

# Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar

## Development of oat based cereal bars with high dietary fiber content

Luiz Carlos GUTKOSKI<sup>1\*</sup>, Jane Maria de Almeida BONAMIGO<sup>2</sup>, Débora Marli de Freitas TEIXEIRA<sup>3</sup>, Ivone PEDÓ<sup>2</sup>

### Resumo

A barra de cereal é um alimento nutritivo de sabor adocicado e agradável, fonte de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos complexos. O trabalho objetivou estudar o efeito da concentração de fibra alimentar e de açúcar na calda em barras de cereais elaboradas à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. No estudo foram utilizados flocos, farelo e farinha de aveia, do cultivar UPFA 22, selecionado com base no teor de fibras e  $\beta$ -glucanas. Os ingredientes secos e ligantes foram adquiridos no comércio local e utilizados na proporção de 70 e 30%, respectivamente, em quantidades definidas a partir de testes laboratoriais. O experimento foi realizado em delineamento composto central rotacional aplicável à metodologia de superfície de resposta, sendo avaliado o efeito da concentração de açúcar na calda (70, 75 e 80 °Brix) e do teor de fibra alimentar da formulação (12, 16 e 20%) na composição química, valor calórico, atividade de água, microbiologia e características sensoriais das barras de cereais. Os resultados das variáveis respostas foram tratados por análise de regressão múltipla. E foram utilizados no modelo matemático de segunda ordem os termos lineares, quadráticos e de interação, significativos. A aveia pode ser utilizada como ingrediente na elaboração de barras de cereais por apresentar textura, sabor e aparência adequados. O uso de aveia na formulação possibilita produzir barras de cereais com alto teor de fibra alimentar e fonte de  $\beta$ -glucanas. As barras de cereais apresentam propriedades sensoriais agradáveis, similares às industrializadas e melhor aceitas quando elaboradas com média concentração de açúcar na calda e altos teores de fibra alimentar. As barras de cereais apresentam baixa atividade de água e atendem às especificações sanitárias, sendo estáveis durante 60 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** *Avena sativa* L;  $\beta$ -glucanas; produtos de aveia; valor calórico.

### Abstract

Cereal bars are a nutritional food of sweetened and acceptable flavor and are a source of vitamins, minerals, fibers, proteins and complex carbohydrates. The objective of this work was to study the effect of dietary fiber concentration and sugar in cereal bars made of oats with a high dietary fiber content. In the research, oat flakes, bran and flour from cultivar UPFA 22, selected on the basis of the dietary fiber and  $\beta$ -glucans content, were used. The ingredients were used in amounts defined in laboratory tests. The experiment was carried out using a central composite rotational design applicable to the response surface methodology (RSM), and the effects of the sugar syrup concentration (70, 75 and 80 °Brix) and dietary fiber content in the formulation (12, 16 and 20%) on the chemical composition, calorie value, water activity, microbiology and sensorial characteristics of the cereal bars were evaluated. The results were analyzed by multiple regression and the significant linear, quadratic and interaction terms were used in the second order mathematical model. The results showed that oats can be used as an ingredient when making cereals bars presenting an adequate texture, flavor and appearance. The oats used in the formulation makes cereal bars with high dietary fiber and  $\beta$ -glucan content. The bars present acceptable sensorial properties, similar to the industrialized bars, with higher acceptability when made with average concentration of sugar and high dietary fiber content. The cereal bars present low water activity and are within sanitary specifications and can be stored for 60 days.

**Keywords:** *Avena sativa* L;  $\beta$ -glucans; oat products; caloric value.

## 1 Introdução

A demanda por alimentos nutritivos e seguros está crescendo mundialmente, e a ingestão de alimentos balanceados é a maneira correta de evitar ou mesmo corrigir problemas de saúde, como: obesidade, diabetes, desnutrição, cardiopatias, entre outros que têm origem, em grande parte, nos erros alimentares. As barras de cereais atendem a esta tendência e são elaboradas a partir da extrusão da massa de cereais de sabor adocicado e agradável, fonte de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos complexos<sup>23</sup>. Os cereais em barras são multicomponentes e podem ser muito complexos em sua formulação. Os ingredientes devem ser combinados de forma

adequada para garantir que se complementem mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades físicas, particularmente no ponto de equilíbrio de atividade de água<sup>16,26</sup>. Barras produzidas a partir de cereais englobam as de granola e as de cereais. Barras de cereais são produtos coextrusados a partir de uma massa cozida com adição de pasta de frutas. Barras do tipo granola compreendem uma mistura de cereais com outros produtos, como: nozes, castanhas e frutas, formando a barra a partir da mistura com compostos ligantes. As barras são extrusadas a frio e embaladas<sup>23</sup>.

A aveia tem recebido grande atenção por parte de médicos, nutricionistas, consumidores e entidades reguladoras devido às suas características nutricionais, e principalmente devido ao seu teor e qualidade das fibras alimentares<sup>29,33</sup>. A aveia reduz o colesterol sanguíneo, prevenindo doenças do coração e sendo considerada alimento funcional<sup>24,13</sup>. A composição química e a qualidade nutricional da aveia são relativamente altas e superiores a dos demais cereais<sup>12,27</sup>. Estes indicadores, no entanto, variam com o local de cultivo, clima e genótipo<sup>37</sup>. Em função dos maiores teores de proteínas e lipídios, a aveia tem, comparativamente, menor concentração de carboidratos.

Recebido para publicação em 31/7/2006

Aceito para publicação em 23/4/2007 (001806)

<sup>1</sup> Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária,  
Universidade de Passo Fundo – UPF,  
CP 611, CEP 99001-970, Passo Fundo - RS, Brasil,  
E-mail: gutkoski@upf.br

<sup>2</sup> Instituto de Ciências Biológicas,  
Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo - RS, Brasil

<sup>3</sup> Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEAR,  
Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo - RS, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

Entre os carboidratos, o maior constituinte é o amido, com concentrações entre 43,7 e 61%<sup>35,32</sup>. A fibra alimentar total de aveia varia entre 7,1 e 12,1%. Esta variação é devido aos métodos de determinação utilizados e às diferenças entre cultivares<sup>19,21</sup>. Os componentes mais importantes da fibra alimentar são as  $\beta$ -glucanas<sup>11,13</sup>, localizadas nas paredes celulares dos grãos<sup>25,14</sup>, com maior concentração na subcamada de aleurona, na camada de aleurona e no endosperma amiláceo adjacente ao embrião<sup>34</sup>.

As barras de cereais são alimentos de fácil consumo, requerem pouco ou nenhum preparo e durante muito tempo seus valores nutritivos foram pouco enfatizados<sup>17</sup>. Os cereais em barra são uma classe de produtos de confeitaria, de forma retangular, vendidos em embalagens individuais e têm apresentado um rápido crescimento no mercado<sup>23,28</sup>. Os principais aspectos considerados na elaboração desse produto incluem: a escolha do cereal, a seleção do carboidrato apropriado (de forma a manter o equilíbrio entre o sabor e a vida de prateleira), o enriquecimento com vários nutrientes e sua estabilidade no processamento. Também tem sido considerado o valor nutricional, sendo preferidos os com alto conteúdo de fibras e baixo teor ou isentos de gordura, porém com alto aporte energético<sup>15</sup>. A associação entre barra de cereais e alimentos saudáveis é uma tendência no setor de alimentos, o que beneficia o mercado destes produtos.

O trabalho teve como objetivo estudar o efeito da concentração de fibra alimentar e do teor de açúcar na calda em barras de cereais elaboradas à base de aveia, através de análises de composição química, valor calórico, atividade de água, avaliações microbiológicas e sensoriais. A partir destas análises foram avaliadas três formulações com diferentes teores de fibra alimentar e mesma concentração de açúcar na calda quanto à preferência dos consumidores.

## 2 Material e métodos

### 2.1 Matéria-prima

Os flocos, farelo e farinha de aveia (*Avena sativa* L) do cultivar UPFA 22, com alto teor de  $\beta$ -glucanas foram fornecidos pela empresa SL Alimentos de Mauá da Serra, PR. Flocos de arroz, gergelim, maltodextrina, lecitina, gelatina hidrolisada, fruta desidratada, sorbitol, glicose de milho, açúcar mascavo, ácido cítrico e aroma natural de baunilha foram adquiridos no comércio local.

### 2.2 Metodologia

#### Elaboração das barras de cereais

A partir da formulação base foram elaborados sete experimentos de barras de cereais utilizando em sua composição 70% de ingredientes secos e 30% de agentes ligantes com variação no teor de açúcar na calda (70, 75 e 80 °Brix) e concentração de fibra alimentar (12, 16 e 20%). A quantidade de fibra alimentar em cada experimento foi obtida pela utilização de diferentes concentrações de flocos, farelo e farinha, mantendo

a proporção de aveia estabelecida na formulação base, que é de 43% (Tabela 1).

Os ingredientes secos foram pesados em balança semi-analítica, tostados por 20 minutos e adicionados à calda, esta elaborada através da dissolução em água de açúcar mascavo e glicose de milho 40% de dextrose equivalente, fornecidos por Agrobrasil de Pelotas, RS e sorbitol 70%, fornecido por Proton Química, de Cachoeirinha, RS. A mistura foi submetida à cocção por 2 minutos e resfriada em temperatura ambiente. As barras foram moldadas, embaladas e armazenadas para as análises realizadas nos laboratórios do Centro de Pesquisa em Alimentação da UPF. Para o estudo de vida de prateleira, as barras de cereais foram embaladas em filme de PVC e armazenadas sob incidência de luz, em prateleiras à temperatura ambiente (23 °C), sendo analisadas periodicamente quanto a umidade, atividade de água, *Bacillus cereus*, coliformes, bolores e leveduras.

#### Delineamento experimental

As concentrações de açúcar na calda ( $X_1$ ) e de fibra alimentar ( $X_2$ ) foram estabelecidas como variáveis independentes, estudadas em três níveis em planejamento fatorial incompleto<sup>4</sup>. Os níveis de variação e as variáveis independentes estão apresentados na Tabela 2. No delineamento experimental foram realizados sete experimentos, com três repetições no ponto central (Tabela 3).

**Tabela 1.** Ingredientes secos e agentes ligantes utilizados na formulação base de barras de cereais de aveia.

Ingrediente	Porcentagem	Porção de 1000 g
Aveia em flocos	23	230
Farelo de aveia	10	100
Farinha de aveia	10	100
Flocos de arroz	8	80
Gergelim	5	50
Maltodextrina	7	70
Lecitina de soja	0,2	2
Fruta desidratada (uva passa)	3	30
Gelatina hidrolisada	3,7	37
Ácido cítrico	0,04	0,4
Aroma natural de baunilha	0,1	1
Total de ingredientes secos	70	700
Glicose de milho	10	100
Açúcar mascavo	5	50
Sorbitol	15	150
Total de agentes ligantes	30	300

**Tabela 2.** Variáveis independentes e níveis de variação.

Variáveis independentes	Níveis de variação		
	-1	0	+1
$X_1$ - Concentração de açúcar (°Brix)	70	75	80
$X_2$ - Concentração de fibra (%)	12	16	20

**Tabela 3.** Delineamento experimental para duas variáveis e três níveis, e seus valores codificados e reais.

Experimento	Concentração de açúcar (°Brix)	Concentração de fibra (%)
T1	80 (+1)	20 (+1)
T2	70 (-1)	20 (+1)
T3	80 (+1)	12 (-1)
T4	70 (-1)	12 (-1)
T5	75 (0)	16 (0)
T6	75 (0)	16 (0)
T7	75 (0)	16 (0)

## 2.3 Análises

### Composição química centesimal

As determinações de umidade, proteínas, lipídios e cinzas foram realizadas de acordo com os procedimentos da AACC (1995), métodos números 44-15 A, 46-12, 30-20 e 08-12, respectivamente. As determinações de fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel e fibra alimentar insolúvel foram realizadas segundo procedimento da AOAC (1997), método número 991.43. O teor de carboidratos foi estimado por diferença, excluindo as fibras e diminuindo de 100 o somatório de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e fibra alimentar total. O valor calórico foi calculado a partir dos dados de composição centesimal aproximada, de acordo com a RDC nº 360 do Ministério da Saúde<sup>6</sup>. No cálculo foram usados os fatores de conversão de 4 kcal.g<sup>-1</sup> para carboidratos e proteínas e de 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios, e expressos em kcal.g<sup>-1</sup>. As análises foram realizadas em duplicata e os resultados expressos em percentagem.

### $\beta$ -glucanas

O teor de  $\beta$ -glucanas foi determinado de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1997), método nº 995.16, utilizando o kit Megazyme International Ireland Ltd, Irlanda. Este método é um procedimento rápido para a determinação de  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 3) e (1 $\rightarrow$ 4) glucanas pelas enzimas liquenase e  $\beta$ -glicosidase, os açúcares quantificados por glicose oxidase-peroxidase (GOPOD) e o teor de  $\beta$ -glucanas expresso em percentagem.

### Avaliações microbiológicas

A determinação de bolores e leveduras foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela Instrução Normativa nº 62<sup>5</sup> e os resultados expressos em número de unidades formadoras de colônias por grama, obtidos pela multiplicação do valor encontrado pelo fator de diluição correspondente. As determinações de *Bacillus cereus* e coliformes totais e fecais foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1997), métodos números 980.31 e 991.14, respectivamente.

### Atividade de água

A determinação de atividade de água foi realizada pelo emprego do equipamento Testo, modelo 650, à temperatura constante (22 °C  $\pm$  1).

## Aceitabilidade sensorial

As sete formulações de barras de cereais foram avaliadas por 30 provadores não-treinados, quanto à aceitação global e intenção de compra, através do emprego do teste afetivo de aceitabilidade<sup>31</sup>, e utilizada escala hedônica ancorada nos seus extremos, com os termos: “adorei” e “detestei”, quanto à aceitação global, e “certamente compraria” e “certamente não compraria”, para intenção de compra.

A partir da análise dos resultados de valor calórico e aceitabilidade, foram elaboradas três formulações de barras de cereais utilizando a mesma concentração de açúcar na calda (75 °Brix) e variação do teor de fibra alimentar (baixo, médio e alto). A aceitação das barras de cereais foi avaliada por 54 provadores não-treinados, quanto aos atributos: aparência, textura, sabor e aceitação global, através do emprego do teste afetivo de aceitabilidade<sup>31</sup> e utilizada escala hedônica de nove pontos. Para avaliação da intenção de compra a escala utilizada foi a de cinco pontos.

## 2.4 Análise estatística

Os resultados das variáveis respostas de cada um dos sete experimentos foram tratados por análise de regressão múltipla da metodologia de superfície de resposta. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para testar a adequação dos modelos. Nos modelos, foi observada a significância da regressão pelo teste F e pelo coeficiente de determinação<sup>3</sup>. Para se visualizar o efeito das variáveis independentes nas respostas avaliadas foram realizados gráficos de superfície de resposta quando a análise de variância mostrou-se significativa. O processamento dos dados foi realizado com o programa SAS Institute® (1985). Os resultados de aceitação sensorial dos três experimentos selecionados foram analisados por ANOVA, sendo determinada a significância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) e quando significativa, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ( $p \leq 0,05$ ).

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Análises químicas e valor calórico das barras de cereais

Os resultados do planejamento experimental estão apresentados na Tabela 4. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas, estabeleceram-se os modelos de regressão em nível de 5% de significância. Nos modelos completos, eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados com o emprego de variáveis reais (Tabela 5). A adequabilidade dos modelos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que explicam entre 0,76 e 0,99 da variância total das respostas. Em razão destes resultados, os modelos podem ser usados para prever o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

O efeito da concentração de açúcar na calda e de fibra alimentar da formulação no teor de proteína bruta das barras estudadas está representado na Figura 1, em forma de superfície de resposta. Observa-se que o teor de proteína bruta

**Tabela 4.** Proteínas, lipídios, fibra alimentar total, carboidratos por diferença,  $\beta$ -glucanas e valor calórico total (VCT) de barras de cereais à base de aveia formuladas com três níveis de açúcar na calda ( $X_1$ ) e três níveis de fibra alimentar ( $X_2$ ).

Nº	$X_1$ (°Brix)	$X_2$ (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Fibra (%)	Carboidratos (%)	$\beta$ -glucanas (%)	VCT (kcal.100 g <sup>-1</sup> )
1	80	20	11,43	6,57	19,38	46,69	3,57	291,61
2	70	20	12,37	6,22	20,56	45,32	3,35	286,74
3	80	12	10,37	4,94	12,99	58,94	1,60	321,70
4	70	12	9,79	5,17	10,69	58,88	1,55	321,21
5	75	16	10,33	5,29	16,29	53,26	2,31	301,97
6	75	16	10,38	5,27	15,31	54,68	2,39	307,70
7	75	16	10,44	5,26	14,33	56,11	2,48	313,44

**Tabela 5.** Equações de regressão com variáveis reais, significância e coeficientes de determinação para as respostas: proteínas, lipídios, fibra alimentar total, carboidratos por diferença,  $\beta$ -glucanas e valor calórico total de barras de cereais à base de aveia.

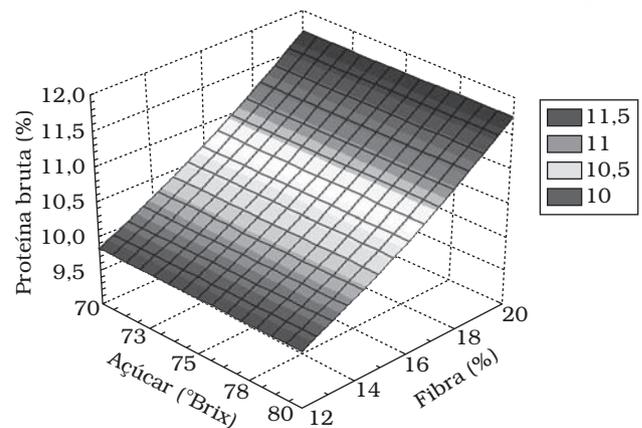
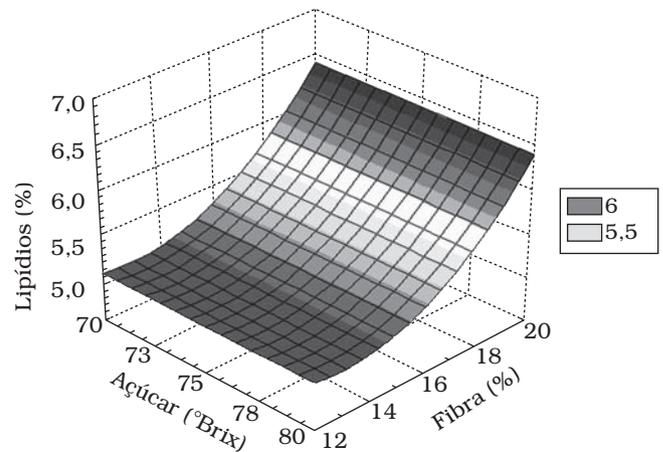
Resposta	Modelo	Prob > F	R <sup>2</sup>
Proteínas	$8,78 + 0,0073 X_2^2$	0,0006	0,7686
Lipídios	$9,72 - 0,72 X_2 + 0,028 X_2^2$	0,0002	0,9605
Fibra total	$-0,40 + 1,016 X_2$	0,0137	0,9451
Carboidratos	$66,55 - 0,051 X_2^2$	0,0117	0,9838
$\beta$ -glucanas	$0,49 + 0,0074 X_2^2$	0,0018	0,9961
Valor calórico	$369,67 - 4,04 X_2$	0,0304	0,9731

$X_1$  = concentração de açúcar na calda (°Brix); e  $X_2$  = concentração de fibra alimentar.

aumentou com a elevação de fibra na formulação, sendo significativo o efeito quadrático. Estudos de composição química de aveia mostram que a fração farelo apresenta maior teor de proteína bruta<sup>20</sup>, o que justifica os resultados obtidos neste trabalho. Com a substituição parcial de farinha pelo farelo de aveia foi possível aumentar o conteúdo de proteínas das barras de cereais, o que atende às exigências do consumidor por um produto com maior valor nutricional<sup>15</sup>.

Os lipídios representam a fração mais calórica dos constituintes presentes nos alimentos, sendo a quantidade presente avaliada com maior rigor, em especial quando se tratam de alimentos funcionais ou de reduzido valor calórico. Nos alimentos têm-se procurado substituir os lipídios por constituintes que apresentem propriedades similares, porém com menor contribuição energética para o produto<sup>36</sup>. A Figura 2 representa o diagrama de superfície correspondente ao modelo ajustado, que estabelece a variação do teor de lipídios em função da concentração de açúcar na calda e de fibra alimentar da formulação. Com o aumento de fibras ocorreu uma elevação no teor de lipídios das barras formuladas, sendo significativos os efeitos linear e quadrático (Tabela 5). Os valores de lipídios nas barras variaram entre 5,0 e 6,5%, estando similares aos produtos comercializados<sup>9</sup>. Os lipídios estão presentes na aveia em quantidades que variam entre 7 e 10%<sup>32</sup>, com maiores concentrações na fração farelo<sup>20</sup>, o que justifica os valores encontrados neste trabalho.

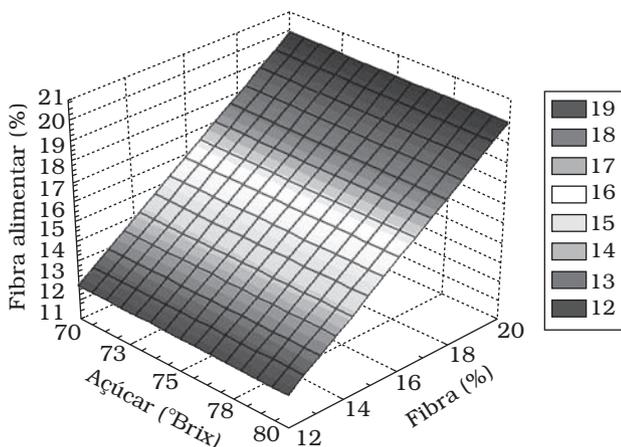
As fibras alimentares consistem em qualquer material comestível de origem vegetal que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano<sup>13</sup>. Esta definição inclui lignina, polissacarídeos estruturais e não-estruturais, excetuando-se o amido. Pectinas, gomas, mucilagens, algínatos,  $\beta$ -glucanas e algumas hemiceluloses são consideradas fibras solúveis, enquanto a lignina, celulose e a maioria das hemiceluloses são fibras insolúveis<sup>10</sup>. Estudos epidemiológicos

**Figura 1.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação no teor de proteína bruta de barras de cereais à base de aveia.**Figura 2.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação no teor de lipídios de barras de cereais à base de aveia.

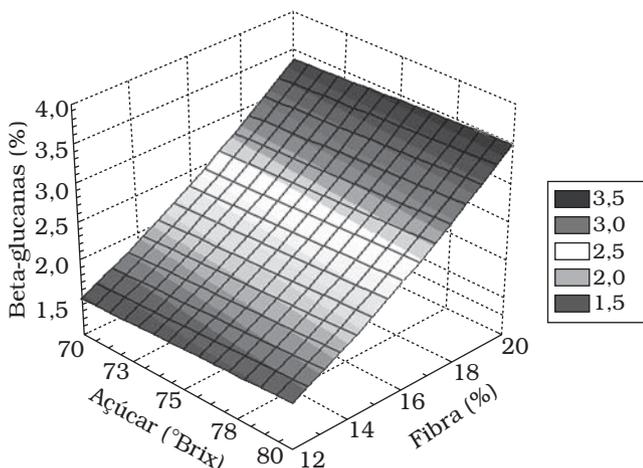
correlacionando o elevado consumo de fibra alimentar e a menor incidência de determinadas doenças, como as cardiovasculares e o câncer de cólon, impulsionaram as pesquisas sobre fibra alimentar. Várias doenças, como: o câncer de cólon e do reto, câncer de mama, diabetes, aterosclerose, apendicite, doença de Crohn, síndrome do intestino irritável, hemorróidas e diverticulite, têm sido relacionadas com uma baixa ingestão de fibras alimentares<sup>22</sup>.

A Figura 3 representa o diagrama de superfície correspondente ao modelo ajustado que estabelece a variação do teor de fibra alimentar total em função da concentração de açúcar na calda e de fibra da formulação. Os valores de fibra totais nas barras variaram entre 12 e 20% e aumentaram com a elevação do teor de fibra na formulação, sendo significativo somente o efeito linear (Tabela 5). Os valores de fibra alimentar das barras de cereais à base de aveia são elevados, estando acima dos encontrados em formulações comerciais<sup>9</sup>.

A Figura 4 representa o diagrama de superfície correspondente ao modelo ajustado que estabelece a variação do teor de  $\beta$ -glucanas em função da concentração de açúcar na calda e de fibra alimentar da formulação. Através dos resultados obtidos no estudo, observa-se que somente a concentração de fibra alimentar afetou significativamente o teor de  $\beta$ -glucanas das barras de cereais formuladas, sendo significativo o efeito quadrático. Os valores encontrados no modelo ajustado variaram entre 1,5 e 3,5%.



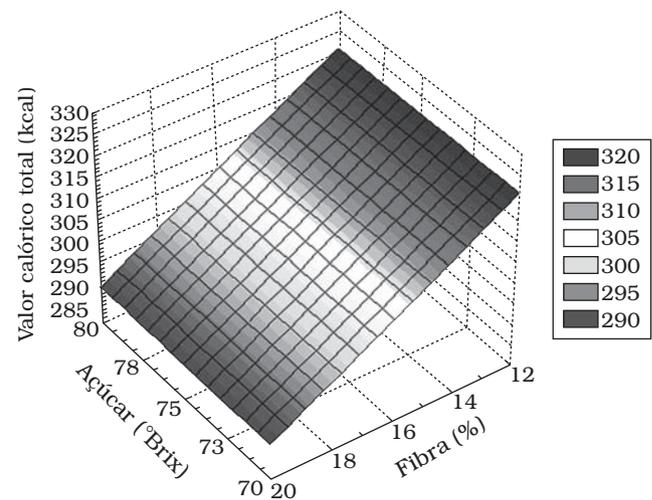
**Figura 3.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação no teor de fibra alimentar total de barras de cereais à base de aveia.



**Figura 4.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação no teor de  $\beta$ -glucanas de barras de cereais à base de aveia.

As formulações com maiores teores de fibra alimentar apresentaram, de forma similar, os valores maiores teores de  $\beta$ -glucanas (experimentos 1 e 2). Os elevados teores de fibras alimentares e de  $\beta$ -glucanas permitem afirmar que as barras de cereais estudadas apresentam a alegação de alimento funcional, pois se obteve formulações com valores acima dos estabelecidos pela legislação<sup>8</sup>, que é de no mínimo 3 g de fibras ou de  $\beta$ -glucanas por 100 g de produto, podendo ser enquadrados nos atributos alto teor e fonte, respectivamente.

Na Figura 5, representa-se, na forma de gráficos de superfície de resposta, a variação do valor calórico total das barras de cereais à base de aveia em função das concentrações de açúcar na calda e de fibra alimentar nas formulações estudadas. O valor calórico total das barras de cereais diminuiu com a elevação do teor de fibra, variando entre 285 e 325 kcal.100.g<sup>-1</sup>, sendo significativo somente o efeito linear (Tabela 5).



**Figura 5.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação no valor calórico total (kcal.100 g<sup>-1</sup>) de barras de cereais à base de aveia.

Devido ao reduzido valor calórico das formulações com alto teor de fibras formuladas neste estudo, as barras de cereais enquadram-se como um alimento light. O termo light pode ser empregado em alimentos que apresentem redução mínima de 25% em determinado nutriente ou no valor calórico total em comparação com o alimento convencional<sup>18</sup>. Para que ocorra a redução de calorias é necessário que haja diminuição no teor de algum nutriente energético, podendo ser carboidratos, lipídios ou proteínas. As barras de cereais comerciais apresentam entre 360 e 440 kcal.100 g<sup>-1</sup>, o que permite que as formulações dos experimentos 1 e 2 sejam enquadradas no conceito de alimento light.

### 3.2 Aceitabilidade

Os resultados das determinações da aceitação global e da intenção de compra das barras de cereais à base de aveia estão apresentados na Tabela 6. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas estabeleceram-se os modelos

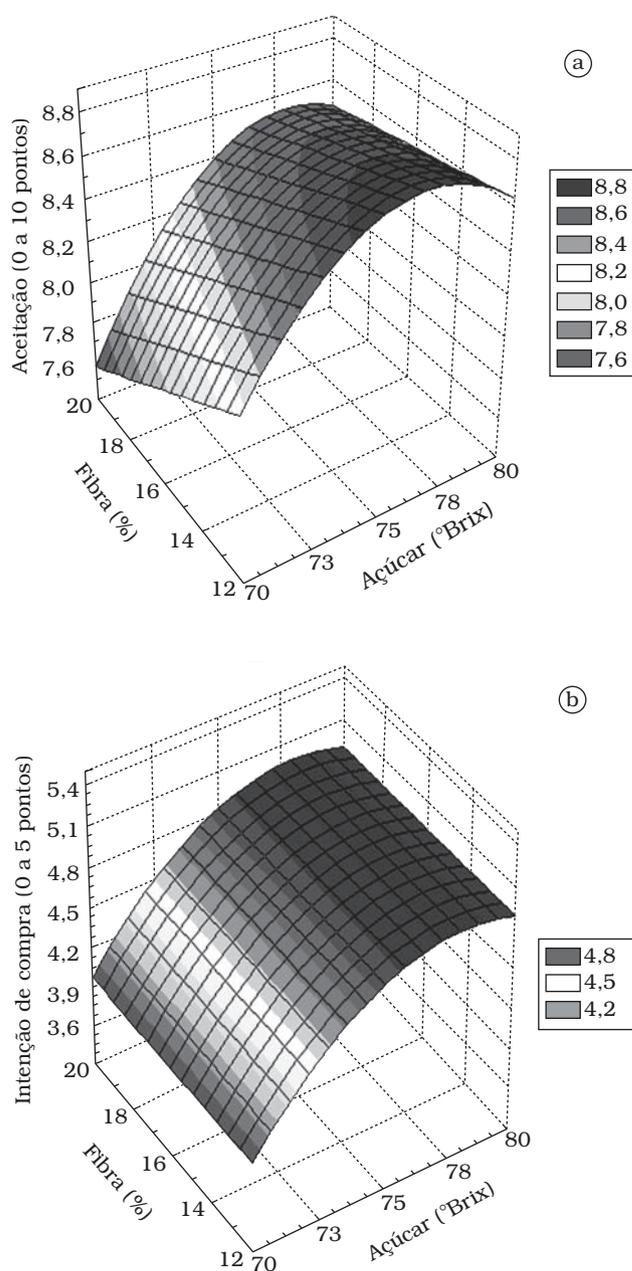
de regressão, em nível de 5% de significância. Nos modelos completos eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados para aceitação global e intenção de compra (Tabela 7). A adequabilidade dos modelos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que explicam entre 0,79 e 0,98 da variância total das respostas. Em razão destes resultados, os modelos podem ser usados para prever o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

A Figura 6a representa o diagrama de superfície correspondente ao modelo ajustado que estabelece a variação da aceitação global em função da concentração de açúcar na calda e de fibra da formulação. Através dos resultados obtidos, observa-se que a maior aceitação global por provadores treinados foi obtida nos experimentos com média concentração de açúcar na calda e baixo teor de fibra alimentar. Na Figura 6b, representa-se, na forma de gráficos de superfície de resposta, a intenção de compra das barras de cereais em função das concentrações de açúcar na calda e de fibra alimentar nas formulações estudadas. A intenção de compra das barras de cereais diminuiu com o aumento do teor de fibra alimentar e aumentou com a elevação da concentração de açúcar na calda. Com os resultados obtidos da análise sensorial, observa-se que os provadores treinados comprariam as barras de cereais formuladas neste estudo.

**Tabela 6.** Aceitação global, intenção de compra, umidade e atividade de água de barras de cereais à base de aveia formuladas com três níveis de açúcar na calda ( $X_1$ ) e três níveis de fibra alimentar ( $X_2$ ), após 60 dias de armazenamento e à temperatura ambiente.

Nº	$X_1$ (°Brix)	$X_2$ (%)	Aceitação global	Intenção de compra	Umidade (%)	Atividade de água ( $a_w$ )
1	80	20	7,85	4,47	10,75	0,598
2	70	20	7,13	3,30	13,42	0,686
3	80	12	7,98	4,47	11,29	0,627
4	70	12	7,70	4,00	13,95	0,702
5	75	16	8,13	4,43	12,86	0,675
6	75	16	8,00	4,47	12,60	0,668
7	75	16	8,00	4,47	12,41	0,661

A partir da análise dos resultados de composição química centesimal, aceitação global e intenção de compra foram selecionadas três formulações do planejamento experimental para a avaliação dos atributos sensoriais: textura, sabor, aparência, aceitação global e intenção de compra. Estas formulações foram elaboradas com a utilização de mesma concentração de açúcar na calda (75 °Brix) e 12, 16 e 20% de concentração de fibra alimentar (Tabela 8). Nos atributos sabor e intenção de



**Figura 6.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação.

compra, os provadores não-treinados indicaram diferenças significativas, sendo verificadas como superiores, as barras de cereais elaboradas com alto teor de fibra. Nos atributos: sabor e intenção de compra, os provadores não-treinados indicaram

**Tabela 7.** Equações de regressão com variáveis reais, significância e coeficientes de determinação para as respostas: aceitação global, intenção de compra, umidade e atividade de água de barras de cereais à base de aveia.

Resposta	Modelo	Prob > F	$R^2$
Aceitação global	$-73,53 + 2,23X_1 - 0,46X_2 - 0,015X_1^2 + 0,005X_1X_2$	0,0330	0,9834
Intenção de compra	$-90,94 + 2,46 X_1 - 0,015 X_1^2$	0,0018	0,7929
Umidade	$22,96 - 0,0017 X_1^2 - 0,0021 X_2^2$	0,0262	0,9865
Atividade de água	$0,98 - 0,00005 X_1^2 - 0,00009 X_2^2$	0,0312	0,9721

$X_1$  = concentração de açúcar na calda (°Brix); e  $X_2$  = concentração de fibra alimentar.

diferenças significativas, sendo verificadas como superiores, as barras de cereais elaboradas com alto teor de fibra. Para textura, aparência e aceitação global não foram verificadas diferenças significativas entre os experimentos. Estes resultados indicam que a adição de aveia melhora as características sensoriais das barras de cereais.

De acordo com IZZO e NINESS<sup>23</sup>, a adição de fibra na formulação normalmente aumenta a dureza das barras de cereais. Em produtos armazenados por sete meses, os autores verificaram que o emprego de inulina permitiu manter a dureza similar à inicial, enquanto que nas formuladas com maltodextrina ocorreu um aumento significativo da dureza. Além dos açúcares, outros ingredientes como gelatina e emulsificantes podem ser empregados na formulação visando reduzir os efeitos sensoriais indesejáveis devido à adição de fibras. No presente trabalho foi verificada uma melhoria nas características sensoriais das barras de cereais formuladas com a adição de sorbitol, açúcar mascavo, gelatina hidrolisada e lecitina de soja.

**Tabela 8.** Valores dos atributos sensoriais textura, sabor, aparência, aceitação global e intenção de compra de barras de cereais à base de aveia formuladas com 75 °Brix de açúcar na calda ( $X_1$ ) e 12, 16 e 20% de fibra alimentar ( $X_2$ ).

$X_1$ (°Brix)	$X_2$ (%)	Textura (0 a 10)	Sabor (0 a 10)	Aparência (0 a 10)	Aceitação (0 a 10)	Intenção de compra (0 a 5)
75	12	7,57 <sup>a</sup>	6,94 <sup>b</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	3,79 <sup>b</sup>
75	16	7,42 <sup>a</sup>	7,05 <sup>ab</sup>	7,46 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	3,83 <sup>ab</sup>
75	20	7,74 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>	7,33 <sup>a</sup>	7,55 <sup>a</sup>	4,22 <sup>a</sup>

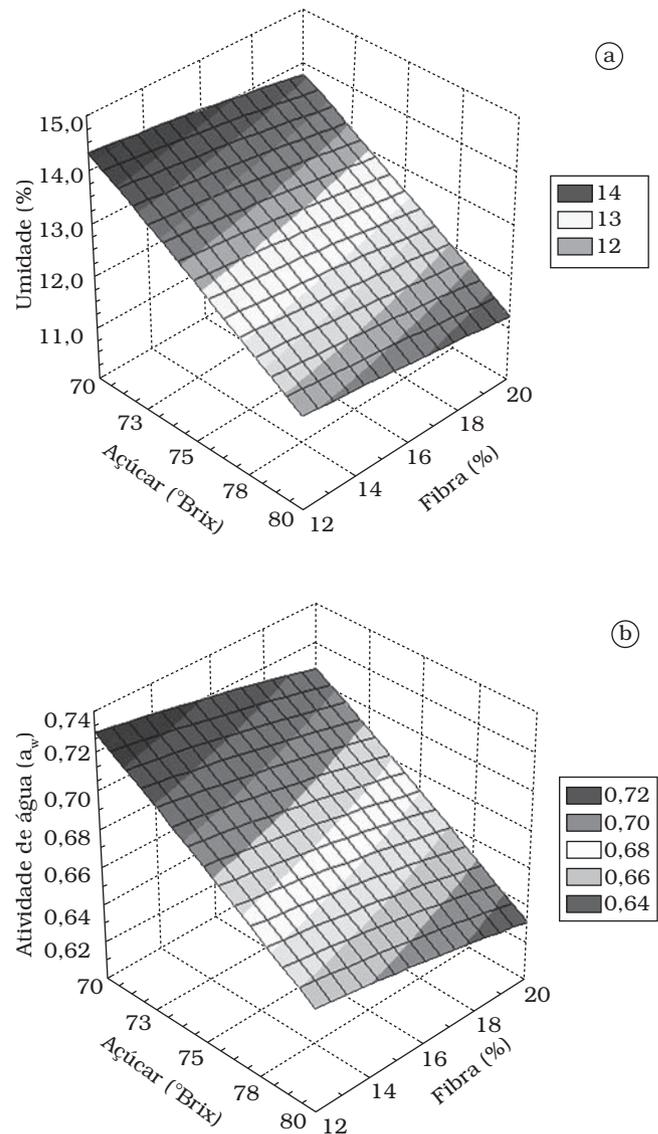
Letras minúsculas distintas na mesma coluna representam diferença significativa entre as médias submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3.3 Vida de prateleira

Os resultados das determinações de umidade e atividade de água ( $a_w$ ) após o período de 60 dias de armazenamento das barras de cereais à base de aveia estão apresentados na Tabela 6. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas estabeleceram-se os modelos de regressão, em nível de 5% de significância. Nos modelos completos eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados para umidade e  $a_w$  (Tabela 7). A adequabilidade dos modelos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que explicam entre 0,97 e 0,98 da variância total das respostas. Em razão destes resultados, os modelos podem ser usados para prever o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

A Figura 7 representa o diagrama de superfície correspondente aos modelos ajustados que estabelecem as variações de umidade e  $a_w$  em função da concentração de açúcar na calda e de fibra da formulação, sendo ambos os efeitos significativos (Tabela 7). Através dos resultados obtidos, observa-se que umidade e  $a_w$  aumentaram com as reduções de açúcar na calda e da concentração de fibra alimentar. A  $a_w$  indica a quantidade de água disponível para realizar o movimento molecular e suas transformações e promover o crescimento microbiano no produto<sup>36</sup>. A  $a_w$  das barras de cereais foi de 0,659 em média,

sendo verificado o maior valor no experimento 4 (0,702) e o menor n° 1 (0,598) (Tabela 6). Valores de atividade de água acima de 0,80 e 0,88 favorecem o desenvolvimento de bolores e leveduras, respectivamente<sup>18</sup>.



**Figura 7.** Efeito da concentração de açúcar na calda (°Brix) e de fibra alimentar da formulação na umidade (a) e atividade de água (b) de barras de cereais à base de aveia.

Nas barras de cereais armazenadas por 60 dias também foram realizadas avaliações microbiológicas quanto a bolores e leveduras, *Bacillus cereus*, coliformes totais e fecais. Os resultados obtidos mostraram que as barras de cereais encontram-se de acordo com a RDC n° 12 de janeiro de 2001<sup>7</sup>, sendo próprias para o consumo. Os resultados de bolores e leveduras e *Bacillus cereus* mostraram-se estáveis nas avaliações zero, 30 e 60 dias de armazenamento, provavelmente devido à baixa atividade de água dos produtos, não oferecendo condições para o desenvolvimento microbiano.

## 4 Conclusões

Os resultados permitem concluir que a aveia pode ser utilizada como ingrediente para a elaboração de barras de cereais por apresentar textura, sabor e aparência adequados, permitindo formular produtos à base de grãos integrais e com características de alimento rico em fibras.

As barras de cereais estudadas apresentaram valor reduzido de lipídios e valor calórico total e altos teores de fibras alimentares e  $\beta$ -glucanas, e em função dos ingredientes usados na formulação, permitiu-se obter produtos com baixo valor calórico.

O uso de aveia na formulação possibilita a produção de barras de cereais com alto teor de fibra alimentar e fontes de  $\beta$ -glucanas.

Os produtos desenvolvidos apresentam propriedades sensoriais agradáveis, similares às barras industrializadas, com maior aceitabilidade as de média concentração de açúcar na calda e altos teores de fibra alimentar.

As barras de cereais apresentam baixa atividade de água e atendem às especificações sanitárias, sendo microbiologicamente estáveis durante 60 dias de armazenamento.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), pelo auxílio financeiro. Aos programas Bic/Fapergs e Pibic/UPF, pelas bolsas de iniciação científica. Ao CNPq pela bolsa produtividade em pesquisa. Às empresas SL Cereais e Alimentos Ltda., Nat Cereais e Alimentos Ltda. e Rebière Gelatinas Ltda., pelo fornecimento de material experimental.

## Referências bibliográficas

1. AACC- American Association Cereal Chemists. **Approved methods**. 8. ed. Saint Paul, 1995.
2. AOAC- Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16. ed. Arlington: Washington, v. 1-2, 1997.
3. BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299 p.
4. BOX, G. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces**. New York: J. Wiley & Sons, 1987. 669 p.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais de Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 set. 2003, Seção I, p. 14.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre o regulamento técnico de rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 dez. 2003.
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução- RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**; Brasília, 10 jan. 2001.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre alimentos com alegações de propriedades funcionais devendo os valores atender a Resolução- RDC nº 27, de 13 de janeiro de 1998 quanto à informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**; Brasília, 13 jan. 2005.
9. BRITO, I. P et al. Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira. **Boletim Ceppa**, v. 22, n. 1, p. 35-50, 2004.
10. CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995.
11. CHARALAMPOPOULOS, D. et al. Application of cereals components in functional foods: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 79, n. 1, p. 131-141, 2002.
12. DA SILVA et al. Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*Rattus norvegicus*) Wistar<sup>1</sup>. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1321-1329, 2003.
13. DE FRANCISCO, A.; DE SÁ, R. M. B-glucanas: localização, propriedades e utilização. In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; DE PENNA, E.; DE MENEZES, E. W. (ed.). **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia y salud**. São Paulo: Varela, 2001.
14. DONGOWSKI, G. et al. Rheological behaviour of  $\beta$ -glucan preparations from oat products. **Food Chemistry**, v. 93, n. 2, p. 279-291, 2005.
15. ESCOBAR, B. A.; ESTÉVEZ, A. M.; TEPPER, A. L.; AGUAYO, M. R. Características nutricionales de barras de cereales y maní. **Archivos Latino Americanos de Nutricion**, v. 48, n. 2, p. 156-159, 1998.
16. ESTELLER, M. S. et al. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 602-607, 2004.
17. ESTEVEZ, A. M.; ESCOBAR, B.; VASQUEZ, E. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 47, n. 4, p. 309-317, 1995.
18. FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000. p. 19-110.
19. FROLICH, W.; NYMAN, M. Minerals, phytate and dietary fiber in different fractions of oat grain. **Journal of Cereal Science**, v. 7, n. 1, p. 73-82, 1988.
20. GUTKOSKI, L. C.; EL DASH, A. A. Avaliação de características físicas e químicas de frações de moagem de aveia. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 2, n. 1-2, p. 149-154, 1999.
21. GUTKOSKI, L.C.; TROMBETTA, C. Avaliação dos teores de fibra alimentar e de  $\beta$ -glicanas em cultivares em cultivares de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 387-390, 1999.
22. HEATON, K. W. Dietary fiber in the prevention and treatment of gastrointestinal disorders. In: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. (ed.) **Dietary Fiber: a component of food**. Stuttgart: Sring Verlag, 1992. p. 260-263.
23. IZZO, M. & NINESS, K. Formulating Nutrition Bars with Inulin and Oligofructose. **Cereal Foods World**, v. 46, n. 3, p. 102-105, 2001.
24. KWAK, N.S.; JUKES, D.J. Functional foods. **Food Control**, v. 12, n. 2, p.109-117, 2001.

25. MILLER, S.S.; FULCHER, R.G. Oat endosperm cell walls: II Hot-water solubilization and enzymatic digestion of the wall. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 5, p. 428-432, 1995.
26. MURPHY, P. Countlines and cereal bars. In: JACKSON, E. B.; **Sugar Confectionery Manufacture**. Cambridge: Chapman & Hall, 1995. Cap. 13, p. 287-297.
27. PEDÓ, I.; SGARBIERI, V. C. Caracterização química de cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 2, p. 78-83, 1997.
28. SKLIUTAS, A. R. **Estudo do desenvolvimento de barra dietética de cereais e goiaba desidratada pelo processo de osmose à vácuo com utilização de frutooligossacarídeo**. 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas.
29. SLAVIN, J. Whole grains and human health. **Nutrition Research Reviews**, v. 17, n. 2, 2004.
30. SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: statistics**. 5. ed. Cary, 1985. 956 p.
31. STONE, H.S.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1993.
32. WEBER, F. H.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa* L) da cultivar UPF 18. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 22, n. 1, p. 39-44, 2002.
33. WEBSTER, F. H. Oat utilization: past, present and future. In: WEBSTER, F. H. **Oat chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 413-426.
34. WOOD, P.J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1-3)(1-4)- $\beta$ -1-D-glucan. In: WOOD, P.J. **Oat bran**. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists Inc., 1993. p.83-112.
35. YOUNGS, V. L.; PETERSON, D. M.; BROWN, C. M. Oats. In: POMERANZ, Y. (ed.) **Advances in cereal science and technology**. Saint Paul: American Association Cereal Chemistry, 1982. v. 5, p. 49-105.
36. ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R.C.C.; RAUENMIGUEL, A.M. Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 1, p. 63-71, 2005.
37. ZARKADAS, C. G.; YU, Z.; BURROWS, V. Protein quality of three new canadian-developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. **Journal Agriculture of Food Chemistry**, v. 43, n. 2, p. 415-421, 1995.