGS 7, UFRGS 14, UFRGS 15, UFRGS 16, UFRGS 17, UFRGS 18, UFRGS 19 e UFRGS 20), registradas para cultivo no Rio Grande do Sul, no ano agrícola de 2002, na Estação Experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/Eldorado do Sul - RS).

Logo após a colheita, os grãos foram selecionados e armazenados em câmara fria, a temperatura de 4°C e 20% de umidade relativa, mantendo-se neste ambiente controlado até o momento das análises.

##### **3.1.1. Avaliação bromatológica**

No Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), os grãos foram descascados e moídos em micro moinho a fim de se obter tamanho de partículas (<1mm) apropriado para as análises bromatológicas. Logo após este processamento as amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificadas, sob congelamento (-18°C), até o momento das análises.

Os teores de fibra alimentar (FA), insolúvel (FI) e solúvel (FS) foram determinados conforme o método enzimático-gravimétrico nº 985.29 e nº 991.42 (AOAC, 1995). As amostras foram primeiramente incubadas a pH 6,0 por 30 min a 100°C com  $\alpha$ -amilase e então resfriadas. O pH foi ajustado para 7,5, adicionou-se protease seguida de incubação a 60°C por 30 min para hidrolisar a proteína. Após resfriamento, o pH foi ajustado para 4,5 e realizada nova incubação com amiloglicosidase por 30 min a 60°C para hidrolisar as dextrinas do amido. Para determinação de FA, a parte solúvel foi precipitada com etanol 80% (v/v) a 60°C por 60 min. Para a determinação da FI, as amostras foram imediatamente filtradas após o final das digestões. Após filtragem, os resíduos foram lavados sucessivamente com etanol e acetona, secados (105°C/12h em estufa de ventilação) e pesados. As correções para matéria mineral e proteína foram feitas e a quantidade total de fibra alimentar e insolúvel foi calculada. O conteúdo de fibra solúvel foi determinado pela diferença entre fibra alimentar e insolúvel. As enzimas utilizadas nos métodos enzimáticos foram  $\alpha$ -amilase Termamyl 120L®, protease Flavourzyme 500L® e amiloglicosidase AMG 300L®; todas fabricadas pela Novozymes Latin American Limited.

As medidas de matéria seca (MS) (105°C/12h), cinzas (Cz) (mufla a 550°C/6h), extrato etéreo (EE) em aparelho Soxhlet (solvente éter), e proteína bruta (PB) através da determinação de nitrogênio pelo método de Kjeldahl ( $PB = N \times 6,25$ ), foram realizadas de acordo com as técnicas descritas pela AOAC (1995). A determinação do amido resistente (AR) foi realizada enzimaticamente de acordo com o método nº 996.11 (AOAC, 1995 revisada em 1998),

modificado por Walter (2003). Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

### **3.2. Escolha das cultivares de aveia para o ensaio biológico**

Para selecionar as cultivares a serem empregadas no ensaio biológico, em função dos teores de FA, FI e FS, os dados foram submetidos à análise multivariada de agrupamento (Cluster analysis) de acordo com o método de Ward, conforme indicado por Hair Jr. et al. (1998). O programa utilizado para as análises foi o SPSS 8.0 para Windows.

### **3.3. Ensaio biológico**

#### **3.3.1. Ingredientes e dietas experimentais**

Para compor as rações experimentais foram utilizados grãos das cultivares de aveia UFRGS 17, UFRGS 18 e UFRGS 20, selecionadas entre as oito cultivares avaliadas bromatologicamente por apresentarem níveis semelhantes de FA, mas contrastantes de FI e de FS. Nestas rações houve a substituição total da celulose e parcial da caseína, do amido de milho e da sacarose de uma ração basal purificada, formulada conforme as recomendações do American Institute of Nutrition (AIN) (Reeves et al. 1993), por grãos descascados das cultivares de aveia selecionadas, mantendo-se fixos os demais ingredientes (Tabela 1).

### 3.3.2. Animais experimentais

Para cada tratamento foram utilizados oito ratos machos da linhagem Wistar, selecionados de um grupo de 35 animais com 20 dias de idade. Os animais foram pesados individualmente e selecionados os indivíduos com pesos mais próximos à média geral ( $74,54 \pm 7,87\text{g}$ ). Após essa pesagem, os animais selecionados foram transferidos para gaiolas metabólicas individuais equipadas com bebedouro, comedouro e bandeja para coleta de fezes.

### 3.3.3. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pelas rações experimentais (Tabela 1), formuladas de acordo com o AIN (Reeves et al. 1993) e designadas por:

**TAU 17:** ração composta por 64,85% de grãos descascados da cultivar UFRGS 17;

**TAU 18:** ração composta por 64,85% de grãos descascados da cultivar UFRGS 18;

**TAU 20:** ração composta por 64,85% de grãos descascados da cultivar UFRGS 20.



**Tabela 1:** Composição das dietas fornecidas aos animais de acordo com os diferentes tratamentos experimentais

<b>Ingredientes</b>	<b>TAU 17</b>	<b>TAU 18</b>	<b>TAU 20</b>
	.....%.....		
<b>Óleo de soja</b>	4,23	4,33	4,78
<b>Mistura mineral</b>	3,50	3,50	3,50
<b>Mistura vitamínica</b>	1,00	1,00	1,00
<b>L-cistina</b>	0,3	0,3	0,3
<b>Bitartarato colina</b>	0,25	0,25	0,25
<b>BHT</b>	0,0014	0,0014	0,0014
<b>Sacarose</b>	5,18	3,72	4,50
<b>Caseína</b>	7,93	7,53	8,44
<b>Amido de milho</b>	12,74	14,51	12,37
<b>Aveia UFRGS 17</b>	64,85	0,00	0,00
<b>Aveia UFRGS 18</b>	0,00	64,85	0,00
<b>Aveia UFRGS 20</b>	0,00	0,00	64,85
<b>Composição das Rações</b>			
<b>Fibra Alimentar</b>	8,82	11,12	10,43
<b>Fibra Insolúvel</b>	7,85	4,70	5,92
<b>Fibra Solúvel</b>	1,09	6,41	4,55
<b>Proteína Bruta</b>	13,88	14,93	12,85

#### 3.3.4. Condução do experimento

O ensaio biológico foi realizado entre os meses de dezembro de 2003 e janeiro de 2004 nas dependências do Laboratório de Ensaio Biológicos do Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais da UFSM.

Os animais foram submetidos a oito dias de adaptação (período pré-experimental) às dietas experimentais, durante os quais água e ração foram oferecidas à vontade e a iluminação e temperatura foram controladas,

alternando-se períodos de 12h de luz/12h de escuro e mantendo-se temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

O experimento foi conduzido por um período de 35 dias, tendo início quando os animais completaram 28 dias de idade. Em todo o período experimental a água e a ração foram oferecidas à vontade e a iluminação e temperatura foram controladas tal como no período pré-experimental.

Além da ração fornecida, as sobras da ração de cada animal foram pesadas diariamente, antes da refeição, as 8:00 horas da manhã. Neste período também foram realizadas coletas diárias de fezes que, imediatamente após a pesagem, foram armazenadas em congelador a  $-10^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises. O peso corporal dos animais foi registrado no 1<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup>, 14<sup>o</sup>, 21<sup>o</sup>, 28<sup>o</sup> e 35<sup>o</sup> dias experimentais.

### 3.3.5. Parâmetros avaliados

#### 3.3.5.1. Consumo médio na matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar

A partir das pesagens da ração fornecida, das sobras diárias e do registro de peso corporal dos animais, foram determinados o consumo médio na matéria seca (CMS), ganho e peso (GP) e conversão alimentar (CA) de cada animal.

A conversão alimentar foi calculada utilizando-se os seguintes dados:

$$CA = \frac{MSI}{GP}, \text{ onde:}$$

CA é a conversão alimentar;

MSI é a matéria seca ingerida no período experimental;

GP é o ganho de peso no período experimental.

#### 3.3.5.2. Excreção de fezes úmidas e secas

A excreção de fezes úmidas e secas (ETFU e ETFS, respectivamente) foi obtida a partir das coletas realizadas entre o 1º e 7º 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 micro moinho, homogeneizado e retirada uma alíquota para secagem a 105°C até peso constante (AOAC, 1980).

#### 3.3.5.3. Digestibilidade aparente da matéria seca

Considerando os valores de matéria seca consumida e excretada, foi calculada a digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS).

A digestibilidade aparente da matéria seca foi calculada utilizando-se os seguintes dados:

$$\text{DAMS} = \frac{\text{MSI} - \text{MSF}}{\text{MSI}} \times 100, \text{ onde:}$$

DAMS é a digestibilidade aparente da matéria seca;

MSI é a matéria seca ingerida no período experimental;

MSF é a matéria seca excretada nas fezes no período experimental.

#### 3.3.5.4. pH das fezes

Os valores de pH das fezes foram obtidos utilizando-se pHmetro D21 da Digimed. Para esta análise, pesou-se 1 g de amostra, diluiu-se em 10 mL de água destilada e fez-se a leitura com eletrodo de KCl da Digimed.

#### 3.3.5.5. Digestibilidade aparente da fibra alimentar, insolúvel e solúvel

Os teores de fibra alimentar, insolúvel e solúvel foram determinados conforme o método enzimico-gravimétrico nº 985.29 e nº 991.42 (AOAC, 1995).

#### 3.3.6. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com oito repetições por tratamento. Os resultados dos parâmetros avaliados no ensaio biológico foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Composição bromatológica das cultivares de aveia

Na Tabela 2 encontram-se as médias, o desvio-padrão e o coeficiente de variação da matéria seca, cinzas (% MS), matéria orgânica (% MS), proteína bruta (% MS), extrato etéreo (% MS), fibra alimentar (% MS), fibra insolúvel (% MS), fibra solúvel (% MS), amido disponível (% MS) e amido resistente (% MS) das cultivares de aveia analisadas.

**Tabela 2:** Matéria seca (MS), cinzas (Cz), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra alimentar (FA), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), amido disponível (AD) e amido resistente (AR) das cultivares de aveia analisadas

<b>Amostra</b>	<b>MS</b>	<b>CZ</b>	<b>MO</b>	<b>PB</b>	<b>EE</b>	<b>FA</b>	<b>FI</b>	<b>FS</b>	<b>AD</b>	<b>AR</b>
<b>UFRGS 7</b>	86,95	1,74	98,26	16,12	3,95	9,97	7,94	2,03	66,73	1,50
<b>UFRGS 14</b>	86,13	2,01	97,99	15,26	4,45	9,26	5,29	3,97	66,42	2,60
<b>UFRGS 15</b>	86,07	1,55	98,45	13,82	5,46	9,61	6,90	2,71	67,50	2,06
<b>UFRGS 16</b>	85,90	1,85	98,15	12,78	4,95	10,00	6,24	3,77	68,58	1,84
<b>UFRGS 17</b>	85,90	2,09	97,91	13,75	4,97	8,97	7,96	1,01	69,08	1,14
<b>UFRGS 18</b>	85,61	2,06	97,94	14,66	4,81	11,20	4,75	6,45	65,62	1,65
<b>UFRGS 19</b>	85,91	2,15	97,85	14,35	5,25	10,76	7,93	2,83	66,45	1,05
<b>UFRGS 20</b>	85,96	1,95	98,05	12,69	3,98	10,54	5,96	4,58	69,73	1,12
<b>média</b>	<b>86,06</b>	<b>1,92</b>	<b>98,08</b>	<b>14,18</b>	<b>4,73</b>	<b>10,04</b>	<b>6,62</b>	<b>3,42</b>	<b>67,51</b>	<b>1,62</b>
<b>desv.padr.</b>	<b>0,40</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>	<b>1,18</b>	<b>0,56</b>	<b>0,76</b>	<b>1,26</b>	<b>1,67</b>	<b>1,46</b>	<b>0,54</b>
<b>CV (%)</b>	<b>0,46</b>	<b>10,52</b>	<b>0,21</b>	<b>8,30</b>	<b>11,80</b>	<b>7,58</b>	<b>19,08</b>	<b>48,83</b>	<b>2,17</b>	<b>33,22</b>

Os resultados obtidos para as medidas bromatológicas, com exceção dos teores de FS, foram semelhantes aos obtidos por Pedó (1996), Pedó & Sgarbieri (1997), Gutkoski & Trombetta (1998) e Silva (2002).

## 4.2. Agrupamento das cultivares de aveia

Na Tabela 3 encontram-se os dados referentes aos teores de fibra alimentar, insolúvel e solúvel e os respectivos grupos das cultivares de aveia estudadas.

As cultivares de aveia foram classificadas em três grupos com características distintas quanto aos teores de FA, FI e FS. Sendo que a percentagem de FA foi semelhante entre eles ( $P > 0,05$ ).

O grupo 1, formado pelas cultivares UFRGS 7, UFRGS 15, UFRGS 17 e UFRGS 19, diferiu ( $P < 0,05$ ) quanto ao teor de FI (mais elevado) e de FS (mais reduzido) dos demais. Ao contrário, o grupo 3, formado pela UFRGS 20, apresentou os menores ( $P < 0,05$ ) teores de FI e os maiores ( $P < 0,05$ ) de FS, enquanto o grupo 2, formado pelas cultivares UFRGS 14, UFRGS 16 e UFRGS 18, apresentou teores intermediários destas frações.

**Tabela 3:** Teores de fibra alimentar (FA), fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS) e os respectivos grupos das cultivares de aveia analisadas

Cultivar	FA	FI	FS	Grupos
.....%na MS.....				
<b>UFRGS 7</b>	9,97	7,94	2,03	1
<b>UFRGS 15</b>	9,61	6,90	2,71	
<b>UFRGS 17</b>	8,97	7,96	1,01	
<b>UFRGS 19</b>	10,76	7,93	2,83	
<b>Média ± dp</b>	9,83 ± 0,75	7,68 ± 0,52	2,15 ± 0,83	
<b>UFRGS 14</b>	9,26	5,29	3,97	2
<b>UFRGS 16</b>	10,00	6,24	3,77	
<b>UFRGS 18</b>	10,54	5,96	4,58	
<b>Média ± dp</b>	9,93 ± 0,64	5,83 ± 0,49	4,11 ± 0,42	
<b>UFRGS 20</b>	11,20	4,75	6,45	3
<b>Comparação entre grupos</b>	NS	P<0,05	P<0,05	

Os teores de FA 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 a 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.

A variação observada quanto às proporções de FI e FS em relação à FA foi um indicativo de que estes grãos poderiam ser utilizados de forma mais ampla e eficiente na nutrição, a fim de potencializar os efeitos benéficos destas frações. Desta forma escolheu-se uma cultivar de cada grupo para a formulação das dietas experimentais usadas no ensaio biológico, tendo estas cultivares teores semelhantes de FA, mas diferentes em relação às proporções das frações insolúvel e solúvel.

Na dieta com alto teor de fibra insolúvel, escolheu-se a cultivar UFRGS 17 (grupo 1), para a dieta com valores intermediários de FI e FS escolheu-se a UFRGS 18 (grupo 2) e a UFRGS 20 (grupo 3) foi utilizada na dieta com alto teor de FS (Tabela 3).

### 4.3. Ensaio Biológico

#### 4.3.1. Consumo médio da matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar

Não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados quanto ao consumo médio de matéria seca, ao ganho de peso e conversão alimentar (Tabela 4).

**Tabela 4:** Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre o consumo médio da matéria seca (CMS), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA)

Medida	TAU 17	TAU 18	TAU 20
	.....g.....		
<b>CMS</b>	313,22±41,43	316,44±43,26	303,92±30,72
<b>GP</b>	62,91±15,24	67,00±11,66	63,14±12,10
<b>CA</b>	5,78±0,94	5,35±0,41	5,52±0,69

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

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 de 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 superiores, 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 de 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 à FA. 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 de ratos. Saltzman et al. (2001) incluíram grãos de aveia a 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.

Em contrapartida, Pettersson & Åman (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  $\alpha$ -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. 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.

Wenk (2001) ressalta 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. 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 (Johansen & Knudsen, 1997; Morre et al., 1998; Guillon & Champ, 2000).

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 à FA, pode causar alterações em algumas medidas de resposta biológica sem, contudo, afetar o aproveitamento dos nutrientes da dieta.

Todos os resultados obtidos nos trabalhos citados anteriormente, 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 dos ratos.

#### 4.3.2. Excreção de fezes, digestibilidade aparente da matéria seca e pH

Na Tabela 5 encontram-se as médias e desvio-padrão referentes à excreção de fezes, digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) e pH.

As excreções totais de fezes úmidas e secas não diferiram significativamente entre os tratamentos TAU 18 e TAU 20, mas diferiram do TAU 17 ( $P < 0,05$ ), com menor teor de fibra solúvel.

Com relação à DAMS, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

**Tabela 5:** Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre a excreção total de fezes úmidas (ETFU), excreção total de fezes secas (ETFS), pH e digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS) nos ratos

<b>Medida</b>	<b>TAU 17</b>	<b>TAU 18</b>	<b>TAU 20</b>
	.....g.....		
<b>ETFU</b>	32,40±7,18 b	38,16±8,74 a	36,00±8,96 a
<b>ETFS</b>	29,42 ±6,57 b	34,65±7,95 a	32,76±8,16 a
<b>pH</b>	6,55 ±0,02 a	6,09± 0,03 b	6,03 ±0,02 b
	.....%.....		
<b>DAMS</b>	90,44 ±1,17	90,43±0,96	90,26±1,17

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

O maior valor de produção de fezes ocorreu nos tratamentos TAU 18 e TAU 20. Isso pode ser explicado pelo fato de que, apesar do TAU 20 apresentar maior teor de fibra solúvel e esta fração proporcionar um aumento significativo na microflora intestinal, a fibra insolúvel encontrada na TAU 18, em maior proporção do que na TAU 20, também contribui para o aumento da 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.

O valor de produção de fezes úmidas menor, encontrado na TAU 17, pode ser causado pelos componentes que formam a fibra insolúvel, já que a capacidade de hidratação torna-se mais dependente dos espaços intracelulares do que da sua superfície de contato, pois a quantidade de grupos hidrofílicos é muito pequena (Van Soest, 1994).

Os valores de pH nas fezes não diferiram significativamente entre os tratamentos TAU 18 e TAU 20, mas foi maior para o tratamento TAU 17 ( $P < 0,05$ ), com menores teores de fibra solúvel.

De acordo com Ferreira (1994), teores mais elevados de FS favorecem a atividade de microrganismos acidófilos, o que leva à maior produção de ácidos graxos voláteis (AGV), que são responsáveis pela redução do pH, em especial na região cecocólica, o que é extremamente desejável para a manutenção da integridade do epitélio intestinal, pois favorece a multiplicação de microrganismos desejáveis da microflora intestinal (Lactobacilos,

Bifidobactérias) e impede o crescimento e/ou multiplicação de microrganismos patógenos.

Este fato foi observado neste trabalho, pois o maior valor de pH foi verificado no tratamento onde os teores de fibra insolúveis são maiores (TAU 17).

Apesar da produção de fezes ser diferenciada, esta não foi suficientemente elevada para alterar a digestibilidade aparente da matéria seca entre os tratamentos (Tabela 5).

#### 4.3.3. Digestibilidade aparente da fibra alimentar, insolúvel e solúvel

Na Tabela 6 encontram-se a digestibilidade aparente da fibra alimentar e de suas respectivas frações nos tratamentos avaliados.

**Tabela 6:** Efeito dos diferentes teores e proporções de FI e de FS em relação a FA sobre a digestibilidade aparente da fibra alimentar (DAFA), digestibilidade aparente da fibra insolúvel (DAFI) e digestibilidade aparente da fibra solúvel (DAFS) nos ratos

Medida	TAU 17	TAU 18	TAU 20
	.....% na MS.....		
<b>DAFA</b>	44,97±1,77 b	52,96±3,75 ab	54,73±2,05 a
<b>DAFI</b>	43,84±2,82 a	18,83±3,41 c	20,88±2,01 b
<b>DAFS</b>	63,09±2,22 b	96,38±1,07a	94,70±0,51a

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

Provavelmente, a maior DAFA observada para o TAU 20, seguido pelo TAU 18, possa ser atribuída a maior acessibilidade e digestibilidade da fibra solúvel em relação a fibra insolúvel. Embora ambas frações estejam presentes

na FA, as características da FS, presente em maior quantidade, favorecem a degradação da fração solúvel da fibra pelos microrganismos do trato gastrointestinal.

Em relação à DAFI, o maior valor encontrado para o TAU 17, pode ser decorrente da predominância de fibra insolúvel nas paredes celulares dos grãos da cultivar UFRGS 17, pois a matriz insolúvel da parede celular mantém sua integridade durante a passagem da digesta pelo intestino delgado, por ser altamente resistente a ação dos microrganismos presentes neste segmento. Porém, os microrganismos presentes na região cecocólica são seletivos e, em ordem de preferência, a fração solúvel e logo após a fração insolúvel da fibra serão degradadas. Como no caso do TAU 17 a fração solúvel é mínima, esta será rapidamente fermentada, e logo a população microbiana começará a fermentar a fração insolúvel, justificando a maior DAFI para este tratamento.

Já para DAFS os maiores valores foram encontrados nos tratamentos TAU 18 e TAU 20 ( $P < 0,05$ ), que continham maior teor de FS na sua formulação. Tais resultados também podem ser explicados pela seletividade das diferentes populações microbianas às frações de fibra. A fração solúvel, por ser fonte preferencial dos microrganismos do trato gastrointestinal, será degradada em detrimento da fração insolúvel, justificando os valores de DAFS encontrados para TAU 18 e TAU 20.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- As variações obtidas quanto aos teores de FI e FS permitem classificar as cultivares de aveia em grupos com características nutricionalmente distintas. O grupo 1, com alto teor de FI, foi composto pelas cultivares UFRGS 7, UFRGS 15, UFRGS 17 e UFRGS 19, o grupo 2, com teores intermediários de FI e FS, formado pelas cultivares UFRGS 14, UFRGS 16 e UFRGS 18 e no grupo 3, com alto teor de FS, a cultivar UFRGS 20.

- Dietas formuladas com grãos de cultivares de aveia, com teores semelhantes de FA, mas contrastantes de FI e FS, causam efeitos distintos sobre as medidas de resposta biológica, especialmente para as medidas de produção de fezes, digestibilidade aparente das frações de fibra e pH. As dietas com teores mais elevados de fibra solúvel (TAU 18 e TAU 20) aumentaram a excreção fecal e a digestibilidade aparente de fibra alimentar e solúvel, enquanto a dieta com alto teor de fibra insolúvel (TAU 17) reduziu o valor de pH das fezes e aumentou a digestibilidade aparente de fibra insolúvel. Estes resultados fundamentam o uso de diferentes cultivares de aveia para fins específicos na nutrição humana.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMIRALL, M. & ESTEVE-GARCIA, E. Rate of passage of barley diets with chromium oxide: influence of age and poultry strain and effect of  $\beta$ -glucanase supplementation, **Poult. Sci.**, v. 73, n.9, p.1433-1440, 1994.
- ANGKANAPORN, K.; CHOCT, M.; BRYDEN, W.L. *et al.* Effects of wheat pentosans o endogenous amino acid losses in chickens, **J. Sci. Food Agric.**, v.66, n. 4, p.399-404, 1994.
- ANNISON, G. & CHOCT, M. Plant polysaccharides - their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994. **Proceedings...** Nottingham: University Press, 1994. p.51-66.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 13rd ed., 1980.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 16th ed., 1995.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 16th ed., supplement 1998. Chapter 32: p. 25-2, 1995.
- AUSMAN, L.M. Fiber and Colon Cancer: Does the Current Evidence Justify a Preventive Policy, **Nutr. Rev.**, v.51, n. 2, p. 57-63, 1993.
- BACH KNUDSEN, 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  $\beta$ -D-glucan, **Br. J. Nutr.**, v. 70, n. 2, p.537-556, 1993.
- 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, **Poult. Sci.**, 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.**, v.70, n.2, p.567-589, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 41, de 14 de janeiro de 1998. **Diário Oficial da União [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 21 de jan. 1998.



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.**, v.74, n. 6, p.833-848, 1995.

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

CHOCT, M. & ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets, **Br. Poult. Sci.**, 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.**, v. 33, n. 7, p. 821-834, 1992.

COON, C.N.; LESKE, K.L.; AKAVANICHAN, O. *et al.* Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters, **Poult. Sci.**, v. 68, n. 6, p. 938-947, 1990.

EASWOOD, M.A. The physiological effect of dietary fiber: and update, **Annu. Rev. Nutr.**, v. 12, n.1, p.19-35, 1992.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides, **An. Feed Sci. Tech.**,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.**,v. 50, n. 5, p.629-650, 1999.

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

GHOL , B. & GHOL, I. The effect of viscous substances on the transit time of barley digesta in rats, **J. Sci. Food Agric.**, 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.**, v.55, n. 4, p.295-334, 1995.

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

GRENET, E. & BESLE, J.M. **Microbes and fibre degradation**. In: JOUANY, J.P. Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion., 1991. p.107-129.

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

GUILLOIN, F. & CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology, **Food Res. Int.**, 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. **Resumos...**, 1998. p.63-67.

HAIR Jr., J.F. *et al.* **Multivariate data analysis**. 5.ed., 1998. 730p.

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.**, v. 50, n. 2, p. 189-195, 1983.

HOWE, G.R. *et al.* Dietary Intake of Fiber and Decreased Risk of Cancers of the Colon and Rectum: Evidence from the Combined Analysis of 13 Case-Control Studies. **J. Nat. Canc. Inst.**, v. 84, n. 24, p. 1887-1896, 1992.

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

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

JOHANSEN, H.N.; KNUDSEN, K.E.B.; SANTRÖM, B. *et al.* Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs, **Br. J. Nutr.**, 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.**, 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, **Am. Soc. Agron.**, cap. 6, p.133-182, 1987

JORGENSEN, 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.**, v. 75, n.3, p.379-395, 1996a.

JORGENSEN, 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.**, v. 75, n. 3, p.365-378, 1996b.

- KLURFELD, D.M. Dietary Fiber-Mediated Mechanisms in Carcinogenesis, **Canc. Res.**, v. 52, p. 2055s-2059s, 1992.
- KRITCHEVSKY, D. Cereal fiber and lipidemia. **Cereal Foods World**, v.42, n. 2, p.81-85, 1997.
- LARBIER, M. & LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham University Press, 1994. 305p.
- LÀSZTITY, R. Oat grain – A wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances, **Food Rev. Int.**, v. 14, n. 1, p. 99-119, 1998.
- LEONTOWICZ, M.; GORINSTEING, S.; BARTNIKOWSKA, E. *et al.* Sugar beet pulp and apple pomae dietary fibers improve lipid metabolism in rats fed cholesterol, **Food Chem.**, v. 72, n.1, p.73-78, 2001.
- MATTOS, L.L. & MARTINS, I.S. Consumo de Fibras Alimentares em População Adulta. **Rev. Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.
- McCONNELL, A.A.; EASTWOOD, M.A.; MITCHELL, W.D. Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function, **J. Sci. Food Agric.**, v. 25, n. 12, p.1457-1464, 1974.
- McDOUGALL, G.J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D. *et al.* Plant fibres: Chemistry and processing for industrial use, **J. Sci. Food Agric.**, v. 62, n. 1, p.1-20, 1993.
- MONGEAU, R.; SIDDIQUI, I.R.; EMERY, J. *et al.* Effect of dietary fiber concentrated from celery, parsnip, and rutabaga on intestinal function, serum cholesterol, blood glucose response in rats, **J. Agric. Food Chem.**, 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.**, v.11, n.4-5, p.136-144, 2000.
- MORRE, M.A.; PARK, C.B.; TSUDA, H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development, **Critical Rev. in oncology/hematology**, v. 27, n.3, p.229-242, 1998.
- OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Tech.**, v. 41, n. 2, p.71-82, 1987.
- 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.

PETERSON, M. P. Composition and Nutritional Characteristics Oat Grain and Product. In: MARSHALL, H.g.; SOLLELLS, M. S. (Ed.) Oat science and technology, **Am. Soc. Agron.**, p. 266-287, 1992.

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

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.

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

REEVES, P.G.*et al.* 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.**, v.23, n.11, p.1939-1951, 1993.

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

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

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

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.**, v. 58, n. 1, p.95-103, 1987.

SALTZMAN, E.; MORIGUTI, J.C.; DAS, S.K.*et al.* Effects of a cereal rich in soluble fiber on body composition and dietary compliance during consumption of a hypocaloric diet, **J. of the Am. Col. Nutr.**, v.20, n. 1, p.50-57, 2001.

SHIRES, A.; THOMPSON, J.R.; TURNER, B.V. *et al.* Rate of passage of corn-canola meal and corn-soybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and white leghorn chickens, **Poult. Sci.**, v.66, n. 2, p.289-298, 1987.

Silva, L.P. da. **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.** 2002. 188f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

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**, v. 20, n. 5, p.722-729, 1979.

THEANDER, O.; WESTERLUND, E.; AMAN, P. *et al.* Plant cell walls and monogastric diets. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 23, n. 2, p. 205-225, 1989.

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, **Poult. Sci.**, v.72, n. 3, p.503-512, 1993.

VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. **Nutr. Res.**, 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.**, v.50, n. 1, p.61-74, 1983.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

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

WALKER, A. R. P. Does the dietary fiber hypothesis really "work"? **Cereal Foods World**, v. 38, n. 3, p. 128-134, 1993.

WALTER, M.; SILVA, L.P.; PAZINI, M. Comparação de Metodologias para Determinação de Amido Resistente [abstract]. In: 5º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos; 2003. **Anais...** Campinas, São Paulo: CD-ROM.

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, cecotomizadas e**

**fistuladas no íleo terminal.** 1996. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

WEBSTER, F. H. **Oats: Chemistry and Technology.** St. Paul, Minnesota, EUA: American Association of Cereal Chemists, 1986.

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

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

ZHAO, X.; JORGENSEN, 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.**, v.73, n.5, p.687-699, 1995.

YAN, T.; LONGLAND, A.C.; CLOSE, W.H.*et al.* 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.**, v. 61, n. 2, p.305-309, 1995.