



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BIOMASSA FIBROSA DO MILHO: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES**

**ALLINE EMANNUELE CHAVES RIBEIRO**

Orientador

**Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior**

Maio,2017

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

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

**1. Identificação do material bibliográfico:** [ ] Dissertação [X] Tese

### 2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: **Aline Emannuele Chaves Ribeiro**

Título do trabalho: **Biomassa fibrosa do milho: propriedades e aplicações**

### 3. Informação de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento [X] Sim [ ] Não<sup>1</sup>

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

Aline E. C. Ribeiro

Data: 14/06/2017.

Assinatura da autora<sup>2</sup>

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

Casos de embargo:

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

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**ALLINE EMANNUELE CHAVES RIBEIRO**

**BIOMASSA FIBROSA DO MILHO: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:

**Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior**

Co-orientador:

**Prof. Dr. Márcio Caliari**

Goiânia, GO – Brasil

2017

**Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)**  
**(GPT/BC/UFG)**

R484b Ribeiro, Aline Emannuele Chaves

Biomassa Fibrosa do Milho: Propriedades e Aplicações. / Aline Emannuele Chaves Ribeiro. – Goiânia, 2017.  
185 f.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior; Co-orientador: Prof. Dr. Márcio Caliarí.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás (UFG). Escola de Agronomia (EA), Goiânia, 2017.

Bibliografia. Apêndices.

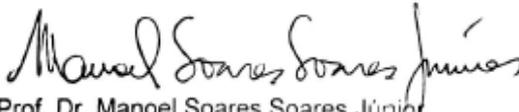
1. *Zea mays*. 2. Subprodutos. 3. Farinha de milho biju. 4. Fibra alimentar. 5. Alimentos Funcionais. I. Soares Júnior, Manoel Soares, orient. II. Título.

CDU: 631.15:664.6/.7

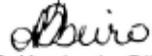


## ATA DE DEFESA DE TESE

Aos dezessete dias do mês de maio do ano de dois mil e dezessete (17.05.2017), às 08h30min, no Mini-auditório do PPGA, da Escola de Agronomia da UFV, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior - Orientador e Presidente da Banca, Prof. Dr. Jácomo Divino Borges, Dr<sup>a</sup>. Keyla de Oliveira Ribeiro, Prof. Dr. Gilberto Alexandre Soares Goulart e Dr<sup>a</sup>. Marina Costa Garcia, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: "**Biomassa Fibrosa do Milho: propriedades e aplicações**", de autoria de **Alline Emannuele Chaves Ribeiro**, discente do curso de **Doutorado**, na área de concentração em **Produção Vegetal**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Tese. Passou a palavra a doutoranda que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, a candidata foi arguida sequencialmente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFV, a Banca Examinadora considerou a Tese "**APROVADA**", com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTORA** em Agronomia, na área de concentração em **PRODUÇÃO VEGETAL**, pela Universidade Federal de Goiás. A doutoranda poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulou-se com a doutoranda e encerrou a sessão às 12h47min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

  
Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior  
Presidente da Banca - EA/UFV

  
Prof. Dr. Jácomo Divino Borges  
Membro - EA/UFV

  
Dr<sup>a</sup>. Keyla de Oliveira Ribeiro  
Membro - Autônoma

  
Prof. Dr. Gilberto Alexandre S. Goulart  
Membro - EA/UFV

  
Dr<sup>a</sup>. Marina Costa Garcia  
Membro - Pós-Doutoranda/EA

Aos meus pais, José Humberto e Vilma, amigos e familiares pelo incentivo, apoio, amor e afeto, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pela força e fé concedidas.

Aos meus pais, Vilma e José Humberto, pelo amor, estímulo, amparo e dedicação.

Aos meus familiares e amigos, pelo carinho e afeto. À querida amiga Aryane, pelo apoio constante, pela irmandade sincera e pelo incentivo diário. À Marina e à Keyla, pela amizade e pelo companheirismo; à Carol, pela ajuda.

Ao meu orientador, Manoel Soares Soares Júnior, e ao meu co-orientador, Márcio Caliarí, por terem me dado a oportunidade de realizar este trabalho e pela orientação e confiança.

Aos professores, pelos conhecimentos transmitidos; à equipe do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG, em especial ao secretário do programa, Welinton, pela ajuda e atenção prestadas.

À Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Goiás (FANUT), em especial à Camilla, pela atenção e prestatividade de sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pelo apoio financeiro.

À Caramuru Alimentos, pelo auxílio na realização da pesquisa, em especial ao Amorim, por sempre estar disponível a nos ajudar.

Ficam aqui registrados os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para mais essa conquista.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	10
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	12
<b>RESUMO GERAL</b> .....	16
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1 MILHO.....	20
2.2 INDUSTRIALIZAÇÃO DO MILHO.....	21
2.3 BIOMASSA FIBROSA DO MILHO.....	24
2.4 FIBRA ALIMENTAR.....	24
2.5 APLICAÇÃO DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	25
2.5.1 Biscoitos.....	27
2.5.2 Torradas.....	28
2.5.3 Barra de Cereais.....	29
<b>3 REFERÊNCIAS</b> .....	31
<b>4 BIOMASSA OBTIDA NO PROCESSAMENTO DA FARINHA DE MILHO E SEU POTENCIAL COMO NOVO INGREDIENTE</b> .....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
4.1 INTRODUÇÃO.....	38
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.2.1 Obtenção e preparo da matéria-prima.....	40
4.2.2 Composição química e valor energético total.....	40
4.2.3 Atividade de água, potencial hidrogeniônico, acidez titulável e atividade antioxidante.....	41
4.2.4 Parâmetros instrumentais de cor e granulometria.....	41
4.2.5 Infravermelho.....	42
4.2.6 Difractometria de raios-X e cristalinidade relativa.....	42
4.2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	42
4.2.8 Propriedades térmicas.....	42
4.2.9 Propriedades de pasta.....	43
4.2.10 Solubilidade em água e poder de inchamento.....	43
4.2.11 Análise microbiológica.....	44
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.3.1 Composição química e valor energético total.....	44
4.3.2 Atividade de água, potencial hidrogeniônico, acidez titulável e atividade antioxidante.....	46
4.3.3 Parâmetros instrumentais de cor e granulometria.....	47
4.3.4 Infravermelho.....	48

4.3.5	Difratometria de raios-X e cristalinidade relativa.....	49
4.3.6	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	50
4.3.7	Propriedades térmicas.....	51
4.3.8	Propriedades de pasta.....	52
4.3.9	Solubilidade em água e poder de inchamento.....	54
4.3.10	Análise microbiológica.....	55
4.4	CONCLUSÕES.....	56
4.5	REFERÊNCIAS.....	57
5	<b>QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BISCOITOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO PELA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO.....</b>	<b>63</b>
	RESUMO .....	63
	ABSTRACT .....	64
5.1	INTRODUÇÃO .....	64
5.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	66
5.2.1	Obtenção e preparo das matérias-primas.....	66
5.2.2	Processamento dos biscoitos.....	66
5.2.3	Características físico-químicas dos biscoitos.....	67
5.2.4	Risco microbiológico dos biscoitos.....	69
5.2.5	Aceitação sensorial dos biscoitos.....	69
5.2.6	Composição química e valor energético total do biscoito selecionado.....	70
5.2.7	Análise estatística.....	70
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	71
5.3.1	Características físico-químicas dos biscoitos.....	71
5.3.2	Risco microbiológico dos biscoitos.....	77
5.3.3	Aceitação sensorial dos biscoitos.....	77
5.3.4	Composição química e valor energético total do biscoito selecionado.....	79
5.4	CONCLUSÕES.....	81
5.5	REFERÊNCIAS.....	81
6	<b>QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE TORRADAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO PELA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO.....</b>	<b>86</b>
	RESUMO .....	86
	ABSTRACT .....	87
6.1	INTRODUÇÃO .....	87
6.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	89
6.2.1	Obtenção e preparo das matérias-primas.....	89
6.2.2	Processamento das torradas.....	89
6.2.3	Características físico-químicas das torradas.....	90
6.2.4	Risco microbiológico das torradas.....	91
6.2.5	Aceitação sensorial das torradas.....	92
6.2.6	Composição química e valor energético total das torradas selecionadas...	92
6.2.7	Análise estatística.....	93
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	93
6.3.1	Características físico-químicas das torradas.....	93
6.3.2	Risco microbiológico das torradas.....	101
6.3.3	Aceitação sensorial das torradas.....	101

6.3.4	<b>Composição química e valor energético total das torradas selecionadas...</b>	103
6.4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	106
6.5	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	106
<b>7</b>	<b>APLICAÇÃO DA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO EM BARRA DE CEREAIS</b> .....	110
	RESUMO .....	110
	ABSTRACT .....	111
7.1	INTRODUÇÃO .....	111
7.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	112
7.2.1	<b>Obtenção e preparo das matérias-primas</b> .....	112
7.2.2	<b>Formulação e processamento das barras de cereais</b> .....	113
7.2.3	<b>Características físico-químicas das barras de cereais</b> .....	115
7.2.4	<b>Análise microbiológica e aceitação sensorial</b> .....	116
7.2.5	<b>Composição química e valor energético total da formulação selecionada</b> .....	117
7.2.6	<b>Análise estatística e desejabilidade</b> .....	118
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	118
7.3.1	<b>Características físico-químicas das barras de cereais</b> .....	118
7.3.2	<b>Análise microbiológica e aceitação sensorial</b> .....	127
7.3.3	<b>Composição química e valor energético total da formulação selecionada</b> .....	130
7.4	CONCLUSÕES .....	132
7.5	REFERÊNCIAS .....	133
<b>8</b>	<b>VIDA ÚTIL DE BARRA DE CEREAIS ELABORADA COM FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO, FLOCOS DE ARROZ E DE AVEIA</b> .....	137
	RESUMO.....	137
	ABSTRACT .....	138
8.1	INTRODUÇÃO.....	138
8.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	140
8.2.1	<b>Obtenção e preparo da matéria-prima</b> .....	140
8.2.2	<b>Elaboração e armazenamento da barra de cereais</b> .....	140
8.2.3	<b>Estabilidade físico-química</b> .....	141
8.2.4	<b>Estabilidade microbiológica</b> .....	142
8.2.5	<b>Estabilidade sensorial</b> .....	143
8.2.6	<b>Estabilidade cinética</b> .....	143
8.2.7	<b>Análise estatística</b> .....	144
8.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	144
8.3.1	<b>Estabilidade físico-química</b> .....	144
8.3.2	<b>Estabilidade microbiológica</b> .....	153
8.3.3	<b>Estabilidade sensorial</b> .....	153
8.3.4	<b>Estabilidade cinética</b> .....	158
8.4	CONCLUSÕES.....	159
8.5	REFERÊNCIAS.....	159
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	163
	<b>APÊNDICES</b> .....	165

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1.	Composição química, valor energético total, atividade de água, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, atividade antioxidante e parâmetros instrumentais de cor da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	45
Tabela 4.2.	Índice de solubilidade em água e poder de inchamento da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), em diferentes temperaturas. ....	55
Tabela 4.3.	Análise microbiológica da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	55
Tabela 5.1.	Proporções dos ingredientes utilizados para a formulação dos biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	67
Tabela 5.2.	Umidade, índice de expansão (IE), volume específico (VE), dureza, saturação da cor (croma) e tonalidade cromática (ângulo Hue, H°) de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	71
Tabela 5.3.	Modelos matemáticos ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ e $R^2_{adj}$ ) e significância do modelo (p) de umidade, índice de expansão, volume específico, dureza, croma e ângulo Hue de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	71
Tabela 5.4.	Aceitação quanto aos atributos avaliados em biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .	77
Tabela 5.5.	Composição química e valor energético total do biscoito selecionado na aceitação sensorial: 20 g 100 g <sup>-1</sup> de farinha de trigo (FT) substituída pela farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	80
Tabela 6.1.	Proporções dos ingredientes utilizados para a formulação de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	90
Tabela 6.2.	Médias e desvios-padrão das propriedades físico-químicas de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	94
Tabela 6.3.	Modelos matemáticos ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ e $R^2_{adj}$ ) e significância do modelo (p) das propriedades físico-químicas de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	94
Tabela 6.4.	Aceitação quanto aos atributos sensoriais em torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .	101

Tabela 6.5.	Composição química e valor energético total das torradas selecionadas na aceitação sensorial: 5 e 15 g 100 g <sup>-1</sup> de farinha de trigo (FT) substituída pela farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	104
Tabela 7.1.	Delineamento Simplex ou de misturas para o estudo das propriedades das misturas de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV), em proporções dos ingredientes na mistura ternária em concentrações reais e em pseudocomponentes, nas formulações finais das barras de cereais. ....	114
Tabela 7.2.	Propriedades físicas de barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) e de duas barras comerciais. ....	119
Tabela 7.3.	Modelos ajustados, coeficiente de determinação ajustado, significância do modelo (p) e falta de ajuste do modelo (FA) para umidade, atividade de água, volume específico, dureza, saturação da cor e tonalidade cromática de barras de cereais elaboradas com diferentes teores de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV), em pseudocomponentes, $x_1$ , $x_2$ e $x_3$ , respectivamente. ....	119
Tabela 7.4.	Aceitação de barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV). .....	128
Tabela 7.5.	Composição química e valor energético total de duas barras de cereais comerciais da barra de cereais selecionada na aceitação sensorial (BC6) elaborada com farinha da biomassa fibrosa do milho (14 g 100 g <sup>-1</sup> ), flocos de arroz (8 g 100 g <sup>-1</sup> ) e flocos de aveia (8 g 100 g <sup>-1</sup> ), xarope de glicose de milho, mel, banana desidratada, amendoim torrado triturado, goma guar, essência de baunilha e lecitina de soja. ..	131
Tabela 8.1.	Umidade, atividade de água (Aw), potencial hidrogeniônico (pH), acidez total (AT), ureza, variação de cor ( $\Delta E$ ), croma e Ângulo hue de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g <sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAV), em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (dias). .....	145
Tabela 8.2.	Modelos ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$ e $R^2_{ajustado}$ ) e nível de significância das propriedades físico-químicas (y) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g <sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAV), em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (x). .....	146
Tabela 8.4.	Notas médias obtidas no teste de aceitação da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g <sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAV) em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (dias). .....	154
Tabela 8.5.	Energia de ativação (Ea), coeficiente de temperatura ( $Q_{10}$ ) e vida útil (a 25 e 35 °C) dos atributos sensoriais da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g <sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g <sup>-1</sup> de FAV)... ..	158

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Estrutura do grão de milho ( <i>Zea mays</i> L.). .....	21
Figura 2.2.	Fluxograma da moagem do milho ( <i>Zea mays</i> L.) por via seca. ....	22
Figura 2.3.	Fluxograma do processo para obtenção da farinha de milho “biju”. ....	23
Figura 4.1.	Curva obtida por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	48
Figura 4.2.	Curva de difratometria de raios-X da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	49
Figura 4.3.	Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), com aumento de 100x (A), 300x (B), 1500x (C) e 5000 (D). ....	50
Figura 4.4.	Curva obtida por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), em cápsula de alumínio hermética. ....	51
Figura 4.5.	Perfil de viscosidade da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	53
Figura 5.1.	Unidade de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	72
Figura 5.2.	Índice de expansão de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	73
Figura 5.3.	Volume específico de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	74
Figura 5.4.	Dureza de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	75
Figura 5.5.	Ângulo Hue de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	75
Figura 5.6.	Croma de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	76
Figura 5.7.	Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados em biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	79
Figura 6.1.	Área de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	95
Figura 6.2.	Volume específico de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). ....	95

Figura 6.3.	Umidade de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	96
Figura 6.4.	Dureza de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	97
Figura 6.5.	Luminosidade da casca (A) e do miolo (B) de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	98
Figura 6.6.	Tonalidade da casca (A) e do miolo (B) de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).. .....	99
Figura 6.7.	Saturação da cor da casca (A) e do miolo (B), de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	100
Figura 6.8.	Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados em torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM). .....	103
Figura 7.1.	Umidade das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	120
Figura 7.2.	Atividade de água (aw) das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	121
Figura 7.3.	Volume específico das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	122
Figura 7.4.	Dureza das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	123
Figura 7.5.	Croma das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	125
Figura 7.6.	Ângulo Hue das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes. ....	126
Figura 7.7.	Diagrama de desejabilidade das barras de cereais elaboradas com diferentes níveis de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia, em pseudocomponentes, em relação à umidade, à atividade de água, ao volume específico, à dureza, croma e ângulo Hue. ....	127
Figura 7.8.	Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados para as barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV). .....	129

Figura 7.9.	Intenção de compra (%) de barras de cereais formuladas com diferentes concentrações de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV). .....	130
Figura 8.1.	Umidade ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	147
Figura 8.2.	Atividade de água de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	149
Figura 8.3.	Potencial hidrogeniônico (pH) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	149
Figura 8.4.	Acidez total ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	150
Figura 8.5.	Dureza (N) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	151
Figura 8.6.	Varição de cor de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	151
Figura 8.7.	Croma de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	152
Figura 8.8.	Ângulo Hue (°) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). .....	152
Figura 8.9.	Índice de aceitabilidade da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 25 °C em função do tempo de armazenamento (dias). ..	155
Figura 8.10.	Índice de aceitabilidade da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FBFM, $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAR e $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de FAV), e armazenada a 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias). ..	156

- Figura 8.11. Intenção de compra (%) da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias), referente às respostas “Certamente compraria” e “Possivelmente compraria”. ..... 157
- Figura 8.12. Intenção de compra (%) da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias), referente às respostas “Possivelmente não compraria” e “Certamente não compraria”. ..... 157

## RESUMO GERAL

RIBEIRO, A. E. C. **Biomassa fibrosa do milho: propriedades e aplicações**. 2017. 185 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

O presente estudo teve por objetivo verificar a viabilidade física, química e microbiológica da farinha advinda de biomassa fibrosa do milho (FBFM) do processamento da farinha de milho tipo “biju”, como novo ingrediente alimentício; avaliar a viabilidade nutricional e tecnológica de biscoitos, torradas e barra de cereais produzidos com FBFM, por meio da avaliação das suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais; e analisar a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial da barra de cereais selecionada como a melhor na análise sensorial. A biomassa fibrosa do milho, obtida no processamento da farinha de milho tipo “biju” pode ser recomendada para utilização como novo ingrediente em produtos alimentícios, pois não apresenta risco microbiológico, e possui elevado valor nutricional e funcional, principalmente por ser rica em fibras alimentares, sobretudo insolúveis, e possuir alta capacidade antioxidante. A produção de biscoitos e de torradas a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) por FBFM mostra-se nutricional e tecnologicamente viável, pois as amostras avaliadas não possuem risco microbiológico; têm boa aceitação sensorial; e são fonte de proteína e rico em fibras alimentares, principalmente insolúveis. A utilização da FBFM em barras de cereais é viável do ponto de vista tecnológico e nutricional. A formulação BC6 (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia) apresentou segurança alimentar e melhor perfil sensorial, e pode ser classificada como um alimento rico em fibras e fonte proteica, com elevado apelo nutricional e funcional. A temperatura e o tempo de armazenamento influenciam as características físico-químicas e sensoriais da barra de cereais mantidas a 25 e 35 °C, por 180 dias. Os parâmetros sensoriais (aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global) e a intenção de compra da BC foram mais estáveis ao longo do tempo para a barra de cereais armazenada a 25 °C. A vida útil da barra de cereais foi estimada em aproximadamente 153 dias quando mantida a 25 °C, e 87 dias quando armazenada a 35 °C.

*Palavras-chave:* *Zea mays*; subproduto; fibra alimentar; alimentos funcionais.

## GENERAL ABSTRACT

RIBEIRO, A. E. C. **Fibrous biomass of maize: properties and applications**. 2017. 185 f. Thesis (Ph.D. in Agronomy: Plant Production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

The aim of the present study was to verify the physical, chemical and microbiological viability of the flour derived from fibrous biomass of maize (FBMF) from the processing of maize flour “biju” type as a new food ingredient; to evaluate the nutritional and technological viability of biscuits, toast and cereal bar produced with the FBMF, by means of the evaluation of its physicochemical, microbiological and sensorial characteristics; and analyze the physicalchemical, microbiological and sensory stabilities of the cereal bar selected as the best in sensory analysis. The fibrous biomass of maize (FBM), obtained in the processing of maize flour “biju” type can be recommended for use as a new ingredient in food products, because it presents no microbiological risk; and it has high nutritional and functional value, mainly because it is rich in dietary fibers, mainly insoluble, and possess high antioxidant capacity. The production of biscuits and toast from the partial replacement of wheat flour (WF) by fibrous biomass of maize flour (FBMF) is nutritionally and technologically viable, since the evaluated samples do not present microbiological risk; have good sensory acceptance; and are source of protein and rich in insoluble dietary fibers. The utilization of the FBMF in cereal bars (CBs) is feasible from technological and nutritional point of view. The formulation CB6 (14 g 100 g<sup>-1</sup> FBMF, 8 g 100 g<sup>-1</sup> of rice flakes and 8 g 100 g<sup>-1</sup> of oat flakes) presented food safety and better sensory profile, and can be classified as a food rich in dietary fiber and protein source, with high nutritional and functional appeal. The temperature and time influence the physicalchemical and sensorial characteristics of the cereal bar stored at 25 and 35 °C for 180 days. Sensory parameters (appearance, color, aroma, texture, taste and overall impression) and intent to purchase of CB were more stable over time for the cereal bar stored at 25 °C. Shelf life of the cereal bar was estimated to be approximately 153 days when maintained at 25 °C, and 87 days when stored at 35 °C.

*Keywords:* *Zea mays*; by-product; dietary fiber; functional foods.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A agroindústria representa um importante papel na geração de empregos e no desenvolvimento da economia, entretanto, a intensa atividade agroindustrial pode gerar graves problemas ambientais devido ao descarte inadequado de resíduos e subprodutos resultantes das partes não processadas das matérias-primas. Muitas vezes, esses resíduos e subprodutos não possuem destino específico, e acabam se tornando contaminantes ambientais (Infante et al., 2013).

As preocupações econômicas e ambientais do segmento agroindustrial e as dificuldades encontradas no manejo dos resíduos têm incentivado a viabilização de projetos que buscam a sustentabilidade. As principais opções para solucionar o problema dos resíduos e subprodutos agroindustriais incluem o reprocessamento, a reciclagem, a incineração, a compostagem, a substituição à adubação mineral na produção agrícola e a reutilização como ingredientes ou aditivos pelas indústrias de processamento de alimentos para humanos e para animais. O aproveitamento de resíduos advindos das atividades agroindustriais vem sendo considerado como uma maneira eficaz para agregar valor aos mesmos, quando empregada tecnologia adequada, além de minimizar o impacto ambiental e as perdas, pois esses podem ser aplicados em vários segmentos da indústria (Magalhães et al., 2014).

A cultura do milho (*Zea mays* L.) ocupa uma posição relevante na economia global. Cerca de 70 a 85% da produção mundial é destinada à alimentação animal. No Brasil, 4% do milho produzido são consumidos diretamente pela população e 10% são processados pelas indústrias alimentícias, que a partir dos processos de moagem seca ou úmida, geram diversos produtos, como amidos nativo e modificados, farinhas, canjica, flocos de milho, óleo, xarope (Castro et al., 2011).

O grão de milho é composto por ponta, endosperma, gérmen e pericarpo, cujas estruturas se diferem em relação à composição química e podem ser separadas a partir de processos industriais. Durante o processamento do milho por moagem seca, é realizada a separação mecânica do pericarpo, do endosperma e do gérmen (Froes et al., 2012).

A biomassa fibrosa do milho (BFM), constituída predominantemente pelo pericarpo do grão, é considerada um resíduo oriundo do processamento do milho e obtida durante a produção da farinha de milho tipo “biju”, e é composta principalmente por fibras alimentares. Este resíduo ainda é pouco utilizado e valorizado, dessa forma, o uso deste resíduo para fins de alimentação humana torna-se uma alternativa interessante para agregar valor a esta matéria-prima ainda pouco explorada, e ainda melhorar a qualidade funcional e nutricional de alguns produtos alimentícios industrializados, devido à incorporação de fibras. Para isso, é fundamental que sejam examinadas as propriedades físicas, químicas e microbiológicas da BFM, a fim de garantir a qualidade nutricional e funcional, e também a segurança alimentar dos consumidores.

A demanda por alimentos nutritivos e seguros é crescente mundialmente, e a ingestão de alimentos balanceados é uma maneira viável para evitar ou corrigir problemas de saúde, como obesidade, desnutrição, cardiopatias, entre outras que têm origem, em grande parte, nos erros alimentares (Castro et al., 2011).

A busca por produtos alimentícios práticos, como biscoitos, torradas e barras de cereais, tem se evidenciado cada vez mais no mercado. Entretanto, nem sempre produtos aliados à praticidade e à alimentação saudável estão prontamente disponíveis ao consumidor. Dessa forma, o desenvolvimento de novos produtos a partir da substituição parcial de alguns ingredientes pela farinha da BFM é uma alternativa tecnológica eficaz, capaz de atender às exigências dos consumidores e proporcionar benefícios à saúde humana.

As perdas econômicas e os problemas ambientais gerados pelo descarte de resíduos oriundos do processamento da farinha de milho “tipo biju” motivou a empresa Caramuru Alimentos S/A a fazer parceria a fim de buscar informações que pudessem agregar valor e solucionar o destino da biomassa fibrosa do milho gerada em suas instalações industriais de Itumbiara – GO.

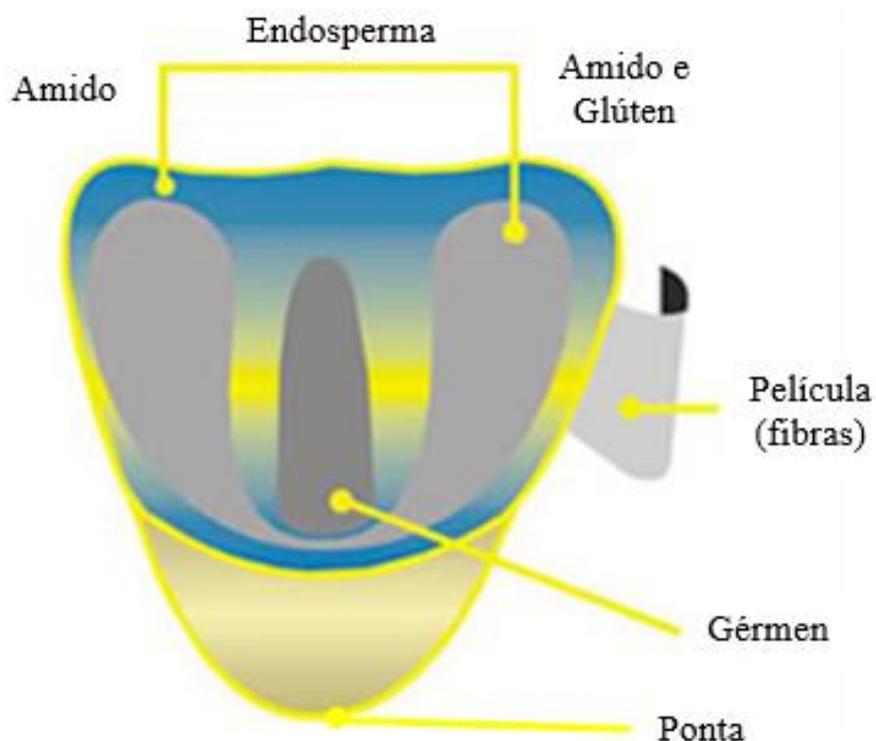
O presente estudo teve por objetivo verificar a viabilidade física, química e microbiológica da farinha advinda de biomassa fibrosa do milho (FBFM) do processamento da farinha de milho tipo “biju”, como novo ingrediente alimentício; avaliar a viabilidade nutricional e tecnológica de biscoitos, torradas e barra de cereais produzidos com FBFM, por meio da avaliação das suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais; e analisar a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial da barra de cereais selecionada como a melhor na análise sensorial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MILHO

Em nível mundial, o milho é o cereal com maior representatividade em volume de produção (cerca de 1,04 bilhões de toneladas), com 36,9%, seguido do arroz com 26,3% e do trigo com 25,9%. Estados Unidos da América, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores de milho, produzindo, respectivamente, 34,8%; 20,8%; 7,7% e 3,2% (FAO, 2014). O milho é uma das mais importantes fontes alimentares da população brasileira. No Brasil, apenas 2% do milho ofertado (aproximadamente 0,1 milhões de toneladas) é destinado ao consumo humano, enquanto que cerca de 51% e 7% são destinados ao consumo animal e industrial, respectivamente (Abimilho, 2016).

O grão de milho é constituído de pericarpo (casca), endosperma, gérmen (embrião) e ponta (Figura 2.1). Como ocorre na maioria dos cereais, os nutrientes estão distribuídos de forma heterogênea entre as diferentes partes do grão. Assim, a composição dos produtos derivados do milho depende de qual parte do grão o produto provém (Castro et al., 2011). O endosperma representa, aproximadamente, 83 g 100 g<sup>-1</sup> do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88 g 100 g<sup>-1</sup>), organizado na forma de grânulos. No endosperma estão também presentes as proteínas de reserva (8 g 100 g<sup>-1</sup>) do tipo prolaminas. O gérmen representa 11 g 100 g<sup>-1</sup> do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídios (83 g 100 g<sup>-1</sup>) e dos minerais (78 g 100 g<sup>-1</sup>), além de conter quantidades importantes de proteína (26 g 100 g<sup>-1</sup>) e açúcares (70 g 100 g<sup>-1</sup>). O pericarpo representa, em média, 5 g 100 g<sup>-1</sup> do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67 g 100 g<sup>-1</sup>) e celulose (23 g 100 g<sup>-1</sup>), embora também contenha lignina (0,1 g 100 g<sup>-1</sup>). A ponta é a menor estrutura, 2 g 100 g<sup>-1</sup> do grão, e é responsável pela fixação e conexão do grão ao sabugo, sendo a única área do grão não coberta pelo pericarpo. Sua composição é essencialmente de material lignocelulósico (Paes, 2006).



**Figura 2.1.** Estrutura do grão de milho (*Zea mays* L.) (Fonte: Abimilho, 2016, adaptado).

O milho também é constituído de carboidratos, proteínas, vitaminas, sais minerais (ferro, fósforo, potássio, cálcio). Cada 100 gramas de milho tem cerca de 360 kcal, sendo 70% de glicídios, 10% de protídeos e 4,5% de lipídios (Abimilho, 2016).

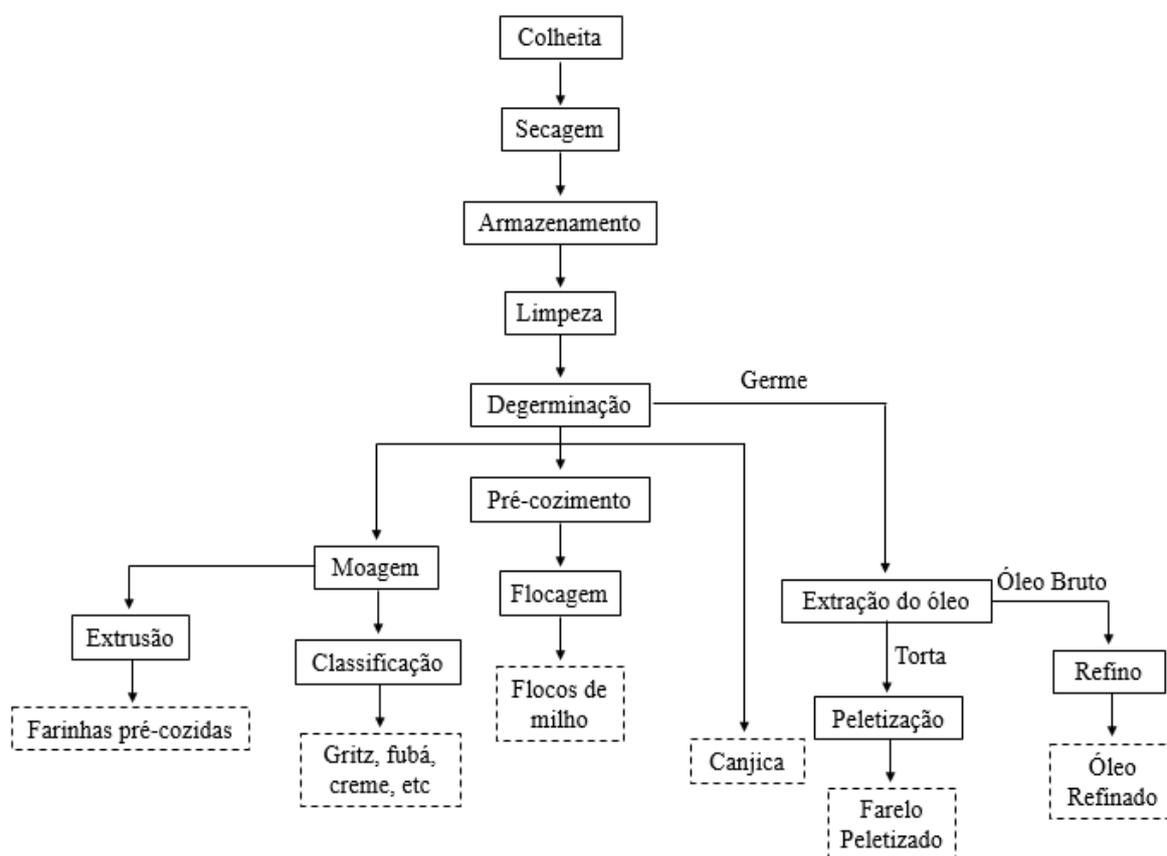
## 2.2 INDUSTRIALIZAÇÃO DO MILHO

A industrialização do grão do milho origina uma ampla série de ingredientes destinados aos mais variados segmentos industriais, tais como o de alimentação animal e humana, o têxtil, farmacêutico e químico (Meneghetti & Domingues, 2008). A versatilidade do milho para o aproveitamento na alimentação humana é grande, constituindo excelente complemento alimentar, "in natura" ou em forma de farinha de milho, fubá, canjica, polenta, cuscuz. O milho ainda pode servir como componente para a fabricação de balas, biscoitos, pães, chocolates, geleias, sorvetes, maionese e até cerveja (Abimilho, 2016).

A industrialização do milho pode ocorrer via dois processos: por moagem úmida e moagem seca, em que o último é o mais empregado no Brasil devido, principalmente, à baixa tecnologia empregada e à simplicidade do processo, sendo

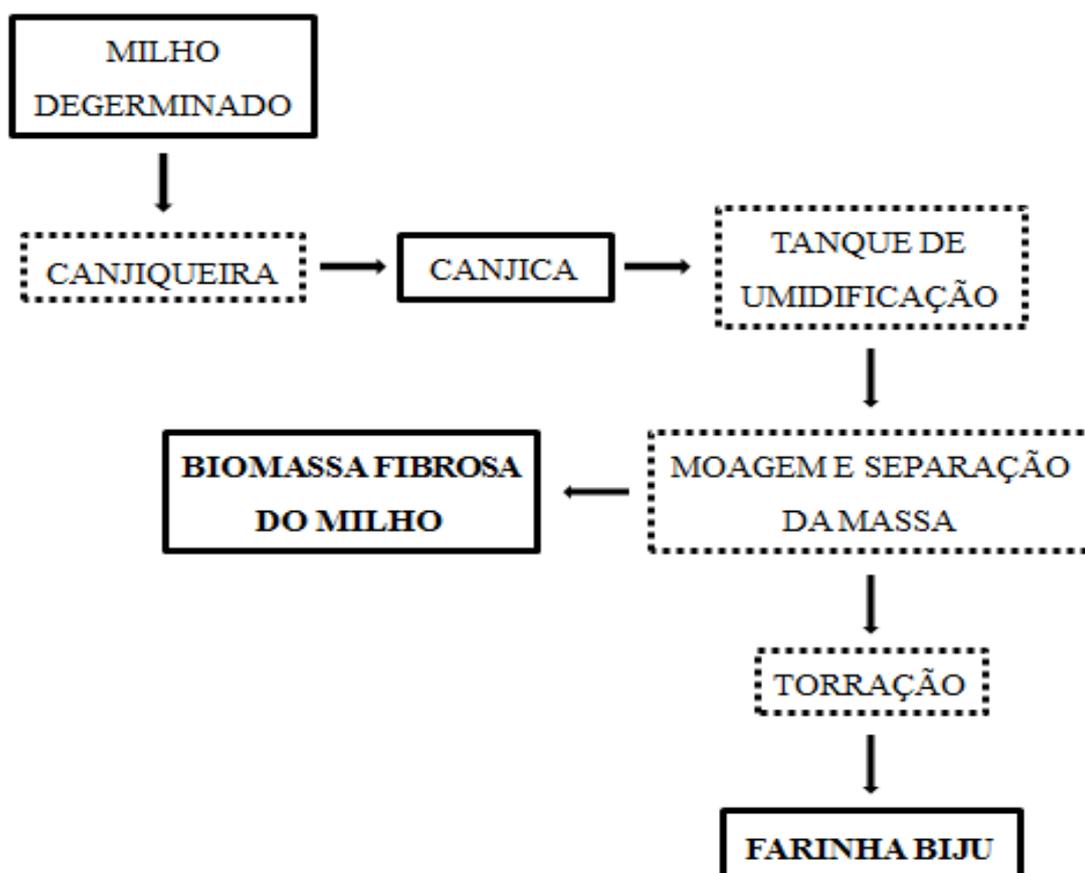
praticado geralmente por indústrias de pequeno porte. Por outro lado, o processamento de moagem por via úmida, por ser considerado um procedimento mais complexo e que exige mais tecnologia e investimento, costuma ser praticado por indústrias de grande porte (Garcia et al., 2006).

Segundo a Abimilho (2016), no Brasil, do total de milho destinado às indústrias alimentícias no ano de 2013, 2,2 milhões de toneladas foram destinados ao processamento por moagem seca e 2,4 milhões de toneladas, por moagem úmida. Na moagem a seco, o milho, após a limpeza e secagem, é degerminado, e fracionado em endosperma mais pericarpo e gérmen. Em seguida, o endosperma passa por um processo de moagem e classificação, resultando em produtos como a canjica, fubá, grits, farinhas pré-cozidas, flocos, entre outros, classificados de acordo com a granulometria obtida em função da finalidade à qual o produto se destina, enquanto que o gérmen passa pelo processo de extração para a obtenção do óleo (Nascimento, 2015). O fluxograma da moagem do milho por via seca é mostrado na Figura 2.2.



**Figura 2.2** Fluxograma da moagem do milho (*Zea mays* L.) por via seca. (Fonte: Nascimento, 2015).

O pericarpo, que representa cerca de 5% do peso total do grão, reveste o endosperma e é separado deste por meio de peneiras, originando um resíduo farináceo. O pericarpo é composto essencialmente por hemicelulose (67%), celulose (23%) e lignina (0,1%), podendo-se denominar esse resíduo como biomassa fibrosa do milho (BFM), (Meneghetti & Domingues, 2008; Paes, 2006; Moraes, 2009, Oliveira Júnior et al., 2014). Da canjica degerminada se obtêm a farinha “biju”, cujo processamento resulta na geração do BFM (Figura 2.3). Dentre as indústrias que utilizam o milho como matéria-prima para a produção da farinha de milho tipo “biju”, encontram-se aquelas de alta tecnologia, onde se explora o máximo potencial dos grãos. Em outras, geralmente menores, entretanto, aplicam tecnologias já ultrapassadas, as quais geram ainda maiores quantidades de resíduos (Alessi et al., 2003). As instituições de pesquisa, em parcerias com as agroindústrias, estão se tornando criadoras e difusoras de tecnologias e processos adequados para tratamento e aproveitamento dos resíduos (Pelizer et al., 2007).



**Figura 2.3.** Fluxograma do processo para obtenção da farinha de milho “biju” (Fonte: Alessi et al., 2003, adaptado).

### 2.3 BIOMASSA FIBROSA DO MILHO

A biomassa fibrosa do milho (BFM), obtida no processamento da farinha de milho “biju”, é proveniente da moagem a seco do grão. A BFM, predominantemente composta pelo pericarpo do grão de milho e rica em fibras alimentares (maior parte insolúveis), é considerada um resíduo, sendo descartada, muitas vezes, de maneira inadequada. Algumas indústrias alimentícias têm se preocupado com o aproveitamento de resíduos resultantes de seus processos de fabricação, e buscado produzir alimentos cada vez mais nutritivos e de forma sustentável (Azevedo et al., 2011; Oliveira Júnior et al., 2014).

A BFM apresenta grande importância para a indústria de alimentos na Europa e na América do Norte, como fonte de fibra alimentar, entretanto, neste caso, a BFM é obtida via moagem úmida (Moraes, 2009). Dessa forma, é fundamental que sejam estudadas as características físicas, químicas, funcionais, fisiológicas e microbiológicas da BFM obtida por via seca, e também sobre sua aplicabilidade na alimentação humana.

A BFM também tem sido utilizada como subproduto para complementação em ração animal, no entanto, seu uso ainda é inexpressivo quando se refere à alimentação humana (Alessi et al., 2003).

As elevadas concentrações de fibras alimentares presentes na BFM a torna potencialmente adequada para seu aproveitamento como ingrediente em formulações de produtos alimentícios saudáveis, com elevado teor de fibra alimentar.

### 2.4 FIBRA ALIMENTAR

O termo fibra alimentar foi usado em 1953 por Hipsley, para indicar os constituintes não digeríveis que compõem a parede celular da planta. Entretanto, essa definição tem evoluído e já existem várias versões diferentes (Maćkowiak et al., 2016). De modo geral, as fibras alimentares correspondem à parte comestível de plantas ou análogos de carboidratos que são resistentes à digestão e absorção pelo intestino delgado humano (ADA, 2008). No entanto, o *Condex Committe on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* define fibra alimentar como sendo polímeros de carboidratos com mais de dez unidades monoméricas que não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas no intestino delgado humano (Moraes, 2009).

A fibra alimentar é um componente importante para uma dieta saudável, pois possui diversas funções fisiológicas que contribuem para a redução dos níveis de colesterol e de glicose no sangue, e também para a prevenção da constipação e manutenção da boa saúde do cólon, sendo consideradas como fatores protetores contra diversas doenças. Uma baixa ingestão de fibra alimentar tem sido associada a doenças gastrointestinais, cardiovasculares e metabólicas (Almeida et al., 2013, Agbaje et al., 2016).

As fibras alimentares são classificadas quanto à solubilidade em água, sendo divididas em solúveis e insolúveis. Esta classificação está relacionada com as propriedades físico-químicas e os efeitos nutricionais de cada uma, portanto, está associada à sua ação no organismo, pois os efeitos fisiológicos da fibra alimentar solúvel são diferentes dos efeitos da fibra alimentar insolúvel (Elleuch et al., 2011).

A fibra alimentar solúvel consiste de pectinas, beta-glicanas, gomas e mucilagens. Essa retém água, formando um gel no lúmen intestinal, que atua na redução da absorção dos lipídios dietéticos, redução da hiperglicemia, aumento da excreção fecal dos ácidos biliares e de esteróides neutros, aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta, devido à sua fermentação pelas bactérias do cólon, e diminuição da porcentagem de ácidos biliares primários na bile. Dessa forma, a fibra alimentar solúvel retarda o esvaziamento gástrico, e a absorção da glicose e de lipídios, reduzindo o colesterol sanguíneo e a glicemia; e ainda apresenta efeito prebiótico ao ser metabolizada quando alcança o intestino grosso (Figueiredo et al., 2009)

Os componentes insolúveis das fibras são a lignina, a celulose e as hemiceluloses. A fibra alimentar insolúvel acelera o trânsito intestinal, contribuindo para a redução do risco de doenças do trato gastrointestinal. São caracterizadas pela sua capacidade de aumentar o volume fecal e diminuir o trânsito intestinal, consequentemente, reduzindo o tempo de contato do intestino grosso com substâncias cancerígenas, e o índice de câncer de cólon (Roberfroid et al., 2010). A fração de hemicelulose presente na fibra alimentar insolúvel pode auxiliar na absorção de íons metálicos devido à formação de ligações com grupos carboxílicos e/ou grupos hidroxila (Oliveira Júnior et al., 2014).

## 2.5 APLICAÇÃO DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

A utilização de subprodutos agroindustriais como fonte de fibras em produtos alimentícios tem sido bastante explorada, pois, além de aumentar os valores nutricionais e

funcional dos alimentos de maneira sustentável, ainda diminui os custos de produção, minimiza os impactos ambientais por descarte inadequado e agrega valor aos subprodutos oriundos do processamento das matérias-primas (Paiva et al., 2012). Aplicações viáveis e econômicas para os resíduos, incluindo os ricos em fibras, devem ser investigadas. Preferencialmente, estes devem ser usados como matéria-prima para um novo produto, constituindo uma segunda transformação (Reis et al., 2014).

A indústria busca desenvolver novos ingredientes que possam atender às demandas do mercado consumidor, que procura por produtos com qualidade sensorial e nutricional, e que proporcionem benefícios à saúde. Para a indústria isso pode ser um desafio, visto que, precisam inovar e desenvolver produtos que antecipem as necessidades do consumidor a fim de surpreendê-lo e conquistar o mercado à frente da concorrência. Portanto, o desenvolvimento de novos produtos está estreitamente relacionado com as necessidades e tendências do mercado. Os consumidores tendem a se tornar mais seletivos e exigentes na escolha das marcas à sua disposição. No desenvolvimento de novos produtos, é fundamental que parâmetros, como a forma, a cor, a aparência, o sabor, a textura e a consistência, bem como a interação de diferentes componentes, sejam otimizados, a fim de que atinja um equilíbrio completo, que resulte em excelente qualidade e boa aceitabilidade. Estes novos alimentos devem ser agradáveis ao consumidor, sendo estes aspectos resultantes da interação de diferentes parâmetros de qualidade sensorial (Srebernich et al., 2016).

Na alimentação humana diária normalmente são ingeridas mistura de fibras alimentares solúveis e insolúveis. Os cereais são a principal fonte de celulose, lignina e hemiceluloses, enquanto que frutas e hortaliças são as principais fontes de pectina, gomas e mucilagem. Os resíduos de cereais, e de frutas e hortaliças, gerados em grande quantidade na agroindústria, podem ser recuperados e utilizados como subprodutos de valor agregado, pois além de fornecer fibra alimentar, ainda podem fornecer compostos bioativos como polifenóis e óleos essenciais, proporcionando benefícios econômicos para a indústria (Elleuch et al., 2011).

Do ponto de vista público, a recomendação do consumo de quantidades adequadas de fibra alimentar é muito importante, e os benefícios à saúde pelo consumo dessas fibras devem ser ativamente comunicados. Pois, para o consumidor típico, informações sobre calorias, gordura e sódio é mais importante do que o conteúdo de fibra,

o que torna necessário o incentivo da educação nutricional dos mesmos (Maćkowiak et al., 2016).

A suplementação com fibra alimentar pode resultar em alimentos que promovam a aceitação do consumidor e que possuam baixos teores calóricos. Para um adulto, o consumo diário médio de fibra alimentar deve ser de 25 g por dia para as mulheres com menos de cinquenta anos, de 21 g por dia para as mulheres com mais de cinquenta anos; de 38 g por dia para homens com menos de cinquenta anos e de 30 g por dia para homens com mais de cinquenta anos (Elleuch et al., 2011).

Desde meados da década de 1970, o interesse pelo papel das fibras alimentares na saúde e na nutrição levou a uma ampla gama de pesquisas e recebeu considerável atenção pública (Elleuch et al., 2011). O aumento no consumo de alimentos *fitness e slow foods* evidencia uma tendência de mudança no estilo de vida da população, sendo observada uma crescente preocupação com a alimentação mais saudável. Dessa forma, em decorrência das propriedades funcionais das fibras alimentares, os incentivos para o desenvolvimento e comercialização de produtos com maior teor deste nutriente têm se intensificado, e as indústrias tendem a diversificar a variedade de produtos e a produzir alimentos mais nutritivos e funcionais (Colli et al., 2005; Sampaio et al., 2010). Com isso, produtos de panificação e lanches rápidos contendo fibras alimentares, como biscoitos, torradas e barra de cereais, têm sido evidenciados no mercado alimentício.

### **2.5.1 Biscoitos**

Biscoitos, embora não constituam um alimento básico como o pão, são os produtos de panificação mais populares do mundo, consumidos por quase todas as classes sociais, e são bem aceitos por pessoas de qualquer idade, sobretudo entre as crianças. Isso se deve principalmente ao fato de ser um produto pronto para o consumo, além de possuir custo acessível e grande variedade de formas, tamanhos, tipos e sabores. A crescente procura pela melhoria na qualidade da dieta tem incentivado as indústrias alimentícias a buscar formulações de biscoitos mais nutritivos, fortificados, principalmente, com fibras e/ou proteína (Fasolin et al., 2007; Rao et al., 2016).

Segundo levantamento feito em 2015, o Brasil foi considerado o terceiro maior produtor mundial de biscoitos, com 1,2 milhão de toneladas, sendo superado apenas pelos

Estados Unidos da América (2,4 milhões de toneladas) e Índia (1,9 milhão de toneladas) (Abimapi, 2017).

O biscoito é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, amidos, féculas, fermentadas ou não, e outras substâncias alimentícias. Os principais ingredientes utilizados na fabricação de biscoitos são: farinha, açúcar, gordura, água e sal. Outros ingredientes secundários, como fermento em pó, leite desnatado, emulsionante, entre outros, podem ser misturados à massa do biscoito. A natureza e a quantidade de todos os ingredientes utilizados é que determina a qualidade final do biscoito (Mamat et al., 2010; Zuniga et al., 2011).

A longa vida útil dos biscoitos, e sua praticidade em relação à produção, comercialização e ao consumo permite que sejam amplamente produzidos e distribuídos. Produtos com essas características, aliado à sua enorme diversidade, apresentam-se como um bom veículo para o estudo de diferentes formulações, seja por razões econômicas ou nutricionais (Feddern et al., 2011; Tavares et al., 2016).

### **2.5.2 Torradas**

Os produtos de panificação, incluindo o pão, são alimentos compostos basicamente por carboidratos, fibras, proteínas, lipídios, minerais e vitaminas em proporções variadas e com diferentes características físicas e estruturais (Soukoulis et al., 2014). O pão é um dos produtos alimentícios mais antigos e representa um alimento básico em muitas partes do mundo. Essa popularidade se deve, principalmente, ao sabor, preço e à disponibilidade junto a diversos setores do comércio. O pão pode ser descrito como um produto de panificação produzido com farinha de cereais, principalmente o trigo, água, levedura e sal; e obtido a partir de uma série de processos envolvendo mistura, amassamento, modelagem, fermentação e cozimento (Baba et al., 2015; Notarnicola et al., 2017).

Os panificados têm como base da matéria-prima a farinha, sendo que várias farinhas podem ser misturadas à farinha de trigo para uso na panificação, denominando-se essa mistura de farinha mista ou composta (Borges et al., 2013). A utilização de farinhas mistas na indústria da panificação tem como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo, visando à melhoria da qualidade nutricional dos produtos elaborados, assim como o

suprimento das necessidades dos consumidores por produtos diversificados (Borges et al., 2006).

A torrada é um produto obtido a partir do pão fatiado e, obrigatoriamente, torrado. No mercado são encontradas torradas salgada, doce, integral, *light*, dentre outras formulações. Estas possuem a vantagem de ter prazo de validade extenso, em torno de um ano (Senai, 2009; Zimmermann, 2009).

O pão pode ser enriquecido com subprodutos que contenham concentrações significativas de fibra alimentar ou outros constituintes capazes de oferecer substâncias úteis para consumo humano e proporcionar propriedades benéficas à saúde do consumidor. A quantidade e a qualidade das fibras adicionadas são fatores relevantes na produção visto que podem alterar o produto final quanto a suas características físicas, químicas e sensoriais (Bowles & Demiate, 2006; Baba et al., 2015). A realização de estudos para determinar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo no processamento e na qualidade de pães torna-se muito importante na compreensão dos mecanismos pelos quais seus constituintes interferem nas características do produto, de maneira a favorecer a aplicação de medidas corretivas que melhorem a qualidade tecnológica e sensorial dos produtos elaborados (Mohammed et al., 2012).

A substituição parcial da farinha de trigo poderia proporcionar a redução da dependência externa do trigo, produto agrícola com maior volume de importação no país. A demanda brasileira por trigo para moagem industrial em 2014 foi de 10,3 milhões de toneladas, sendo produzidos internamente cerca de 6 milhões de toneladas de grãos na safra de 2014. Esse déficit, suprido principalmente pelos Estados Unidos e Argentina, indica a necessidade de ser importado cerca de 4,3 milhões de toneladas do cereal. Dessa forma, evidencia-se a importância do estímulo à substituição da farinha de trigo por farinhas alternativas (Silva, 2010; Caierão et al., 2015; Conab, 2017).

### **2.5.3 Barras de cereais**

As barras de cereais foram introduzidas em meados da década de 1980 no setor de alimentos como uma alternativa saudável, capaz de oferecer altas concentrações de fibras, vitaminas e minerais, sendo uma maneira prática e conveniente de ingerir nutrientes considerados essenciais para um bom funcionamento do organismo, e assim prevenir e controlar certas patologias como obesidade, câncer, diabetes, entre outras (Silva et al.,

2016; Srebernich et al., 2016). As barras de cereais são produtos que ganham a aceitação dos consumidores em termos nutritivos e funcionais, principalmente devido à sua contribuição no teor de fibras alimentares (Silva et al., 2009). E são produtos obtidos a partir da compressão da mistura de cereais, contendo frutos secos, aromatizantes e ingredientes ligantes. Outros ingredientes geralmente contidos em barras de cereais são nozes e outras amêndoas, xarope de milho, mel, açúcar ou lecitina e aromas (Munhoz et al., 2014).

As barras de cereais são alimentos de fácil consumo que não requerem preparo, e durante muito tempo seus valores nutritivos foram pouco enfatizados. Estes produtos foram introduzidos há mais de três décadas como uma alternativa “saudável” de confeito, quando os consumidores se mostravam mais interessados em saúde e em dietas (Freitas & Moretti, 2006). Em 2015, no Brasil foram consumidas 76 mil toneladas de barras de cereais, rendendo cerca de US\$ 2,4 bilhões (DataMark, 2017).

Os cereais em barra são uma classe de produtos vendidos em embalagens individuais. Os principais aspectos considerados na elaboração desse produto incluem: a escolha dos cereais, a seleção do carboidrato apropriado (de forma a manter o equilíbrio entre o sabor e a vida útil), o enriquecimento com vários nutrientes e sua estabilidade no processamento (Gutkoski et al., 2007). Também tem sido considerado o valor nutricional, sendo preferidas aquelas com alto conteúdo de fibra alimentar e baixo teor ou isentas de gordura, porém com alto aporte energético, dessa forma, a associação entre barras de cereais e alimentos saudáveis é uma tendência atual no setor de alimentos, o que beneficia o mercado destes produtos (Arévalo-Pinedo et al., 2013). Por este motivo, a indústria tem investido em pesquisas voltadas ao desenvolvimento de novas formulações de barras de cereais que possam atender às demandas do mercado consumidor (Srebernich et al., 2016).

### 3 REFERÊNCIAS

ABIMAPI – **Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães, e Bolos Industrializados**, 2015. Disponível em <<http://www.abimapi.com.br/estatistica-biscoito.php>>. Acessado em 05/01/2017.

ABIMILHO: Associação Brasileira das Indústrias do Milho. Disponível em <<http://www.abimilho.com.br>>. Acessado em 26/11/2016.

ADA. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association Health Implications of Dietary Fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, Iowa, v. 108, n. 10, p. 1716-1731, 2008.

AGBAJE, R.; HASSAN, C. Z.; NORLELAWATI, A.; ABDUL RAHMAN, A.; HUDA-FAUJAN, N. Development and physico-chemical analysis of granola formulated with puffed glutinous rice and selected dried Sunnah foods. **International Food Research Journal**, Serdang, v. 23, n. 2, p. 498-506, 2016.

ALESSI, M. O.; RAUPP, D. S.; GARDINGO, J. R. Caracterização do processamento da farinha de milho biju para o aproveitamento dos subprodutos. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciência e Engenharia Agrícola**, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 31-39, 2003.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 262-270, 2013.

ARÉVALO-PINEDO, A.; SALLES-ARÉVALO, Z. D.; BESERRA, N. S.; ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; ARÉVALO-PINEDO, R. Desenvolvimento de barra de cereais à base de farinha de Amêndoa de Babaçu (*Orbygnia speciosa*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.

AZEVEDO, F. L. A. A.; SILVA, A. D. F.; MACIEL, J. F.; MOREIRA, R. T.; FARIAS, L. R. G. Sensory analysis of loaf prepared with powdered milk whey. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 37-47, 2011.

BABA, M. D.; MANGA, T. A.; DANIEL, C.; DANRANGI, J. Sensory evaluation of toasted bread fortified with banana flour: a preliminary study. **American Journal of Food Science and Nutrition**, Gangneung, v. 2, n. 2, p. 9-12, 2015.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, R. M.; DELLA LUCIA, S. M.; PEREIRA, P. C.; MORAES A. R. F.; CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p.145-162, 2006.

BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de milho e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013.

BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Physicochemical characterization of the soymilk byproduct – Okara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 652-659, 2006.

CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; EICHELBERGER, L.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z.; PIRES, J. L. F.; MACIEL, J. L. N.; CHAVES, M. S.; SANTANA, F. M.; COSTAMILAN, L.; LIMA, M. I. P. M.; LAU, D.; PEREIRA, R. V. S.; SILVA JÚNIOR, J. P.; WIETHÖLTER, S.; CUNHA, J. R. Agronomic and qualitative results of the new wheat cultivar ‘BRS Marcante’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 644-646, 2015.

CASTRO, M. V. L.; MENDONÇA, A. L.; SANTOS, G. G.; FROES, L. O.; FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Fração gérmen com pericarpo de milho na alimentação humana: qualidade nutricional e aplicação tecnológica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 213-219, 2011.

COLLI, C.; SARDINHA, F.; FILISETTI, T. M. C. C. Alimentos funcionais. In: UPPARI, L. **Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto**. 2.ed. Barueri: Manole, 2005. p. 71-87.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Conab, 2015. Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_08\\_18\\_11\\_04\\_14\\_conjuntura\\_t\\_rigo\\_\\_10\\_a\\_14082015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_18_11_04_14_conjuntura_t_rigo__10_a_14082015.pdf)>. Acessado em 29/03/2017.

DATAMARK – Market Intelligence Brazil. DataMark, 2015. Disponível em <<http://www.datamark.com.br/analise-de-mercado/>>. Acessado em 30/03/2017.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, M. E. D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, Barking, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.

FAO – **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Faostat, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acessado em 14/09/2016.

FEDDERN, V.; DURANTE, V. V. O.; MIRANDA, M. Z.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Avaliação física e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farelo de trigo e arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 265-272, 2011.

FIGUEIREDO, S. M.; RESENDE, V. A.; DIAS, C.; RIBEIRO, L. D. Dietary fiber food combinations to reach target consumer of soluble fiber per day. **E-scientia**, Ouro Preto, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2009.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 318-324, 2006.

FROES, L. O.; FALQUETO, M. A. O.; CASTRO, M. V. L.; NAVES, M. M. V. Gérmen com pericarpo de milho desengordurado na formulação de biscoitos tipo *cookie*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 744-750, 2012.

GARCIA, J. C.; MATOSSO, M. J.; DUARTE, J. O.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos de produção e utilização do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 12 p. (Circular técnica, 74).

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 1-5, 2013.

MAĆKOWIAK, K.; TORLIŃSKA-WALKOWIAK, N.; TORLIŃSKA, B. Dietary fibre as an important constituent of the diet. **Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej**, Warsaw, v. 70, n.1, p. 104-109, 2016.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 675-681, 2014.

MAMAT, H.; HARDAN, M. O. A.; HILL, S. E. Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 3, p. 1029-1038, 2010.

- MENEGHETTI, C. C.; DOMINGUES, J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 512-536, 2008.
- MOHAMMED, I.; AHMED, R. A.; SENGE, B. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 196–202, 2012.
- MORAES, V. B. **Efeito do resíduo da moagem a seco de milho micropulverizado no metabolismo lipídico, na glicemia e na composição corporal em ratos alimentados com dieta de cafeteria**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. C. A.; NOZAKI, V. T.; ARGANDOÑA, E. J. S.; HIANE, P. A. H.; MACEDO, M. L. R. Preparation of a cereal bar containing bocaiuva: physical, nutritional, microbiological and sensory evaluation. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 553-560, 2014.
- NASCIMENTO, E. V. A. **Farelo residual de milho na alimentação de frangos de corte**. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- NOTARNICOLA, B.; TASSIELLI, G.; RENZULLI, P. A., MONFORTI, F. Energy flows and greenhouses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 140, p. 455-469, 2017.
- OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, 2014.
- PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. (Circular Técnico, 75).
- PAIVA, A. P.; BARCELOS, M. F. P.; PEREIRA, J. A. R.; FERREIRA, E. B.; CIABOTTI, S. Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 3, p. 333-340, 2012.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

- RAO, B. D.; ANIS, M.; KALPANA, K.; SUNOOJ, K. V.; PATIL, J. V.; GANESH, T. Influence of milling methods and particle size on hydration properties of sorghum flour and quality of sorghum biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, n. 3, p. 8-13, 2016.
- REIS, I. A. O.; SOUZA, J. F.; CARNELOSSI, M. A. G. Análise sensorial e caracterização de pães produzidos com farinha de resíduos da mandioca minimamente processada. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 10, n. 4A, p. 1-10, 2014.
- ROBERFROID, M.; GIBSON, G. R.; HOYLES, L.; MCCARTNEY, A. L.; RASTALL, R.; ROWLAND, I. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.104, n. 2, p. S1–S63, 2010.
- SAMPAIO, C. R.; FERREIRA, S. M. R.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n.1, p. 95-106, 2010.
- SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Produção mais limpa em padarias e confeitarias**. Porto Alegre: SENAI (Departamento Regional do Rio Grande do Sul), 2007. 74 p.
- SILVA, I. Q.; OLIVEIRA, B. C. F.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Cereal bar with the industrial residue of passion fruit. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 321-329, 2009.
- SILVA, A. F. O.; GIRONDI, L. M.; PIMENTEL, T. C.; BARÃO, C. E.; KLOSOSKI, S. J. Cereal bar with cassava bagasse: chemical composition and sensory acceptance. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 7, n.2, p. 42-52, 2016.
- SILVA, R. G. V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Ipatinga, 2010.
- SOUKOULIS, C.; YONEKURA, L.; GAN, H.; BEHBOUDI-JOBBEHDAR, S.; PARMENTER, C.; FISK, I. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 39, n. 6, p. 231-242, 2014.
- SREBERNICH, S. M.; GONÇALVES, J. M. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; RUFFI, C. R. G. Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 3, p. 555-562, 2016.

TAVARES, B. O.; SILVA, E. P.; SILVA, V. S. N.; SOARES JÚNIOR, M. S.; IDA, E. I.; DAMIANI, C. Stability of gluten free sweet biscuit elaborated with rice bran, broken rice and okara. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 296-303, 2016.

ZIMMERMANN, D. S. C. **Estruturação do sistema de gestão da segurança de alimentos de uma indústria de panificação segundo a norma ISO 22000 – Estudo de caso**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; FERREIRA, E. M. S.; RESENDE, E. A.; ALMEIDA, K. N. Shelf life evaluation of integral biscuits (snacks) made from cashew nut. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.249-254, 2011.

## 4 BIOMASSA OBTIDA NO PROCESSAMENTO DA FARINHA DE MILHO E SEU POTENCIAL COMO NOVO INGREDIENTE

### RESUMO

O milho é um cereal de grande representatividade mundial em volume de produção, e sua industrialização origina uma série de ingredientes destinados aos mais diversos segmentos da indústria. Embora, também são produzidos resíduos. A biomassa fibrosa do milho, obtida durante o processamento da farinha de milho tipo “biju”, é composta predominantemente pelo pericarpo do grão e parte de endosperma. O objetivo deste estudo foi avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho tipo “biju” (FBFM) e verificar seu potencial como novo ingrediente para a indústria de alimentos. Três amostras de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) foram avaliadas, e todas as análises foram realizadas em triplicata. O teor de unidade da biomassa *in natura* foi de 48,03 g 100 g<sup>-1</sup>, e após a secagem passou para 3,03 g 100 g<sup>-1</sup>. A FBFM possui alto teor de fibra alimentar total (64,45 g 100 g<sup>-1</sup>), principalmente insolúvel (60,64 g 100 g<sup>-1</sup>); os níveis de lipídios, proteínas e cinzas foram, respectivamente, iguais a 4,50, 4,78 e 0,48 g 100 g<sup>-1</sup>, com característica ácida (4,6 g 100 g<sup>-1</sup>) e baixa atividade de água (0,14), além de alta atividade antioxidante (55,95 g 100 g<sup>-1</sup>). O tamanho de partículas da FBFM foi homogêneo, a cor clara, pouco intensa e amarelada. Os grânulos de amido na superfície das fibras apresentaram-se isoladamente ou organizados em aglomerados. O grau de cristalinidade da FBFM foi de 9,8%, com padrões amiláceo dos tipos A e V, e celulósico dos tipos I e II. Os espectros de infravermelho evidenciaram picos característicos da presença de água, celulose, lignina e hemicelulose. A temperatura inicial de gelatinização foi de 65,7 °C, a de pico de 72,2 °C e final de 82,7 °C, e a entalpia de 14,7 J g<sup>-1</sup>. A temperatura de pasta foi de 74,65 °C, e baixos valores para pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade e tendência à retrogradação foram encontrados. A FBFM se apresentou dentro dos limites microbiológicos aceitáveis pela legislação brasileira para o consumo humano. Conclui-se que a farinha da biomassa fibrosa do milho tem elevado valor nutricional e funcional, principalmente pelo alto teor de fibra alimentar e pela alta capacidade antioxidante. Além disso, possui características físico-químicas e microbiológicas adequadas para uso como novo ingrediente para produtos alimentícios.

*Palavras-chave:* *Zea mays*; subproduto; infravermelho; difração de raio-X; propriedades de pasta; microscopia eletrônica de varredura.

## BIOMASS OBTAINED IN THE PROCESSING OF MAIZE FLOUR AND ITS POTENTIAL AS NEW INGREDIENT

### ABSTRACT

The maize (*Zea mays*) is a cereal of great worldwide importance in production volume, and its industrialization originates a series of ingredients destined to the most diverse segments of the industry, however, also some waste is produced. The fibrous biomass of maize (FBM) is obtained during maize processing, through dry milling, to obtain of the maize flour "biju" type, and it is predominantly composed of the fiber pericarp, which is rich in fiber. The aim of this study was to evaluate the physical, chemical and microbiological characteristics of the flour fibrous biomass obtained in the processing of maize flour "biju" type (FFBM) and to verify its potential as new ingredient for the food industry. Three replicates of FFBM were evaluated, and all analyzes performed in triplicate. The moisture content of the *in natura* biomass was  $48.03 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , and after drying it was changed to  $3.03 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . The FFBM has a high content of total dietary fiber ( $64.45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), mainly insoluble ( $60.64 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ); The levels of lipids, proteins and ashes were, respectively, 4.50, 4.78 and  $0.48 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , with acidic characteristics ( $4.6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) and low water activity (0.14), in addition to high antioxidant activity (55.95%). The FFBM particle size profile was homogeneous, light in color, slightly intense and yellowish. The starch granules on the surface of the fibers were presented alone or arranged in agglomerates. The degree of crystallinity of FFBM was 9.8%, with types A and V starchy, and types I and II cellulosic. Infrared spectra showed characteristic peaks of water, cellulose, lignin and hemicellulose. The onset temperature was of  $65.7 \text{ }^\circ\text{C}$ , the peak temperature of  $72.2 \text{ }^\circ\text{C}$  and final temperature of  $82.7 \text{ }^\circ\text{C}$ , and the enthalpy of  $14.7 \text{ J } \text{g}^{-1}$ . The pasting temperature was of  $74.65 \text{ }^\circ\text{C}$ , and low values for peak viscosity, final viscosity, breakdown and setback were found. The FFBM was within acceptable microbiological limits by Brazilian legislation for human consumption. It is concluded that the flour fibrous biomass of maize has a high nutritional and functional value, mainly due to the high dietary fibers content and the high antioxidant capacity. In addition, it has physico-chemical and microbiological characteristics suitable for use as new ingredient for food products.

*Keywords:* *Zea mays*; by-product; infrared; X-ray diffraction; pasting properties; scanning electron microscopy.

### 4.1 INTRODUÇÃO

Em nível mundial, o milho é o cereal com maior representatividade em volume de produção (cerca de 1,04 bilhão de toneladas), com 36,9%, seguido do arroz com 26,3% e do trigo com 25,9%. Estados Unidos da América, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores de milho, produzindo, respectivamente, 34,8%; 20,8%; 7,7% e 3,2% (FAO, 2016).

A industrialização do grão do milho origina uma ampla série de ingredientes destinados aos mais variados segmentos industriais. O grão de milho pode ser

industrializado através dos processos de moagem úmida e moagem seca, sendo o último o mais empregado no Brasil por ser um método mais simples e barato. Durante o processo de moagem por via seca, o grão de milho é degerminado e fracionado em endosperma mais pericarpo (Oliveira Júnior et al., 2014).

A partir da canjica degerminada, se obtém a farinha do tipo “biju”. Durante o processamento desta, o milho passa pela canjiqueira, onde o grão é degerminado. Em seguida, a canjica obtida é umidificada por cerca de cinco dias, e depois moída e peneirada. A massa obtida é levada para a torra a fim de ocorrer o abiscoitamento e formar os “bijus”, que são secos, resfriados e embalados. Esse processo agrega valor ao milho, mas gera quantidade considerável de subprodutos, os quais são pouco valorizados, podendo chegar a 36,9%, e cerca de 12,3% somente nas etapas de moagem e peneiramento. Esta biomassa é dividida em duas frações, uma composta predominantemente pelo pericarpo e outra pelo endosperma dos grãos (Alessi et al., 2003).

O endosperma representa cerca de 82% do cereal, e é constituído por 84% de amido e por teores baixos de proteínas, enzimas, vitaminas e minerais (Pinto et al., 2009; Mourão et al., 2012). O pericarpo ( $\approx 5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  da massa total do grão) é uma camada fina e resistente, e rica em fibras, que constitui a parede externa do grão. As células que compõem essa fração são constituídas basicamente por hemicelulose ( $67 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e celulose ( $23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), embora também contenha lignina ( $0,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (Oliveira Júnior et al., 2014). Dessa forma, a biomassa fibrosa do milho (BFM), obtida no processamento da farinha de milho tipo “biju”, é predominantemente composta por fibra alimentar.

A fibra alimentar é um componente essencial para uma dieta saudável, tendo diversos benefícios associados ao seu consumo. Dentre eles se inclui a regulamentação do trânsito intestinal, a prevenção e/ou tratamento de diabetes, de doenças cardiovasculares, e de câncer de cólon e de intestino (Macagnan et al., 2016). Além disso, as fibras alimentares incluem componentes, como o ácido ferúlico, que contribuem com sua atividade antioxidante (Wang et al., 2016).

Não existem estudos sobre as características físicas, químicas e microbiológicas da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho tipo “biju” (BFM). Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as características da farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), e verificar seu potencial como novo ingrediente para a indústria de alimentos.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Obtenção e preparo da matéria-prima

A biomassa, oriunda do processamento da farinha de milho tipo “biju”, foi gentilmente cedida pela empresa Caramuru Alimentos S.A, localizada na cidade de Itumbiara-GO. Na linha de produção industrial, após a etapa de degerminação, foi obtida a canjica, em seguida macerada, moída e passada em peneiras, visando a separação da biomassa fibrosa do milho.

A biomassa foi imediatamente transportada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) para o Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais, da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia-GO. Em seguida, a biomassa foi seca em estufa com circulação de ar (Tecnal, TE-394/4, Piracicaba, Brasil), à 45 °C por 24 h, moída em moinho de facas (Tecnal, TE65I/2, Piracicaba, Brasil) com peneiras de 1 mm. A farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) foi acondicionada em sacos de PEBD devidamente vedados, e armazenada sob refrigeração, a 5 °C, até o momento das análises. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 4.2.2 Composição química e valor energético total

As análises de composição centesimal foram realizadas segundo os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012). A umidade foi quantificada por dessecação a 105 °C em estufa (Tecnal, TE-393/1, Piracicaba, Brasil) até peso constante (método 945.38B); as cinzas por pesagem após incineração a 550 °C em forno mufla (EDG, Forno Economic, São Carlos, Brasil) (método 920.38C); o nitrogênio, determinado pelo método micro-Kjeldahl em destilador (Tecnal, TE-0363, Piracicaba, Brasil), sendo utilizado o fator 6,25 para a estimativa do teor de proteína bruta (método 981.10); e os lipídios por extração contínua em aparelho Soxhlet (Tecnal, TE-044, Piracicaba, Brasil) (método 996.06). Para a obtenção das fibras alimentares total, solúvel e insolúvel foi utilizada a amostra desengordurada da extração por Soxhlet, seguindo o método enzimico-gravimétrico (método 985.29). Os valores foram expressos em base seca, exceto umidade. A determinação de açúcares redutores e totais foi realizada pelo método ADNS segundo Miller (1959), com leitura de absorbância, a 550  $\mu\text{m}$ , em

espectrofotômetro (Bel Photonic, SP2000UV, Piracicaba, Brasil) e curva padrão de glicose cuja concentração variou no intervalo de 100 a 1.000  $\mu\text{g}$ . O teor de carboidratos digeríveis foi calculado pela diferença entre 100 e a somatória dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibras alimentares insolúveis. O valor energético total ( $\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ , em base úmida) foi calculado a partir da multiplicação da quantidade de lipídios por 9, e de proteínas e carboidratos por 4 (Brasil, 2003).

#### **4.2.3 Atividade de água, potencial hidrogeniônico, acidez titulável e atividade antioxidante**

A atividade de água foi determinada em aparelho AquaLab digital (Decagon Devices Inc., CX-2T, Pullman, USA), acoplado a um banho termostático à temperatura de 25 °C. O pH foi determinado em potenciômetro (Tecnal, TEC-51, Piracicaba, Brasil), previamente calibrado com solução tampão pH 4 e pH 8. A acidez total foi determinada por titulação com NaOH (0,1 N). Ambos métodos de acordo com as normas da AOAC (2012). Para a determinação da atividade antioxidante, foi utilizado o método de captura de radicais DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil), segundo a metodologia descrita por Brand-Williams et al. (1995).

#### **4.2.4 Parâmetros instrumentais de cor e granulometria**

Os parâmetros instrumentais de cor ( $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) foram determinados em colorímetro (Bankinh Meter Minolta, BC-10, Ramsey, EUA), previamente calibrado. A luminosidade ( $L^*$ ), variando do branco ( $L^*=100$ ) ao preto ( $L^*=100$ ), e as coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$  foram determinadas. A partir destas, foram calculados a croma ou saturação da cor e o ângulo Hue ou tonalidade.

Amostra com 100 g foi colocada em um conjunto de peneiras com diâmetros de 0,850; 0,590; 0,250; 0,150; 0,106 mm e base, sobre um agitador (Bertel, 4819, Caieiras, Brasil) acionado no nível de vibração máximo por 10 min. Os conteúdos retidos em cada peneira foram pesados e expressos em percentual de retenção. O módulo de finura, o índice de uniformidade e o diâmetro geométrico médio foram determinados segundo Zanotto & Bellaver (1996).

#### **4.2.5 Infravermelho**

Os espectros na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foram obtidos em espectrofotômetro (Bomem Hartmann e Braun, MB 102, Quebec, Canadá), utilizando pastilhas de KBr e operando com comprimento de onda na região entre 4000 e 400  $\text{cm}^{-1}$ . Para o preparo das pastilhas, aproximadamente 1,0 mg de amostra foi misturada com 100 mg de brometo de potássio (KBr), e em seguida, a mistura foi comprimida entre dois pastilhadores sob alta pressão, até a formação de uma pastilha translúcida e sem deformações.

#### **4.2.6 Difractometria de raios-X e cristalinidade relativa**

Os padrões de difração de raios-X foram obtidos em difratômetro de bancada (Arl-Zeiss, URD6, Jena, Alemanha), com faixa de medição de  $10^\circ$  a  $30^\circ$  na escala de  $2\theta$ , velocidade de varredura de  $2^\circ$  por minuto, operando com radiação de Cu, a 40 kV e 30 mA. A cristalinidade relativa foi quantitativamente calculada pela relação entre a área dos picos e a área total dos difratogramas, segundo o método descrito por Nara & Komiya (1983), utilizando o software Origin versão 8.0 (Microcal Inc., EUA).

#### **4.2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)**

Após desidratação a vácuo, a amostra foi colocada em suportes de alumínio (stubs) e recoberta com uma película de ouro, e as micrografias foram obtidas em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (Jeol, JSM – 6610, São Paulo, Brasil), sob voltagem de 10 kV e com aumentos de 100x, 300x, 1500x e 5000x.

#### **4.2.8 Propriedades térmicas**

As propriedades térmicas foram determinadas em calorímetro diferencial de varredura (TAInstruments, modelo Q20, New Castle, UK). Amostra de 2 mg (b.s.) foi pesada em cápsula de alumínio herméticas e 6  $\mu\text{L}$  de água destilada. A cápsula foi selada em prensa (TAInstruments, New Castle, UK), e mantida por 24 h à temperatura ambiente, a fim de homogeneizar a água da amostra. Em seguida, a amostra foi submetida a um ciclo

de aquecimento de 40 °C a 115 °C, a 10 °C min<sup>-1</sup>, a fim de determinar a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) e as temperaturas inicial, de pico e final durante o aquecimento. Para isso, utilizou como referência uma cápsula hermética fechada e vazia.

#### 4.2.9 Propriedades de pasta

As propriedades de pasta foram determinadas no *Rapid Visco Analyser* - RVA (Perten, RVA 4500, Macquarie Park, Austrália). A suspensão da amostra (10%, m/m) foi adicionada em recipiente de alumínio próprio do equipamento, e este acoplado ao RVA. Foi utilizado o Método Flour, em que o RVA foi mantido a 50 °C por 1 min, e em seguida, aquecido até 95 °C a uma razão de 10 °C min<sup>-1</sup>, permanecendo nesta temperatura por 2 min. Então o equipamento foi resfriado a 50 °C, também a uma taxa de 10 °C min<sup>-1</sup>, mantendo a esta temperatura por 2 min, segundo o manual do RVA. Todo o experimento foi realizado sob agitação a 160 rpm. Os parâmetros medidos foram: viscosidade inicial (a frio), pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade (breakdown) e tendência à retrogradação (setback), expressos em RVU, além de temperatura de pasta (em °C). Os resultados foram processados por meio do software próprio do equipamento.

#### 4.2.10 Solubilidade em água e poder de inchamento

Índice de solubilidade em água (ISA) e o poder de inchamento (PI) foram determinados nas temperaturas de 30, 60, 70, 80 e 90 °C conforme Leach et al. (1959). O ISA e o PI foram calculados através das Equações 4.1 e 4.2, respectivamente.

$$\text{ISA (\%)} = \frac{\text{massa}_{\text{FBFM solúvel}}(\text{g})}{\text{massa}_{\text{FBFM}}(\text{g})} \cdot 3.100 \quad (\text{Equação 4.1})$$

$$\text{PI} = \frac{\text{massa}_{\text{FBFM intumescido}}(\text{g})}{\text{massa}_{\text{FBFM}}(\text{g})} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Em que, ISA é o índice de solubilidade em água; PI, o poder de inchamento; FBFM, a farinha da biomassa fibrosa do milho.

#### 4.2.11 Análise microbiológica

As contagens de *Bacillus cereus*, Coliformes a 45 °C g<sup>-1</sup> e 35 °C g<sup>-1</sup>, bolores e leveduras, e a pesquisa de presença ou ausência de *Salmonella* sp. obedeceram aos padrões microbiológicos estabelecidos na Resolução RDC 12, item 10a para farinhas, farelos e amidos (BRASIL, 2001), sendo realizadas seguindo as técnicas descritas pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2002).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Composição química e valor energético total

A umidade da biomassa *in natura* foi de 48,04 g 100 g<sup>-1</sup> (base úmida) e após a secagem ficou abaixo de 14 g 100 g<sup>-1</sup> (Tabela 4.1). Assim, estável quanto ao crescimento microbiano (Matsheka et al., 2014). A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos, pois está diretamente relacionada com a estabilidade, qualidade e composição dos alimentos, sendo determinante na conservação e no armazenamento dos mesmos (Mello et al., 2012). Portanto, a secagem é uma operação unitária muito importante para o aproveitamento da biomassa fibrosa do milho, obtida durante o processamento da farinha tipo “biju”.

Os valores de cinzas, proteínas, lipídios e açúcares representam 11,34 g 100 g<sup>-1</sup> da FBFM (Tabela 4.1). O teor de fibras alimentares foi muito superior ao valor que classifica o alimento como rico em fibras alimentares (6 g 100 g<sup>-1</sup>) (BRASIL, 2012), sendo as fibras insolúveis predominantes em relação às solúveis.

As fibras alimentares insolúveis auxiliam no crescimento da microflora intestinal, aumentam o volume fecal e diminuem o trânsito intestinal (Wang et al., 2016). Dessa forma, a biomassa fibrosa do milho apresenta alto potencial nutricional e funcional como novo ingrediente para preparação de produtos alimentícios.

Ao estudarem a utilização de farelo de milho, produto semelhante à FBFM, na produção de componentes alimentícios, Rose et al. (2010) reportaram para cada 100 g de amostra, entre 0,6 e 1,0 g de cinzas, 5,0 e 11,5 g de proteína, 1,3 e 1,9 g de lipídios, 73,2 e 86,0 g de fibra alimentar total, e 70,6 e 86,3 g de fibra alimentar insolúvel. Valores maiores que os obtidos nesta pesquisa (Tabela 4.1). Isso pode ter ocorrido devido às diferenças

entre os produtos que foram utilizados e as tecnologias diferentes para a obtenção da biomassa e do subproduto. A FBFM apresentou baixos teores de açúcares totais ( $1,62 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), entretanto, Gwartz & Garcia-Casal (2014) verificaram valores iguais para a farinha de milho e fubá ( $1,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ).

**Tabela 4.1.** Composição química, valor energético total, atividade de água, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, atividade antioxidante e parâmetros instrumentais de cor da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Parâmetro	Média $\pm$ Desvio padrão
Umidade <sup>1</sup>	$3,03 \pm 0,06$
Cinzas <sup>1</sup>	$0,48 \pm 0,04$
Proteína <sup>1</sup>	$4,74 \pm 0,11$
Lipídios <sup>1</sup>	$4,50 \pm 0,11$
Fibra Alimentar Total <sup>1</sup>	$64,45 \pm 0,03$
Fibra Alimentar Solúvel <sup>1</sup>	$3,81 \pm 0,04$
Fibra Alimentar Insolúvel <sup>1</sup>	$60,64 \pm 0,07$
Açúcares Totais <sup>1</sup>	$1,62 \pm 0,05$
Açúcares Redutores <sup>1</sup>	$1,12 \pm 0,03$
Carboidratos digeríveis <sup>1</sup>	26,61
Valor Energético Total <sup>2</sup>	160,82
Atividade de água	$0,14 \pm 0,01$
Potencial hidrogeniônico	$4,31 \pm 0,04$
Acidez titulável <sup>1</sup>	$4,60 \pm 0,30$
Atividade antioxidante <sup>1</sup>	$55,95 \pm 0,25$
Luminosidade	$83,44 \pm 1,99$
Ângulo Hue <sup>3</sup>	$80,07 \pm 0,65$
Croma	$21,60 \pm 0,58$

<sup>1</sup> g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> kcal 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida; <sup>3</sup> graus.

O valor de carboidratos digeríveis observado para a FBFM ( $26,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi próximo aos encontrados para farelo de soja ( $26,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (Gomes et al., 2017) e farinha do bagaço de mandioca ( $28,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (Fiorda et al., 2013). O valor energético total da FBFM (Tabela 4.1) foi muito inferior ao obtido por Lacerda et al. (2010), que ao estudar o farelo de arroz, encontraram valor igual a  $410,1 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ . O uso da FBFM em formulações de alimentos torna-se interessante, já que produtos com menor valor energético auxiliam no controle do peso corporal, sendo adequado para consumidores com obesidade ou em dietas com restrição calórica (Bechthold, 2014).

### 4.3.2 Atividade de água, potencial hidrogeniônico, acidez titulável e atividade antioxidante

A atividade de água da FBFM foi muito baixa (Tabela 4.1), o que desfavorece o crescimento de microrganismos, já que a maioria cresce em meio com atividade de água no intervalo entre de 0,90-0,99. O pH de um alimento pode ser classificado em muito ácido ( $\text{pH} < 4,0$ ), ácido ( $4,0 < \text{pH} < 4,5$ ) e pouco ácido ( $\text{pH} > 4,5$ ). A maioria dos microrganismos associados a alimentos cresce na faixa de pH entre 5 e 8 (Azeredo et al., 2012). Com base nesta classificação, a FBFM pode ser classificada como alimento ácido, portanto, se encontra fora do intervalo mais propício para o crescimento da maioria dos microrganismos.

Devido ao fato de não haver legislação específica para a FBFM, tomou-se como referência a acidez do fubá de milho ( $5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). A FBFM (Tabela 4.1) apresentou acidez titulável abaixo do limite máximo de acidez determinado pela legislação brasileira para fubá de milho (Brasil, 1978). A determinação da acidez em alimentos é importante, pois pode ser um indicativo da apreciação do processamento e do estado de conservação dos mesmos (Andrade et al., 2015). Provavelmente a BFM estava em bom estado de conservação, pois a FBFM não apresentou indícios de fermentação, como alto valor de acidez e aroma característico. Para que fermentações inoportunas sejam evitadas é importante realizar a secagem da biomassa *in natura* simultaneamente à sua geração no processamento da farinha de milho tipo “biju”.

A FBFM apresentou atividade antioxidante (Tabela 4.1) superior a da farinha da casca de maracujá, com 46,35% de atividade antioxidante (Cazarin et al., 2014). A determinação da capacidade antioxidante dos alimentos pode predizer e avaliar a proteção natural contra a oxidação. Os antioxidantes têm como função principal interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, a fim de impedir o ataque sobre os lipídios e as reações que podem levar à diminuição da qualidade e do valor nutricional do alimento (Melo & Faria, 2014). Assim, a FBFM apresentou mais essa vantagem, podendo ser considerada um alimento estável do ponto de vista físico-químico, e com característica funcional, tanto pela alta atividade antioxidante, como pelo alto teor de fibra alimentar. Visto que, os alimentos considerados funcionais são aqueles que fornecem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos à saúde, além de desempenhar

funções nutricionais básicas e exercer um papel importante na redução ou minimização do risco de certas doenças (Martirosyan & Singh, 2015).

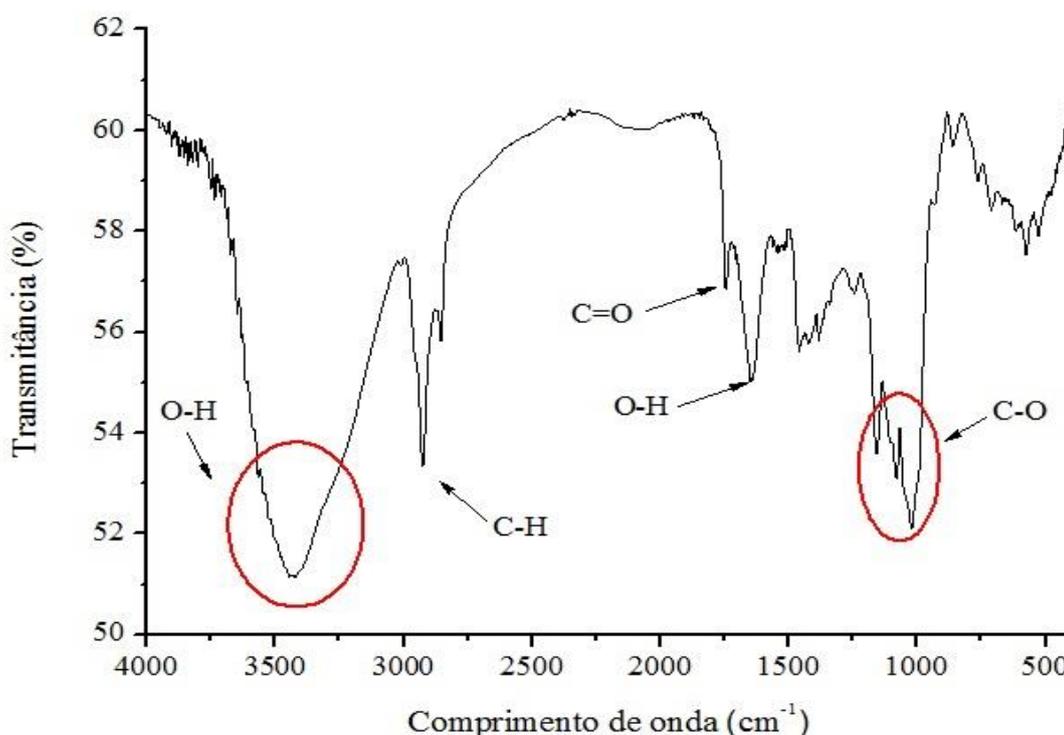
#### **4.3.3 Parâmetros instrumentais de cor e granulometria**

A cor é uma ferramenta fundamental de avaliação física de alimentos, pois pode fornecer informações importantes que vão desde o apelo visual à deterioração, além de ser o primeiro atributo avaliado pelo consumidor para aceitação ou rejeição do produto. A FBFM apresentou cor clara (com  $L^*$  alto), amarelada (com  $H^\circ$  próximo de  $90^\circ$ ) e pouco intensa (com  $C^*$  baixo) (Tabela 4.1); pois a luminosidade ( $L^*$ ), que assume valores que variam de zero (preto) a 100 (branco), foi alta; o ângulo Hue ficou próximo do amarelo, pois o ângulo de  $0^\circ$  representa tonalidade vermelha, e ângulos de  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $270^\circ$ , as tonalidades amarela, verde e azul, respectivamente (Pathare et al., 2013); e a croma, que trata da intensidade da cor (quanto maior o valor, mais intensa é a cor) foi baixa. A cor da FBFM é vantajosa para utilização em alimentos claros e ligeiramente amarelados, como massas alimentícias, produtos panificados e de confeitaria, e outros produtos que normalmente utilizam ovos na formulação.

A FBFM ficou retida em maior percentual na peneira de 0,250 mm (69,9%), demonstrando homogeneidade de tamanho de partículas. O índice de uniformidade (IU) da FBFM obteve valores iguais a 25,3%, 77,4% e 4,8% de partículas médias, finas e muito finas, respectivamente, e o módulo de finura (MF) igual a 2,29, demonstrou que as partículas da FBFM podem ser classificadas como finas. O diâmetro médio de partículas (DMP) foi igual a 0,511 mm, corroborando com o fato de a maior fração da biomassa ter passado pela peneira de 0,590 mm e permanecendo retida na peneira de 0,250 mm. A uniformidade do tamanho das partículas é importante, já que matérias-primas sem esta característica podem influenciar negativamente o processo tecnológico, por exemplo em relação à absorção e solubilidade em água, e resultar em um produto final com baixa qualidade (Mikalouski et al., 2014). Portanto, o perfil granulométrico homogêneo apresentado foi vantajoso, principalmente para a aplicação da FBFM como ingrediente de produtos alimentícios onde se deseja elevar o nível de fibra alimentar e a retenção de água.

#### 4.3.4 Infravermelho

Os espectros na região do infravermelho da FBFM (Figura 4.1) demonstraram diversos grupos funcionais através de bandas de absorção, diferenciadas pelos comprimentos de onda. A máxima absorção observada na banda arredondada (entre  $3.600$  e  $3.200\text{ cm}^{-1}$ ) foi  $3.434\text{ cm}^{-1}$ , atribuída ao estiramento de ligações hidroxilas (O-H), característico de celulose, lignina e água. O pico na banda de absorção em  $2.925\text{ cm}^{-1}$  foi atribuído à deformação axial de ligações C-H, presentes em hemicelulose e celulose (Ornaghi Júnior et al., 2014, Smitthipong, 2014).



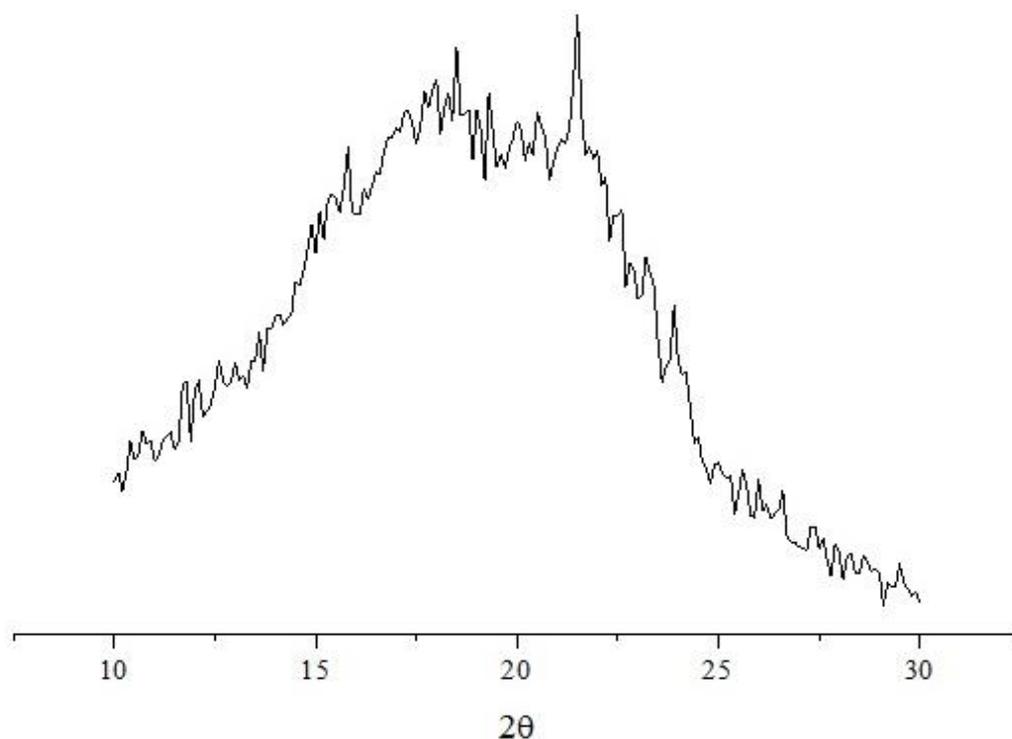
**Figura 4.1.** Curva obtida por espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Um pico na banda de absorção em  $1.756\text{ cm}^{-1}$  foi atribuído ao alongamento dos grupos carboxílicos C=O, característico de lignina e hemicelulose (Ornaghi Júnior et al., 2016). O pico em  $1.646\text{ cm}^{-1}$  foi provavelmente decorrente da deformação angular de grupos hidroxilas (O-H) da água presente na celulose. Picos também foram observados nos espectros  $1.157\text{ cm}^{-1}$ ,  $1.074\text{ cm}^{-1}$  e  $1.021\text{ cm}^{-1}$ . Bandas na região entre  $1.200$  e  $1.000\text{ cm}^{-1}$

são características do amido, e atribuídas ao estiramento de ligações C-O em álcoois (Lima et al., 2012).

#### 4.3.5 Difratomia de raios-X e cristalinidade relativa

A difratometria de raios-X da FBFM (Figura 4.2) apresentou cristalinidade relativa de 9,8% e picos principais em  $15,7^\circ$ ;  $17,2^\circ$ ;  $18,4^\circ$  e  $23,2^\circ$ , característicos de amidos com padrão de cristalinidade do tipo A, de ocorrência em cereais, como milho, arroz, trigo e aveia. A presença de cadeias de amilopectina curtas pode contribuir para a menor cristalinidade do material. O padrão A é caracterizado por apresentar picos de intensidade nos ângulos de difração  $2\theta$  em, aproximadamente,  $15,3^\circ$ ;  $17,1^\circ$ ;  $18,2^\circ$  e  $23,5^\circ$  (Denardin & Silva, 2009).



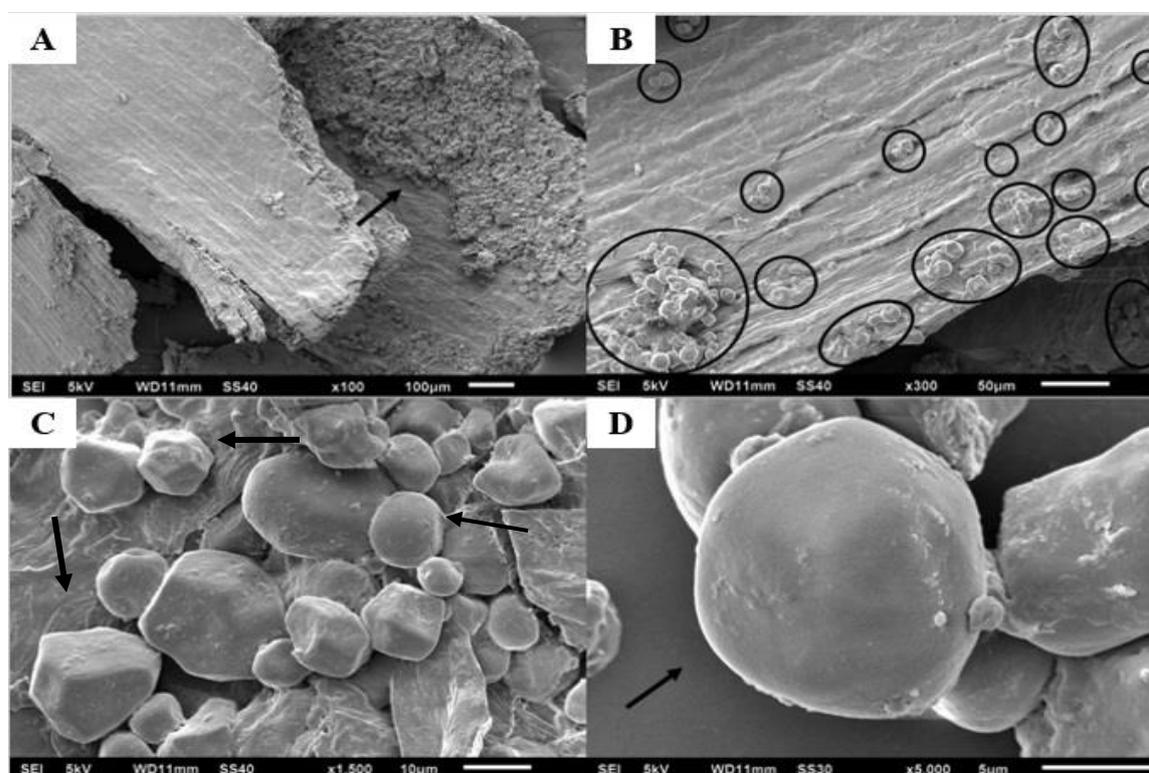
**Figura 4.2.** Curva de difratometria de raios-X da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Picos em  $12,6^\circ$ ;  $13,5^\circ$ ;  $19,3^\circ$  e  $20,5^\circ$  foram observados. Estes são característicos de padrão cristalino tipo V, formado pela complexação da amilose com lipídios, que apresenta picos de intensidade nos ângulos de difração  $2\theta$ , aproximadamente,  $12,6^\circ$ ,  $13,2^\circ$ ,  $19,4^\circ$  e  $20,6^\circ$  (Lima et al., 2012). Também foram verificados picos em  $13,5^\circ$ ;  $14,9^\circ$ ;  $15,1^\circ$ ;  $21,5^\circ$ ;  $22,6^\circ$  e  $23,1^\circ$ , típicos de celulose tipo I e tipo II, em que o pico

crystalino característico fica situado entre os ângulos  $22^\circ \leq 2\theta \leq 23^\circ$  e  $13^\circ \leq 2\theta \leq 15^\circ$ , e  $18^\circ \leq 2\theta \leq 22^\circ$ , respectivamente (Lengowski et al., 2013).

#### 4.3.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

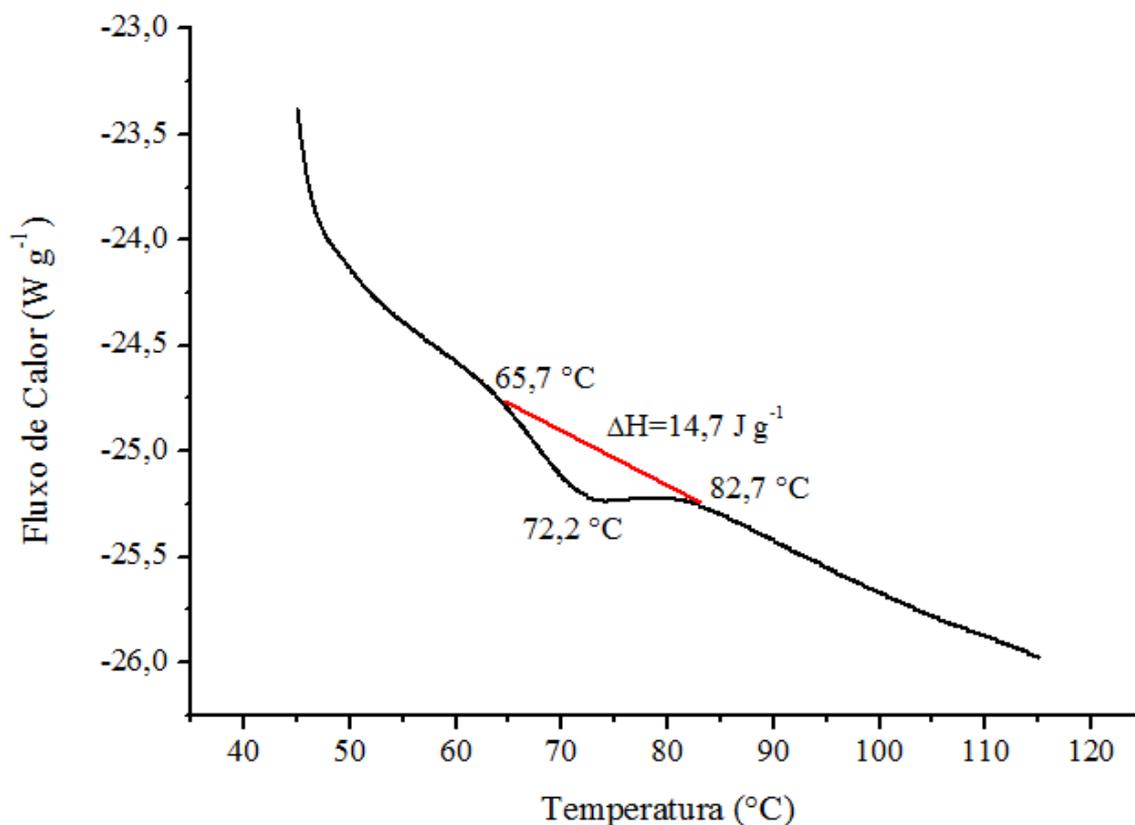
As imagens microscópicas mostraram a existência de grânulos de amido aderidos à superfície da FBFM (Figura 4.3A). Estes se apresentaram isolados ou em aglomerados (Figura 4.3B), com formas poliédricas e arredondadas (Figura 4.3C), e intactos (Figura 4.3D). Assim como na presente pesquisa, Weber et al. (2009) e Izidoro et al. (2007, observaram-se grânulos de amido de milho arredondados, poliédricos e de tamanhos irregulares. Durante o processo de obtenção da farinha de milho do tipo “biju” uma fração de amido foi descartada junto a BFM. As micrografias confirmaram os resultados das análises de composição química, de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier e de difratometria de raios-X, ou seja, a presença de amido e fibras na FBFM.



**Figura 4.3.** Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), com aumento de 100x (A), 300x (B), 1500x (C) e 5000 (D).

#### 4.2.7 Propriedades térmicas

A gelatinização do amido presente na FBFM se iniciou com temperatura ( $T_o$ ) igual a 65,7 °C, a temperatura de pico ( $T_p$ ) a 72,2 °C e a temperatura final ( $T_f$ ) a 82,7 °C (Figura 4.4). A faixa de temperatura de gelatinização da FBFM foi de 17 °C, sugerindo pouca homogeneidade dos cristais da amostra, visto que a extensão de perfeições cristalinas é refletida com menores faixas de temperatura obtidas por DSC (Rocha et al., 2008). A gelatinização do amido está associada com a quebra das ligações intermoleculares quando os grânulos são submetidos ao aquecimento em meio aquoso, diminuindo o tamanho e o número das regiões cristalinas do material, permitindo a formação de novas ligações de hidrogênio, absorvendo mais água e formando um gel. A temperatura de gelatinização, portanto, depende, entre outros fatores da fonte de amido, do pH do meio, da umidade e da quantidade dos demais constituintes do material (Goñi et al., 2008; Machado et al., 2014).



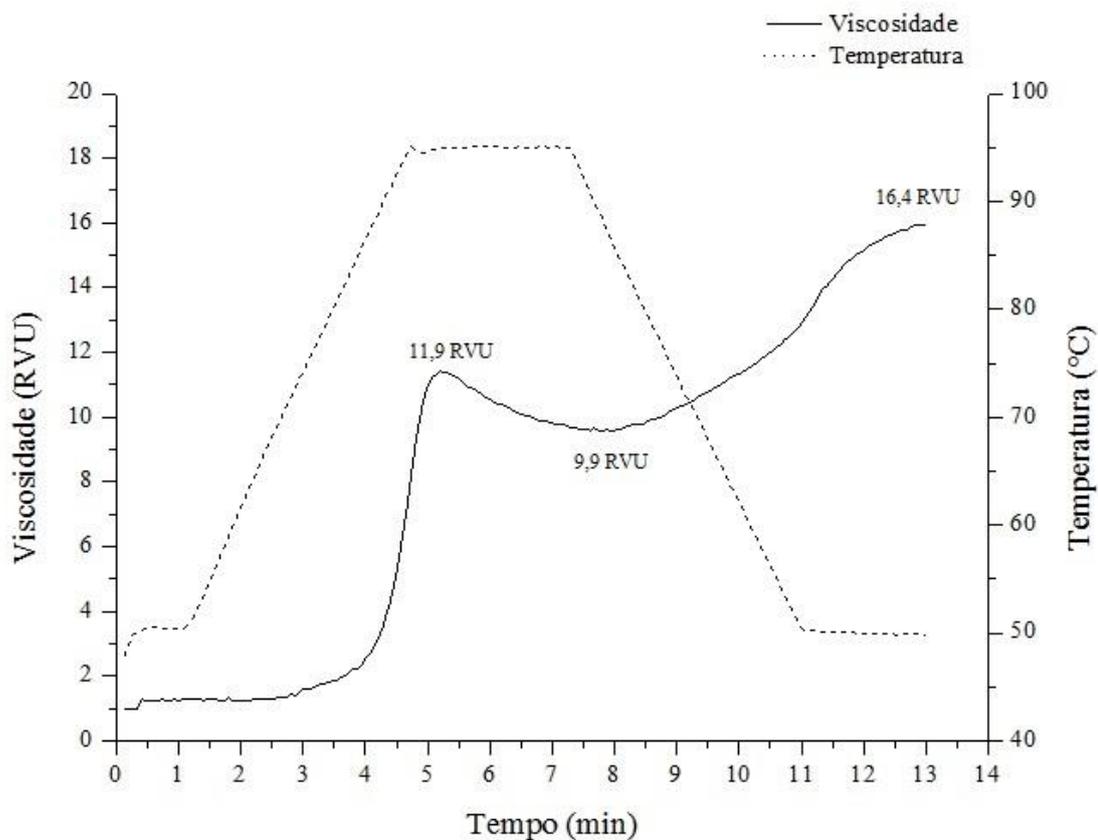
**Figura 4.4.** Curva obtida por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), em cápsula de alumínio hermética.

A  $T_p$  da FBFM foi menor que a observada por Weber et al., (2009), que ao estudarem as propriedades térmicas do amido de milho, verificaram que a gelatinização ocorreu na temperatura de pico de 77,26 °C. Essa diferença provavelmente se deu pela estrutura molecular da amilopectina (comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular), e também pela proporção de amilose:amilopectina e de regiões cristalinas e amorfas do amido presente na FBFM. Dessa forma, maiores temperaturas de gelatinização estão associadas a maiores graus de cristalinidade, os quais fornecem a estabilidade estrutural e tornam os grânulos mais resistentes à gelatinização (Denardin & Silva, 2009).

A entalpia de gelatinização ( $\Delta H_{gel}$ ) da FBFM foi igual a 14,7 J g<sup>-1</sup> (Figura 4.4). A  $\Delta H_{gel}$  refere-se à energia necessária para que ocorra o intumescimento das partículas pela absorção de água e simultâneo aumento da temperatura, refletindo primeiramente a perda da conformação das duplas hélices que forma a estrutura cristalina, e depois a perda de cristalinidade do em meio aquoso e submetido ao aquecimento, dessa forma, quanto maior o  $\Delta H_{gel}$ , maior o grau de estabilidade dos cristais (Weber et al., 2009). Xing et al. (2017) verificaram um  $\Delta H_{gel}$  igual a 10,7 J g<sup>-1</sup> para o amido de milho, indicando requerer menor energia para perder a sua conformação do que a FBFM. O maior valor de entalpia da FBFM pode ser explicado pela proporção de amido existente na amostra, visto que a FBFM possui outros constituintes além da fração amilácea, que demandam maior energia para que a amostra perca a sua conformação.

#### 4.3.8 Propriedades de pasta

A temperatura de pasta (TP) da FBFM observada no RVA (74,65 °C) apresentou-se ligeiramente maior que a temperatura de pico ( $T_p$ ) constatada no DSC (72,2°C) (Figuras 4.4 e 4.5). Isso se deve, provavelmente, ao fato de o DSC ser um equipamento mais sensível que o RVA, sendo capaz de detectar quando os primeiros grânulos de amido começam a se desorganizar e a ser rompidos. A temperatura de pasta da FBFM (74,65 °C) foi similar a encontrada por Weber et al. (2009), que ao estudarem o amido de milho normal, observaram TP igual à 75 °C. A viscosidade inicial ou viscosidade a frio indica a capacidade do alimento em absorver água a baixas temperaturas e formar pasta, gel ou líquido viscoso (Silva et al., 2013). A viscosidade inicial da FBFM foi próxima a zero, ratificando que o amido de milho presente na FBFM é insolúvel a frio.



**Figura 4.5.** Perfil de viscosidade da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Quando o amido da FBFM foi submetido ao aquecimento, observou-se o aumento progressivo da viscosidade. Isso se deve ao fato de que durante o aquecimento os grânulos começam a inchar e as ligações de hidrogênio existentes na rede micelar dos mesmos se rompem. Dessa forma, a região cristalina se decompõe para formar regiões amorfas, e à medida que ocorre essa desordem molecular, os grânulos continuam se expandindo e a amilose é lixiviada da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no intumescimento, na gelatinização e na absorção de água do grânulo e, conseqüentemente, no aumento da viscosidade (Denardin & Silva, 2009; Oro et al., 2013).

A análise das propriedades de pasta da FBFM evidenciou baixos valores de viscosidade máxima (11,9 RVU), viscosidade mínima (9,9 RVU), viscosidade final (16,4 RVU), quebra de viscosidade (2,0 RVU) e tendência a retrogradação (6,5 RVU) (Figura 4.5). Li et al. (2014), ao estudarem as propriedades de pasta de amido de milho, reportaram valores iguais a 55 RVU, 26,5 RVU, 56,9 RVU, 28,5 RVU e 32,8 RVU para viscosidades

máxima, mínima e final, quebra de viscosidade e retrogradação, respectivamente. Valores estes superiores aos encontrados no presente estudo.

A viscosidade máxima ocorre a 95 °C e relaciona-se com a absorção máxima de água e a gelatinização dos grânulos de amido durante o período de aquecimento, como resultado da desorganização molecular desses grânulos. A viscosidade mínima, à temperatura constante e sob agitação, ocorre quando a ruptura dos grânulos atinge o seu máximo. Após o aquecimento e gelatinização, os grânulos de amido submetidos ao resfriamento, dão origem ao processo de retrogradação. Esse fenômeno ocorre em função da reorganização molecular da amilose e da amilopectina através da formação de novas ligações de hidrogênio, aumentando, conseqüentemente, a viscosidade. A retrogradação é medida pela diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima, enquanto que a quebra de viscosidade é dada pela diferença entre a viscosidade máxima e a viscosidade mínima, e representa a estabilidade do amido em altas temperaturas e submetido à agitação mecânica (Teba et al., 2009).

Os parâmetros de pasta indicaram que a FBFM tem a capacidade de formar pastas pouco viscosas, em relação ao amido de milho puro, após o cozimento e resfriamento. Isso se deve ao fato da mesma ser composta predominantemente por fibras alimentares, e apesar de conter amido, a quantidade é insuficiente para atingir maiores viscosidades (Silva et al., 2013).

#### **4.3.9 Índice de solubilidade em água (ISA) e poder de inchamento (PI)**

O índice de solubilidade em água e o poder de inchamento da FBFM foram baixos, em relação ao amido de milho, e diferiram significativamente entre as temperaturas utilizadas (Tabela 4.2). Sandhu & Singh (2007), ao avaliarem diferentes variedades de amido de milho, observaram valores que variaram de 9,7-15%, e de 13,7-20,7 g g<sup>-1</sup> para ISA e PI, respectivamente. Os maiores valores para ISA e PI da FBFM foram verificados a 80°C. Os baixos valores do ISA e PI da FBFM provavelmente se devem ao fato de a mesma não ser composta predominantemente por amido e também por possuir alto teor de fibras alimentares insolúveis, que podem formar uma barreira física e dificultar a absorção e a solubilidade de água (Machado et al., 2014). O índice de absorção de água de produtos que possuem amido torna-se geralmente elevada à medida que são submetidos ao calor em meio aquoso, devido à gelatinização dos grânulos de amido. Esse índice tende a aumentar

com o aumento da temperatura até a gelatinização do amido ser atingida, mas depois tende a diminuir, quando ocorre o rompimento na estrutura amilácea (Silva et al., 2013).

**Tabela 4.2.** Índice de solubilidade em água e poder de inchamento da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Índice de Solubilidade em Água <sup>1</sup>	Poder de inchamento <sup>2</sup>
30	2,97 <sup>c</sup> ± 0,01	3,25 <sup>c</sup> ± 0,03
60	3,40 <sup>b</sup> ± 0,06	3,34 <sup>c</sup> ± 0,02
70	3,42 <sup>b</sup> ± 0,09	4,57 <sup>b</sup> ± 0,03
80	3,87 <sup>a</sup> ± 0,16	4,71 <sup>a</sup> ± 0,02
90	3,32 <sup>b</sup> ± 0,07	4,61 <sup>ab</sup> ± 0,07

Médias seguidas de desvio padrão;<sup>1</sup> g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> g g<sup>-1</sup>; Médias seguidas de mesma letra nas colunas não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.3.10 Análise microbiológica

A análise microbiológica (Tabela 4.3) demonstrou que a FBFM estava dentro dos limites aceitáveis pela legislação brasileira. A avaliação da qualidade microbiológica de um alimento é relevante tanto por aspectos de saúde pública quanto aspectos econômicos. A contaminação de um produto normalmente está associada a práticas inadequadas de manipulação e produção. A detecção de Coliformes a 45 °C, ausente na FBFM, sugere contaminações de origens fecais diretas ou indiretas de humanos e animais de sangue quente (Sangadkit et al., 2012; Fazzioni et al., 2013).

**Tabela 4.3.** Análise microbiológica da farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Análise Realizada	Resultado	Limites Permitidos*
Coliformes à 35 °C/g	1,0 x 10 UFC g <sup>-1</sup>	-
Coliformes à 45 °C	Ausência em 25 g	10 <sup>2</sup> UFC/g
Bolores e Leveduras	7,0 x 10 <sup>3</sup> UFC g <sup>-1</sup>	-
<i>Salmonella</i> sp	Ausência em 25 g	Ausência em 25g
<i>Bacillus cereus</i>	10 x10 UFC g <sup>-1</sup>	3 x10 <sup>3</sup> UFC/g

\*Limites Permitidos: (MS – ANVISA - RDC 12<sup>a</sup> – 10a)

A *Salmonella* sp., ausente na FBFM, é um bacilo gram negativo, aeróbio ou anaeróbio facultativo, distribuí-se amplamente no trato intestinal humano e de animais, e também pode ser encontrada em ambientes que processam ou manipulam alimentos (como carnes, leites, ovos e seus produtos derivados). O consumo de um alimento contaminado com *Salmonella* sp. é uma das causas mais comuns de gastroenterite aguda, e em casos mais graves, pode levar o indivíduo a óbito. Já os *Bacillus cereus*, que apresentou contagem, porém dentro dos limites aceitáveis pela legislação, é uma bactéria gram positiva, aeróbia facultativa, formadora de esporos, e produtora de toxinas, normalmente presente em plantações como trigo e arroz. A contaminação de alimentos por *B. cereus* pode causar a deterioração dos mesmos, e ainda está associada à ocorrência de cepas patogênicas produtoras de toxinas (Fazzioni et al., 2013; Pribul et al., 2016).

#### 4.4 CONCLUSÕES

- A farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) apresenta elevado valor nutricional e funcional, principalmente pelo alto teor de fibras alimentares, sobretudo insolúveis, e alta capacidade antioxidante.
- A FBFM apresenta características favoráveis ao armazenamento à temperatura ambiente, visto que, tem baixa umidade e baixa atividade de água. Além disso, encontra-se fora da faixa propícia para o desenvolvimento e crescimento da maioria dos microrganismos, e não existe indícios de fermentação e de risco microbiológico nas amostras.
- O ingrediente FBFM é interessante em alimentos por possuir cor clara e amarelada, e perfil de tamanho de partículas homogêneo, cujas partículas são classificadas como finas.
- As análises de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e de difratometria de raios-X mostraram picos característicos de celulose, hemicelulose, lignina e amido, sendo corroboradas pelas imagens microscópicas.
- A FBFM apresenta propriedades térmicas e de pasta típicas de materiais com amido de milho, entretanto como possui elevado teor de fibra alimentar, produz pastas pouco viscosas, com baixa solubilidade em água e baixo poder de inchamento.
- A FBFM pode ser recomendada para utilização como novo ingrediente em produtos alimentícios.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

ALESSI, M. O.; RAUPP, D. S.; GARDINGO, J. R. Characterization of biju-type cornmeal processing for byproduct utilization. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 31-39, ago., 2003.

ANDRADE, L. A.; NAGATA, C. L. P.; ASSUMPÇÃO, G. M. P.; GONÇALVES, G. A. S.; PEREIRA, J. Demucilated taro corm flour used in cake preparation. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 3, p. 203-214, 2015.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington: AOAC; 2012.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. (editora técnica). **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa, 2 ed. rev. e ampl., 2012. p. 15-38.

BECHTHOLD, A. Food energy density and body weight: A scientific statement from the DGE. **Ernahrungs Umschau**, Frankfurt, v. 61, n. 1, p. 2-11, 2014.

BRAND-WILLIAMS, M. E.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 1, n. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA ANVISA/MS nº. 12, de 1978. Aprova o regulamento técnico sobre padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 de julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 de novembro de 2012.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K.; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. L.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R. Antioxidant capacity and chemical composition of passion fruit peel (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1699-1704, 2014.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

FAO – **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Faostat, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acessado em 14/09/2016.

FAZZIONI, F. D. B.; GELINSKI, J. M. L. N.; ROZA-GOMES, M. F. Avaliação microbiológica de produtos de confeitaria e risco à saúde do consumidor. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 159-164, 2013.

FDA. Food and Drug Administration, 2002. **Bacteriological analytical manual**, 2002.

FIORDA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Cassava bagasse flour: byproduct utilization and comparison with cassava starch. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

GOMES, F. H. T.; CÂNDIDO, M. J. D.; CARNEIRO, M. S. S.; FURTADO, R. N.; PEREIRA, E. S. Intake, behavior and performance in sheep fed diets containing castor cake. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 182-190, 2017.

GOÑI, O.; ESCRIBANO, M. I.; MERODIO, C. Gelatinization and retrogradation of native starch from cherimoya fruit during ripening, using differential scanning calorimetry. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 303-310, 2008.

GWIRTZ, J. A.; GARCIA-CASAL, M. N. Processing maize flour and corn meal food products. **Annals of the New York Academy of Sciences**, New York, v. 1312, n. 1, p. 66–75, 2014.

IZIDORO, D. R.; DEMCZUK JUNIOR, B.; HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M. R.; FREITAS, R. J. S.; SCHEER, A. P. Granules morphology and rheological behavior of green banana (*Musa cavendishii*) and corn (*Zea mays*) starch gels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1443-1448, 2007.

LACERDA, D. B. C. L.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, M. V. L.; SILVA-LOBO, V. L.; CAMPOS, M. R. H.; SIQUEIRA, B. S. Quality of raw, extruded and parboiled rice bran. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 521-530, 2010.

- LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 36, n. 6, p. 534-544, 1959.
- LENGOWSKI, E. C.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; MAGALHÃES, W. L. E. Cellulose acquirement evaluation methods with different degrees of crystallinity. **Science Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 185-194, 2013.
- LI, S.; ZHANG, Y.; WEI, Y.; ZHANG, W.; ZHANG, B. Thermal, Pasting and Gel Textural Properties of Commercial Starches from Different Botanical Sources. **Journal Bioprocessing & Biotechniques**, Sunnyvale, v. 4, n. 4, p. 2-6, 2014.
- LIMA, B. N. B.; CABRAL, T. B.; NETO, R. P. C.; TAVARES, M. I.; PIERUCCI, A. P. T. Characterization of commercial edible starch flours. **Polímeros**, São Carlos, v. 22, n. 5, p. 486-490, 2012.
- MACAGNAN, F. T.; SILVA, L. P.; HECKTHEUER, L. H. Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. **Food Research International**, Ottawa, v. 85, p. 144-154, jul., 2016.
- MACHADO, B. A. S.; REIS, J. H. O.; SILVA, J. B.; CRUZ, L. S.; NUNES, I. L.; PEREIRA, F. V.; DRUZIAN, J. I. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. **Química Nova**, São Paulo, v. 37, n. 8, p. 1275-1282, 2014.
- MATSHEKA, M. I.; MPUCHANE, S.; GASHE, B. A.; ALLOTEY, J.; KHONGA, E. B.; COETZEE, S. H.; MURINDAMOMBE, G. Microbial quality assessment and predominant microorganism of biltong produced in Butcherries in Gaborone, Botswana. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, n. 17, p. 1668-1678, 2014.
- MELLO, A. V.; CASSIMIRO, T. A. S.; POSPISCHEK, V. S.; VILLARIM, W. L. F.; PEREIRA, I. R. O.; ABREU, E. S. Analysis of the centesimal composition and labeling of cereal bars. **E-Scientia**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 41-48, 2012.
- MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composition, phenolic compounds and antioxidant activity in conventional not edible parts of six vegetables. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2014.
- MIKALOUSKI, F. B. S.; MONTEIRO, A. R. G.; MARQUES, D. R.; MONTEIRO, C. C. F.; BENOSSI, L. Influence of raw material particle size on the expansion of extruded corn. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 28-32, 2014.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOURÃO, R. C.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A. M.; FERREIRA, A. L.; BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 6, n. 5, 2012.

NARA, S.; KOMIYA, T. Studies on the relationship between water-saturated state and crystallinity by the diffraction method for moistened potato starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 35, n. 12, p. 407-410, 1983.

ORO, T.; LIMBERGER, V. M.; MIRANDA, M. Z.; RICHARDS, N. S. P. S.; GUTKOSKI, L. C.; FRANCISCO, A. Pasting properties of whole and refined wheat flour blends used for bread production. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 754-760, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, jul./set., 2014.

ORNAGHI JÚNIOR, H. L.; MORAES, A. G. O.; POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; AMICO, S. C. Chemical composition, tensile properties and structural characterization of buriti fiber. **Cellulose Chemical Technology**, Bucharest, v. 50, n. 1, p. 15-22, 2016.

ORNAGHI JÚNIOR, H. L.; POLETTO, M.; ZATTERA, A. J.; AMICO, S. C. Correlation of the thermal stability and the decomposition kinetics of six different vegetal fibers. **Cellulose**, London, v. 21, p. 177-188, 2014.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n. 1, p. 36-60, 2013.

PINTO, A. T. B.; PEREIRA, J.; OLIVEIRA, T. R.; PRESTES, R. P.; MATTIELO, R. R.; DEMIATE, I. M. Characterization of Corn Landraces Planted Grown in the Campos Gerais Region (Paraná, Brazil) for Industrial Utilization. **Brazilian Archives Biology Technology**, Curitiba, v. 52, n. especial, p. 17-28, 2009.

PRIBUL, B. R.; FESTIVO, M. L.; SOUZA, M. M. S.; RODRIGUES, D. P. Characterization of quinolone resistance in *Salmonella* spp. isolates from food products and human samples in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 1, p. 196-201, 2016.

- ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Structural and physicochemical characteristics of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*) starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 620-628, 2008.
- ROSE, D. J.; INGLETT, G. E.; LIU, S. X. Utilization of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 90, n. 6, p. 915-924, 2010.
- SANDHU, K. S.; SINGH, N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. **Food Chemistry**, Barking, v. 101, n. 4, p. 1499–1507, 2007.
- SANGADKIT, W.; RATTANABUMRUNG, O.; SUPANIVATIN, P.; THIPAYARAT, A. Practical coliforms and *Escherichia coli* detection and enumeration for industrial food samples using low-cost digital microscopy. **Procedia Engineering**, Maryland Heights, v. 32, n. 1, p. 126 – 133, 2012.
- SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; TEBA, C. S. Effect of thermoplastic extrusion on the characteristics of pasta viscosity, solubility and water absorption of pre-cooked flours made with maize and carioca type beans (BRS Pontal). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 99-114, 2013.
- SMITTHIPONG, W.; CHOLLAKUP, R.; KONGTAD, W.; DELOR-JESTIN, F. Effect of Palm Fiber on Photo and Thermo-Degradation of Polyethylene Composites. **Kasetsart Journal - Natural Science**, Bangkok, v. 48, n. 6, p. 908-915, 2014.
- TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Effect of extrusion parameters on the pasting properties of pre-cooked pasta rice and bean. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.
- XING, J.; LIU, Y.; LI, D.; WANG, L.; ADHIKARI, B. Heat-moisture treatment and acid hydrolysis of corn starch in different sequences. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 5, p. 11-20, 2017.
- WANG, J.; SUO, G.; WIT, M.; BOOM, R. M.; SCHUTYSER, M. A. I. Dietary fibre enrichment from defatted rice bran by dry fractionation. **Journal of Food Engineering**, London, v. 186, n. 17, p. 50-57, 2016.
- WEBER, F. R.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Physicochemical, rheological, morphological, and thermal characterization of normal, waxy, and high amylose corn starches. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 29, n. 4, p.748-753, 2009.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1996. p. 1-5. (Comunicado técnico, 215).

## 5 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BISCOITOS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO PELA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO

### RESUMO

Os biscoitos são os produtos de panificação mais populares do mundo e consumidos por quase todas as classes sociais, devido ao fato de ser pronto para o consumo, e também por possuir custo acessível e grande variedade de formas, tamanhos, tipos e sabores. A biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (BFM) é oriunda da moagem a seco do grão, e composta predominantemente pelo pericarpo do grão do milho e fraqueamentos do endosperma, portanto, composta predominantemente por fibras e amido. O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade tecnológica e nutricional de biscoitos desenvolvidos a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) pela farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), com base nas suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, e ainda determinar a qualidade química da formulação mais aceita pelos provadores. Delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM), e quatro repetições foi utilizado. Os dados das características físico-químicas foram avaliados por análise de variância e de regressão, enquanto as médias das notas dos atributos sensoriais foram comparadas pelo teste Tukey. Todos os parâmetros físicos e sensoriais dos biscoitos (exceto o aroma) foram significativamente influenciados pela substituição da FT pela FBFM. Os valores médios obtidos para índice de expansão dos biscoitos variaram entre 1,18-1,09, para volume específico entre 1,56-1,48 mL g<sup>-1</sup>, e para dureza entre 55,6-39,98 N, todos diminuindo com o aumento do nível de substituição de FT por FBFM. Enquanto os de croma variaram entre 26,88-27,36 e os de ângulo Hue entre 68,60-71,86 graus, aumentando com a substituição. Todas as formulações tiveram escores acima de 7, exceto a de 40 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM. O biscoito com maior aceitação sensorial correspondeu à substituição de 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM. O biscoito com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de BFM apresentou valores elevados de fibras alimentares (10,7 g 100 g<sup>-1</sup>). Conclui-se que todas as características físico-químicas dos biscoitos são influenciadas pela substituição parcial de FT por FBFM. Os biscoitos não apresentam risco microbiológico, é são bem aceitos pelos provadores, com a vantagem do elevado valor nutricional e funcional. Portanto, a produção de biscoitos com FBFM é nutricional e tecnologicamente viável.

*Palavras-chave:* Zea mays, resíduo, subproduto, panificação, fibra alimentar, alimento funcional.

## PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND SENSORY ACCEPTANCE OF BISCUITS WITH PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR BY FLOUR FIBROUS BIOMASS OF MAIZE

### ABSTRACT

Biscuits are the most popular bakery products in the world and consumed by almost all social classes, due to the fact that it is a ready-to-eat product, and also because it has an affordable cost and a great variety of shapes, sizes, types and flavors. The fibrous biomass obtained in the processing of the maize flour “biju” type (FBM) comes from the dry grinding of the grain, and is composed predominantly of the maize fiber pericarp, which is therefore rich in fiber. The aim of this work was to verify the nutritional and technological viability of biscuits developed from the partial substitution of wheat flour (WF) by flour fibrous biomass of maize (FFBM), based on its physicochemical, microbiological and sensorial characteristics, and to determine the chemical quality of the most accepted formulation. A completely randomized design with five treatments (0, 10, 20, 30 and 40 g 100 g<sup>-1</sup> WF replacement by FFBM, and four replicates) was used. The data of the physicochemical characteristics were analyzed by analysis of variance and regression, while the mean scores of the sensorial attributes were compared by the Tukey test. All physical and sensory indicators of the biscuits (except aroma) were significantly influenced by the substitution of WF by FFBM. All formulations had scores above 7, except for 40 g 100 g<sup>-1</sup> of WF by FFBM. The average values obtained for expansion index varied between 1.18–1.09, for specific volume between 1.56–1.48 mL g<sup>-1</sup>, and for hardness between 55.6–39.98 N, where all decreasing with the increased level of substitution of WF by FFBM. While the Chroma values varied between 26.88–27.36 and the Hue angle between 68.60–71.86 degrees, increasing with the substitution of WF by FFBM. All formulations had scores above 7, except that of 40 g 100 g<sup>-1</sup> WF by FFBM. The biscuit with greater sensorial acceptance corresponded to the formulation with substitution level of 20 g 100 g<sup>-1</sup> of WF by FFBM. The biscuit with 20 g 100 g<sup>-1</sup> of FFBM presented high values of dietary fiber (10.7 g 100 g<sup>-1</sup>). It was concluded that all the physicochemical characteristics of the biscuits were influenced by the partial substitution of WF by FFBM. The biscuits do not present microbiological risk, it is well accepted by the tasters and it has high nutritional and functional value, therefore, the production of biscuits with FFBM is nutritionally and technologically viable.

*Keywords:* *Zea mays*, residue, by-product, bakery, dietary fiber.

### 5.1 INTRODUÇÃO

Biscoitos são os produtos de panificação mais populares do mundo. Isso se deve, principalmente, ao fato de ser um produto pronto para o consumo, além de possuir custo acessível e grande variedade de formas, tamanhos, tipos e sabores (Rao et al., 2016). Segundo a ABIMAPI (2015), o Brasil é o terceiro maior produtor de biscoitos do mundo, com 1,2 milhão de toneladas, sendo superado apenas pelos Estados Unidos da América (2,4 milhões de toneladas) e Índia (1,9 milhão de toneladas).

A longa vida útil dos biscoitos permite que os mesmos sejam amplamente produzidos e distribuídos, o que gera grande interesse comercial, devido a sua praticidade em relação à produção, comercialização e ao consumo. Produtos com essas características, aliados à sua enorme diversidade, apresentam-se como um bom veículo para o estudo de diferentes formulações, seja por razões econômicas ou nutricionais (Feddern et al., 2011; Tavares et al., 2016).

O biscoito é o produto obtido pelo amassamento e forneamento de uma massa preparada com farinhas, amidos e/ou féculas fermentados ou não, em conjunto com outras substâncias alimentícias, como açúcar, gordura, água e sal. Estes podem ser misturados a outros ingredientes secundários, como fermento em pó, leite desnatado, emulsificante, entre outros, em que, a natureza e a quantidade de todos os ingredientes utilizados é que determina a qualidade final do biscoito (Mamat et al., 2010; Zuniga et al., 2011).

A biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (BFM) é oriunda da moagem a seco do grão. A BFM é composta predominantemente pelo pericarpo do grão do milho. Entretanto, uma pequena porção de endosperma e a ponta do grão também estão presentes. Por ser considerada um resíduo, a BFM muitas vezes é descartada de maneira inadequada. Dessa forma, aplicações viáveis e econômicas devem ser buscadas a fim de que seja utilizada como matéria-prima para um novo processo, e torne-se um subproduto. Considerando o fato de o pericarpo do grão do milho ser uma fonte potencial de fibras alimentares (Oliveira et al., 2014), a BFM torna-se atraente para ser incorporada em formulações de produtos alimentícios. Em decorrência das propriedades funcionais das fibras alimentares, os incentivos para o desenvolvimento e comercialização de produtos com maior teor deste nutriente têm se intensificado, levando a indústria a diversificar a variedade de farinhas alternativas e a produzir alimentos mais nutritivos e funcionais. Porém, para que os consumidores aceitem estes novos produtos é fundamental que os mesmos sejam de boa qualidade física, microbiológica, sensorial e nutricional, e também que sejam capazes de competir com produtos convencionais.

Com a crescente procura pela melhoria na qualidade da dieta, diversos estudos vêm sendo realizados com a substituição parcial da farinha de trigo por outras fontes de fibras ou proteínas, visando aumentar o valor nutricional de biscoitos, como, por exemplo, a adição de farinha de quinoa (Bick et al., 2014); farinha de talo de couve e de talo de espinafre (Mauro et al., 2010); polvilho azedo e albedo de laranja (Santos et al., 2011);

aveia e bagaço de uva (Piovesana et al., 2013); farinha desengordurada de gergelim (Clerici et al., 2013), dentre outras fontes.

Entretanto, nenhum estudo foi realizado com a aplicação da farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) em biscoito. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade tecnológica e nutricional de biscoitos desenvolvidos a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) pela FBFM, com base nas suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, e ainda determinar a qualidade química da formulação mais aceita pelos provadores.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Obtenção e preparo das matérias-primas

A biomassa fibrosa do milho (BFM) foi obtida no processamento da farinha de milho “biju”, e gentilmente cedida pela empresa Caramuru Alimentos, localizada na cidade de Itumbiara-GO.

A BFM foi seca em estufa com circulação de ar (Tecnal, TE-393/1, Piracicaba, Brasil), a 45 °C por 24 h, moída em moinho de facas, acoplado com peneiras de orifícios de 1 mm de diâmetro, e a farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), devidamente vedados, e armazenados sob refrigeração, a 5 °C.

A farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, Vitella®, foi cortesmente doada pela empresa Moinho Vitória, localizada na cidade de Goiânia-GO. Os demais ingredientes empregados nas formulações dos biscoitos comprados no mercado local da capital do Estado de Goiás, Brasil.

### 5.2.2 Processamento dos biscoitos

Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM) e quatro repetições, totalizando vinte amostras. Os demais ingredientes foram determinados em testes preliminares e mantidos fixos em todas as formulações (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1.** Proporções dos ingredientes utilizados para a formulação dos biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Ingrediente	Nível de Substituição de FT por FBFM no biscoito (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	0 (B1)	10 (B2)	20 (B3)	30 (B4)	40 (B5)
FT <sup>1</sup>	150	135	120	105	90
FBFM <sup>1</sup>	0	15	30	45	60
Fermento químico <sup>1</sup>	2	2	2	2	2
Margarina <sup>1</sup>	22	22	22	22	22
Açúcar mascavo <sup>1</sup>	40	40	40	40	40
Açúcar cristal <sup>1</sup>	40	40	40	40	40
Leite em pó <sup>1</sup>	10	10	10	10	10
Bicarbonato de sódio <sup>1</sup>	1	1	1	1	1
Ovo <sup>1</sup>	50	50	50	50	50
Essência de coco <sup>2</sup>	5	5	5	5	5
Essência de baunilha <sup>2</sup>	5	5	5	5	5

FT: farinha de trigo; FBFM: farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju”; B1 a B5: biscoitos experimentais; <sup>1</sup> grama; <sup>2</sup> mililitro.

Os biscoitos foram processados manualmente em bateladas de 350 g, seguindo as seguintes etapas: preparo da massa (mistura), homogeneização, moldagem/corte, forneamento, resfriamento, embalagem e armazenamento. Para tanto, primeiramente, foram misturados os ingredientes secos e, em seguida, os demais. Homogeneizada a mistura, a massa foi aberta, com o auxílio de um rolo, até que ficasse com a superfície lisa e com espessura de 5 mm. Então, a massa foi modelada com molde metálico de 40 mm de diâmetro, os pedaços de massa colocados em tabuleiro de inox, untado com margarina e farinha de trigo, e assados em forno industrial previamente aquecido por 20 min a 180 °C. Após a retirada dos biscoitos do forno, os mesmos foram deixados para resfriar naturalmente, depois acondicionados em sacos de PEBD, e armazenados em temperatura ambiente até o momento das análises.

### 5.2.3 Características físico-químicas dos biscoitos

Para determinação do índice de expansão, mediu-se o diâmetro ( $\emptyset$ ) e a altura (H) da massa moldada e dos biscoitos após assados, e utilizou-se paquímetro digital

(Messen, 0 a 150 mm, Berlin, Alemanha). O índice de expansão (IE) foi calculado de acordo com Machado & Pereira (2010), conforme a Equação 5.1.

$$IE = \frac{(\varnothing_{\text{biscoito}} + H_{\text{biscoito}})}{(\varnothing_{\text{massa moldada}} + H_{\text{massa moldada}})} \quad (\text{Equação 5.1})$$

O teor de umidade foi obtido nos biscoitos triturados e dessecados a 105 °C em estufa com circulação de ar (Tecnal, TE-393/1) até peso constante, conforme descrito pelo método n° 945.38B, da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012). O volume específico (VE) foi determinado por deslocamento de sementes de painço, e calculado segundo a Equação 5.2.

$$VE \text{ (mL g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{volume}_{\text{deslocado}} \text{ (mL)}}{\text{massa}_{\text{biscoito}} \text{ (g)}} \quad (\text{Equação 5.2})$$

A dureza instrumental dos biscoitos foi determinada no segundo dia após o forneamento, segundo o método 16-50 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2010), com auxílio de um texturômetro (Stable Micro Sistem, TA.XT2 plus, Godalming, Reino Unido), com probe 3-Point BendingRig (HDP/3PB) e plataforma HDP/90 para cortar o biscoito ao meio, disposto horizontalmente na plataforma. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 1,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade de teste = 3,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade pós-teste = 10,0 mm s<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em N (Newton), sendo realizadas 10 determinações para cada repetição.

As leituras dos parâmetros instrumentais de cor dos biscoitos foram realizadas em colorímetro (Bankinh Meter Minolta, BC-10, Ramsey, USA) previamente calibrado. As coordenadas instrumentais a\* e b\* foram utilizadas para calcular os valores do ângulo Hue (H°, tonalidade ou matriz) e de croma (C\*, saturação da cor), segundo as Equações 5.3 e 5.4, respectivamente.

$$H^{\circ} = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 5.3})$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 5.4})$$

Em que,  $a^*$ , à cromaticidade entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos);  $b^*$ , à cromaticidade entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos);  $C^*$ , croma; e  $^{\circ}H$ , ângulo Hue.

#### **5.2.4 Risco microbiológico dos biscoitos**

As análises microbiológicas seguiram as técnicas descritas pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2002), e obedeceram aos padrões da Resolução RDC 12, item 10.f para bolachas e biscoitos, sem recheio (Brasil, 2001), que estabelece contagem de *Coliformes* a 45 °C  $g^{-1}$ , de *Estafilococos Coagulase Positiva*, de bolores e leveduras, e pesquisa de presença/ausência de *Salmonella* sp.

#### **5.2.5 Aceitação sensorial dos biscoitos**

Os testes de aceitação dos produtos foram realizados por 50 provadores não treinados, consumidores de biscoitos, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo), em que, foram avaliados os atributos: cor, aparência, textura, sabor, odor e impressão global (Apêndice 5.A).

Os provadores, adolescentes e adultos entre 15 e 56 anos, de ambos os sexos, sendo 82% feminino e 18% masculino, foram recrutados conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa, sendo excluídos os analfabetos, as gestantes, os fumantes e os portadores de patologias que pudessem interferir na absorção intestinal e na sensibilidade gustativa, olfativa, ou que apresentassem deficiência visual.

Cada provador leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 5.B) para participação na pesquisa, cujo projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética (CAAE: 56909916.4.000.5083). As amostras codificadas foram servidas em pratos descartáveis, de forma sequencial aleatória, uma de cada vez à medida que o provador realizava a degustação. Água mineral foi disponibilizada para que os provadores a bebessem entre uma degustação e outra.

O índice de aceitabilidade (IA) dos biscoitos foi calculado a partir da Equação 5.5, em que, valores  $\geq 70\%$  indicaram boa aceitação dos consumidores (Dutcosky, 2013).

$$IA (\%) = \frac{S_1 \times 100}{S_2} \quad (\text{Equação 5.5})$$

Em que,  $S_1$  refere-se à nota média obtida para o produto, e  $S_2$  à nota máxima dada ao produto.

### 5.2.6 Composição química e valor energético total do biscoito selecionado

A composição centesimal do biscoito selecionado na análise sensorial foi determinada segundo os métodos recomendados pela AOAC (2012). A umidade foi obtida por dessecação a 105 °C em estufa com circulação de ar até peso constante (método 945.38B). As cinzas foram determinadas por pesagem após incineração a 550 °C em forno mufla (método 920.38C). O nitrogênio foi estimado pelo método micro-Kjeldahl em destilador, sendo utilizado o fator 6,25 para a quantificação do teor de proteína bruta (método 981.10). O teor de lipídios foi quantificado após extração contínua em aparelho Soxhlet (método 996.06). Para quantificação dos teores de fibras alimentares total, solúvel e insolúvel utilizou-se a amostra desengordurada da extração por Soxhlet, seguindo o método enzimico-gravimétrico (método 985.29).

O teor de carboidratos digeríveis foi calculado pela diferença entre 100 e a somatória dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibras alimentares insolúveis. E a determinação de açúcares redutores e totais foi realizada pelo método ADNS segundo Miller (1959), com leitura de absorbância, a 550  $\mu\text{m}$ , em espectrofotômetro (Bel Photonic, SP2000UV, Piracicaba, Brasil). Todos os valores foram expressos em  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ , em base seca, exceto umidade. O valor energético total ( $\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ , em base úmida) foi calculado a partir da multiplicação da quantidade de lipídios por 9, e de proteínas e carboidratos digeríveis por 4 (Brasil, 2003).

### 5.2.7 Análise estatística

Os dados obtidos relacionados às características físicas dos biscoitos foram avaliados por análise de variância e de regressão, e as médias das notas sensoriais foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de significância.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.3.1 Características físico-químicas dos biscoitos

Todos os parâmetros físicos avaliados foram significativamente influenciados ( $p < 0,01$ ) pelo nível de substituição de FT por FBFM na formulação dos biscoitos (Apêndice 5.C, Tabela 5.2). Os modelos de regressão ajustados também foram significativos ( $p < 0,01$ ) para todos os parâmetros físicos (Tabela 5.3), explicando entre 81% e 98% das respostas.

**Tabela 5.2.** Umidade, índice de expansão (IE), volume específico (VE), dureza, saturação da cor (croma) e tonalidade cromática (ângulo Hue, H°) de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Parâmetro	Nível de Substituição de FT por BFM no biscoito (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	0 (B1)	10 (B2)	20 (B3)	30 (B4)	40 (B5)
Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	4,81 <sup>c</sup> ±0,14	5,06 <sup>b</sup> ±0,03	5,22 <sup>ab</sup> ±0,08	5,35 <sup>a</sup> ±0,07	5,43 <sup>a</sup> ±0,16
IE	1,18 <sup>a</sup> ±0,01	1,16 <sup>b</sup> ±0,01	1,14 <sup>c</sup> ±0,01	1,12 <sup>d</sup> ±0,01	1,09 <sup>e</sup> ±0,01
VE (mL g <sup>-1</sup> )	1,56 <sup>a</sup> ±0,01	1,53 <sup>b</sup> ±0,01	1,51 <sup>c</sup> ±0,00	1,50 <sup>d</sup> ±0,00	1,48 <sup>e</sup> ±0,00
Dureza (N)	55,60 <sup>a</sup> ±1,61	46,81 <sup>b</sup> ±1,04	45,87 <sup>b</sup> ±0,98	41,53 <sup>c</sup> ±1,59	39,98 <sup>c</sup> ±1,64
H° (graus)	68,60 <sup>e</sup> ±0,16	69,49 <sup>d</sup> ±0,30	70,68 <sup>c</sup> ±0,08	71,42 <sup>b</sup> ±0,10	71,86 <sup>a</sup> ±0,11
Croma	26,88 <sup>d</sup> ±0,09	26,91 <sup>cd</sup> ±0,10	27,08 <sup>bc</sup> ±0,05	27,19 <sup>ab</sup> ±0,10	27,36 <sup>a</sup> ±0,09

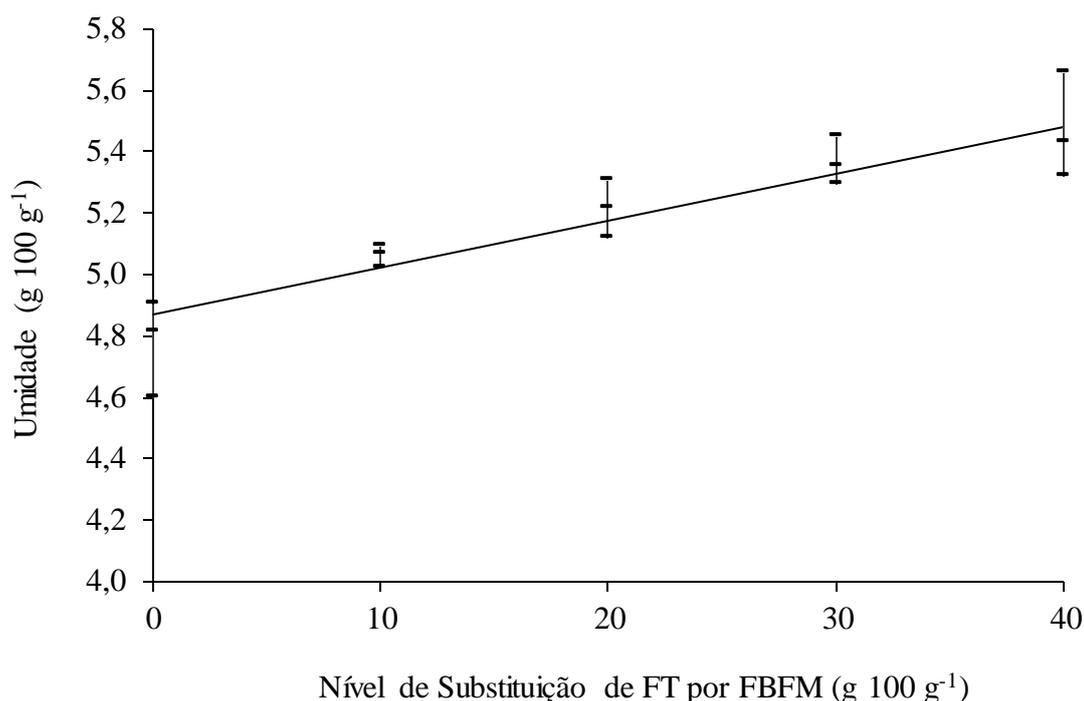
Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.3.** Modelos matemáticos ajustados, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup><sub>adj</sub>) e significância do modelo (p) de umidade, índice de expansão, volume específico, dureza, croma e ângulo Hue de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Parâmetro	Modelo Matemático	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	p
Umidade <sup>1</sup>	y = 4,8678 + 0,0153x	0,8160	0,8058	0,00
Índice de Expansão	y = 1,1836 - 0,0023x	0,9565	0,9540	0,00
Volume Específico <sup>2</sup>	y = 1,5520 - 0,0019x	0,9320	0,9282	0,00
Dureza <sup>3</sup>	y = 54,8428 - 0,6815x + 0,0079x <sup>2</sup>	0,9086	0,8978	0,00
Croma	y = 26,8354 + 0,0125x	0,8200	0,8100	0,00
Ângulo Hue <sup>4</sup> (graus)	y = 68,5242 + 0,1232x - 0,0001x <sup>2</sup>	0,9791	0,9767	0,00

<sup>1</sup>g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> mL g<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>N. <sup>4</sup>graus.

Em relação à umidade, não foi observada diferença significativa entre as formulações com 40, 30 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM, porém as demais formulações diferiram estatisticamente (Tabela 5.2). O teor de umidade é um atributo de grande importância na qualidade de produtos alimentícios, pois influencia diretamente no tempo de vida útil dos mesmos. A umidade dos biscoitos aumentou conforme ocorreu o acréscimo de FBFM (Figura 5.1).

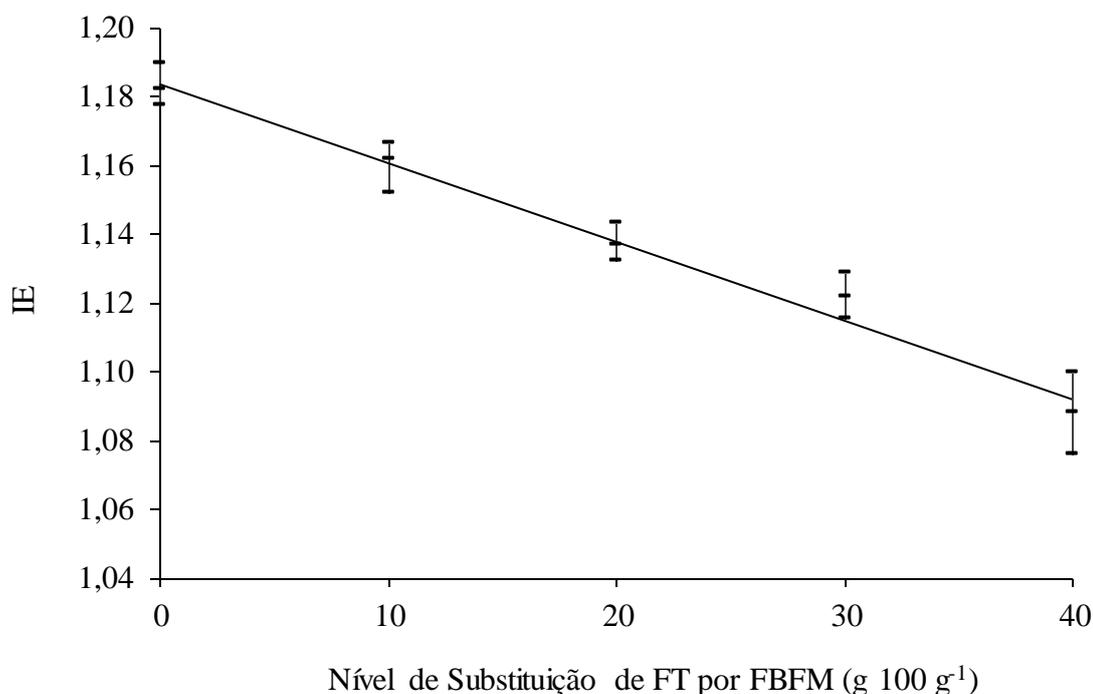


**Figura 5.1.** Umidade de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Entretanto, todas as formulações mantiveram-se inferiores ao limite máximo de umidade permitido pela legislação brasileira (14 g 100 g<sup>-1</sup>). O aumento da umidade provavelmente se deu pelo fato da adição de fibra alimentar (Assis et al. 2009). Pois, a maior quantidade de fibra na FBFM em relação à FT, proporcionou maior capacidade de retenção de água pela massa dos biscoitos durante o forneamento. Onabanjo et al. (2014) também observaram aumento da umidade ao substituir parcialmente a FT por farinha de batata-doce em biscoitos, também fonte de fibras.

O índice de expansão dos biscoitos reduziu à medida que houve incremento de FBFM (Figura 5.2), e foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todas as

formulações (Tabela 5.2). Também houve redução dos valores do volume específico com o incremento de FBFM (Figura 5.3), também devido ao aumento da proporção de fibras nos biscoitos, sendo observada diferença significativa entre todas as formulações.

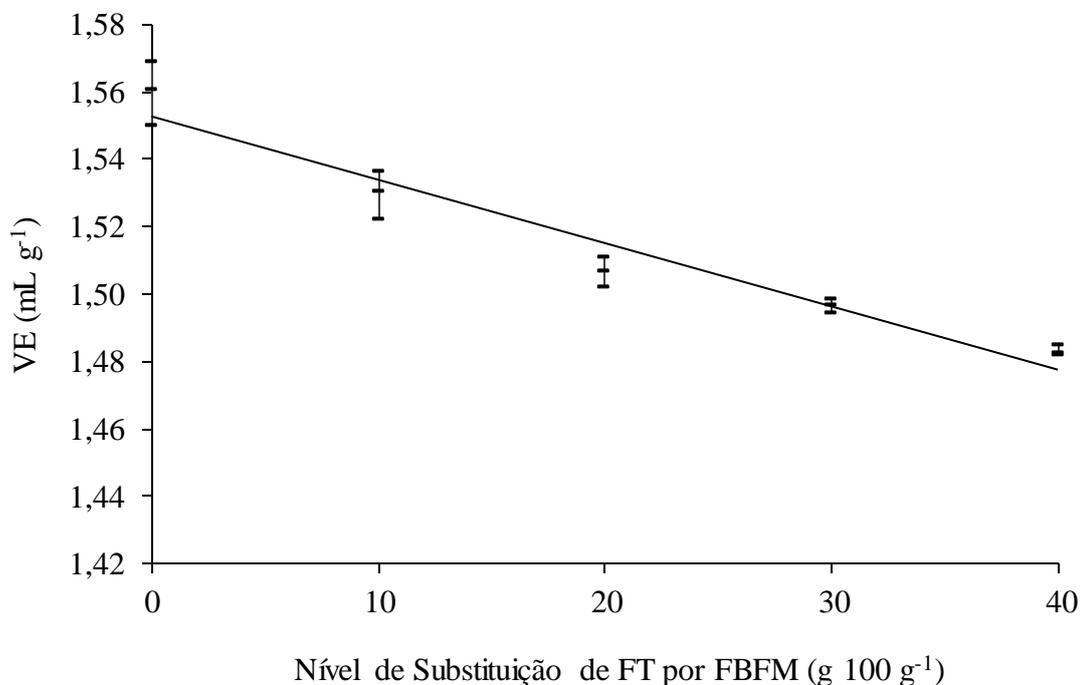


**Figura 5.2.** Índice de expansão de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

O volume específico é outro parâmetro muito importante para a aparência e a textura de biscoitos, e geralmente é influenciado pela qualidade dos ingredientes e técnicas utilizadas durante o processamento (Moraes et al., 2010). Houve redução dos valores do volume específico com o incremento de FBFM (Figura 2.3), também devido ao aumento da proporção de fibras nos biscoitos.

O mesmo fato foi observado por Niaba et al. (2013) e Moura et al. (2014), que ao avaliarem a qualidade de biscoitos enriquecidos com farinha de sorgo desengordurado e de linhaça marrom, respectivamente, verificaram que o volume específico dos biscoitos reduziu à medida que houve aumento no teor de fibras presentes nas farinhas de sorgo e de linhaça. O volume específico é outro parâmetro muito importante para a aparência e a

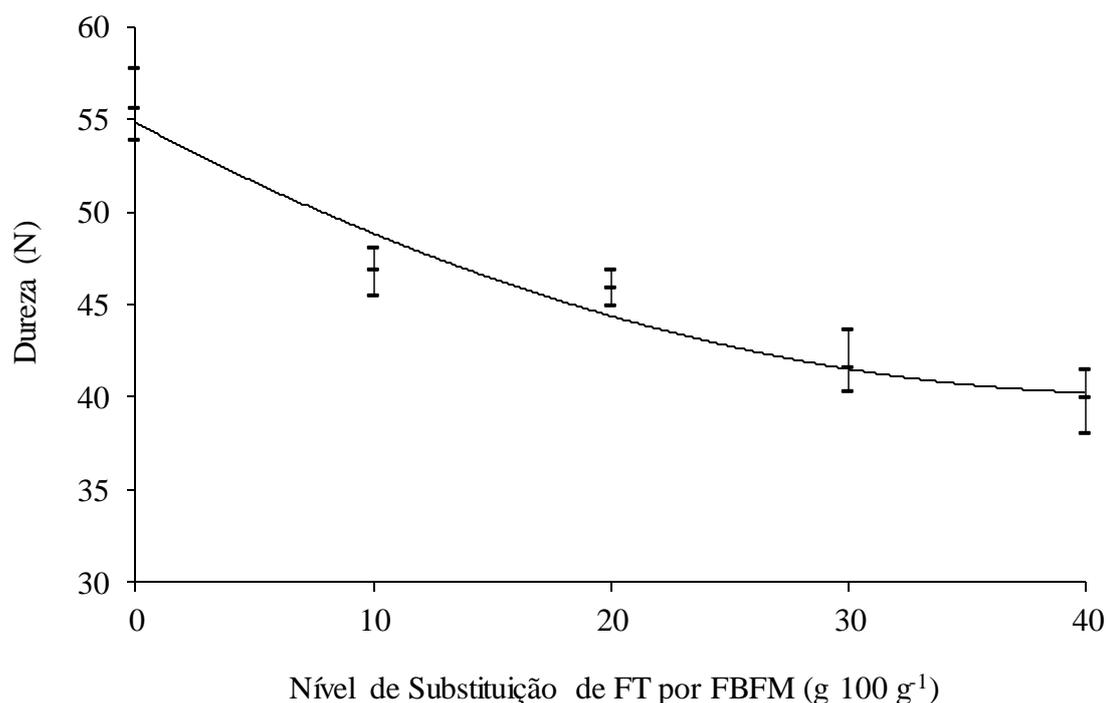
textura de biscoitos, e geralmente é influenciado pela qualidade dos ingredientes e técnicas utilizadas durante o processamento (Moraes et al, 2010).



**Figura 5.3.** Volume específico de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

A textura é uma característica de qualidade fundamental, pois contribui substancialmente para a aceitação global do produto alimentício (Mamat et al., 2010; Zuniga et al., 2011). A dureza dos biscoitos reduziu à medida que houve aumento no nível de substituição de FT por FBFM (Figura 5.4). Foi verificado que a formulação controle (sem FBFM) apresentou diferença significativa, a 5% de probabilidade, em relação a todas as outras formulações para a dureza, enquanto que as formulações com 10 e 20 g 100 g<sup>-1</sup>, e 30 e 40 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM não se diferiram estatisticamente entre si (Tabela 5.2).

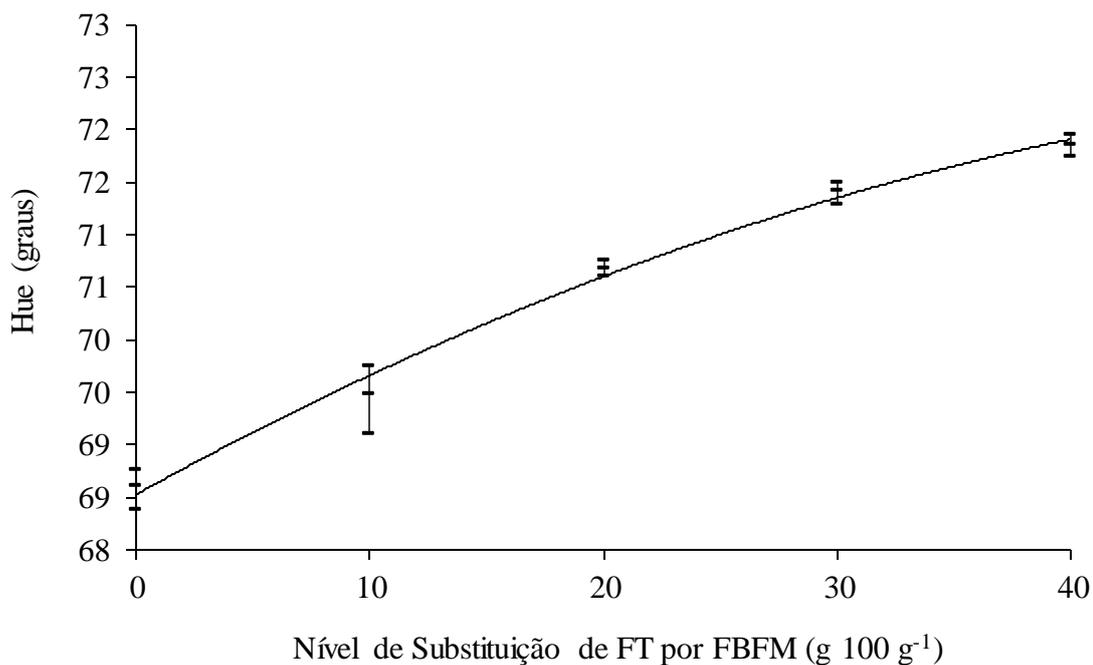
A redução da dureza à medida que houve incremento de FBFM nas formulações pode ser justificado pelo fato de ter ocorrido o enfraquecimento da rede de glúten ao aumentar o teor de fibras no biscoito, que, conseqüentemente, acarretou na redução da resistência ao corte (Agrahar-Murugkaret al., 2015).



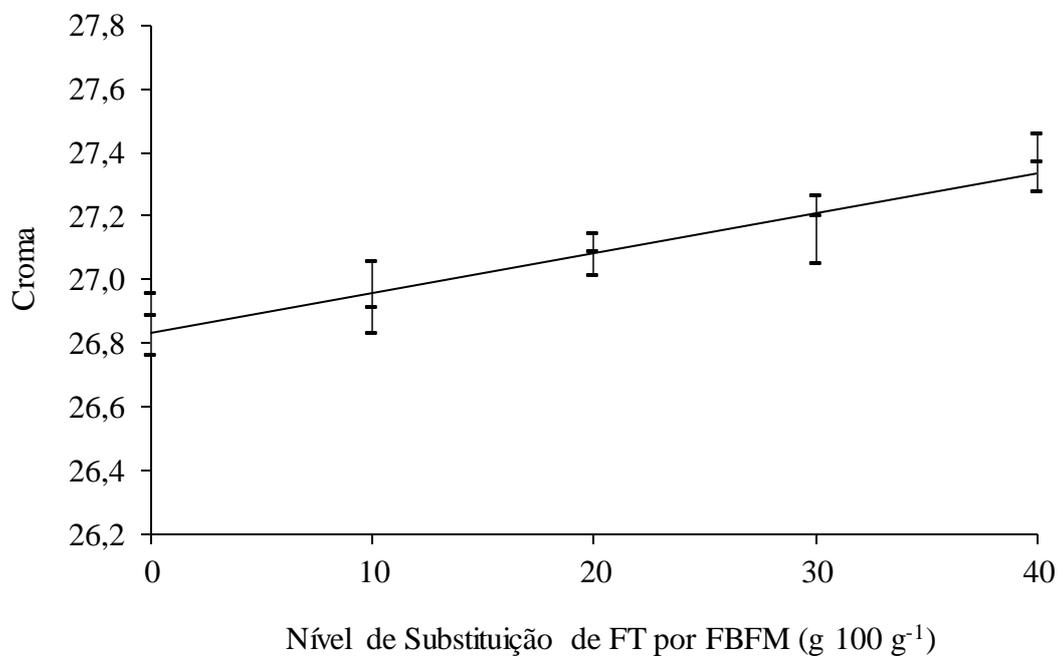
**Figura 5.4.** Dureza de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “bijú” (FBFM).

A cor dos biscoitos é uma das primeiras características observadas pelo consumidor, influenciando diretamente na aceitabilidade do produto (Assis et al., 2009). Tanto os valores da saturação da cor (croma) como da tonalidade (ângulo Hue) aumentaram conforme houve aumento do nível de substituição de FT por FBFM (Figuras 5.5 e 5.6).

Os biscoitos com maiores níveis de FBFM obtiveram colorações mais intensas e amareladas. Em relação ao ângulo Hue, foi verificado que houve diferença significativa entre todos os níveis de substituição de FT por FBFM. Os biscoitos com 30 e 40 g 100 g<sup>-1</sup>, com 20 e 30 g 100 g<sup>-1</sup>, com 10 e 20 g 100 g<sup>-1</sup>, e com 0 e 10 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM não se diferiram estatisticamente em relação a croma (Tabela 5.2).



**Figura 5.5.** Ângulo Hue de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).



**Figura 5.6.** Croma de biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

### 5.3.2 Risco microbiológico dos biscoitos

A contagem de coliformes termotolerantes foi inferior ao estabelecido pela resolução e não foi detectado nos biscoitos a presença de *Salmonella* sp., bolores e leveduras e *Bacillus cereus*. Portanto, as análises microbiológicas demonstraram que os biscoitos estavam dentro dos limites aceitáveis pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), indicando boas condições higiênico-sanitárias no manejo da FBFM e durante o processamento dos biscoitos, o que garantiu a segurança alimentar dos provadores.

### 5.3.3 Aceitação sensorial dos biscoitos

A aceitação sensorial é a característica de maior importância para avaliar o potencial comercial de um produto. O teste de aceitação mostrou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para todos os parâmetros, exceto para aroma dos biscoitos (Tabela 5.4 e Apêndice 5.D). Portanto, a substituição da FT pela FBFM na formulação dos biscoitos refletiu na maioria dos atributos sensoriais avaliados.

**Tabela 5.4.** Aceitação quanto aos atributos avaliados em biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Atributo	Nível de Substituição de FT por FBFM no biscoito (g 100g <sup>-1</sup> )				
	0 (B1)	10 (B2)	20 (B3)	30 (B4)	40 (B5)
Aparência	7,12 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup>	6,62 <sup>ab</sup>	5,80 <sup>b</sup>
Cor	6,94 <sup>a</sup>	6,86 <sup>ab</sup>	7,40 <sup>a</sup>	6,70 <sup>ab</sup>	5,94 <sup>b</sup>
Aroma	6,30 <sup>ns</sup>	6,56 <sup>ns</sup>	6,64 <sup>ns</sup>	6,40 <sup>ns</sup>	5,86 <sup>ns</sup>
Textura	6,44 <sup>ab</sup>	6,16 <sup>ab</sup>	6,84 <sup>a</sup>	6,66 <sup>ab</sup>	5,62 <sup>b</sup>
Sabor	6,50 <sup>ab</sup>	6,94 <sup>a</sup>	6,70 <sup>ab</sup>	6,52 <sup>ab</sup>	5,66 <sup>b</sup>
Impressão Global	6,84 <sup>a</sup>	6,60 <sup>ab</sup>	6,94 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	5,74 <sup>b</sup>

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup>: não significativo, a 5% de probabilidade.

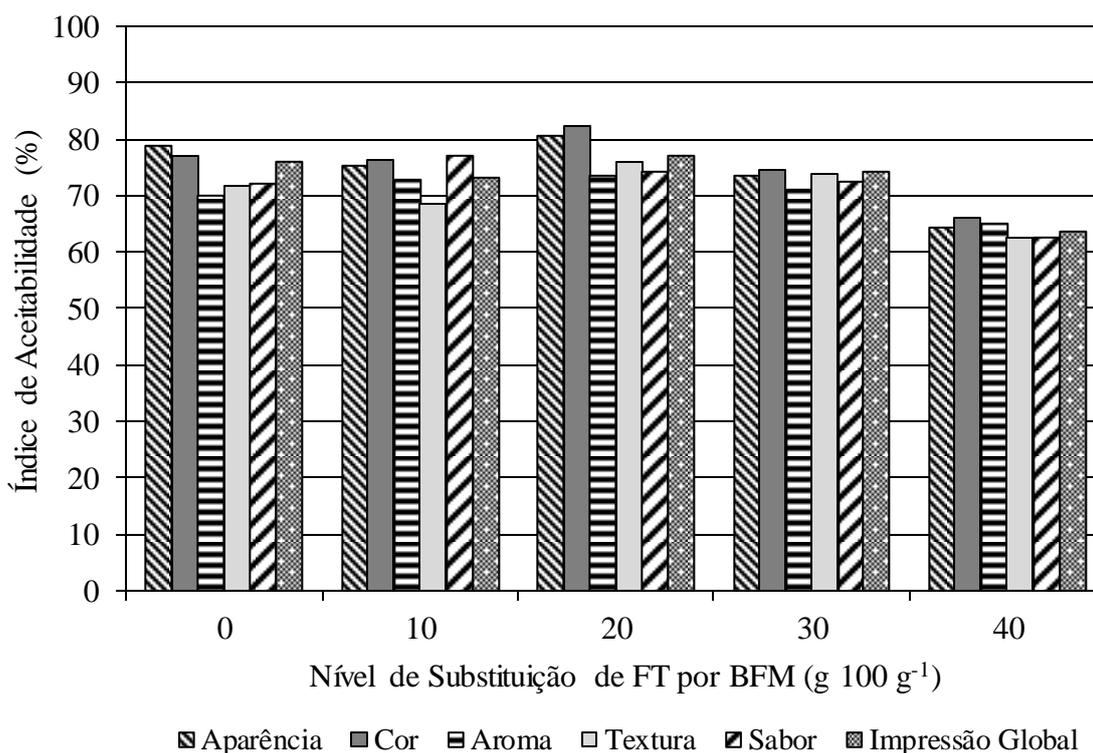
As notas médias para aparência variaram de 5,80 a 7,26, e não foi observada diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre as formulações controle (B1) e as formulações com níveis de substituição de 10 (B2), 20 (B3) e 30 (B4) g 100 g<sup>-1</sup>, entretanto, o biscoito com 40 g 100 g<sup>-1</sup> (B5) de substituição de FT por FBFM diferiu estatisticamente dos biscoitos formulados com 0, 10 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM (Tabela 5.4).

Em relação à cor, os escores médios variaram de 5,94 a 7,40, não sendo observada diferença significativa entre o biscoito controle e os biscoitos elaborados com 10, 20 e 30 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM. Contudo, a formulação com 40 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM diferiu estatisticamente somente dos biscoitos elaborados com 0 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM (Tabela 5.4).

A textura dos biscoitos, cujas notas variaram de 5,62 a 6,84, não apresentou diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre as formulações com 0, 10, 20 e 30 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM, e entre os biscoitos elaborados com 0, 10, 30 e 40 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM (Tabela 5.4). Já para o atributo sabor as notas médias variaram de 5,66 a 6,94, e os biscoitos com 0, 10, 20 e 30 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM não apresentaram diferença estatística entre si, entretanto, a formulação com 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM foi a única a diferir estatisticamente do biscoito elaborado com 40 g 100 g<sup>-1</sup> (Tabela 5.4). As formulações B1, B2, B3 e B4 não apresentaram diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre si em relação à impressão global dos biscoitos. E somente a formulação B2 não se diferiu estatisticamente do biscoito B5 (Tabela 5.4).

Os menores escores foram atribuídos para os biscoitos elaborados com 40 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM (B5), sendo a única formulação a apresentar índices de aceitabilidade inferiores a 70% (Figura 5.7), demonstrando que esta proporção entre a FT e a FBFM não favoreceu a qualidade sensorial do produto. Dentre os atributos sensoriais avaliados, o biscoito B1 (sem substituição de FT por FBFM) apresentou índice de aceitabilidade que variou de 70 a 79%, enquanto as formulações B2, B3, B4 e B5 apresentaram IAs que variaram de 68 a 77%, de 74 a 81%, de 71 a 74% e de 62 a 66%, respectivamente (Figura 5.7).

O biscoito elaborado com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM (B3) foi o que mais se diferiu da formulação B5 dentre os parâmetros sensoriais avaliados (Tabela 5.4), indicando que a proporção com 80:20 g 100 g<sup>-1</sup> de FT e FBFM foi a mais adequada para a melhoria dos atributos sensoriais, podendo ser considerado. Portanto, foi a formulação mais bem aceita sensorialmente pelos provadores. Galla et al. (2017), ao avaliarem a qualidade sensorial de biscoitos suplementados com espinafre, observaram escores, em relação a todos os atributos, que variam de 7,33 a 7,92 para os biscoitos elaborados com 5%, de 6,21 a 7,13 para os biscoitos com 10% e de 5,92 a 6,83 para os biscoitos elaborados com 20% de farinha de espinafre, valores inferiores aos obtidos neste trabalho para 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM.



**Figura 5.7.** Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados em biscoitos em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

O biscoito elaborado com 20 g 100 g<sup>-1</sup> (B3) de FT substituída por FBFM foi selecionado pela aceitação sensorial considerando-se que, dentre todos os atributos avaliados, este foi o que mais se diferiu da formulação que obteve os menores escores e índices de aceitabilidade inferiores a 70% (40 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM).

### 5.3.4 Composição química e valor energético total do biscoito selecionado

A unidade do biscoito com maior aceitação sensorial (B3) foi adequada para sua conservação (Tabela 5.5), pois desfavoreceu o crescimento microbiano, proporcionando, portanto, elevada estabilidade durante o armazenamento (Okpala & Egwu, 2015). O valor obtido para cinzas foi considerado baixo, quando comparado ao de biscoitos elaborados com substituição parcial de 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por farinha desengordurada de gergelim (Clerici et al., 2013). Estes autores observaram teor de cinzas igual a 1,83 g 100 g<sup>-1</sup>. Assim, a FBFM possui menor teor de minerais que a farinha desengordurada de gergelim.

**Tabela 5.5.** Composição química e valor energético total do biscoito selecionado na aceitação sensorial: 20 g 100 g<sup>-1</sup> de farinha de trigo (FT) substituída pela farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Componente	Média ± Desvio padrão
Umidade <sup>1</sup>	5,22 ± 0,08
Cinzas <sup>1</sup>	0,56 ± 0,01
Proteína <sup>1</sup>	11,31 ± 0,39
Lipídios <sup>1</sup>	8,06 ± 0,10
Fibra Alimentar Total <sup>1</sup>	10,72 ± 0,07
Fibra Alimentar Solúvel <sup>1</sup>	0,84 ± 0,01
Fibra Alimentar Insolúvel <sup>1</sup>	9,88 ± 0,07
Açúcares digeríveis <sup>1</sup>	17,88 ± 0,39
Açúcares Redutores <sup>1</sup>	1,51 ± 0,12
Açúcares Não Redutores <sup>1</sup>	16,37 ± 0,47
Carboidratos digeríveis <sup>1</sup>	64,97
Valor Energético Total <sup>2</sup>	377,66

<sup>1</sup> g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> kcal 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida.

O biscoito com substituição de 20 g 100 g<sup>-1</sup> (B3) de substituição de FT por FBFM pode ser considerado um alimento fonte de proteína (Tabela 5.5). Visto que, para se enquadrar nessa classificação é necessário ter no mínimo 6 g 100 g<sup>-1</sup> de proteína (BRASIL, 2012). O teor de proteína da FBFM (11,31 g 100 g<sup>-1</sup>) foi considerado alto quando comparado aos valores reportados por Onabanjo et al. (2014), em biscoitos com substituição parcial de FT por farinha de batata-doce (4,5 a 8,92 g 100 g<sup>-1</sup>). Enquanto, o teor de lipídios do B3 foi inferior aos encontrados em biscoitos enriquecidos com soja por Oluwamukomi et al. (2011), entre 14,29 e 16,57 g 100 g<sup>-1</sup>.

A formulação B3 também apresentou alto teor de fibra alimentar total (10,72 g 100 g<sup>-1</sup>), em que destas, 92,16% foram de fibra alimentar insolúvel e 7,84% de fibra alimentar solúvel (Tabela 5.5), podendo também ser classificado como produto rico em fibras (BRASIL, 2012). A elevada concentração de fibra alimentar presente na FBFM, principalmente insolúvel a torna potencialmente adequada para o aproveitamento como ingrediente na indústria de alimentos.

A fibra alimentar insolúvel (FAI) atua no intestino grosso, aumentando efetivamente o volume fecal, acarretando em uma rápida contração peristáltica e agindo contra a constipação. A lenta fermentação das FAI auxilia na prevenção de diverticulose e da diverticulite (Ahmed et al., 2015; Perry & Ying, 2016). Enquanto, a fibra alimentar

solúvel (FAS), que inclui as pectinas e as gomas, são responsáveis por regular a digestão e absorção no intestino delgado, auxiliando no tratamento de doenças cardiovasculares, reduzindo a absorção de gordura e, conseqüentemente, os níveis de colesterol no sangue, e também no tratamento de diabetes tipo 2, normalizando a glicose e níveis de insulina no sangue. Além disto, as FAS também ajudam a evitar o câncer de cólon devido às suas funções antioxidantes. A FAS, apesar bem inferior ao de FAI, também foi encontrada na FBFM.

Os valores de açúcares não redutores foram superiores aos de açúcares redutores (Tabela 5.5). Isso se deu devido à quantidade de sacarose presente no biscoito ser maior que a de glicose. Lima et al. (2015), ao estudarem biscoitos elaborados com farinha de entrecasca de melancia e farinha de arroz, também observaram valores de açúcares não redutores (entre 11,1–13,3 g 100 g<sup>-1</sup>) maiores que os redutores (entre 2,4 e 4,0 g 100 g<sup>-1</sup>).

O teor de carboidratos do biscoito selecionado (Tabela 5.5) foi o maior responsável pelo valor energético ter sido relativamente alto (377,66 kcal 100 g<sup>-1</sup>). Entretanto, os valores de carboidratos ficaram dentro das faixas encontradas por Okpala & Egwu (2015) e Onabanjo et al. (2014), de 58,71 a 65,97 g 100 g<sup>-1</sup> em biscoitos elaborados com farinhas de arroz quebrado e inhame e de 57,23 a 64,00 g 100 g<sup>-1</sup> em biscoitos elaborados com farinhas de trigo e batata-doce, respectivamente. El-Sharnouby et al. (2012), ao avaliarem a qualidade nutricional de biscoitos suplementados com farelo de trigo e farinha de tâmara, verificaram valores energéticos entre 416,02 e 422,65 kcal 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente, valores estes superiores aos encontrados no presente estudo.

#### 5.4 CONCLUSÕES

- O nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) influencia todas as características físico-químicas dos biscoitos, pois ocorre aumento da umidade, da tonalidade (ângulo Hue) e da saturação da cor (croma), e redução do índice de expansão, do volume específico e da dureza à medida que há incremento de FBFM.
- Os biscoitos apresentam características favoráveis ao armazenamento à temperatura ambiente, pois possuem baixa umidade; e não apontam risco microbiológico, garantindo a segurança alimentar do provador.

- Todas as características sensoriais dos biscoitos (exceto aroma) são significativamente influenciadas pela substituição da FT pela FBFM. A formulação com substituição de 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM (B3) apresenta o melhor perfil sensorial, demonstrando possuir forte potencial no mercado.
- O biscoito B3 é um alimento considerado fonte de proteínas e rico em fibra alimentar, principalmente fibra alimentar insolúvel, sendo, portanto, um alimento com elevado valor nutricional e funcional.
- A produção de biscoitos a partir da substituição parcial da FT por FBFM mostra-se nutricional e tecnologicamente viável.

## 5.5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**, 11. ed., St. Paul: AACC, 2010.

ABIMAPI – Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães, e Bolos Industrializados, 2015. Disponível em <<http://www.abimapi.com.br/estatistica-biscoito.php>>. Acessado em 05/01/2017.

ADEBOWALE, A. A.; ADEGOKE, M. T.; SANNI, S. A.; ADEGUNWA, M. O. FETUGA, G.O. Functional properties and biscuits making potentials of sorghum-wheat flour composite. **American Journal of Food Technology**, New York, v. 7, n. 6, p. 372-379, 2012.

AGRAHAR-MURUGKAR, D.; GULATI, P.; KOTWALIWALE, N.; GUPTA, C. Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients. **Journal Food Science and Technology**, Birmingham, v. 52, n. 8, p. 5129–5137, 2015.

AHMED, S.; HASAN, M. M.; MAHMOOD, Z. A. Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc., *Phaseolus lunatus* Linn., and *Phaseolus vulgaris* Linn., legume flours. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, Sofia, v. 4, n. 11, p. 23-30, 2015.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington: AOAC, 2012.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADÜNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Nutritional, technological and sensory properties of cookies with

substitution of wheat flour for oat flour or parboiled rice flour. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p. 15-24,2009.

BICK, M. A.; FOGAÇA, A. O.; STORCK, C. R. Cookies with different concentrations of quinoa flour in partial replacement of wheat flour. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 121-129, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 de novembro de 2012.

CLERICI, M. T. P. S.; OLIVEIRA, M. E.; NABESHIMA, E. H. Physical, chemical and sensory quality of cookies elaborated with partial substitution of wheat flour by defatted sesame flour. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2013.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: PUCPRESS, 2013. 531p.

EL-SHARNOUBY, G. A.; ALEID, S. M.; AL-OTAIBI, M. Q. M. Nutritional Quality of Biscuit Supplemented with Wheat Bran and Date Palm Fruits (*Phoenix dactylifera* L.). **Food and Nutrition Sciences**, Irvine, v. 3, p. 322-328, 2012.

FDA. Food and Drug Administration, 2002. **Bacteriological analytical manual**, 2002.

FEDDERN, V.; DURANTE, V. V. O.; MIRANDA, M. Z.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Physical and sensory evaluation of wheat and rice bran cookies. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 265-272, 2011.

GALLA, N. R.; PAMIDIGHANTAM, P. R.; KARAKALA, B.; GURUSIDDAIAH, M. R.; AKULA, S. Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (*Spinacia oleracea* L.). **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Pedernales, v. 7, n. 1, p. 20-26, 2017.

JARIYAH, J.; WIDJANARKO, S. B.; YUNIANITA; ESTIASIH, T. Quality evaluation of Wheat-Pedada Fruit Flour (PFF) biscuit with different emulsifiers. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 518–524, 2016.

LIMA, J. P.; PORTELA, J. V. F.; MARQUES, L.; ALCÂNTARA, M. A.; EL-AOUAR, A. A. Water melon flour rind in gluten-free cookies. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1688-1694, 2015.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Effect of scalding on technological and rheological properties of cheese bread dough and cheese bread. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, 2010.

MAMAT, H.; HARDAN, M. O. A.; HILL, S. E. Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 1029-1038, 2010.

MARTIROSYAN, D. M.; SINGH, J. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? **Functional Foods in Health and Disease**, San Antonio, v. 5, n. 6, p. 209-223, 2015.

MAURO, A. K.; SILVA, V. L. M.; FREITAS, M. C. J. Physical, chemical, and sensorial characterization of cookies made with Kale Stalk Flour (KSF) and Spinach Stalk Flour (SSF) rich in nourishing fiber. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 719-728, 2010.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MORAES, K. S.; ZAVAREZE, E. R.; MIRANDA, M. Z.; SALAS-MELLADO, M. M. Technological evaluation of cookies with lipid and sugar content variations. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 233-242, 2010.

MOURA, C. C.; PETER, N.; SCHUMACKER, B. O.; BORGES, L. R.; HELBIG, E. Biscuits enriched with brown flaxseed (*Linum usitatissimum* L.): nutritional value and acceptability. **Demetra**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 71-81, 2014.

NIABA, K. P. V.; BROU, K.; GBASSI, K. G.; AMANI, T.; KONE, N'GOLO.; GNAKRI, D. Quality characteristics of biscuits made from sorghum and defatted *Macrotermes subhyalinus*. **International Journal of Biosciences**, Dhaka, v. 3, n. 1, p. 58-69, 2013.

OKPALA, L.C.; EGWU, P. N. Utilization of broken rice and cocoyam flour blends in the production of biscuits. **Nigerian Food Journal**, Anyigba, v. 33, p. 8-11, 2015.

- OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, 2014.
- OLUWAMUKOMI, M. O.; OLUWALANA, I. B.; AKINBOWALE, O. F. Physicochemical and sensory properties of wheat-cassava composite biscuit enriched with soy flour. **African Journal of Food Science**, Lagos, v. 5, n. 2, p. 50–56, 2011.
- ONABANJO, O. O.; IGHÈRE DICKSON, A. Nutritional, functional and sensory properties of biscuit produced from wheat-sweet potato composite. **Journal of Food Technology Research**, Timis, v. 1, n. 2, p. 111-121, 2014.
- PERRY, J. R.; YING, W. A Review of Physiological Effects of Soluble and Insoluble Dietary Fibers. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, Sunnyvale, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2016.
- PIOVESANA, A.; BUENO, M. M.; KLAJN, V. M. Elaboration and acceptability of cookies enhanced with oat and flour grape pomace. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 68-72, 2013.
- RAO, B. D.; ANIS, M.; KALPANA, K.; SUNOOJ, K.V.; PATIL, J.V.; GANESH, T. Influence of milling methods and particle size on hydration properties of sorghum flour and quality of sorghum biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 8-13, 2016.
- SANTOS, A. A. O.; SILVA, I. V. C.; SANTOS, J. P. A.; SANTANA, D. G.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Chocolate biscuits preparation with partial substitution of wheat flour by fermented cassava starch and orange albedo flour. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 531-536, 2011.
- TAVARES, B. O.; SILVA, E. P.; SILVA, V. S. N.; SOARES JÚNIOR, M. S.; IDA, E. I.; DAMIANI, C. Stability of gluten free sweet biscuit elaborated with rice bran, broken rice and okara. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 296-303, 2016.
- ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; FERREIRA, E. M. S.; RESENDE, E. A.; ALMEIDA, K. N. Shelf life evaluation of integral biscuits (snacks) made from cashew nut. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.249-254, 2011.

## 6 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE TORRADAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO PELA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO

### RESUMO

O pão é um dos produtos alimentícios mais antigos e representa um alimento básico em muitas partes do mundo. A biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (BFM) é proveniente da moagem a seco do grão, predominantemente composta pelo pericarpo do grão milho e rica em fibras alimentares. O objetivo desta pesquisa foi verificar a viabilidade nutricional e tecnológica de torradas desenvolvidas a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) pela farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), com base nas suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, e determinar a qualidade química daquelas formulações selecionadas pela aceitação sensorial. Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM), e quatro repetições. Os dados físicos obtidos foram avaliados por análise de variância e de regressão, e as médias dos dados sensoriais foram comparadas pelo teste Tukey. Todos os parâmetros físicos e sensoriais avaliados para as torradas foram influenciados pela substituição de FT por FBFM. Os valores de umidade, dureza, croma da casca e do miolo, e ângulo Hue da casca e do miolo das torradas variaram entre 5,7–7,1 g 100 g<sup>-1</sup>; 56,7–131,7 N; 29,9–30,3; 19,8–25,8; 60,3–64,8 graus e 81,4–82,1 graus, respectivamente, aumentados com a elevação do nível de substituição de FT pela FBFM nas formulações. Enquanto a área, o volume específico e a luminosidade da casca e do miolo diminuíram, variando entre 1658,1–2286,4 mm<sup>2</sup>, 1,8–3,5 mL g<sup>-1</sup>, 59,7–62,4 e 62,5–65,5, respectivamente. As formulações com melhores perfis sensoriais foram as elaboradas com 5 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM, em que, estas ricas em proteínas e fibras alimentares. A produção de torradas a partir da substituição parcial da FT por FBFM é viável nutricionalmente e tecnologicamente, pois as torradas com 5 e 15 g 10 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM possuem elevada aceitação sensorial, valor nutricional e funcional.

*Palavras-chave:* *Zea mays*, resíduo, subproduto, panificação, fibra alimentar, análise microbiológica.

## PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND SENSORY ACCEPTANCE OF TOASTED BREAD WITH PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT FLOUR BY FLOUR FIBROUS BIOMASS OF MAIZE

### ABSTRACT

The bread is one of the oldest food products and represents a staple food in many parts of the world. The fibrous biomass obtained in the processing of the maize flour “biju” type (FBM) comes from the dry grinding of the grain, predominantly composed of the pericarp of maize grain and rich in dietary fiber. The aim of this research was to verify the nutritional and technological viability of toast developed from the partial substitution of wheat flour (WF) for the flour fibrous biomass of maize (FFBM) based on its physicochemical, microbiological and sensory; and determine the chemical quality of those formulations selected by sensory acceptance. A completely randomized design with five treatments (0, 5, 10, 15 and 20 g 100 g<sup>-1</sup> of WF replacement by FFBM), and four replicates, was used. The data of the physical characteristics were analyzed by analysis of variance and regression, and the mean values of the sensorial attributes were compared by the Tukey test. All the physical and sensory parameters evaluated of the toasted bread were influenced by the substitution of WF by FFBM. The values of moisture, hardness, chroma of the crust and crumb, and Hue angle of the crust and crumb of the toasts varied between 5.7–7.1 g 100 g<sup>-1</sup>; 56.7–131.7 N; 29.9–30.3; 19.8–25.8; 60.3–64.8 degrees and 81.4–82.1 degrees, respectively, increased with the elevation of the WF substitution level by FFBM in the formulations. As the area, the specific volume and brightness of the crust and crumb decreased, ranging from 1658.1–2286.4 mm<sup>2</sup>, 1.8–3.5 mL g<sup>-1</sup>, 59.7–62.4 and 62.5–65.5, respectively. The formulations with better sensory profiles were those formulated with 5 and 15 g 100 g<sup>-1</sup> of substitution of FT by FFBM, where these are rich in proteins and dietary fibers. The production of toast from the partial substitution of FT by FFBM is nutritionally and technologically viable, since toast with 5 and 15 g 10 g<sup>-1</sup> of substitution of FT by FFBM has high sensory acceptance, it has high nutritional and functional value.

*Keywords:* *Zea mays*, residue, by-product, bakery, dietary fiber, microbiological analysis.

### 6.1 INTRODUÇÃO

As torradas são produtos obtidos após a torração de pães. Os pães são alimentos compostos basicamente por carboidratos, fibras, proteína, lipídios, minerais e vitaminas em proporções variadas; com diferentes características físicas e estruturais; e produzidos com farinha de cereais, principalmente o trigo, água, levedura e sal, a partir de uma série de processos, envolvendo mistura, amassamento, modelagem, fermentação e cozimento. O pão é um dos produtos alimentícios mais antigos e representa um alimento básico em muitas partes do mundo, cuja popularidade se deve ao sabor, preço e disponibilidade junto a diversos setores do comércio (Soukoulis et al., 2014; Notarnicola et al., 2017).

Tem ocorrido um aumento da conscientização dos consumidores sobre a necessidade de consumir produtos de panificação mais saudáveis. O que tem levado as indústrias a buscar alimentos com baixo teor de gordura e valor calórico, enriquecidos com minerais e vitaminas, e ricos em fibras alimentares (Aggarwal et al., 2016).

O pão e as torradas podem ser enriquecidos com subprodutos agroindustriais que contenham concentrações significativas de fibras alimentares, que proporcionam benefícios à saúde do consumidor, pois, a baixa ingestão de fibras alimentares tem sido associada a doenças gastrointestinais, cardiovasculares e metabólicas (Almeida et al., 2013). Por outro lado, muitas indústrias alimentícias têm se preocupado com o aproveitamento dos resíduos resultantes de seus processos de fabricação, buscando utilizá-los como ingredientes na formulação de diferentes tipos de alimentos de forma sustentável.

A biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (BFM) é proveniente da moagem a seco do grão. A BFM, predominantemente composta pelo pericarpo do grão milho e rica em fibras alimentares, é considerada um resíduo, sendo descartada, muitas vezes de maneira inadequada (Oliveira Júnior et al., 2014). Estudos têm sido realizados a partir da substituição parcial da farinha de trigo (FT) por outras fontes de fibras de resíduos ou subprodutos agroindustriais, como por exemplo: pães com redução de sódio e enriquecido com farelo de trigo (Aplevicz et al., 2014); pães com farinha de casca de mandioca (Vilhalva et al., 2011), etc.

Mas nenhum estudo ainda foi realizado com a aplicação da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju”. A quantidade e o tipo das fibras adicionadas são fatores relevantes na produção, visto que podem alterar o produto final quanto a suas características físicas, químicas e sensoriais (Baba et al., 2015).

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade nutricional e tecnológica de torradas desenvolvidas a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) pela farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), com base nas suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, e determinar a qualidade química daquelas mais aceitas pela análise sensorial.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.2.1 Obtenção e preparo das matérias-primas

A biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (BFM), cortesmente cedida pela empresa Caramuru Alimentos, localizada na cidade de Itumbiara-GO, foi coletada e imediatamente levada para o Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais (LABDARSA), da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO.

A BFM foi seca em estufa com circulação de ar a 45 °C por 24 h, moída em moinho de facas acoplado com peneiras de orifícios de 1 mm de diâmetro, e a farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), devidamente vedados, e armazenada sob refrigeração, a 5 °C. A FT enriquecida com ferro e ácido fólico, da marca Vitella®, foi gentilmente doada pela empresa Moinho Vitória, localizada na cidade de Goiânia-GO. Os demais ingredientes empregados nas formulações das torradas foram comprados no mercado local da cidade de Goiânia-GO.

### 6.2.2 Processamento das torradas

Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM), e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os demais ingredientes foram determinados em testes preliminares e mantidos fixos em todas as formulações (Tabela 6.1), que foram produzidas em bateladas de 200 g.

O processamento das torradas foi dividido em duas fases: primeiramente o processamento dos pães e depois a torração das fatias. Para isso, foram seguidas as seguintes etapas: pesagem dos ingredientes, homogeneização e amassamento manual, pesagem da massa, moldagem, fermentação, forneamento, resfriamento, fatiamento, torração, resfriamento, embalagem e armazenamento. Para tanto, os ingredientes secos pesados foram misturados manualmente e, em seguida, a água foi adicionada. Homogeneizada a mistura, foi realizado o amassamento por 15 min.

**Tabela 6.1.** Proporções dos ingredientes utilizados para a formulação de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Ingrediente	Nível de Substituição de FT por FBFM (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	0 (T1)	5 (T2)	10 (T3)	15 (T4)	20 (T5)
FT <sup>1</sup>	100	95	90	85	80
FBFM <sup>1</sup>	0	5	10	15	20
Fermento biológico seco <sup>1</sup>	10	10	10	10	10
Margarina <sup>1</sup>	10	10	10	10	10
Açúcar cristal <sup>1</sup>	10	10	10	10	10
Leite em pó <sup>1</sup>	4	4	4	4	4
Sal <sup>1</sup>	1	1	1	1	1
Água <sup>1</sup>	65	65	65	65	65

FT: farinha de trigo. FBFM: farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju”. T1 a T5: torradas experimentais; <sup>1</sup>: grama.

A massa foi pesada e dividida em porções de 100 g, e cada porção foi colocada em fôrma de folha de Flandres (com dimensões iguais a 150 mm x 40 mm x 40 mm). A fermentação alcoólica durou 45 min, e depois a massa foi levada ao forno industrial, previamente aquecido, por 25 min a 180 °C. Assados, os pães foram resfriados e fatiados em fatias de 10 mm de espessura. As fatias foram submetidas à torração a 150 °C, por 20 min, e em seguida resfriadas até temperatura ambiente, acondicionadas em sacos de PEBD, e armazenadas em temperatura ambiente.

### 6.2.3 Características físico-químicas das torradas

A área transversal foi determinada por medição do comprimento e da largura das torradas, utilizando um paquímetro (Messen digital, 0 a 150 mm, Berlin, Alemanha). Para determinação do teor de umidade, a amostra foi triturada e dessecada a 105 °C em estufa (Tecnal, TE-393/1, Piracicaba, Brasil) até peso constante, conforme descrito pela AOAC (2012). O volume específico (VE) foi determinado por deslocamento de sementes de painço e calculado segundo a Equação 6.1.

$$VE \text{ (mL g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{volume}_{\text{deslocado}} \text{ (mL)}}{\text{massa}_{\text{torrada}} \text{ (g)}} \quad \text{(Equação 6.1)}$$

Os parâmetros instrumentais de cor da casca e do miolo das torradas, L\* (luminosidade) e coordenadas de cromaticidade a\* e b\*, foram obtidos por colorímetro (Bankinh Meter Minolta, BC-10, Ramsey, USA) previamente calibrado. Os valores do ângulo Hue (tonalidade cromática, H°) e de croma (saturação da cor) foram calculados a partir das Equações 6.2 e 6.3, respectivamente.

$$H^{\circ} = \tan^{-1} \left( \frac{b^{*}}{a^{*}} \right) \quad (\text{Equação 6.2})$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 6.3})$$

Em que, a\*, à cromaticidade entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos); b\*, à cromaticidade entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos); C\*, croma; e °H, ângulo Hue.

A dureza instrumental foi determinada no segundo dia após o processamento das torradas, segundo o método 16-50 da AACC (2010), em texturômetro (Stable Micro Sistem, TA.XT2 plus, Godalming, Reino Unido), com probe Knife Edge with Slotted Insert (HDP/BS) e plataforma HDP/90 para cortar a torrada ao meio, disposta horizontalmente na plataforma. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 1,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade de teste = 2,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade pós-teste = 10,0 mm s<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em N (Newton), sendo realizadas 10 determinações para cada repetição.

#### 6.2.4 Risco microbiológico das torradas

As análises microbiológicas obedeceram aos padrões estabelecidos na Resolução RDC 12, item 10.d, para pão sem recheio e sem cobertura e produtos de panificação (roschas, farinha de rosca, torradas e pão tipo sueco, com ou sem sabores) e similares (BRASIL, 2001), sendo determinada a contagem de *Coliformes* a 45 °C g<sup>-1</sup>, e feita a pesquisa de presença/ausência de *Salmonella* sp., seguindo as técnicas descritas pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2002).

### 6.2.5 Aceitação sensorial das torradas

Os testes de aceitação foram realizados por 50 provadores não treinados, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo), para os atributos de cor, aparência, textura, sabor, odor e impressão global (Apêndice 6.A). O índice de aceitabilidade (IA) das torradas foi calculada a partir da Equação 6.4, cujos valores  $\geq 70\%$  indicaram boa aceitação dos consumidores (Dutcosky, 2013).

$$IA (\%) = \frac{S_1 \times 100}{S_2} \quad (\text{Equação 6.4})$$

Em que:  $S_1$  refere-se à nota média obtida para o produto, e  $S_2$  à nota máxima dada ao produto.

Os provadores foram adultos (18 a 34 anos) de ambos os sexos, sendo 56% feminino e 44% masculino, conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa. Analfabetos, gestantes, fumantes e portadores de patologias que pudessem interferir na absorção intestinal e na sensibilidade gustativa, olfativa, ou que apresentassem deficiência visual foram excluídos do teste de aceitação. Cada provador leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 6.B) para participação na pesquisa, cujo projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética (CAAE: 56909916.4.000.5083).

As torradas foram servidas em pratos descartáveis, sendo entregues cinco amostras para cada provador. Estas foram entregues uma de cada vez, e à medida que o provador realizava a degustação e a avaliação, era entregue a próxima amostra. Foi servida água mineral para que os provadores bebessem entre uma degustação e outra. As torradas foram codificadas e servidas de forma sequencial aleatória.

### 6.2.6 Composição química e valor energético total das torradas selecionadas

A composição centesimal das torradas selecionadas na análise sensorial foi determinada segundo os métodos recomendados pela AOAC (2012): a umidade por dessecação a 105 °C em estufa com circulação de ar até peso constante (método 945.38B); as cinzas por pesagem após incineração a 550 °C em forno mufla (método 920.38C); o

nitrogênio pelo método micro-Kjeldahl em destilador, sendo utilizado o fator 6,25 para a quantificação do teor de proteína bruta (método 981.10); o teor de lipídios por extração contínua em aparelho Soxhlet (método 996.06). Para a obtenção dos teores de fibras alimentares total, solúvel e insolúvel foi utilizada a amostra desengordurada da extração por Soxhlet, seguindo o método enzimico-gravimétrico (método 985.29).

O teor de carboidratos digeríveis foi calculado pela diferença entre 100 e a somatória dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibras insolúveis. A determinação de açúcares redutores e totais foi realizada pelo método ADNS segundo Miller (1959), com leitura de absorvância, a 550 $\mu$ m, em espectrofotômetro (Bel Photonic, SP2000UV, Piracicaba, Brasil). Todos os valores foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup>, em base seca. O valor energético total (kcal 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida) foi calculado a partir da multiplicação da quantidade de lipídios por 9, e de proteínas e carboidratos digeríveis por 4 (BRASIL, 2003).

### **6.2.7 Análise estatística**

Os dados obtidos relacionados às características físicas das torradas foram avaliados por análise de variância e de regressão, e as médias das notas sensoriais foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

## **6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.3.1 Características físico-químicas das torradas**

Todos os parâmetros físicos das torradas foram influenciados pelo nível de substituição de FT por FBFM (Apêndice 6.C, Tabela 6.2). Os modelos de regressão ajustados foram significativos ( $p \leq 0,01$ ) para todos os parâmetros físicos avaliados (Tabela 6.3), e explicaram 75% a 99% das respostas.

**Tabela 6.2.** Médias e desvios-padrão das propriedades físico-químicas de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

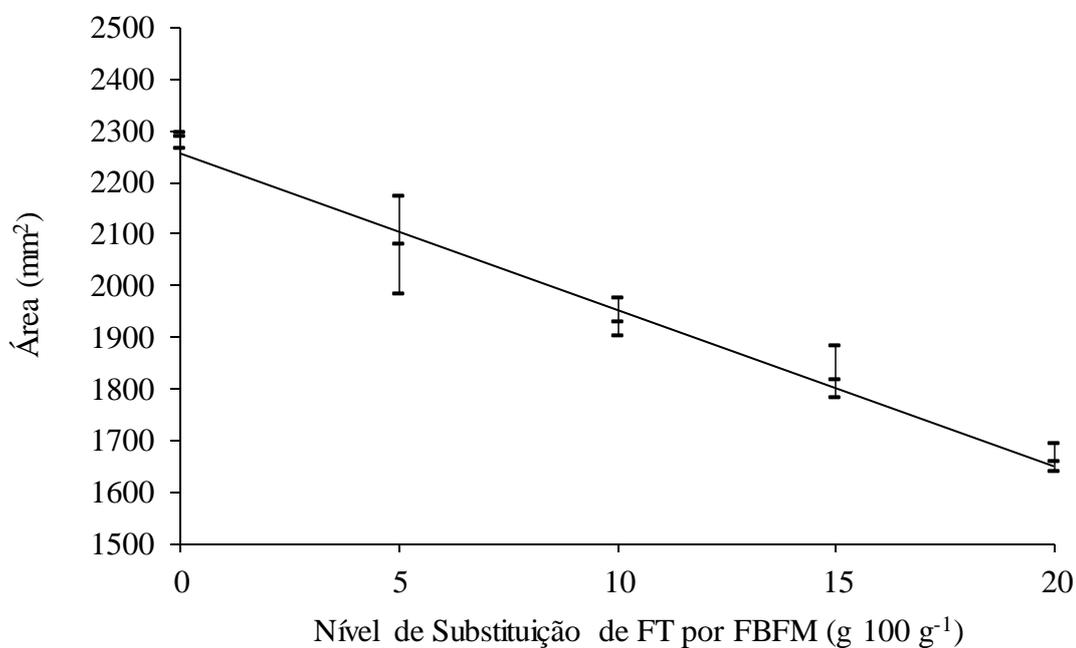
Propriedade	Nível de Substituição de FT por FBFM (g 100 g <sup>-1</sup> )				
	0 (T1)	5 (T2)	10 (T3)	15 (T4)	20 (T5)
Área <sup>1</sup>	2286,4 <sup>a</sup> ±16,1	2079,8 <sup>b</sup> ±93,99	1926,2 <sup>c</sup> ±32,02	1817,3 <sup>d</sup> ±45,77	1658,1 <sup>e</sup> ±24,45
Umidade <sup>2</sup>	5,67 <sup>e</sup> ±0,02	6,05 <sup>d</sup> ±0,05	6,27 <sup>c</sup> ±0,08	6,81 <sup>b</sup> ±0,18	7,12 <sup>a</sup> ±0,05
Volume específico <sup>3</sup>	3,47 <sup>a</sup> ±0,14	2,82 <sup>b</sup> ±0,06	2,39 <sup>c</sup> ±0,09	2,24 <sup>c</sup> ±0,05	1,83 <sup>d</sup> ±0,05
Dureza <sup>4</sup>	56,67 <sup>e</sup> ±0,49	73,09 <sup>d</sup> ±0,42	87,83 <sup>c</sup> ±0,67	107,61 <sup>b</sup> ±1,20	131,66 <sup>a</sup> ±0,72
L* casca	62,39 <sup>a</sup> ±0,33	61,44 <sup>b</sup> ±0,13	60,85 <sup>c</sup> ±0,07	60,07 <sup>d</sup> ±0,03	59,67 <sup>e</sup> ±0,20
Ângulo Hue casca <sup>5</sup>	60,32 <sup>e</sup> ±0,24	61,21 <sup>d</sup> ±0,11	62,80 <sup>c</sup> ±0,27	63,59 <sup>b</sup> ±0,19	64,79 <sup>a</sup> ±0,20
Croma casca	29,86 <sup>b</sup> ±0,13	29,92 <sup>b</sup> ±0,01	30,22 <sup>a</sup> ±0,06	30,30 <sup>a</sup> ±0,06	30,27 <sup>a</sup> ±0,08
L* miolo	65,49 <sup>a</sup> ±0,32	64,53 <sup>b</sup> ±0,24	63,63 <sup>c</sup> ±0,09	63,05 <sup>d</sup> ±0,07	62,54 <sup>e</sup> ±0,12
Ângulo Hue miolo <sup>5</sup>	81,41 <sup>c</sup> ±0,16	81,56 <sup>bc</sup> ±0,07	81,67 <sup>bc</sup> ±0,16	81,76 <sup>b</sup> ±0,13	82,06 <sup>a</sup> ±0,09
Croma miolo	19,76 <sup>e</sup> ±0,35	20,73 <sup>d</sup> ±0,30	21,96 <sup>c</sup> ±0,14	23,35 <sup>b</sup> ±0,04	25,83 <sup>a</sup> ±0,24

<sup>1</sup>mm<sup>2</sup>; <sup>2</sup>g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>3</sup>mL g<sup>-1</sup>; <sup>4</sup> N; <sup>5</sup> graus. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey (p < 0,05).

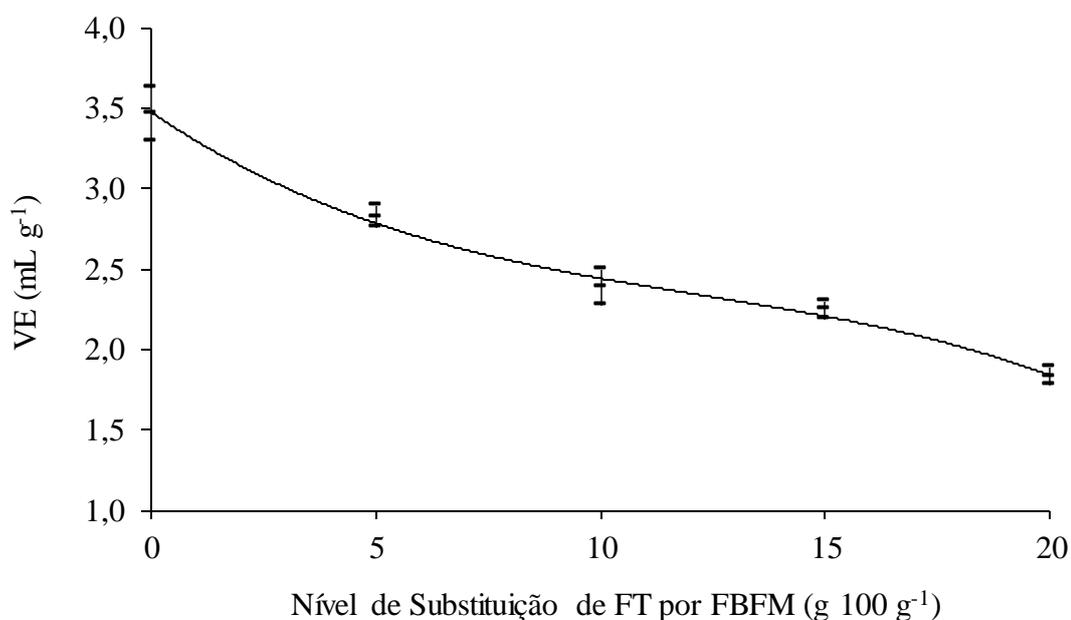
**Tabela 6.3.** Modelos matemáticos ajustados, coeficientes de determinação (R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup><sub>adj</sub>) e significância do modelo (p) das propriedades físico-químicas de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Propriedade	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	p
Área	$y = 2257,397 - 30,384x$	0,9500	0,9471	0,00
Umidade	$y = 5,6499 + 0,0734x$	0,9815	0,9634	0,00
Volume específico	$y = 3,4279 - 0,1887x + 0,0117x^2 - 0,0003x^3$	0,9791	0,9751	0,00
Dureza	$y = 56,7792 + 3,3826x - 0,0610x^2 + 0,0040x^3$	0,9996	0,9992	0,00
L* casca	$y = 62,1778 - 0,1883x + 0,0026x^2$	0,9698	0,9663	0,00
Croma casca	$y = 29,8181 + 0,0463x - 0,0011x^2$	0,7963	0,7723	0,00
Ângulo Hue casca	$y = 60,2808 + 0,2261x$	0,9786	0,9774	0,00
L* miolo	$y = 65,4953 - 0,2171x + 0,0035x^2$	0,9747	0,9717	0,00
Croma miolo	$y = 19,8258 + 0,1139x - 0,0091x^2$	0,9866	0,9850	0,00
Ângulo Hue miolo	$y = 81,3907 + 0,0301x$	0,7600	0,7465	0,00

A área das torradas reduziu à medida que houve o aumento de FBFM (Figura 6.1). O mesmo ocorreu para o volume específico (Figura 6.2), o que está diretamente associado à hidratação do glúten e enfraquecimento de sua estrutura.



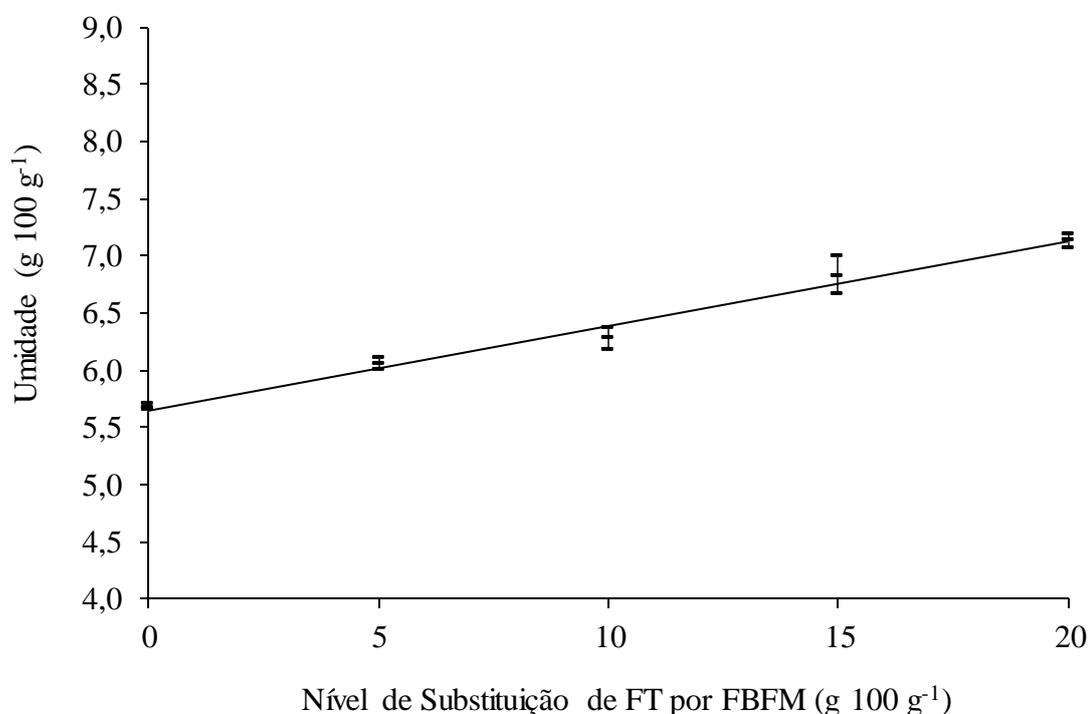
**Figura 6.1.** Área de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho "biju" (FBFM).



**Figura 6.2.** Volume específico de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho "biju" (FBFM).

Isso se deve ao incremento de FBFM, rico em fibras, principalmente insolúveis, que comprometeu a estrutura proteica e alterou as propriedades viscoelásticas da massa. Dessa forma, a capacidade de retenção dos gases durante a fermentação e forneamento tornou-se insuficiente, e os pães apresentaram, conseqüentemente, menor volume, o que também foi explicado por Borges et al. (2013). A redução do volume específico, decorrente do acréscimo de farinha isenta de glúten, também foi observada por Hassan & Ali (2014), ao estudarem as propriedades físico-químicas e sensoriais de torradas fortificadas com diferentes níveis da farinha do albedo de toranja branca.

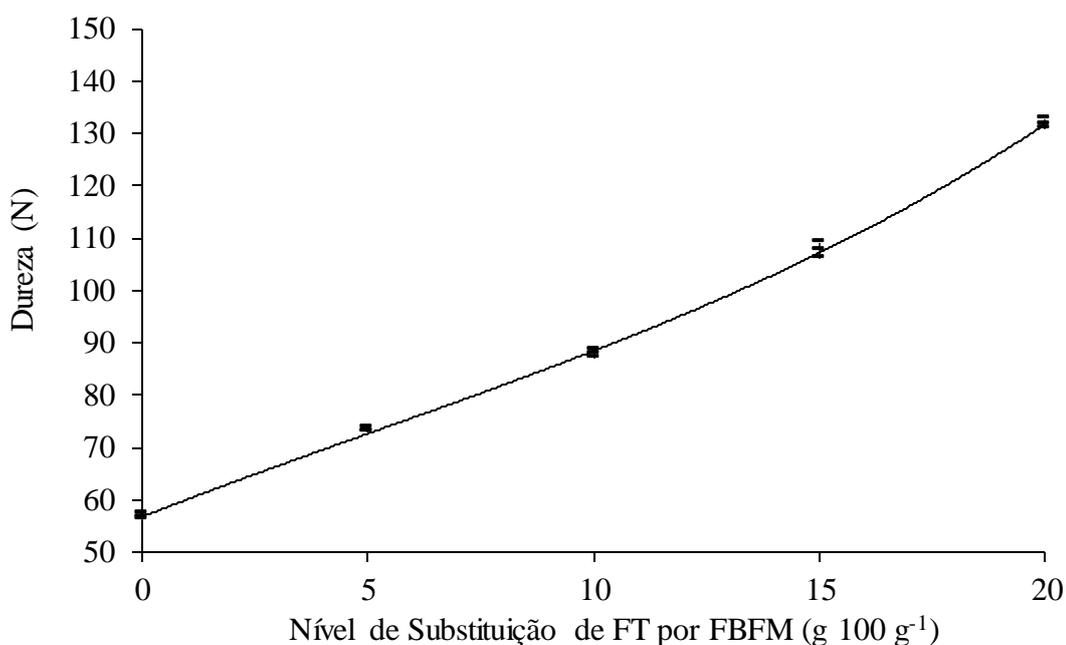
A área das torradas variou de 2.286,4 a 1.658,1 mm<sup>2</sup>, sendo observada diferença significativa entre todas as formulações das torradas (Tabela 6.2). Os valores do volume específico das torradas variaram de 3,47 a 1,83 ml g<sup>-1</sup>, em que, somente as formulações com níveis de 10 g 100 g<sup>-1</sup> (T3) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) de FT substituída por FBFM não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6.2). Houve aumento da umidade à medida que aumentou a proporção de FBFM na massa das torradas (Figura 6.3). Tendência também observada por Hefnawy et al. (2012), ao avaliarem o impacto provocado pela substituição parcial de FT por farinha de grão-de-bico em torradas.



**Figura 6.3.** Umidade de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Os valores de umidade das torradas variaram de 5,67 a 7,12 g 100 g<sup>-1</sup>, sendo observada diferença significativa, entre todas as formulações (Tabela 6.2). Os teores de umidade das torradas mantiveram-se inferiores ao limite máximo permitido pela legislação brasileira (10 g 100 g<sup>-1</sup>) (BRASIL, 1978).

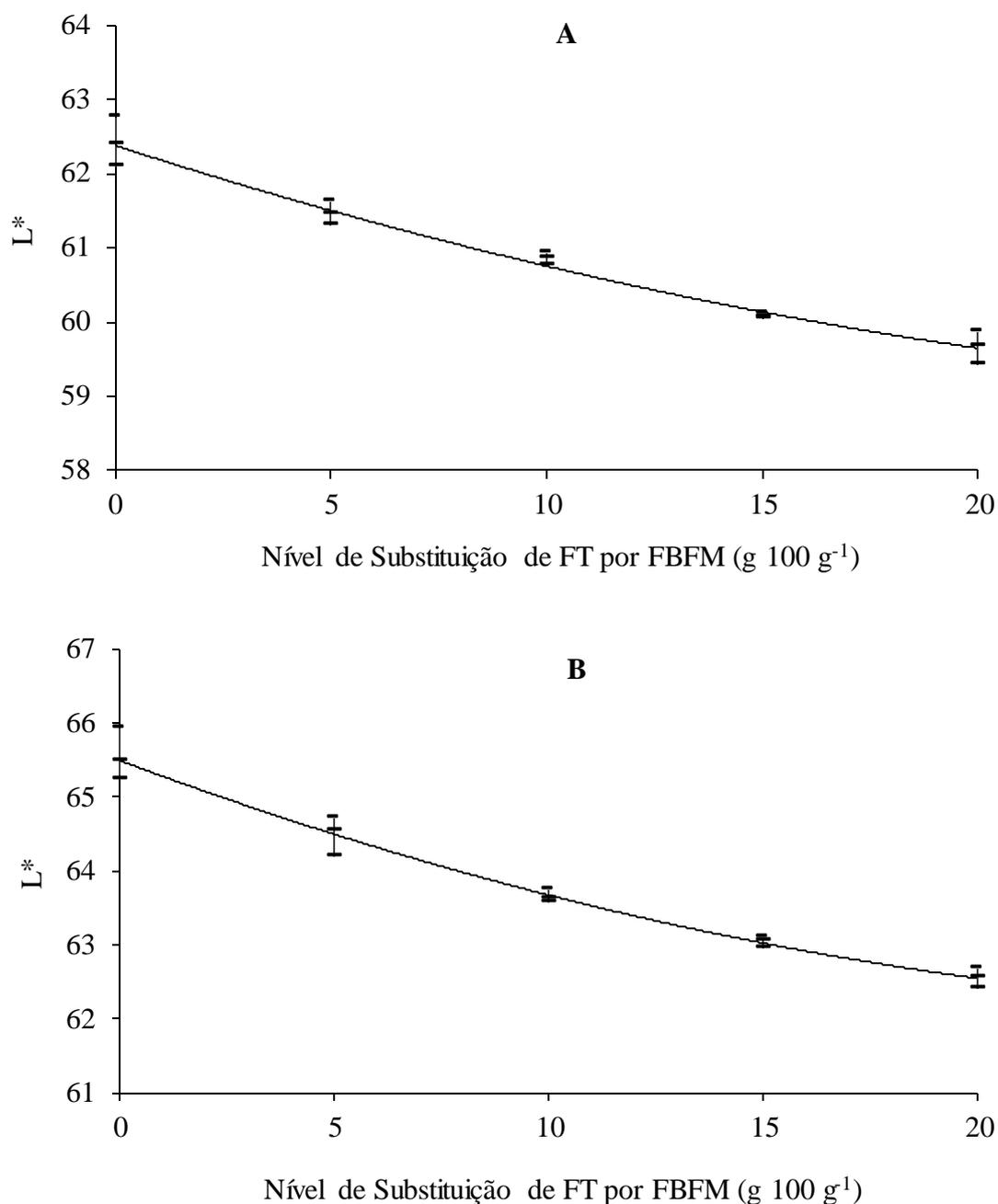
A dureza das torradas também aumentou à medida que houve o incremento de FBFM (Figura 6.4), cujos valores variaram de 56,67 a 131,66 N. Diferença significativa foi observada entre todas as formulações de torradas (Tabela 6.2). O aumento do teor de fibras altera a estrutura do glúten de modo a afetar também a estrutura do pão (Eshak, 2016), pois, ocorre uma hidratação insuficiente do glúten, devido à concorrência das fibras, que absorvem água em maior proporção que as proteínas, levando à redução do poder de retenção de gás na massa e produção de um pão mais duro (Ghoshal et al., 2016).



**Figura 6.4.** Dureza de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “bijú” (FBFM).

A luminosidade da casca e do miolo diminuiu com o aumento da substituição de FT por FBFM nas torradas (Figuras 6.5A e 6.5B, respectivamente), sendo observada diferença significativa entre todas as torradas, tanto para a luminosidade da casca como do miolo (Tabela 6.2). Fato também observado por Mohammeda et al., (2012), ao estudarem a qualidade do pão obtido a partir da substituição parcial de FT por farinha de grão-de-bico.

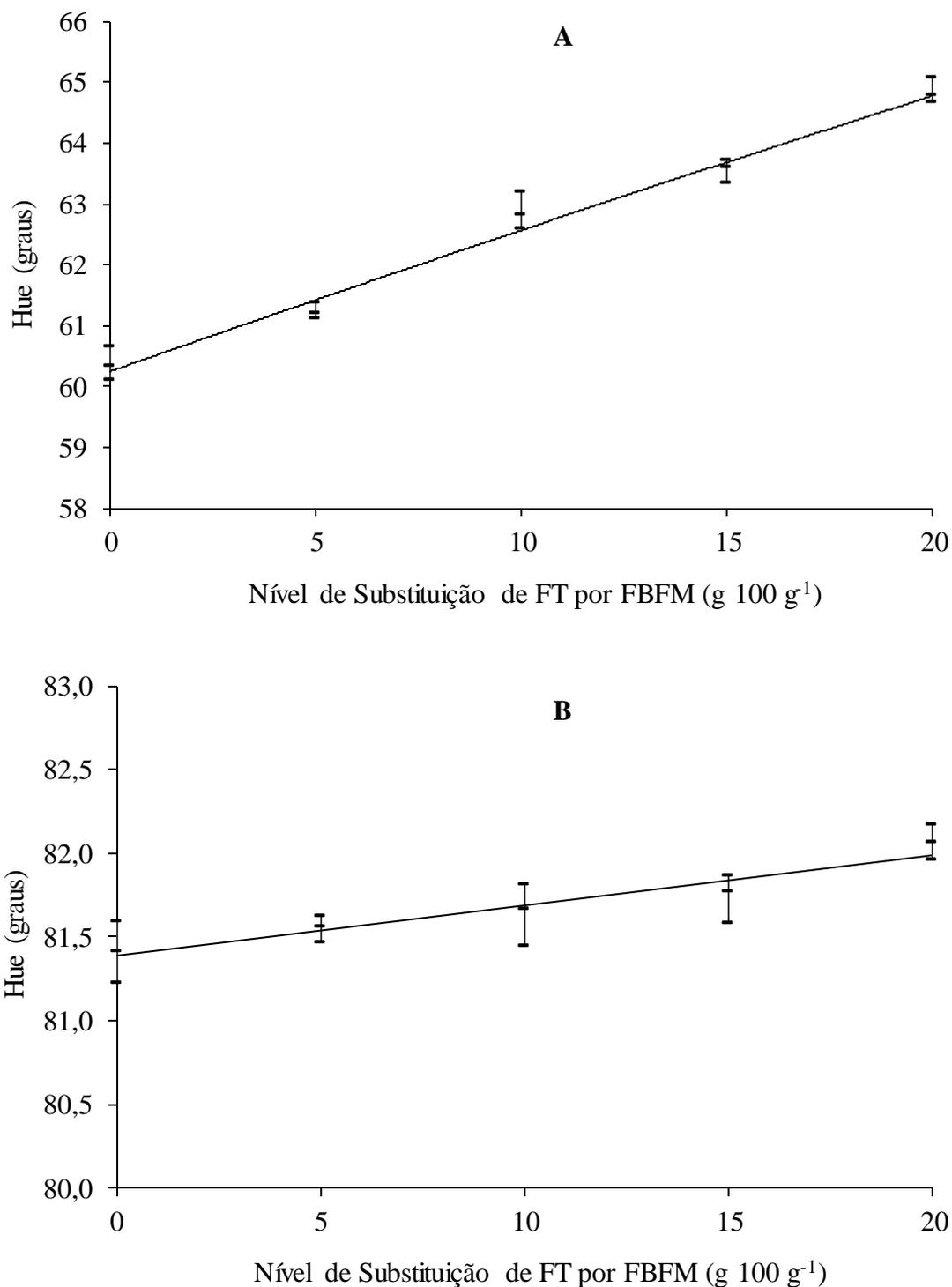
A tonalidade e a saturação da cor, tanto da casca como do miolo das torradas, aumentaram com o incremento de FBFM (Figuras 6.6A, 6.6B, 6.7A e 6.7B).



**Figura 6.5.** Luminosidade da casca (A) e do miolo (B) de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

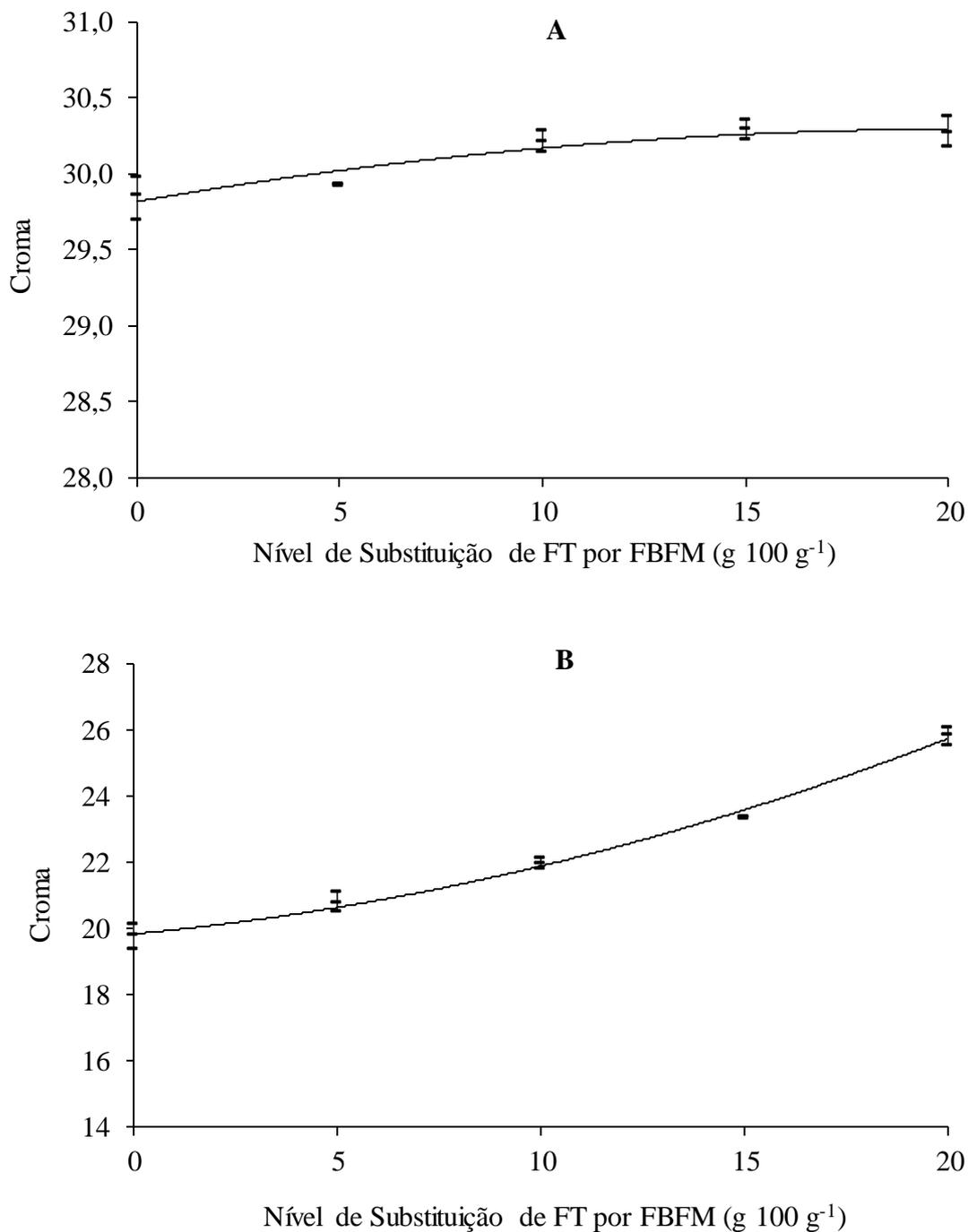
Dessa forma, os parâmetros de cor das torradas foram diretamente afetados pela cor original da FBFM, visto que é mais escura e possui tons mais amarelados que a FT. Os produtos de panificação podem ter a cor alterada em virtude de diferentes fatores,

como, por exemplo, a cor intrínseca dos ingredientes utilizados, ou a cor resultante de mudanças associadas às reações químicas, como a reação de Maillard e de caramelização, que ocorrem durante o forneamento e torração dos pães (Ouazib et al, 2016).



**Figura 6.6.** Tonalidade da casca (A) e do miolo (B) de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre todas as formulações em relação à tonalidade (ângulo Hue) da casca e à saturação da cor (croma) do miolo.



**Figura 6.7.** Saturação da cor da casca (A) e do miolo (B), de torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

A tonalidade do miolo apresentou diferença significativa entre a formulação com 20 g 100 g<sup>-1</sup> (T5) de FT substituída por FBFM e as todas outras, entretanto, as torradas com substituição de 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2), 10 g 100 g<sup>-1</sup> (T3) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) de FT por FBFM não diferiram estatisticamente, assim como as formulações controle (sem adição de FBFM, T1), T2 e T3. Em relação à cor da casca, não foi observada diferença entre as torradas T3, T4 e T5; e também entre as formulações T1 e T2 (Tabela 6.2).

### 6.3.2 Risco microbiológico das torradas

As análises microbiológicas demonstraram que as torradas se apresentaram dentro dos limites aceitáveis pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), indicando condições higiênico-sanitárias adequadas durante o processamento, e garantindo a segurança alimentar dos provadores, pois, a contagem de *Coliformes* a 45 °C foi inferior ao estabelecido pela resolução vigente e não foi detectada a presença de *Salmonella* sp.

### 6.3.3 Aceitação sensorial das torradas

Houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos em relação a todos os parâmetros sensoriais avaliados no teste de aceitação (Tabela 6.4 e Apêndice 6.D). O incremento de FBFM na formulação das torradas afetou a aceitação do consumidor em relação à aparência, cor, aroma, textura, sabor e a impressão global.

**Tabela 6.4.** Aceitação quanto aos atributos sensoriais em torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “bijú” (FBFM).

Atributo	Nível de Substituição de FT por FBFM na torrada (g 100g <sup>-1</sup> )				
	0 (T1)	5 (T2)	10 (T3)	15 (T4)	20 (T5)
Aparência	7,76 <sup>a</sup>	7,72 <sup>a</sup>	7,46 <sup>ab</sup>	7,66 <sup>a</sup>	6,94 <sup>b</sup>
Cor	7,98 <sup>a</sup>	7,74 <sup>ab</sup>	7,70 <sup>ab</sup>	7,78 <sup>a</sup>	7,24 <sup>b</sup>
Aroma	7,74 <sup>a</sup>	7,60 <sup>ab</sup>	7,00 <sup>b</sup>	7,34 <sup>ab</sup>	7,14 <sup>ab</sup>
Textura	8,16 <sup>a</sup>	7,64 <sup>ab</sup>	6,98 <sup>bc</sup>	7,34 <sup>b</sup>	6,34 <sup>c</sup>
Sabor	8,08 <sup>a</sup>	7,74 <sup>ab</sup>	7,18 <sup>bc</sup>	7,44 <sup>abc</sup>	6,88 <sup>c</sup>
Impressão Global	8,12 <sup>a</sup>	7,76 <sup>ab</sup>	7,42 <sup>bc</sup>	7,44 <sup>bc</sup>	6,96 <sup>c</sup>

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os escores médios para aparência variaram de 6,94 a 7,76, e não foi observada diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre as formulações controle (sem adição de FBFM, T1) e as formulações com níveis de substituição de 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2), 10 g 100 g<sup>-1</sup> (T3) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM. A torrada com 20 g 100 g<sup>-1</sup> (T5) de FT substituída por FBFM não diferiu estatisticamente somente da torrada com 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM (Tabela 6.4).

As notas médias para cor variaram de 7,24 a 7,98, não sendo observada diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre a torrada controle (T1) e as torradas elaboradas com 5, 10 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM. A formulação com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM não diferiu estatisticamente das torradas elaboradas com 5 e 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM (Tabela 6.4).

Os valores dos escores médios para aroma variaram de 7,00 a 7,74, não apresentando diferença significativa entre a torrada T1 e as torradas elaboradas com 5, 15 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM. A formulação com 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM diferiu estatisticamente somente da torrada controle (Tabela 6.4).

A textura das torradas, cujas notas médias variaram de 6,34 a 8,16, não apresentou diferença significativa entre as formulações controle (T1) e com 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) de FT substituída por FBFM; entre as torradas com substituição de 5, 10 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM; e entre as torradas elaboradas com 10 e 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituída por FBFM (Tabela 6.4).

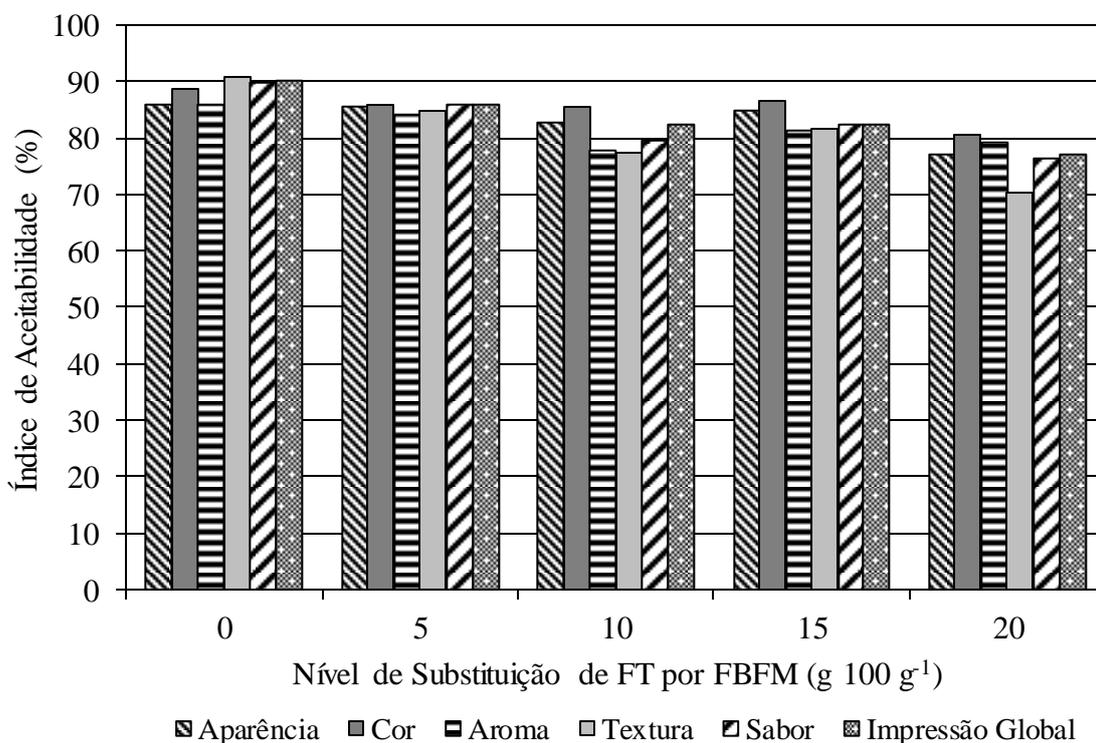
Em relação ao sabor das torradas, os escores médios variam de 6,88 a 8,08. As torradas controle, T2 e T4 não diferiram estatisticamente entre si. Não houve diferença significativa entre as formulações T2, T3 e T4; e entre as torradas T3, T4 e T5 (Tabela 6.4). Já a impressão global das torradas, com notas médias que variaram de 6,96 a 8,12, não apresentou diferença estatística entre as formulações controle (T1) e com 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) de FT substituída por FBFM; entre as torradas T2, T3 e T4; e entre as formulações T3, T4 e T5 (Tabela 6.4).

A torrada elaborada com nível de substituição de 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) de FT por FBFM não depreciou nenhuma das características sensoriais em relação à formulação controle (T1), enquanto a de 15 g 100g<sup>-1</sup> (T4) depreciou a textura e a impressão global. A formulação com 10 g 100 g<sup>-1</sup> (T3) de FT substituída por FBFM prejudicou os atributos sensoriais da torrada controle quanto ao aroma, à textura, ao sabor e à impressão global.A

formulação com 20 g 100 g<sup>-1</sup>(T5) de FT substituída por FBFM não depreciou os atributos sensoriais da torrada controle apenas em relação ao aroma.

Hassan & Ali (2014) observaram que a torrada fortificada com farinha de albedo de toranja branca desengordurada melhorou as características sensoriais estudadas, entretanto, registraram os maiores escores para a torrada com 5 g 100 g<sup>-1</sup> de farinha de albedo de toranja branca desengordurada, com índices de aceitabilidade que variam de 70,1 a 80,3%, valores inferiores aos obtidos nas torradas com 5 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de FT por FBFM, neste trabalho.

O índice de aceitabilidade (IA) das torradas foi elevado, tendo em vista que todas as formulações obtiveram valores superiores a 70% para todos os atributos (Figura 6.8). Dentre as características sensoriais avaliadas, a torrada T1 (sem adição de FBFM) apresentou índice de aceitabilidade que variou de 86,0-90,7%, enquanto as formulações T2, T3, T4 e T5 apresentaram IAs que variaram entre 84,4 e 86,2%, 77,6 e 85,6%, 81,6 e 86,0%, e 70,4 e 80,4%, respectivamente (Figura 6.8).



**Figura 6.8.** Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados em torradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

### 6.3.4 Composição química e valor energético total das torradas selecionadas

As torradas elaboradas com nível de substituição de 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) de FT por FBFM foram as formulações que menos depreciaram as características sensoriais da torrada controle (sem adição de FBFM). Os valores médios de umidade obtidos para T2 e T4 apresentaram diferença significativa (Tabela 6.5).

**Tabela 6.5.** Composição química e valor energético total das torradas selecionadas na aceitação sensorial: 5 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de farinha de trigo (FT) substituída pela farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

Componente	T2	T4
	Média ± Desvio padrão	Média ± Desvio padrão
Umidade <sup>1</sup>	6,05 <sup>b</sup> ± 0,05	6,81 <sup>a</sup> ± 0,18
Cinzas <sup>1</sup>	1,82 <sup>a</sup> ± 0,04	1,84 <sup>a</sup> ± 0,04
Proteína <sup>1</sup>	16,25 <sup>a</sup> ± 0,52	15,43 <sup>a</sup> ± 0,13
Lipídios <sup>1</sup>	5,79 <sup>a</sup> ± 0,07	5,93 <sup>a</sup> ± 0,08
Fibra Alimentar Total <sup>1</sup>	12,11 <sup>b</sup> ± 0,11	16,02 <sup>a</sup> ± 0,06
Fibra Alimentar Solúvel <sup>1</sup>	2,66 <sup>a</sup> ± 0,01	0,43 <sup>b</sup> ± 0,03
Fibra Alimentar Insolúvel <sup>1</sup>	9,45 <sup>b</sup> ± 0,10	15,59 <sup>a</sup> ± 0,03
Açúcares Totais <sup>1</sup>	15,29 <sup>a</sup> ± 0,17	6,53 <sup>b</sup> ± 0,16
Açúcares Redutores <sup>1</sup>	9,76 <sup>a</sup> ± 0,17	3,80 <sup>b</sup> ± 0,13
Açúcares Não Redutores <sup>1</sup>	5,79 <sup>a</sup> ± 0,04	2,73 <sup>b</sup> ± 0,03
Carboidratos digeríveis <sup>1</sup>	60,64	54,40
Valor Energético Total <sup>2</sup>	337,88	310,03

T2 e T4: formulação das torradas experimentais com 5 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM), respectivamente;<sup>1</sup> g 100g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> kcal 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida; Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entretanto, os teores de umidade foram adequados para a conservação das torradas, visto que, segundo a legislação brasileira, o teor de umidade deve ser inferior a 10% (BRASIL, 1978), a fim de evitar o crescimento microbiano, e proporcionar maior estabilidade durante o armazenamento.

Os teores médios de cinzas, proteínas e lipídios das torradas selecionadas não diferiram estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade (Tabela 6.5). E foram diferentes aos encontrados por Hassan & Ali (2014), que ao substituírem 5 e 15 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por farinha do albedo de toranja branca na formulação de torradas, encontraram valores superiores para cinzas (2,42 e 2,68 g 100 g<sup>-1</sup>), e inferiores para proteína (14,72 e 14,50 g

100 g<sup>-1</sup>) e para lipídios (2,97 e 4,21 g 100 g<sup>-1</sup>), devido às diferenças entre as matérias-primas. As torradas T2 e T4 apresentaram altos teores de proteína e de fibra alimentar (Tabela 6.5), podendo ser considerados produtos ricos em proteína e em fibras (BRASIL, 2012). Dessa forma, torradas elaboradas a partir da substituição parcial da FT por FBFM apresentaram valor nutricional e funcional.

O consumo adequado de fibra alimentar auxilia no controle das taxas de colesterol sanguíneo, de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, de diabetes, da obesidade, e na prevenção do câncer de cólon (Ghoshal et al., 2016). Os teores de fibra alimentar total de T2 (12,11 g 100 g<sup>-1</sup>) e T4 (16,02 g 100 g<sup>-1</sup>) apresentaram diferença significativa, a 5% de probabilidade. Em relação à fibra alimentar solúvel (FAS), foi observada diferença estatística, a 5% de probabilidade, e verificado que o valor para a formulação T2 foi superior ao encontrado para a formulação T4 (Tabela 6.5).

A fibra alimentar solúvel pode reduzir as concentrações de colesterol sanguíneo pela formação de uma estrutura viscosa que reduz a absorção de compostos como lipídios no intestino delgado (Maia et al., 2015). Enquanto, a formulação T4 apresentou maior teor de fibra alimentar insolúvel que a formulação T2, e diferiram estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade. Isto se deu devido à predominante presença de fibra alimentar insolúvel na FBFM, podendo ser favorável para o estímulo da saciedade (Horvath et al., 2015). Além disso, as FAI também auxilia para o aumento no volume fecal, estimulando os movimentos peristálticos e o esvaziamento do cólon (Gavanski et al., 2015).

Os açúcares totais, redutores e não redutores das torradas com 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) de FT substituída por FBFM apresentaram diferença significativa, a 5% de probabilidade (Tabela 6.5). A torrada T2 apresentou maiores valores de açúcares totais, redutores e não redutores que a torrada T4, demonstrando que os teores de glicose e sacarose presentes nas torradas com 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FT substituídos por FBFM são maiores que os encontrados nas torradas com 15 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM. Os teores de carboidratos das torradas foram superiores aos encontrados por Eshak (2016), que ao substituir 5 e 10 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por farinha de casca de banana na elaboração de pães, observaram teores de carboidratos iguais a 50,5 e 44,34 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os valores energéticos relativamente altos, 337,88 e 310,03 kcal 100 g<sup>-1</sup>, encontrados nas torradas T2 e T4 podem ser atribuídos aos teores de carboidratos presentes nas torradas, visto que o menor valor energético encontrado refere-se à torrada com menor

teor de carboidratos. Valores calóricos, que variaram de 353,18 a 363,57 kcal 100 g<sup>-1</sup> foram encontrados por Hassan & Ali (2014) em torradas enriquecidas com farinha de albedo de toranja branca, valores esses superiores aos verificados no presente estudo. O menor valor energético encontrado nas torradas T4 está associado à substituição de carboidratos da farinha de trigo pelas fibras presentes na biomassa fibrosa do milho (Salgado et al., 2011).

#### 6.4 CONCLUSÕES

- O nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) influencia todas as características físico-químicas das torradas. À medida que há incremento de FBFM ocorre aumento da umidade, da dureza, da tonalidade (ângulo Hue) da casca e do miolo, e da saturação da cor (croma) da casca e do miolo; e redução da área e do volume específico das torradas.
- As torradas apresentam características favoráveis ao armazenamento à temperatura ambiente, pois possui baixa umidade; e não apontam risco microbiológico, garantindo a segurança alimentar do provador.
- Todos os atributos sensoriais das torradas são significativamente influenciados pela substituição da FT pela FBFM. As formulações com substituição de 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) e de 15 g 100 g<sup>-1</sup> de FT por FBFM (T4) apresentam o melhor perfil sensorial, demonstrando possuir forte potencial no mercado.
- As torradas T2 e T4 são alimentos considerados ricos em proteína e em fibra alimentar, principalmente em fibra alimentar insolúvel, sendo, portanto, um alimento com elevado valor nutricional e funcional.
- A produção de torradas a partir da substituição parcial da FT por FBFM mostra-se viável nutricionalmente e tecnologicamente.

#### 6.5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**, 11. ed., St. Paul: AACC, 2010.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 262-270, 2013.

AGGARWAL, D.; SABIKHI, L.; KUMAR, M. H. S. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. **NFS Journal**, Stuttgart, v. 2, n. , p. 1–7, 2016.

APLEVICZ, K. S.; INGLEZ, S. D.; CHAVES, E. S.; MARTELLI, M.; FERREIRA, B. L. Physicochemical and sensory evaluation of bread French with reduced sodium rich and fiber. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 802-811, 2014.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington: AOAC; 2012.

BABA, M. D.; MANGA, T. A.; DANIEL, C.; DANRANGI, J. Sensory evaluation of toasted bread fortified with banana flour: a preliminary study. **American Journal of Food Science and Nutrition**, Gangneung, v. 2, n. 2, p. 9-12, 2015.

BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. Physicochemical and sensory evaluation of sandwich loaf containing wheat end quinoa flour. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA ANVISA/MS nº. 12, de 1978. Aprova o regulamento técnico sobre padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). **Diário Oficial da União**. Brasília, 24 de julho de 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 de novembro de 2012.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: PUCPRESS, 2013. 531p.

ESHAK, N. S. Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. **Annals of Agricultural Science**, Cairo, v. 61, n. 2, p. 229–235, 2016.

FDA. Food and Drug Administration, 2002. **Bacteriological analytical manual**, 2002.

GAVANSKI, D. S.; BARATTO, I.; GATTI, R. R. Evaluation of bowel habit and fiber food intake in elderly. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 9, n. 49, p. 3-11, 2015.

GHOSHAL, G.; SHIVHARE, U. S.; BANERJEE, U. C. Thermo-mechanical and micro-structural properties of xylanase containing whole wheat bread. **Food Science and Human Wellness**, Pequim, v. 5, p. 219–229, 2016.

HASSAN, M. A. M.; ALI, H. M. Physico-chemical properties and sensory evaluation of toast bread fortified with different levels of White grapefruit (*Citrusparadise*L.) albedo layer flour. **World Journal of Dairy & Food Sciences**, Assiut, v. 9, n. 2, p. 228-234, 2014.

HEFNAWY, T. M. H.; EL-SHOURBAGY, G. A.; RAMADAN, M. F. Impact of adding chickpea (*Cicerarietinum* L.) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread. **International Food Research Journal**, Serdang, v. 19, n. 2, p. 521-525, 2012.

HORVATH, J. D. C.; CASTRO, M. L. D.; KOPS, N. L.; FRIEDMAN, R. Consumption mix fiber (soluble and insoluble) and assessment of post prandial satiety: controlled randomized clinical trial. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 131-135, 2015.

MAIA, J. R. P.; SCHWERTZ, M. C.; SOUSA, R. F. S.; AGUIAR, J. P. L.; LIMA, E. S. Hypolipidemic effect of diet supplementation with cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) flour in hypercholesterolemic rats. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.1, p.112-119, 2015.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOHAMMEDA, I.; AHMED, A. R.; SENGE, B. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 36, p. 196–202, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, 2014.

OUAZIB, M.; DURA, A.; ZAIDI, F.; ROSELL, C. M. Effect of partial substitution of wheat flour by processed (germinated, toasted, cooked) chickpea on bread quality. **International Journal of Agricultural Science and Technology**, Lancaster, v. 4, n. 1, p. 8-18, 2016.

NOTARNICOLA, B.; TASSIELLI, G.; RENZULLI, P. A.; MONFORTI, F. Energy flows and green houses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 140, n. 1B, p. 455-469, 2017.

SALGADO, J. M.; RODRIGUES, B. S.; DONADO-PESTANA, C. M.; DIAS, C. T. S.; MORZELLE, M. C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) Peel as Potential Source of Dietary Fiber and Phytochemicals in Whole-Bread Preparations. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 66, n. 4, p. 384-390, 2011.

SOUKOULIS, C.; YONEKURA, L.; GAN, H.; BEHBOUDI-JOBBEHDAR, S.; PARMENTER, C.; FISK, I. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 39, n. 6, p. 231-242, 2014.

VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; MOURA, C. M. A.; CALIARI, M.; SOUZA, T. A. C.; SILVA, F. A. Utilization of cassava peel flour for preparing loaf bread. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 514-21, 2011.

## 7 APLICAÇÃO DA FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO EM BARRA DE CEREAIS

### RESUMO

As barras de cereais (BC) foram introduzidas no mercado de produtos alimentícios como uma alternativa saudável capaz de proporcionar conveniência e praticidade ao consumidor, atender parte das necessidades nutricionais diárias dos indivíduos, e contribuir com benefícios à saúde. A biomassa fibrosa milho (BFM) é um resíduo proveniente da moagem a seco do grão para a obtenção da farinha de milho “biju”, composta predominantemente pelo pericarpo do grão, e rica em fibras alimentares. Visando analisar a viabilidade nutricional e tecnológica da aplicação da farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) em BCs, o objetivo desta pesquisa foi formular e elaborar BCs; avaliar o efeito do teor de FBFM, flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) nas propriedades físico-químicas, e nas características microbiológicas e sensoriais das BCs selecionadas pela análise de desejabilidade; e caracterizar quimicamente a BC selecionada pela aceitação sensorial. Delineamento Simplex foi utilizado, com seis formulações mais duas repetições no ponto central. Os dados físico-químicos obtidos foram avaliados por análise de variância, modelos polinomiais ajustados, e teste de desejabilidade. Todos os parâmetros avaliados (umidade, atividade de água, volume específico, dureza e cor) foram influenciados ( $p < 0,01$ ) pelos diferentes níveis de FBFM, FAR e FAV utilizados nas formulações. A umidade das BCs variou de 12,96–14,87 g 100 g<sup>-1</sup>, a atividade de água de 0,529–0,604, o volume específico de 0,669–0,728 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, a dureza de 46,43–62,50 N, a cor de 22,30–23,93 e o ângulo Hue de 76,37–78,01°. As formulações BC4 e BC6 foram as que apresentaram características físicas mais próximas às das BCs comerciais analisadas neste estudo. As BCs possuem baixo risco microbiológico, sendo a formulação BC6 a que apresenta melhor perfil sensorial, classificada como um alimento rico em fibras e fonte de proteína, com elevado apelo nutricional e funcional. A proporção real dos ingredientes da BC6 é composta de 14 g 100 g<sup>-1</sup> de farinha da biomassa fibrosa do milho, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia, 30 g 100 g<sup>-1</sup> de xarope de glicose de milho, 14 g 100 g<sup>-1</sup> de mel, 12 g 100 g<sup>-1</sup> de banana desidratada, 9 g 100 g<sup>-1</sup> de amendoim torrado triturado, 2 g 100 g<sup>-1</sup> de goma guar, 2 g 100 g<sup>-1</sup> de essência de baunilha e 1 g 100 g<sup>-1</sup> de lecitina de soja. A elaboração de BCs com FBFM resulta em alimentos com qualidade microbiológica, sensorial, nutricional e funcional. É viável nutricionalmente e tecnologicamente a utilização da farinha da biomassa fibrosa do milho obtida no processamento da farinha de milho “biju” em BCs.

*Palavras-chave:* Zea mays; subproduto; confeitaria; risco microbiológico; aceitação sensorial; fibra alimentar.

## APPLICATION OF FIBROUS BIOMASS OF MAIZE FLOUR IN CEREAL BAR

### ABSTRACT

Cereal bars (CB) have been introduced into the food market as a healthy alternative capable of providing convenience and practicality to the consumer, meeting part of the daily nutritional needs of individuals, and contributing to health benefits. The fibrous biomass maize (FBM) is a residue from the dry milling of the grain to obtain maize flour type "biju", composed predominantly of the grain pericarp and rich in dietary fiber. Aiming to analyze the nutritional and technological viability of application of flour fibrous biomass of maize (FFBM) in cereal bars (CBs), the aim of this research was to formulate and elaborate CBs; to evaluate the effect of FFBM, rice flakes (RF) and oat flakes (OF) in the physicochemical properties, and other microbiological and sensorial characteristics of the CBs selected by the desirability analysis; and chemically to characterize the CB selected by sensory acceptance. A Simplex Design was used, consisting of six formulations plus two replicates at the central point. The physical data obtained were evaluated by analysis of variance, adjusted polynomial models, and desirability test. All parameters evaluated (moisture, water activity, specific volume, hardness and color) were influenced ( $p \leq 0.01$ ) by the different levels of FFBM, RF and OF used in the formulations. The moisture content of the CBs varied from 12.96-14.87 g 100 g<sup>-1</sup>, the water activity from 0.529-0.604, the specific volume from 0.669-0.728 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, the hardness from 46.43-62.50 N, the chroma of 22.30-23.93 and the Hue angle of 76.37-78.01°. The formulations CB4 and CB6 presented physical characteristics closer to those of the commercial CBs analyzed in this study. The CBs have a low microbiological risk, and the formulation CB6 presented the better sensory profile, classified as a food rich in fiber and protein source, with high nutritional and functional appeal. The actual proportion of CB6 ingredients is composed of 14 g 100 g<sup>-1</sup> FFBM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> RF, 8 g 100 g<sup>-1</sup> OF, 30 g 100 g<sup>-1</sup> maize glucose syrup, 14 g 100 g<sup>-1</sup> honey, 12 g 100 g<sup>-1</sup> banana dehydrated, 9 g 100 g<sup>-1</sup> ground roasted peanuts, 2 g 100 g<sup>-1</sup> guar gum, 2 g 100 g<sup>-1</sup> vanilla extract and 1 g 100 g<sup>-1</sup> soy lecithin. The elaboration of CBs with FFBM results in foods with microbiological, sensorial, nutritional and functional quality. It is nutritionally and technologically viable to use the FFBM obtained in the processing of maize flour "biju" type in CBs.

*Keywords:* *Zea mays*; by-product; confectionery; microbiological risk; sensory acceptance; dietary fiber.

### 7.1 INTRODUÇÃO

As barras de cereais (BCs) foram introduzidas no mercado de produtos alimentícios em meados da década de 1980, como uma alternativa saudável capaz de proporcionar conveniência e praticidade ao consumidor, atender parte das necessidades nutricionais diárias dos indivíduos, e contribuir com benefícios à saúde, uma vez que as BCs são fontes de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e carboidratos. Os atributos sensoriais associados a uma dieta mais saudável têm incentivado o desenvolvimento de

BCs com novos ingredientes alimentícios que ofereçam conveniência e equilíbrio nutricional (Munhoz et al., 2014; Silva et al., 2016; Srebernich et al., 2016).

As BCs ganharam a aceitação dos consumidores em termos nutritivos e funcionais, principalmente devido à sua contribuição no teor de fibras alimentares, já que estas desempenham um papel muito importante na dieta humana. O consumo regular e adequado de fibras alimentares pode auxiliar na prevenção de doenças crônicas e cardíacas, diabetes e obesidade, além de contribuir na diminuição dos níveis de colesterol e na regulação do trânsito intestinal (Jeddou et al., 2017).

Vários estudos voltados ao desenvolvimento de novas formulações de BCs com diferentes tipos de matérias-primas vêm sendo reportados na literatura científica, como: farinha da casca de jabuticaba e *okara* (Appelt et al., 2015), farinha da casca e semente da goiaba (Roberto et al., 2015), farinha de casca de abacaxi (Damasceno et al., 2016), dentre outros. A utilização de resíduos agroindustriais como fonte de fibras em produtos alimentícios tem sido bastante explorada, pois aumentam o valor nutricional e funcional dos alimentos de maneira sustentável, além de diminuir os custos de produção, minimizar os impactos ambientais por descarte inadequado e agregar valor aos resíduos, tornando-os subprodutos (Paiva et al., 2012).

A biomassa fibrosa do milho (BFM) é um resíduo sólido proveniente da moagem a seco do grão para a obtenção da farinha de milho “biju”, que por ser composta predominantemente pelo pericarpo do grão, é rica em fibras alimentares (Oliveira Júnior et al., 2014). Desta forma, visando verificar a viabilidade nutricional e tecnológica da aplicação da farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) em barras de cereais (BCs), o objetivo desta pesquisa foi formular e elaborar BCs; avaliar o efeito do teor de FBFM, flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) nas propriedades físico-químicas, e nas características microbiológicas e sensoriais das BCs selecionadas pela análise de desejabilidade, e caracterizar quimicamente a BC selecionada pela aceitação sensorial.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 7.2.1 Obtenção e preparo das matérias-primas

A biomassa fibrosa do milho (BFM), cedida gentilmente pela empresa Caramuru Alimentos, localizada na cidade de Itumbiara-GO, foi coletada a partir do

processo de obtenção da farinha do milho tipo “biju”. A BFM foi seca em estufa com circulação de ar a 45°C por 24 h; moída e passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro. A farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), devidamente vedados; e armazenada a 5 °C, até o processamento das BCs. Os demais ingredientes empregados nas formulações das BCs foram obtidos no comércio local da cidade de Goiânia-GO, com exceção da goma guar, que foi cortesmente cedida pela Fego Alimentos, Goiânia-GO.

### 7.2.2 Formulação e processamento das barras de cereais

As concentrações dos componentes foram restringidas nas formulações experimentais das barras de cereais dentro de faixas pré-estabelecidas em testes preliminares. A FBFM, os FAV e os FAR totalizaram 30% da massa das seis formulações experimentais de BCs. As quantidades de xarope de glicose de milho Marvi® (30 g 100 g<sup>-1</sup>), mel Imperador Alimentos® (14 g 100 g<sup>-1</sup>), banana desidratada (12 g 100 g<sup>-1</sup>), amendoim torrado e triturado Santa Helena® (9 g 100 g<sup>-1</sup>), goma guar (2 g 100 g<sup>-1</sup>), essência de baunilha Feishmann® (2 g 100 g<sup>-1</sup>), e lecitina de soja Phytoquallys® (1 g 100 g<sup>-1</sup>) permaneceram constantes em todas as formulações.

O Delineamento Simplex foi utilizado para estudar o efeito da concentração da FBFM, dos flocos de arroz (FAR), dos flocos de aveia (FAV) e suas interações sobre as características físico-químicas e sensoriais das BCs. Para calcular o erro experimental e ajustar o modelo foram introduzidas duas repetições no ensaio 6 (formulações 7 e 8), totalizando oito formulações (Tabela 7.1).

A partir das concentrações máximas e mínimas de cada componente, os pseudocomponentes foram determinados segundo a Equação 7.1 (Barros Neto et al., 2003).

$$X_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 7.1})$$

Em que:  $0 \leq a_i \leq c_i$ ;  $\sum_{i=1}^q a_i < 1$ ;  $i = 1, 2, 3, \dots, q$ ;  $X_i$  = teor do componente, em termos de pseudocomponente;  $c_i$  = proporção real do componente;  $a_i$  = limite inferior da concentração do componente.

**Tabela 7.1.** Delineamento Simplex ou de misturas para o estudo das propriedades das misturas de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV), em proporções dos ingredientes na mistura ternária em concentrações reais e em pseudocomponentes, enas formulações finais das barras de cereais.

Formulação <sup>1</sup>	Proporção dos ingredientes								
	Na mistura ternária em concentrações reais			Na mistura ternária em pseudocomponentes <sup>1</sup>			Nas barras de cereais <sup>2</sup>		
	FBFM (c <sub>1</sub> )	FAR (c <sub>2</sub> )	FAV (c <sub>3</sub> )	FBFM (X <sub>1</sub> )	FAR (X <sub>2</sub> )	FAV (X <sub>3</sub> )	FBFM (C <sub>1</sub> ) <sup>3</sup>	FAR (C <sub>2</sub> ) <sup>3</sup>	FAV (C <sub>3</sub> ) <sup>3</sup>
BC1	0,66	0,17	0,17	1	0	0	20	5	5
BC2	0,34	0,34	0,32	0	0,53	0,47	10,15	10,15	9,7
BC3	0,49	0,34	0,17	0,47	0,53	0	14,85	10,15	5
BC4	0,49	0,17	0,34	0,47	0	0,53	14,85	5	10,15
BC5	0,34	0,32	0,34	0	0,47	0,53	10,15	9,7	10,15
BC6	0,46	0,27	0,27	0,38	0,31	0,31	14	8	8
BC7	0,46	0,27	0,27	0,38	0,31	0,31	14	8	8
BC8	0,46	0,27	0,27	0,38	0,31	0,31	14	8	8

<sup>1</sup> c<sub>1</sub> + c<sub>2</sub> + c<sub>3</sub> = 1; X<sub>1</sub> + X<sub>2</sub> + X<sub>3</sub> = 100 g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup>C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> + C<sub>3</sub> = 30 g 100 g<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> g 100 g<sup>-1</sup>. Fonte: STATSOFT (2007).

As barras de cereais experimentais foram produzidas manualmente, em cinco etapas: 1) pesagem dos ingredientes secos e dos ingredientes da calda (xarope de glicose, mel, goma guar e a lecitina de soja); 2) aquecimento da calda a 95–99 °C e a mistura dos ingredientes secos na calda; 3) colocação da massa obtida em fôrma de alumínio (15 mm de espessura) revestida com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), cobertura da massa com o mesmo tipo de filme, a fim de evitar que a massa aderisse na fôrma e no rolo. Com o auxílio de um rolo, a massa foi compactada até a obtenção de uma superfície lisa; 4) após 24 h, com a massa resfriada, foi realizado o corte das barras de cereais com dimensões padronizadas: 100 mm de comprimento, 30 mm de largura e 15 mm de espessura; e 5) as BCs foram embaladas individualmente em filme de cloreto de polivinila (PVC), acondicionadas em sacola de PEBD, e armazenadas em temperatura ambiente.

### 7.2.3 Características físico-químicas das barras de cereais

Análises físicas foram realizadas nas barras de cereais experimentais e em duas BCs comerciais (*light* e tradicional) obtidas no comércio local de Goiânia-GO. O teor de umidade foi determinado após trituração e desidratação a 105 °C em estufa com circulação de ar até peso constante, conforme descrito pela AOAC (2012). A atividade de água foi determinada em aparelho AquaLab digital (Braseq, CX-2-T, DecagonDevices Inc., CX-2T, Pullman, USA), acoplado a um banho termostático mantido a 25 °C. O volume específico (VE) das barras de cereais foi determinado por deslocamento de sementes de painço, e calculado segundo a Equação 7.2.

$$VE \text{ (cm}^3 \text{ g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{volume}_{\text{deslocado}} \text{ (cm}^3\text{)}}{\text{massa}_{\text{barra}} \text{ (g)}} \quad \text{(Equação 7.2)}$$

A força de ruptura ou dureza das BCs foi determinada segundo o método 16-50 da AACC (2010), em texturômetro (Stable MicroSistem, TA.XT2 plus, Godalming, Reino Unido), com probe Knife Edge with Slotted Insert (HDP/BS) para cortar a amostra ao meio, disposta horizontalmente na plataforma HDP/90. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 1,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade de teste = 1,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade pós-teste = 1,0 mm s<sup>-1</sup>; distância 15 mm; e força de contato = 100 g. Os

resultados foram expressos em N (Newton), sendo realizadas dez determinações para cada repetição.

Os parâmetros instrumentais de cor foram determinados em colorímetro (Bankinh Meter Minolta, BC-10, Ramsey, USA) previamente calibrado, e os valores da tonalidade cromática ( $H^\circ$ , ângulo Hue) e da croma (saturação da cor) foram calculados a partir das coordenadas de cromaticidade, segundo as Equações 7.3 e 7.4, respectivamente.

$$H^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 7.3})$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 7.4})$$

Em que,  $a^*$ , à cromaticidade entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos);  $b^*$ , à cromaticidade entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos);  $C^*$ , croma; e  $^\circ H$ , ângulo Hue.

#### 7.2.4 Análise microbiológica e aceitação sensorial

Três BCs foram selecionadas para avaliação microbiológica e aceitação sensorial, a partir do teste de desejabilidade. As análises microbiológicas obedeceram aos padrões estabelecidos na Resolução RDC 12, item 10.m, para cereais compactados, em barra ou outras formas, com ou sem adições (BRASIL, 2001). Contagem de Coliformes a  $45^\circ\text{C g}^{-1}$  e de *Bacillus cereus*, e pesquisa de presença/ausência de *Salmonella* sp. foram realizadas seguindo as técnicas descritas pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2002).

O teste de aceitação foi realizado por cinquenta provadores não treinados, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei nem desgostei, e 1 = desgostei extremamente). Os atributos: cor, aparência, textura, sabor, odor e impressão global foram avaliados com escala de nove pontos (9 = gostei muitíssimo, 5 = Nem gostei/Nem desgostei, e 1 = desgostei muitíssimo).

A intenção de compra também foi determinada, utilizando-se escala de cinco pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse e 1 = certamente não compraria) (Apêndice 7.A). Os provadores foram adultos entre 18 e 34 anos de ambos os sexos (56% feminino e 44% masculino). Cada provador leu e assinou o

termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 7.B) para participação na pesquisa, e a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética (CAAE: 56909916.4.000.5083).

As amostras foram codificadas e servidas de forma sequencial aleatória, em pratos descartáveis, sendo entregues, ao todo, três amostras para cada provador. Água mineral foi disponibilizada para que os provadores bebessem entre uma degustação e outra. Os índices de aceitabilidade (IA) foram calculados a partir da Equação 7.5, cujos valores  $\geq$  70% indicaram boa aceitação dos consumidores (Dutcosky, 2013).

$$IA (\%) = \frac{S_1 \times 100}{S_2} \quad (\text{Equação 7.5})$$

Em que,  $S_1$  refere-se à nota média obtida para o produto, e  $S_2$  à nota máxima dada ao produto.

#### **7.2.5 Composição química e valor energético total da formulação selecionada**

A composição centesimal da BC selecionada foi determinada segundo os métodos recomendados pela AOAC (2012): a umidade por dessecação a 105 °C em estufa até peso constante (método 945.38B); as cinzas por pesagem após incineração a 550 °C em forno mufla (método 920.38C); o nitrogênio pelo método micro-Kjeldahl, sendo utilizado o fator 6,25 para a estimativa do teor de proteína bruta (método 981.10); o teor de lipídios por extração contínua em aparelho Soxhlet (método 996.06). Para a obtenção dos teores de fibras alimentares total, solúvel e insolúvel foi utilizada a amostra desengordurada, seguindo o método enzimico-gravimétrico (método 985.29). O teor de carboidratos digeríveis foi calculado pela diferença entre 100 e a somatória dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibras insolúveis. A determinação de açúcares redutores e totais foi realizada pelo método ADNS segundo Miller (1959), com leitura de absorvância, a 550  $\mu\text{m}$ . Todos os valores foram expressos em  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ , em base seca, exceto umidade. O valor energético total ( $\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ , em base úmida) foi calculado a partir da multiplicação da quantidade de lipídios por nove, e de proteínas e carboidratos digeríveis por quatro (BRASIL, 2003).

### 7.2.6 Análise estatística e desejabilidade

Os dados obtidos para as propriedades físico-químicas das barras de cereais foram submetidos à análise de variância e de regressão. O modelo canônico de Scheffé para três componentes (Equação 7.6) foi utilizado a fim de ajustar uma equação polinomial para cada resposta, através da estimativa do coeficiente de determinação.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (\text{Equação 7.6})$$

Em que: Y = variável dependente;  $\beta^j$  = coeficiente estimado de cada componente linear e suas interações; X<sub>1</sub> = FBFM; X<sub>2</sub> = FAR; X<sub>3</sub> = FAV.

A partir dos modelos polinomiais ajustados das características físico-químicas das barras de cereais experimentais, e com o auxílio da função de desejabilidade e do programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2007), foi realizado o cálculo para otimizar a formulação da barra de cereais experimental mais desejada nos intervalos das variáveis independentes utilizadas (farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia), considerando-se como desejado as características físico-químicas de duas barras de cereais comerciais (*light* e tradicional).

## 7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.3.1 Características físico-químicas das barras de cereais

Todas as características físicas das BCs foram significativamente influenciadas pelos níveis de FBFM, FAR e FAV nas formulações (Apêndice 7.C, Tabela 7.2). Os modelos polinomiais ajustados foram significativos ( $p \leq 0,01$ ), explicando de 94 a 99% das variações (Tabela 7.3).

**Tabela 7.2.** Propriedades físicas de barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) e de duas barras comerciais.

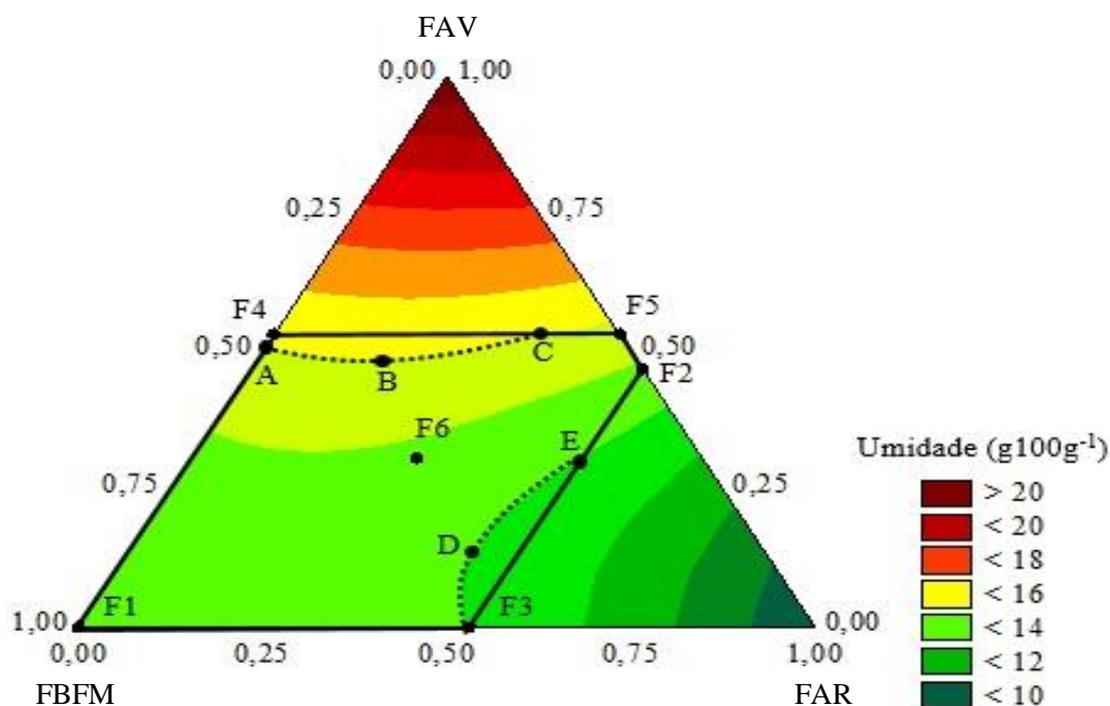
Produto <sup>1</sup>	Característica Física					
	Umidade	Atividade de água	Volume Específico	Dureza	Croma	Ângulo Hue
BC1	13,63±0,69	0,565±0,01	0,677±0,05	53,21±2,14	23,93±0,74	77,52±0,62
BC2	13,85±0,57	0,564±0,00	0,734±0,05	51,93±2,68	22,99±0,56	77,66±0,80
BC3	12,96±0,40	0,551±0,00	0,728±0,09	62,50±2,90	23,74±0,95	77,44±0,66
BC4	14,87±0,37	0,604±0,00	0,728±0,08	46,43±3,26	22,30±1,13	76,63±0,88
BC5	14,65±0,54	0,529±0,01	0,669±0,07	50,58±2,56	23,48±1,14	78,01±0,79
BC6	13,79±0,56	0,564±0,00	0,673±0,06	51,31±2,75	23,64±0,74	76,43±1,04
BC7	13,81±0,42	0,563±0,00	0,673±0,05	51,40±3,57	23,61±0,66	76,47±1,10
BC8	13,77±0,29	0,563±0,00	0,670±0,05	51,22±4,34	23,58±0,99	76,37±1,05
BC Comercial 1	12,65±0,23	0,611±0,01	1,12±0,08	39,90±1,05	18,98±1,09	71,82±1,40
BC Comercial 2	9,44±0,17	0,571±0,01	0,92±0,05	45,14±1,01	19,26±0,90	68,81±1,28

<sup>1</sup>(FBFM:FAR:FAV) em relação a todos os ingredientes das barras de cereais (g 100 g<sup>-1</sup>): BC1: 20:5:5; BC2: 10,15:10,15:9,7; BC3: 14,85:10,15:5; BC4: 14,85:5:10,15; BC5: 10,15:9,7:10,15; BC6, BC7 e BC8: 14:8:8; Comercial 1: *light*, sabor banana e mel; Comercial 2: tradicional, sabor banana e mel.

**Tabela 7.3.** Modelos ajustados, coeficiente de determinação ajustado, significância do modelo (p) e falta de ajuste do modelo (FA) para umidade, atividade de água, volume específico, dureza, saturação da cor e tonalidade cromática de barras de cereais elaboradas com diferentes teores de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV), em pseudocomponentes,  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ , respectivamente.

Parâmetro físico <sup>1</sup>	Modelo Polinomial Ajustado	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	p	FA
Umidade	$Y_1 = 13,6324X_1 + 9,0394X_2 + 21,9457X_3 - 0,7107X_1X_2 + 0,6963X_1X_3 - 0,1824X_2X_3$	0,99	0,0006	1,00
Atividade de água	$Y_2 = 0,5653X_1 + 0,8720X_2 + 0,3123X_3 - 0,7107X_1X_2 + 0,6963X_1X_3 - 0,1824X_2X_3$	0,95	0,0009	1,00
Volume específico	$Y_3 = 0,6674X_1 + 1,4932X_2 + 0,4426X_3 - 1,4039X_1X_2 + 0,7056X_1X_3 - 1,0695X_2X_3$	0,99	0,0001	1,00
Dureza	$Y_4 = 53,2019X_1 + 70,7047X_2 + 52,9000X_3 - 26,6685X_1X_3 - 42,3993X_2X_3$	0,99	0,0000	0,18
Croma	$Y_5 = 23,9265X_1 + 17,0179X_2 + 24,8569X_3 + 13,9856X_1X_2 - 8,5350X_1X_3 + 9,2372X_2X_3$	0,99	0,0028	1,00
Ângulo Hue	$Y_6 = 77,5161X_1 + 77,3742X_2 + 83,2386X_3 - 15,7603X_1X_3 - 9,9094X_2X_3$	0,99	0,0002	0,82

O teor de umidade das BCs diminuiu à medida que aumentou o nível de FBFM e FAR na formulação, e aumentou com a elevação do nível de FAV (Figura 7.1). Teor de umidade intermediário foi observado para níveis máximos de FBFM, devido às interações significativas entre os componentes da mistura.



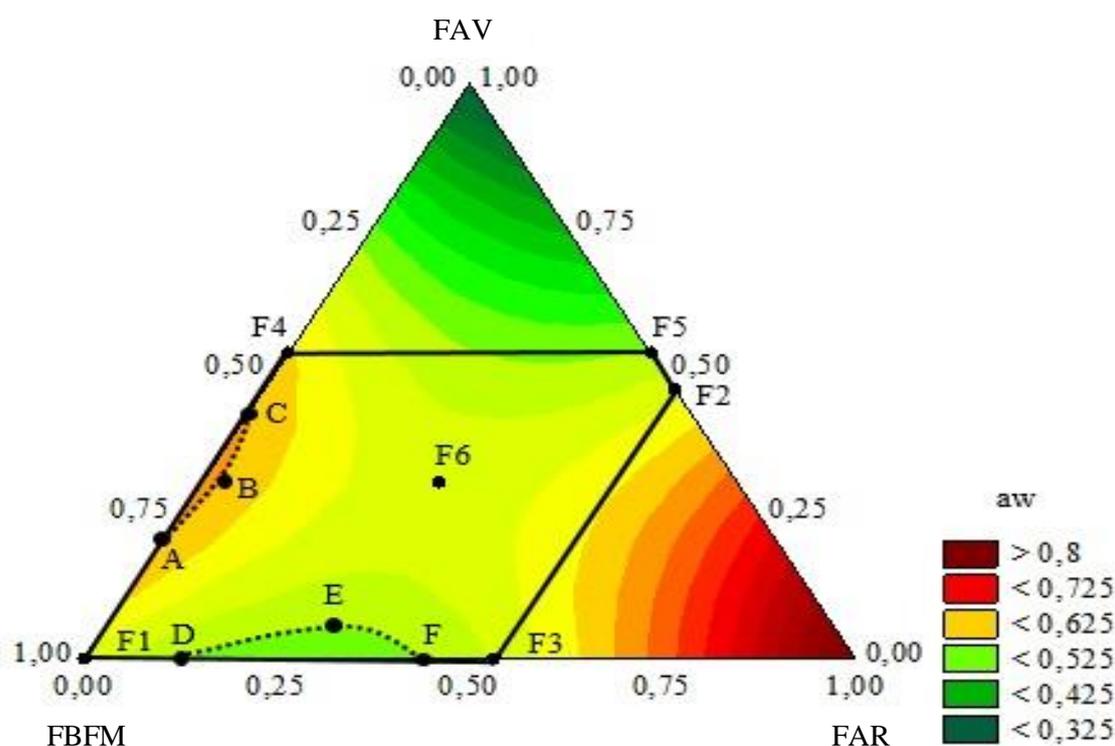
**Figura 7.1.** Umidade das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

A máxima umidade foi observada na área do gráfico entre os pontos A, B e C (Figura 7.1), com níveis em pseudocomponentes entre 0,09-0,49 de FBFM, 0–0,39 de FAR e 0,51–0,53 de FAV; ou em concentrações reais do total da mistura de 37–50 g 100 g<sup>-1</sup> para FBFM, 17–29 g 100 g<sup>-1</sup> para FAR e 33–34 g 100 g<sup>-1</sup> para FAV. Enquanto a umidade mínima, na área entre os pontos F3, D e E, com níveis em pseudocomponentes entre 0,15-0,47 de FBFM, 0,47-0,53 de FAR e 0-0,32 de FAV; ou em concentrações reais do total da mistura de 39–40 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 32–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 17–27 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV.

O componente FAV provocou maior influência nos teores de umidade das BCs, visto que os maiores valores verificados foram para as formulações com teores máximos de FAV, e os menores para as BCs com menor concentração deste componente. Isso se deve ao teor de fibras alimentares solúveis presentes na aveia, que possuem maior capacidade de retenção de água que as insolúveis (Coelho & Salas-Mellada, 2014).

As BCs experimentais apresentaram teores de umidade inferiores a  $15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (Tabela 7.2), contribuindo com o aumento da estabilidade química e microbiológica (Appelt et al., 2015), pois, maiores teores de umidade podem favorecer reações indesejáveis, como o escurecimento não enzimático e o crescimento microbiano. As BCs experimentais obtiveram valores de umidade superiores aos observados nas BCs comerciais, entretanto os teores de umidade foram compatíveis com os limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 1978).

Os valores de atividade de água das BCs aumentaram à medida que se reduziu a proporção de FBFM e FAV e aumentou a de FAR (Figura 7.2). A máxima atividade de água foi verificada na área do gráfico entre os pontos A, B e C, nas formulações com 52–59  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM, 17–18  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e 24–31  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV (em valores reais na mistura).

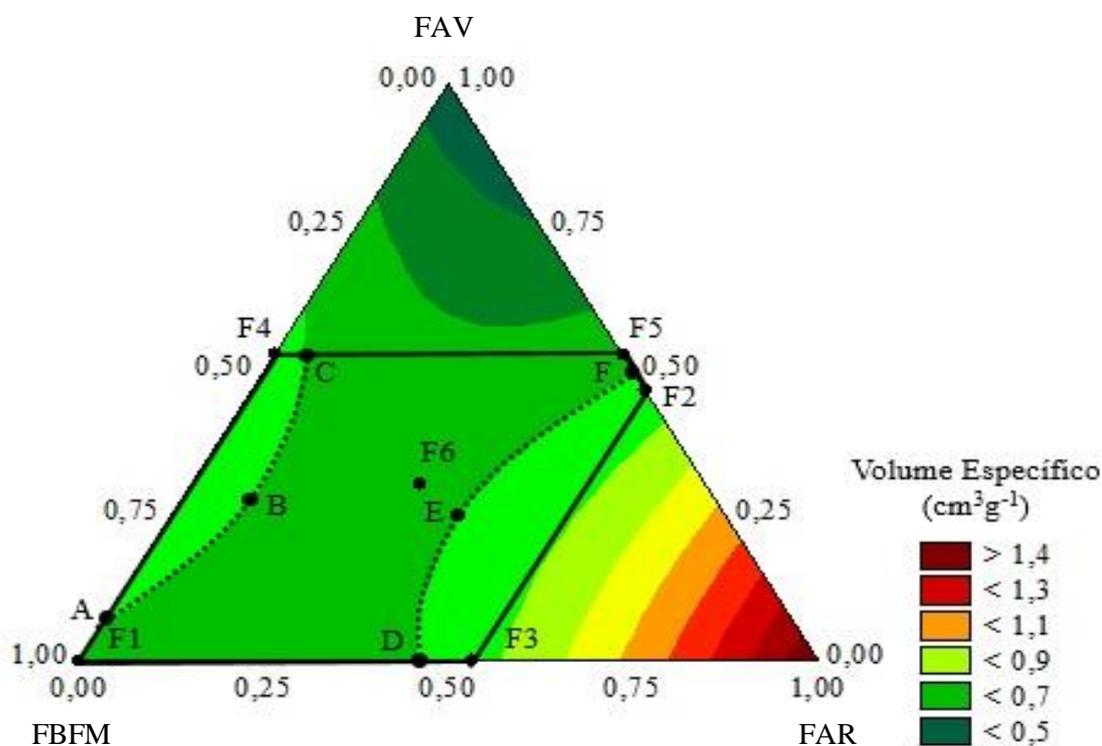


**Figura 7.2.** Atividade de água (aw) das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

Enquanto que, a mínima situou-se entre os pontos D, E e F, nas formulações com 52–62  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM, 21–31  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e 17–18  $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV. Srebernich et al. (2016), ao avaliar as características físico-químicas de BCs com adição de goma de acácia, inulina e sorbitol, relataram valores para atividade de água inferiores a

0,60, variando de 0,534 a 0,596, próximos aos encontrados nesta pesquisa (Tabela 7.2). A BC “Comercial 2” apresentou valor médio de atividade de água dentro dos limites encontrados para as BCs experimentais (Tabela 7.2), enquanto a BC “Comercial 1” apresentou valor médio superior de atividade de água. A atividade de água é bastante utilizada para o controle microbiano, da oxidação lipídica, e das alterações não enzimáticas e enzimáticas. Bolores e leveduras geralmente tendem a crescer com atividade de água entre 0,7 e 0,8, enquanto que o crescimento bacteriano ocorre em alimentos com atividade da água acima de 0,8 (Khouryieh & Aramouni, 2012). A velocidade de reação da oxidação lipídica pode aumentar em alimentos com valores muito baixos (próximos de zero) e muito altos (Ghorbani & Hosseini, 2017). Dessa forma, os valores de atividade de água do presente estudo não se enquadram na faixa susceptível à oxidação lipídica e nem ao crescimento microbiano.

Os maiores valores de volume específico se situaram nas áreas do gráfico à esquerda da linha A, B, C e à direita da linha D, E, F, que corresponde às formulações com 48–64 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 17–20 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 19–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, e com 34–51 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 30–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 17–33 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, respectivamente (Figura 7.3).

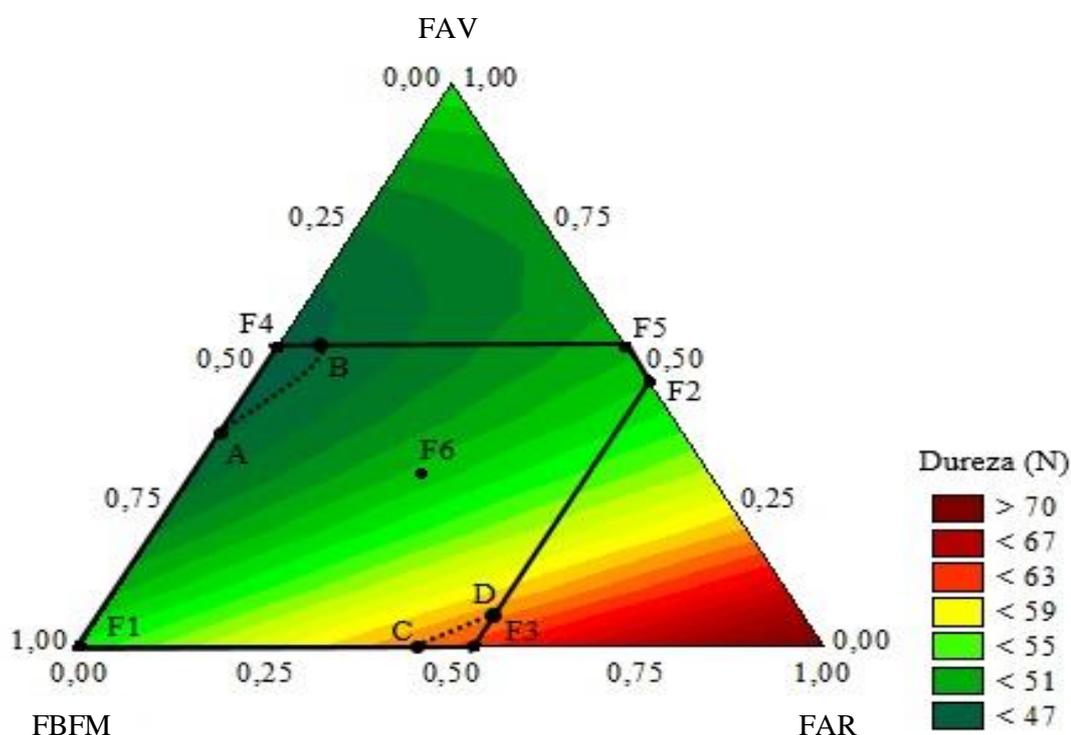


**Figura 7.3.** Volume específico das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

Os volumes específicos das BCs comerciais foram superiores aos encontrados para BCs experimentais (Tabela 7.2). Os valores que mais se aproximam das BCs comerciais em relação ao volume específico foram os determinados nas BC2, BC3 e BC4. O volume específico das BCs aumentou nas concentrações máximas de FAR (Figura 7.3).

Os maiores valores de volume específico tendem a serem obtidos nas BCs formuladas com níveis maiores de FBFM e/ou FAV. Isto se deve ao fato de as fibras presentes na FBFM e no FAV adsorverem água intramolecular, resultando no aumento do seu peso e não alterando o seu volume espacial (Guimarães et al., 2010), obtendo-se, conseqüentemente, produtos menos leves.

A BC4 e a BC3 apresentaram valores de dureza mais e menos próximos, respectivamente, aos encontrados nas BCs comerciais (Tabela 7.2). A área de valores mínimos de dureza (Figura 4.4) é a delimitada pelos pontos A, B e F4, enquanto que a de máximos fica entre F3, C e D, equivalentes, em concentrações reais da mistura ternária, a 47–54 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 17–19 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 29–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV; e de 47–49 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 34–35 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 17–18 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, respectivamente.



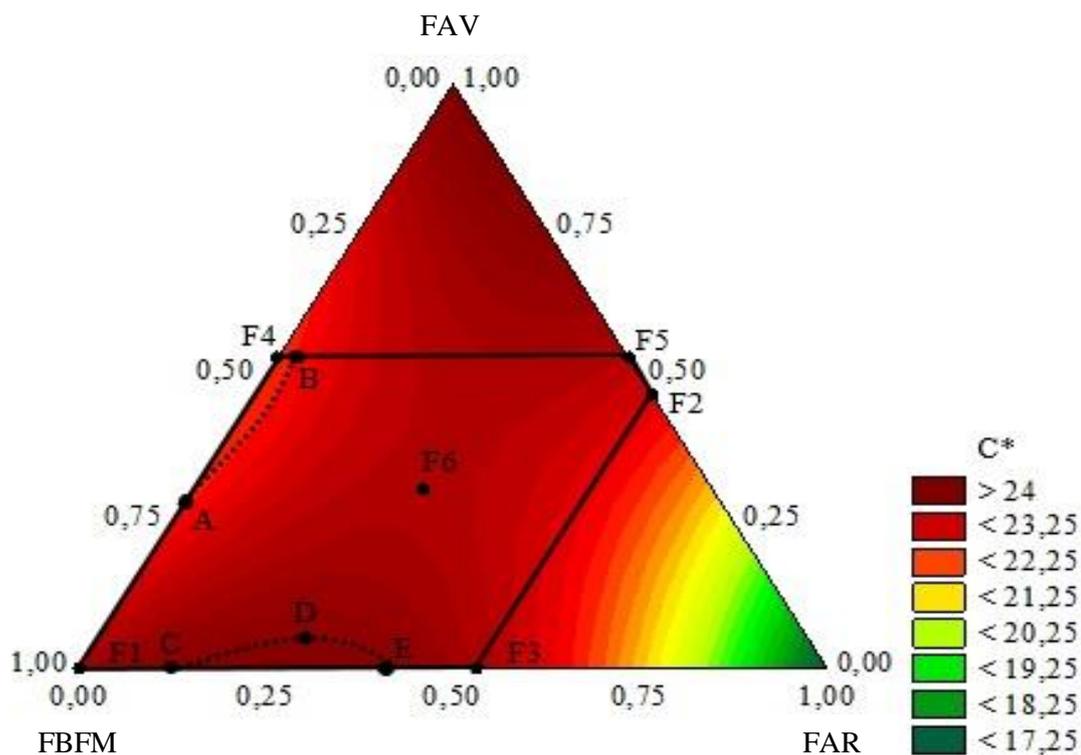
**Figura 7.4.** Dureza das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

O maior e o menor valor de dureza foi observado para as BCs com mesma concentração de FBFM, entretanto, com teores de FAV e FAR diferentes. Dessa forma, a dureza das BCs tendeu a aumentar conforme houve o aumento de FAR e a reduzir à medida que o teor de FAV aumentou. Isso se deu, provavelmente, pela presença das fibras alimentares presentes na aveia, que ao absorverem água, conseguem manter a umidade das BCs e esta evita o endurecimento das mesmas (Sun-Waterhouse et al., 2010), ou seja, a textura das BCs também pode ser afetada pelo amolecimento do produto (Silva et al., 2016).

Os valores de dureza encontrados para as BCs experimentais ficaram dentro das faixas encontradas por Silva et al. (2009), que ao elaborarem BCs com aumento da concentração da farinha de albedo e casca de maracujá, relataram valores de dureza entre 34,10-66,85 N. Damasceno et al. (2016), ao desenvolverem e avaliarem BCs com farinha de casca de abacaxi, encontraram valores de dureza (que variaram de 99,6 a 157,95 N), superiores aos observados nesta pesquisa. Os valores de dureza observados nas BCs comerciais foram inferiores aos das BCs experimentais (Tabela 7.2). Valores elevados de dureza nem sempre estão associados à baixa aceitação sensorial, e podem ser consequência dos seus ingredientes, visto que produtos com alto teor de fibras, de modo geral, são mais densos e duros (Munhoz et al., 2014).

A cor é um dos atributos mais importantes na avaliação da qualidade de um alimento, uma vez que afeta diretamente a aceitação dos produtos pelos consumidores (Khouryieh & Aramouni, 2012). A cor das BCs variou pouco (8,28%) (Tabela 7.2), e os valores obtidos foram superiores aos encontrados para as BCs comerciais.

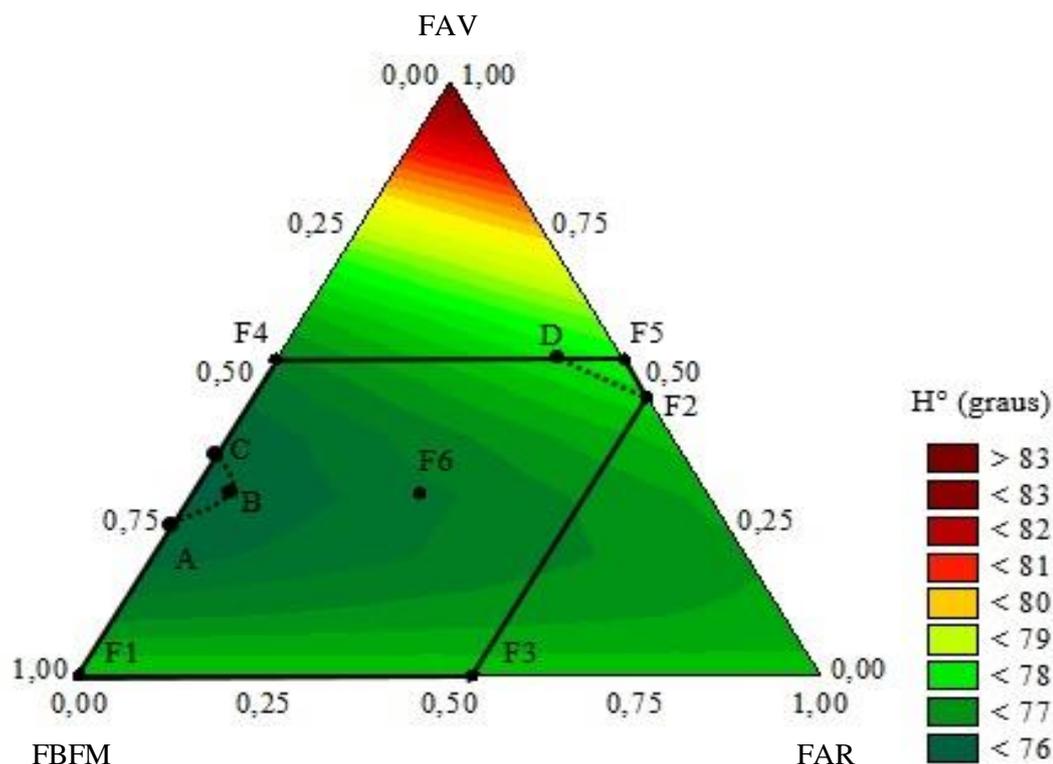
Ocorreu diminuição da cor das BCs com o aumento de FAV e do FAR, e redução de FBFM na formulação, com efeito pronunciado da interação entre os três componentes (Figura 7.5). Os maiores valores de cor das BCs foram obtidos na área do gráfico entre os pontos C, D e E, nas formulações com 54–62 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 21–29 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 17–19 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, enquanto os menores (delimitados pelos pontos A, B e F4) com 48–57 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 17–18 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 24–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV (Figura 7.5). O componente FAV foi o que menos provocou influência nos valores de cor na mistura, visto que seu teor foi o mesmo para a BC com menor (22,30) e maior (23,93) intensidade de cor.



**Figura 7.5.** Croma das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

Os valores de tonalidade das BCs experimentais foram superiores aos encontrados para as BCs comerciais (Tabela 7.2), o que indicou que as BCs experimentais apresentaram cor mais amareladas. Os menores valores de ângulo Hue (cor mais avermelhada) foram determinados na área do gráfico entre os pontos A, B e C, em formulações com 54–58 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, de 17–19 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e de 25–46 g 100 g<sup>-1</sup> para FAV (Figura 7.6).

Observou-se que a BC2 e a BC5 são as que mais se distanciaram das BCs comerciais em relação à tonalidade, uma vez que, a área pontilhada entre os pontos D, F2 e F5 corresponde aos valores máximos de Ângulo Hue (cor mais amarelada), com formulações com 34–38 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, de 28–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e de 32–34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV. Os componentes que mais influenciaram para obtenção de tons amarelados na mistura foram a FAV e o FBFM, devido aos pigmentos presentes no milho e na aveia, provavelmente carotenóides do tipo  $\beta$ -carotenos, responsáveis pela cor amarela (Hu & Xu, 2011), enquanto o FAR foi mais neutro, devido à coloração branca do arroz.

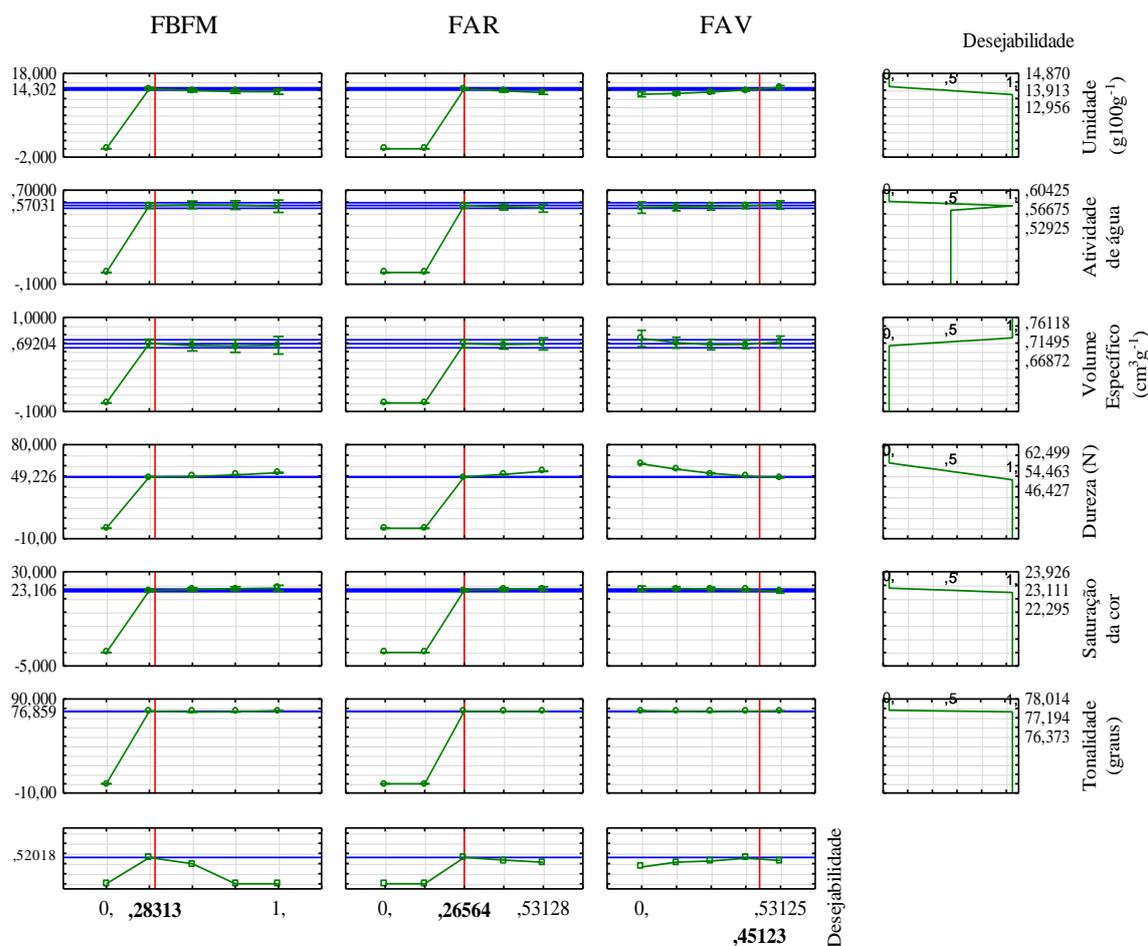


**Figura 7.6.** Ângulo Hue das barras de cereais em função dos componentes: farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV) em pseudocomponentes.

O diagrama de desejabilidade, gerado considerando as características físico-químicas das BCs comerciais, admitiu como mais adequados os menores valores de umidade, dureza, croma e ângulo Hue, maior de volume específico e intermediário de atividade de água (Figura 7.7).

O valor otimizado, em pseudocomponentes, para as características físico-químicas analisadas correspondeu a 28,31 de FBFM, 26,56 de FAR e 45,12 de FAV (valores em pseudocomponentes), ou 43 g 100 g<sup>-1</sup>, 25 g 100 g<sup>-1</sup> e 31 g 100 g<sup>-1</sup>, em valores reais, respectivamente. As formulações BC4 (49 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 17 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 34 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, em valores reais) e BC6 (46 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 27 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 27 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV, em valores reais) apresentaram-se mais próximas ao valor desejável, visto que a formulação sugerida pela análise de desejabilidade, embora estivesse dentro da área experimental, não foi testada no presente estudo.

A BC1 também foi escolhida para ser avaliada na aceitação sensorial devido ao fato de possuir a maior concentração de FBFM dentre as formulações testadas, e por ser o principal foco de investigação desta pesquisa.



**Figura 7.7.** Diagrama de desejabilidade das barras de cereais elaboradas com diferentes níveis de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia, em pseudocomponentes, em relação à umidade, à atividade de água, ao volume específico, à dureza, cora e ângulo Hue.

### 7.3.2 Análise microbiológica e aceitação sensorial

As três formulações selecionadas (BC1, BC4 e BC6) ficaram dentro dos limites aceitáveis pela legislação brasileira (BRASIL, 2001), visto que a contagem de Coliformes a 45 °C e de *Bacillus cereus* foi inferior ao padrão microbiológico estabelecido, e não foi observada presença de *Salmonella* sp., indicando que as matérias-primas apresentaram boas condições higiênicas-sanitárias, e que estas condições foram mantidas durante o processamento das BCs. No desenvolvimento de novos produtos é fundamental que se otimizem parâmetros, como forma, cor, aparência, sabor, textura, assim como a interação de diferentes componentes, a fim de obter equilíbrio entre as características e resultar em um produto com excelente qualidade e boa aceitação (Srebernich et al., 2016). Somente a impressão global diferiu significativamente entre as BCs (Tabela 7.4).

**Tabela 7.4.** Aceitação de barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).

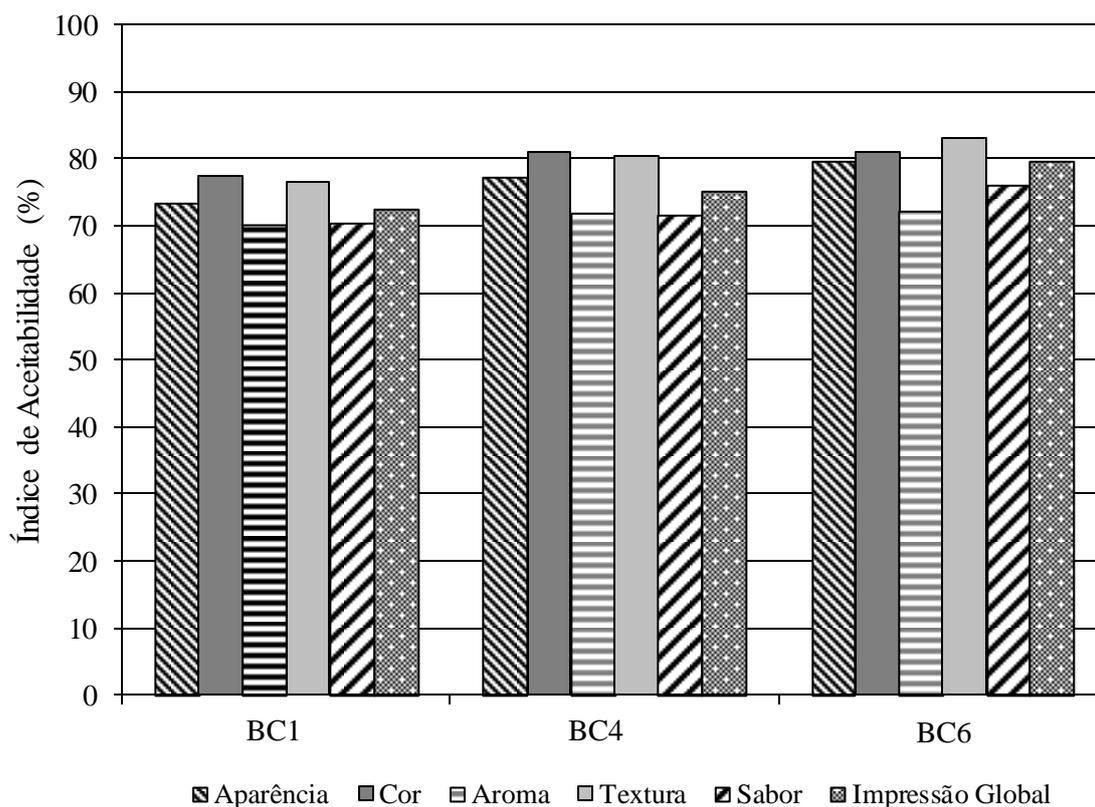
Atributo	Formulação*		
	BC1	BC4	BC6
Aparência	6,62 <sup>ns</sup>	6,96 <sup>ns</sup>	7,16 <sup>ns</sup>
Cor	6,96 <sup>ns</sup>	7,28 <sup>ns</sup>	7,30 <sup>ns</sup>
Aroma	6,32 <sup>ns</sup>	6,48 <sup>ns</sup>	6,50 <sup>ns</sup>
Textura	6,90 <sup>ns</sup>	7,24 <sup>ns</sup>	7,48 <sup>ns</sup>
Sabor	6,34 <sup>ns</sup>	6,44 <sup>ns</sup>	6,86 <sup>ns</sup>
Impressão Global	6,54 <sup>b</sup>	6,78 <sup>ab</sup>	7,16 <sup>a</sup>
Intenção de Compra	3,48 <sup>ns</sup>	3,60 <sup>ns</sup>	3,86 <sup>ns</sup>

\*Percentual de FBFM:FAR:FAV em relação a todos os ingredientes das barras de cereais (BC1: 20% FBFM; 5% FAR; 5% FAV. BC4: 14,85% FBFM; 5% FAR; 10,15% FAV. BC6: 14% FBFM; 8% FAR; 8% FAV). Ingredientes fixos: xarope de glicose de milho, mel, banana desidratada, amendoim torrado triturado, essência de baunilha e lecitina de soja.<sup>ns</sup>: não significativo. Médias seguidas de mesma letra nas linhas não se diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os parâmetros sensoriais aparência, cor, aroma, textura e sabor não diferiram estatisticamente, a 5% de probabilidade, entre as formulações BC1 (com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV), BC4 (com 14,85 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 10,15 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) e BC6 (com 14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) (Tabela 7.4 e Apêndice 7.D). Entretanto, a impressão global foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelas concentrações de FBFM, FAR e FAV nas barras de cereais, em que, os menores escores médios foram observados para a formulação BC1. Não houve diferença significativa entre as formulações BC4 e BC6, e entre BC1 e BC4 em relação à impressão global.

Os índices de aceitabilidade das barras de cereais BC1, BC4 e BC6 foram superiores a 70% para todos os atributos (Figura 7.8). Dentre as características sensoriais avaliadas, BC1 apresentou índice de aceitabilidade que variou de 70,2-76,7%, enquanto BC4 e BC6 apresentaram IAs que variaram entre 71,6-80,9%, e 72,2-81,1%, respectivamente (Figura 7.8).

Salgado et al. (2011), ao elaborarem BCs com incremento da farinha da casca de cupuaçu, verificaram índices de aceitabilidade que variam de 74,4–83,1% para cor, de 74,8–85% para aroma, de 73,1–84,2% para textura e de 66,7–85,6% para sabor, sendo esses valores próximos aos encontrados para o presente trabalho em relação à cor e textura, e superiores, à aroma e ao sabor.

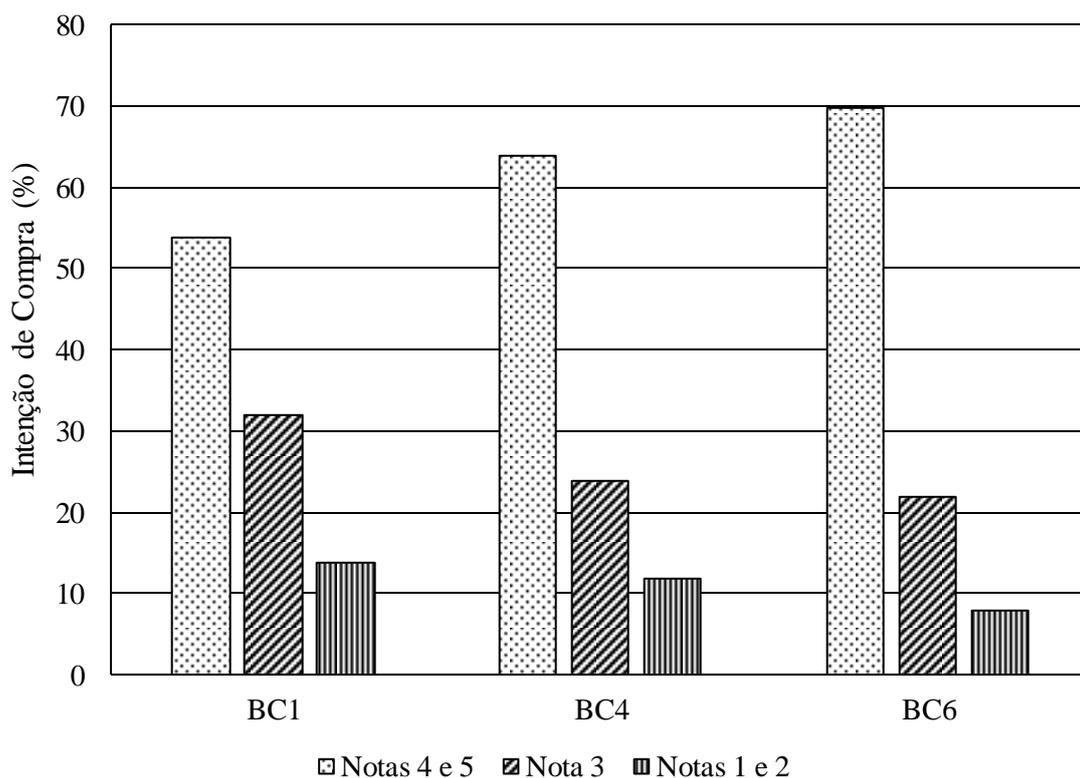


**Figura 7.8.** Índice de aceitabilidade (%) quanto aos atributos avaliados para as barras de cereais elaboradas com diferentes proporções de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).

A intenção de compra não foi estatisticamente afetada, a 5% de probabilidade, pelos diferentes níveis de FBFM, FAR e FAV nas formulações BC1, BC4 e BC6 (Tabela 7.4 e Apêndice 7.D).

As respostas “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, com notas 4 e 5, referentes à intenção de compra dos provadores (Figura 7.9), obtiveram frequências iguais a 54, 64 e 70% para BC1, BC4 e BC6, respectivamente. As frequências das respostas “provavelmente não compraria” e “certamente não compraria”, com notas 1 e 2, (Figura 7.9), foram iguais a 14% para BC1, 12% para BC4 e 8% para BC6.

Costa et al. (2014) reportaram que 52,5% dos provadores afirmaram que possivelmente ou certamente comprariam barras de cereais com fibra de acerola orgânica, valor este, inferior aos observados no presente estudo.



**Figura 7.9.** Intenção de compra (%) de barras de cereais formuladas com diferentes concentrações de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).

### 7.3.3 Composição química e valor energético total da formulação selecionada

A BC6, formulada com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz (FAR) e 5 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia (FAV), foi selecionada pela análise de aceitação sensorial devido ao fato de diferir estatisticamente, a 5% de probabilidade, da BC1 (com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV). Visto que, dentre os atributos influenciados pelos níveis dos ingredientes da mistura ternária, a BC1 foi a que obteve os menores escores médios.

A BC6 apresentou valores de cinzas, proteína, fibra alimentar total e valor calórico (Tabela 7.5) próximos aos encontrados por Munhoz et al. (2014), que ao elaborarem e avaliarem as características de BCs com farinha de bocaiuva, obtiveram teores de cinzas entre 1,29-1,30 g 100 g<sup>-1</sup>; proteína entre 8,33-7,69 g 100 g<sup>-1</sup>; fibra alimentar total entre 20,77-18,89 g 100 g<sup>-1</sup>; e valores energéticos entre 353,23-373,59 kcal 100 g<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.5.** Composição química e valor energético total de duas barras de cereais comerciais da barra de cereais selecionada na aceitação sensorial (BC6) elaborada com farinha da biomassa fibrosa do milho (14 g 100 g<sup>-1</sup>), flocos de arroz (8 g 100 g<sup>-1</sup>) e flocos de aveia (8 g 100 g<sup>-1</sup>), xarope de glicose de milho, mel, banana desidratada, amendoim torrado triturado, goma guar, essência de baunilha e lecitina de soja.

Componente	BC6	Comercial 1 (Light) <sup>3</sup>	Comercial 2 <sup>3</sup>
Umidade <sup>1</sup>	13,79 ± 0,20	-	-
Cinzas <sup>1</sup>	1,20 ± 0,01	-	-
Proteína <sup>1</sup>	8,16 ± 0,02	4,5	6,8
Lipídios <sup>1</sup>	7,35 ± 0,20	3,0	8,4
Fibra Alimentar Total <sup>1</sup>	19,07 ± 0,15	3,0	6,0
Fibra Alimentar Solúvel <sup>1</sup>	0,76 ± 0,03	-	-
Fibra Alimentar Insolúvel <sup>1</sup>	18,31 ± 0,18	-	-
Açúcares Totais <sup>1</sup>	53,98 ± 0,17	-	-
Açúcares Redutores <sup>1</sup>	30,67 ± 0,20	-	-
Carboidratos digeríveis <sup>1</sup>	68,74	75,0	68,0
Valor Energético Total <sup>2</sup>	322,21	345	372

<sup>1</sup> g 100 g<sup>-1</sup>, em base seca; <sup>2</sup> kcal 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida; <sup>3</sup> Valores da tabela nutricional no rótulo do produto. BC6: 14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM; 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR; 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV.

O teor de proteína da BC6 (Tabela 7.5) a classifica como um alimento de fonte proteica (6 g 100 g<sup>-1</sup>) (BRASIL, 2012); e, em base úmida (7,03 g 100 g<sup>-1</sup>), apresentou valor próximo ao rotulado pela BC “Comercial 2” (6,8 g 100 g<sup>-1</sup>), entretanto, superior ao indicado no rótulo da BC “Comercial 1” (4,5 g 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 7.5). O teor de lipídios da BC6 (Tabela 7.5) foi inferior ao observado por Applet et al. (2015), que ao desenvolverem e caracterizarem BCs produzidas com casca de jabuticaba e *okara*, encontraram valores que variam de 8,2 a 8,6 g 100 g<sup>-1</sup>. O valor de lipídios da BC6 (6,34 g 100 g<sup>-1</sup>, em base úmida) foi superior e inferior aos valores rotulados nas BCs “Comercial 1” e “Comercial 2”, respectivamente, sendo o baixo valor de lipídios da BC “Comercial 1” explicado por ser um produto *light*.

A BC6 é rica em fibra alimentar total (Tabela 7.5), por isso pode ser enquadrada como alimento com alto teor de fibras (6 g 100 g<sup>-1</sup>) (Mourão et al., 2009). A fibra alimentar é um nutriente muito importante encontrado em BCs e pode desempenhar um papel fundamental na dieta humana. O consumo regular de fibras alimentares pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares e intestinais, e as taxas de glicose e colesterol do sangue (Farinazzi-Machado et al., 2012). O teor de fibras alimentares da BC6 foi muito superior ao especificado nos rótulos das BCs comerciais (Tabela 7.5).

Ao avaliar a viabilidade do farelo de arroz torrado em BCs, Garcia et al. (2012) verificaram valores que variaram de 11,06–11,79 g 100 g<sup>-1</sup>, 0,22–2,07 g 100 g<sup>-1</sup> e 9,40–11,57 g 100 g<sup>-1</sup> de fibras alimentares total, solúvel e insolúvel, respectivamente. Mourão et al. (2009), ao estudar BCs de caju ameixa com alto teor de fibras, encontraram para o teor de fibras alimentares totais valores que variaram de 5,67–12,69 g 100 g<sup>-1</sup>. Em ambos os trabalhos os valores foram inferiores aos verificados neste estudo.

O maior responsável pelo alto valor energético da BC6 foi o teor de carboidratos, principalmente os açúcares (Tabela 7.5), visto que, o teor dos açúcares totais corresponde a cerca de 54 g 100 g<sup>-1</sup> da BC6. Becker & Krüger (2010), ao elaborarem BCs a partir das farinhas de sementes de melão, melancia e abóbora e de casca de maracujá, encontraram 22,8 g 100 g<sup>-1</sup> de açúcares totais, valor muito inferior ao verificado para a formulação BC6. Mendes et al. (2013), ao avaliarem a composição química de barras de cereais elaboradas a partir da farinha da casca de maçã e de mamão e castanha de baru, observaram 61,61 g 100 g<sup>-1</sup> de carboidratos e 416,99 kcal 100 g<sup>-1</sup> de valor energético total, sendo esses valores inferior para os carboidratos e superior para o valor energético, quando comparados com os encontrados para a BC6.

#### 7.4 CONCLUSÕES

- As características físico-químicas das barras de cereais (BCs) são significativamente influenciadas pelos diferentes níveis de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).
- As formulações de BC4 (com 14,85 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 10,15 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) e de BC6 (com 14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) são as que apresentam características físico-químicas mais próximas às das BCs comerciais analisadas neste estudo, segundo a análise de desejabilidade.
- A BC1 (com 20 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 5 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) foi selecionada para análise microbiológica e sensorial devido ao fato de possuir a maior concentração de FBFM dentre as formulações testadas, e por ser o principal foco de investigação.
- As formulações de BC1, BC4 e BC6 não apontam risco microbiológico, garantindo a segurança alimentar do provador. Dentre os atributos sensoriais avaliados (aparência,

cor, aroma, textura, sabor e impressão global), somente a impressão global de BC1, BC4 e BC6 é influenciada pelos níveis de FBFM, FAR e FAV.

- BC1, BC4 e BC6 são bem aceitas, com índices de aceitabilidade superiores a 70% em relação a todas as características sensoriais, entretanto, a BC6 apresenta melhor perfil sensorial.
- A proporção real dos ingredientes da BC6 é composta de 14 g 100 g<sup>-1</sup> de farinha da biomassa fibrosa do milho, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia, 30 g 100 g<sup>-1</sup> de xarope de glicose de milho, 14 g 100 g<sup>-1</sup> de mel, 12 g 100 g<sup>-1</sup> de banana desidratada, 9 g 100 g<sup>-1</sup> de amendoim torrado triturado, 2 g 100 g<sup>-1</sup> de goma guar, 2 g 100 g<sup>-1</sup> de essência de baunilha e 1 g 100 g<sup>-1</sup> de lecitina de soja. Esta formulação é classificada como um alimento rico em fibras e fonte proteica, com elevado apelo nutricional e funcional.
- A utilização da farinha da biomassa fibrosa do milho em barras de cereais mostra-se viável nutricional e tecnologicamente.

## 7.5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**, 11. ed., St. Paul: AACC, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington: AOAC; 2012.

APPELT, P.; CUNHA, M. A. A.; GUERRA, A. P.; KALINKE, C.; LIMA, V. A. Development and characterization of cereal bars made with flour of jaboticaba peel and okara. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 117-122, 2015.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 299p.

BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná. **Arquivos de Ciências da Saúde**, Umuarama, v. 14, n. 3, p. 217-224, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**. Brasília, 26 de dezembro de 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Aprova o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 de novembro de 2012.

COELHO, M. S.; SALAS-MELLADA, M. L. M. Review: Chemical composition, functional properties and technological applications of chia (*Salvia Hispanic* L.) seeds in foods. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 259-268, 2014.

COSTA, E. A.; VALENÇA, A. O.; GARRUTI, D. S.; FREITAS, M. M. M. Aceitação sensorial da barra de cereais com fibra de acerola (*Malpighia glabra* L) orgânica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.2, p.187-194, 2014.

DAMASCENO, K. A.; GONÇALVES, C. A. A.; PEREIRA, G. S.; COSTA, L. L.; CAMPAGNOL, P. C. B.; ALMEIDA, P. L.; ARANTES-PEREIRA, L. Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Ananas comosus* L. Merril). **Journal of Food Quality**, Westport, v. 39, n. 5, p. 1-8, 2016.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: PUCPRESS, 2013. 531p.

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; BARBALHO, S. M.; OSHIWA, M.; GOULART, R.; PESSAN JUNIOR, O. Cereal bars with quinoa to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 239-244, 2012.

FDA. Food and Drug Administration, 2002. **Bacteriological analytical manual**, 2002.

GARCIA, M. C.; LOBATO, L. P.; BENASSI, M. T.; SOARES JÚNIOR, M. S. Application of roasted rice bran in cereal bars. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 718-724, 2012.

GHORBANI, M.; HOSSEINI, H. Determination of water activity corresponding to the proper quality of peanut kernels. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, n. -, v. -, p. 1-8, 2017.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha de entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.

HU, Q.; XU, J. Profiles of Carotenoids, Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Activity of Selected Color Waxy Corn Grains during Maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 5, p. 2026–2033, 2011.

JEDDOU, K. B.; BOUAZIZ, F.; ELLOUZI, S. Z.; CHAARI, F.; ELLOUZ-CHAABOUNI, S.; ELLOUZ-GHORBEL, R.; NOURI-ELLOUZ, O. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein, **Food Chemistry**, Barking, v. 217, n. 4, p. 668-677, 2017.

KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F. Effect of flaxseed flour incorporation on the physical properties and consumer acceptability of cereal bars. **Food Science and Technology International**, Nova Iorque, v. 19, n. 6, p. 549–556, 2012.

MENDES, N. S. R.; GOMES-RUFFI, C. R.; LAGE, M. E.; BECKER, F. S.; MELO, A. A. M.; SILVA, F. A.; DAMIANI, C. Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 730-736, 2013.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MOURÃO, L. H. E.; PONTES, D. F.; RODRIGUES, M. C. P.; BRASIL, I. M.; CAVALCANTE, M. T. B. Sensory evaluation of cereal bars cashew plum with high fiber content. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 287-295, 2009.

MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. C. A.; NOZAKI, V. T.; ARGANDOÑA, E. J. S.; HIANE, P. A. H.; MACEDO, M. L. R. Preparation of a cereal bar containing bocaiuva: physical, nutritional, microbiological and sensory evaluation. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 553-560, 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, 2014.

PAIVA, A. P.; BARCELOS, M. F. P.; PEREIRA, J. A. R.; FERREIRA, E. B.; CIABOTTI, S. Characterization of food bars manufactured with agroindustrial by-products and waste. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 3, p. 333-340, 2012.

ROBERTO, B. S.; SILVA, L. P.; MACAGNAN, F. T.; BIZZANI, M. BENDER, A. B. B. Nutritional quality and acceptability of the guava peel and seed-added cereal bars. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 39-48, 2015.

SALGADO, J. M.; RODRIGUES, B. S.; DONADO-PESTANA, C. M.; DIAS, C. T. S.; MORZELLE, M. C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) peel as potential source of dietary fiber and phytochemicals in whole-bread preparation. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 66, n. 4, p. 384-390, 2011.

SILVA, A. F. O.; GIRONDI, L. M.; PIMENTEL, T. C.; BARÃO, C. E.; KLOSOSKI, S. J. Cereal bar with cassava bagasse: chemical composition and sensory acceptance. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 7, n.2, p. 42-52, 2016.

SILVA, I. Q.; OLIVEIRA, B. C. F.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Cereal bar with the industrial residue of passion fruit. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 321-329, 2009.

SREBERNICH, S. M.; GONÇALVES, J. M. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; RUFFI, C. R. G. Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 3, p. 555-562, 2016.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

SUN-WATERHOUSE, D.; TEOH, A.; MASSAROTTO, C.; WIBISONO, R.; WADHWA, S. Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. **Food Chemistry**, Barking, v. 119, n. 4, p. 1369–1379, 2010.

## 8 VIDA ÚTIL DE BARRA DE CEREAIS ELABORADA COM FARINHA DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO, FLOCOS DE ARROZ E DE AVEIA

### RESUMO

A estabilidade dos alimentos é fundamental para definir o período máximo de armazenamento que o produto pode ser submetido, sem que ocorra redução da sua qualidade física, química, microbiológica e sensorial inicial. A biomassa fibrosa milho (BFM) é um resíduo proveniente da moagem a seco do grão para a obtenção da farinha de milho “biju”, composta pelo pericarpo do grão do milho, e é rica em fibras alimentares. O objetivo deste trabalho foi determinar a vida útil, avaliando a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de barra de cereais (BC) com alto teor de fibras, formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV), durante o armazenamento por 180 dias, sob duas temperaturas (25 °C e 35 °C). Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com arranjo fatorial do tipo 2x7 (duas temperaturas e sete períodos de análise), e três repetições. As análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais foram realizadas a cada 30 dias. Índice de peróxido não foi detectado na BC durante os 180 dias, independentemente da temperatura de armazenamento. Umidade, atividade de água, pH, acidez, dureza e cor foram influenciados pelo tempo e pela temperatura de armazenamento. A umidade variou entre 13,70 e 11,04 g 100 g<sup>-1</sup>, a atividade de água entre 0,597 e 0,554, o pH entre 5,80 e 4,95, a dureza entre 51,31 e 117,57 N, a diferença de cor ( $\Delta E$ ) entre 0 e 6,06, a croma entre 25,61 e 23,28 e o ângulo Hue entre 79,07 e 71,56 graus, sendo que as maiores variações foram observadas nas BCs armazenadas a 35 °C. A BC com alto teor de fibras, formulada à base de FBFM, FAV e FAR, armazenada a 25 e 35 °C, por um período de seis meses, não apresentou índices de peróxidos e não apontou risco microbiológico. A aceitação sensorial e a intenção de compra das BCs reduziram gradativamente com o tempo. A textura e a aparência da BC foram os atributos sensoriais mais influenciados pelo aumento de temperatura em 10 °C. A BC mantida a 25 °C durante o armazenamento apresentou maior vida útil, com estimativa de aproximadamente 153 dias; enquanto que as armazenadas a 35 °C, de aproximadamente 87 dias de garantia de qualidade nutricional, física, química e sensorial.

*Palavras-chaves:* *Zea mays*; subproduto; índice de peróxido, aceitação sensorial, risco microbiológico, Q<sub>10</sub>.

## SHELF LIFE OF CEREAL BAR ELABORATED WITH FIBROUS BIOMASS OF MAIZE, RICE FLAKES AND OAT FLAKES

### ABSTRACT

Stability of food is critical to define the maximum storage period that can be submitted, without what is necessary, reduce their initial physical, chemical, microbiological and sensory quality. The fibrous biomass of maize (FBM) is a dry grain milling residue for obtaining the “biju” maize meal, composed of the pericarp of the maize grain, and is rich in dietary fiber. The aim of this work was to determine the shelf life, evaluating the physicochemical, microbiological and sensorial stability of cereal bar (CB) with high fiber content, formulated with flour fibrous biomass of maize (FFBM), rice flakes (RF) and oat flakes (OF) during the Storage for 180 days, under two temperatures (25 °C and 35 °C). A completely randomized design was used, with a factorial arrangement of type 2x7 (two temperatures and seven periods of analysis), and three replications. The physicochemical, microbiological and sensorial analyzes were performed every 30 days. Peroxide content was not detected in CB for 180 days, regardless of storage temperature. Moisture, water activity, pH, acidity, hardness and color were influenced by time and temperature of storage. The moisture varied between 13.70 and 11.04 g 100 g<sup>-1</sup>, the water activity between 0.597 and 0.554, the pH between 5.80 and 4.95, the hardness between 51.31 and 117.57 N, the variation of color ( $\Delta E$ ) between 0 and 5.06, chroma between 25.61 and 24.43 and Hue angle between 79.07 and 71.56 degrees, with the greatest variations observed in CBs stored at 35 °C. The CB with high fiber content, formulated on the basis of FFBM, RF and OF, stored at 25 and 35 °C, for a period of six months, did not present peroxide indices and did not indicate microbiological risk. The sensory acceptance and purchase intent of BCs has gradually reduced over time. The texture and appearance of CB were the sensory attributes most influenced by the temperature rise by 10 °C. The CB maintained at 25 °C during storage has a longer shelf life, with an estimate of approximately 153 days; while those stored at 35 °C, with approximately 87 days of nutritional, physical, chemical and sensorial quality guaranteed.

*Keywords:* *Zea mays*; by-product; peroxide index, sensory acceptance, microbiological risk, shelf life, Q<sub>10</sub>.

### 8.1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda e do consumo por alimentos saudáveis, nutritivos, práticos e seguros têm incentivado a busca por novos produtos que ofereçam conveniência, qualidade nutricional e sensorial. A barra de cereais (BC) é considerada uma alternativa conveniente para uma refeição rápida, pois além da praticidade do consumo, ainda satisfaz uma parte considerável das necessidades diárias de nutrientes dos indivíduos. A BC pode oferecer altas concentrações de vitaminas, minerais e, principalmente, fibras alimentares (Srebernich et al., 2016).

O consumo diário de fibras alimentares pode prevenir doenças gastrointestinais e cardiovasculares, como infarto, acidente vascular cerebral, diabetes, obesidade, câncer de cólon, dentre outras, pois, auxiliam na manutenção de adequadas taxas de glicose no sangue, e regularizam o fluxo digestivo (Maćkowiak et al., 2016).

O flocos de arroz é uma fonte rica em carboidratos, visto que é obtido a partir da extrusão termoplástica de grãos quebrados de arroz. Os grãos quebrados de arroz possuem a maioria dos aminoácidos essenciais, e têm praticamente a mesma composição química dos grãos inteiros. O uso de produtos oriundos do processamento do arroz também tem como vantagens a ausência de glúten, e os fatos de não alterar o sabor e aumentar o teor de proteína quando adicionado aos alimentos (Tavares et al., 2016).

A aveia, rica em nutrientes, como proteínas, gorduras, fibras, minerais e vitaminas, tem se mostrado eficaz na prevenção de doenças cardíacas e alguns tipos de câncer, e na redução do colesterol sanguíneo. Além dos altos teores de fibras alimentares solúveis, de polifenóis e antioxidantes, a aveia e seus produtos possuem compostos bioativos que podem proporcionar inúmeros benefícios à saúde. Os flocos de aveia, a farinha de aveia, o farelo de aveia, o  $\beta$ -glucano concentrado e a casca de aveia são os principais produtos obtidos do processamento do grão (Hu et al., 2014; Păucean et al., 2015; Khanna & Mohan, 2016).

Além de atender às necessidades e exigências dos consumidores em relação à procura por alimentos mais saudáveis, a indústria de alimentos tem reservado bastante atenção à reutilização de subprodutos agroindustriais como ingrediente para produtos alimentícios, a fim de obter produtos mais nutritivos e funcionais, evitar perdas econômicas, minimizar os impactos ambientais, diminuir os custos da produção, além de agregar valor aos subprodutos (Mendes et al., 2013). A biomassa fibrosa do milho (BFM) é um resíduo proveniente da moagem a seco do grão para a obtenção da farinha de milho “biju”, que por ser predominantemente composta pelo pericarpo do grão do milho, é rica em fibras alimentares (Oliveira Júnior et al., 2014).

Por outro lado, a estabilidade dos alimentos, avaliada pelo monitoramento periódico das alterações nas propriedades físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais; é fundamental para definir o período máximo de armazenamento que o produto pode ser submetido, sem que ocorra redução da sua qualidade inicial e perda da segurança para o consumo. As mudanças nas características dependem da composição do alimento, bem

como dos fatores ambientais em que o mesmo é armazenado (Temba et al., 2017; Senhofa et al., 2015).

Várias pesquisas sobre a estabilidade de barras de cereais têm sido realizadas, como as suplementadas com granola e amido resistente (Aigster et., 2011); ricas em proteínas (Padmashree et al., 2012); à base de aveia e linhaça dourada (Colussi et al., 2013); com farinha de mandioca (Silva et al., 2016), dentre outras. Embora, o mercado já possua grande variedade de BCs, ainda não existem estudos sobre a utilização da BFM, nem da vida útil de BC formuladas com farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de aveia (FAV) e flocos de arroz (FAR). Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de BCs com alto teor de fibras, à base de FBFM, FAV e FAR, durante seis meses de armazenamento a 25 e 35 °C.

## 8.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 8.2.1 Obtenção e preparo da matéria-prima

A biomassa fibrosa do milho (BFM), obtida no processamento da farinha de milho “biju”, foi cortesmente cedida pela empresa Caramuru Alimentos, localizada na cidade de Itumbiara-GO. A mesma foi coletada e imediatamente levada para o Laboratório de Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais (LABDARSA), da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia-GO.

A BFM foi seca em estufa com circulação de ar a 45 °C por 24 h, moída em peneiras com orifícios de 1 mm. A farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM) foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD), devidamente vedados, e armazenada sob refrigeração a 5 °C. Os demais ingredientes empregados na formulação da BC foram comprados no mercado local na cidade de Goiânia-GO, com exceção à goma guar, que foi gentilmente cedida pela Fego Alimentos, Goiânia-GO.

### 8.2.2 Elaboração e armazenamento da barra de cereais

A BC foi elaborada com os seguintes ingredientes: FBFM (14 g 100 g<sup>-1</sup>), FAR (8 g 100 g<sup>-1</sup>), FAV (8 g 100 g<sup>-1</sup>), xarope de glicose (30 g 100 g<sup>-1</sup>), mel (14 g 100 g<sup>-1</sup>),

banana desidratada (12 g 100 g<sup>-1</sup>), amendoim torrado triturado (9 g 100 g<sup>-1</sup>), goma guar (2 g 100 g<sup>-1</sup>), essência de baunilha (2 g 100 g<sup>-1</sup>) e lecitina de soja (1 g 100 g<sup>-1</sup>).

Para a elaboração da BC, primeiramente foi realizada a pesagem dos ingredientes secos (FBFM, FAV, FAR, banana desidratada e amendoim) e dos ingredientes da calda (xarope de glicose, mel, goma guar e lecitina de soja). Depois, a calda foi aquecida até 95-99 °C e os ingredientes secos foram adicionados e misturados. A massa obtida da mistura dos ingredientes foi colocada em uma fôrma de alumínio (com 15 mm de espessura), e com o auxílio de um rolo, pressionada até a obtenção de uma superfície lisa. Esperou-se 24 h para o resfriamento da massa, e realizou-se o corte das BCs, com dimensões padronizadas: comprimento de 100 mm, largura de 30 mm e espessura de 15 mm. Cada BC, com massa de aproximadamente 25 g, foi colocada no interior de uma embalagem de polipropileno bi-orientado metalizado (imediatamente termoselada). Um lote de BC foi armazenado em BOD (Technal, TE-40I3, Piracicaba, Brasil) sob temperatura controlada de 25 °C, e outro lote sob 35 °C, durante 180 dias.

Delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, em esquema fatorial 2x7 (duas temperaturas e sete períodos de análise), e três repetições. As análises foram realizadas a cada 30 dias e avaliaram-se teor de umidade, atividade de água, índice de peróxido, pH, acidez total, cor instrumental, firmeza, risco microbiológico e aceitação sensorial.

### **8.2.3 Estabilidade físico-química**

Para a determinação do teor de umidade, as BCs foram trituradas e dessecadas a 105°C em estufa com circulação de ar até peso constante, conforme recomendado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012). O índice de peróxido foi determinado por meio de titulação indireta, em que o iodeto oxidado a iodo pelos peróxidos liberados, oriundos da oxidação lipídica, foi quantificado em presença de um indicador (amido) com tiosulfato de sódio, de acordo com a metodologia descrita pela American Oil Chemists Society (AOCS, 2009).

A atividade de água foi determinada em equipamento Aqualab digital (Decagon Devices Inc., CX-2T, Pullman, USA) acoplado a um banho termostático a 25°C. A leitura do pH foi realizada em potenciômetro (Tecnal, TEC-51, Piracicaba, Brasil),

previamente calibrado com solução tampão pH 4 e pH 8. A acidez total foi determinada por titulação com NaOH a 0,1 N (AOAC, 2012).

Os parâmetros instrumentais de cor foram obtidos em colorímetro (Bankinh Meter Minolta, BC-10, Ramsey, USA) previamente calibrado com placa branca. Os valores de variação da cor ( $\Delta E$ ), de ângulo Hue (tonalidade) e de croma (intensidade ou saturação da cor) foram calculados a partir da luminosidade e das coordenadas de cromaticidade, segundo as Equações 8.1, 8.2 e 8.3, respectivamente.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Equação 8.1})$$

$$H^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Equação 8.2})$$

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 8.3})$$

Em que,  $L^*$  corresponde à luminosidade;  $a^*$ , à cromaticidade entre o verde (valores negativos) e o vermelho (valores positivos);  $b^*$ , à cromaticidade entre o azul (valores negativos) e o amarelo (valores positivos);  $\Delta E$  à variação da cor;  $C^*$ , à croma;  $eH^\circ$ , ao ângulo Hue.

A força de ruptura ou dureza foi determinada segundo o método 16-50 da American Association of Cereal Chemists (AACC, 2010), em texturômetro (Stable Micro Sistem, TA.XT2 plus, Reino Unido), com probe Knife Edge with Slotted Insert (HDP/BS) e plataforma HDP/90 para cortar a BC ao meio, disposta horizontalmente sobre a plataforma. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade de pré-teste de 1,0 mm  $s^{-1}$ ; velocidade de teste de 1,0 mm  $s^{-1}$ ; velocidade de pós-teste de 1,0 mm  $s^{-1}$ ; distância de 15 mm; e força de contato de 100 g. Os resultados foram expressos em Newtons (N), sendo realizadas 10 leituras para cada repetição.

#### 8.2.4 Estabilidade microbiológica

As análises microbiológicas obedeceram aos padrões microbiológicos estabelecidos na Resolução RDC 12, item 10.m, para cereais compactados, em barra ou

outras formas, com ou sem adições (BRASIL, 2001). Contagem de bolores e leveduras, Coliformes a 45 °C g<sup>-1</sup> e *Bacillus cereus*, e pesquisada presença/ausência de *Salmonella* sp., foram realizadas segundo as técnicas descritas pela *Food and Drug Administration* (FDA, 2002).

### 8.2.5 Estabilidade sensorial

O teste de aceitação foi realizado por 10 provadores treinados, utilizando escala hedônica de 9 pontos (9 = gostei extremamente, 5 = não gostei/nem desgostei e 1 = desgostei muitíssimo), que avaliaram os atributos: cor, aparência, textura, sabor, odor e impressão global. A intenção de compra também foi determinada, utilizando-se escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez comprasse/talvez não comprasse e 1 = certamente não compraria) (Apêndice 8.A).

As sessões foram conduzidas a cada 30 dias pela mesma equipe de provadores. As duas amostras codificadas foram servidas, uma de cada vez, de forma aleatória sequencial, em pratos descartáveis. Água mineral foi servida para que os provadores bebessem entre uma degustação e outra. O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado a partir da Equação 8.4, cujos valores  $\geq 70\%$  indicaram boa aceitação dos consumidores (Dutcosky, 2013).

$$IA (\%) = \frac{S_1 \times 100}{S_2} \quad (\text{Equação 8.4})$$

Em que,  $S_1$  refere-se à nota média obtida para o produto, e  $S_2$  à nota máxima dada ao produto.

### 8.2.6 Estabilidade cinética

O estudo cinético foi realizado para os atributos sensoriais das BCs segundo Chen & Martynenk (2017), em que a ordem de reação e a constante de velocidade (k) foram obtidas por análise de regressão entre o parâmetro e o tempo de armazenamento para cada temperatura a fim de se determinar o fator  $Q_{10}$  (Equação 8.5), e a energia de ativação ( $E_a$ ) foi determinada a partir da equação de Arrhenius. Para o cálculo da vida útil das BCs

utilizou-se a equação obtida na análise de regressão ( $y = ax + b$ ), considerando que o valor de  $x$  corresponde aos dias úteis do produto e  $y$  ao escore de cada atributo.

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46 \times T^2}} \quad (\text{Equação 8.5})$$

Em que,  $E_a$  = energia de ativação, em  $\text{kcalmol}^{-1}$ ;  $T$  = temperatura, em  $^{\circ}\text{K}$ .

### 8.2.7 Análise estatística

Os dados obtidos para as características físico-químicas e sensoriais foram avaliados por análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Em seguida, foram calculados os coeficientes de determinação ajustados e aplicado um modelo de regressão ajustado, a fim de estabelecer uma equação preditiva das variáveis respostas em função do tempo de armazenamento.

## 8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.3.1 Estabilidade físico-química

As características físico-químicas da BC formulada com FBFM, FAV e FAR foram significativamente influenciadas pela temperatura e pelo tempo de armazenamento, sendo observada interação entre as variáveis independentes temperatura e tempo. Houve diferença significativa a 1% de probabilidade para todas as características físico-químicas, com exceção à saturação da cor (croma), apresentou significância a 5% de probabilidade (Tabelas 8.1 e Apêndice 8.B).

Os modelos ajustados foram significativos ( $p \leq 0,01$ ), explicando entre 77 e 97% da variação das características físico-químicas da BC quando armazenada a  $25^{\circ}\text{C}$ , e de 82 a 98% a  $35^{\circ}\text{C}$  (Tabela 8.2). Os teores de umidade das BCs foram inferiores a  $15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (Tabela 8.1), permanecendo dentro do limite máximo determinado pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

**Tabela 8.1.** Umidade, atividade de água (Aw), potencial hidrogeniônico (pH), acidez total (AT), ureza, variação de cor ( $\Delta E$ ), croma e Ângulo hue de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV), em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (dias).

Parâmetro	Temperatura <sup>1</sup>	Tempo de armazenamento <sup>2</sup>						
		0	30	60	90	120	150	180
Umidade <sup>3</sup>	25	13,79±0,15 <sup>Aa</sup>	13,50±0,02 <sup>Ab</sup>	12,45±0,1 <sup>Ac</sup>	11,71±0,16 <sup>Ad</sup>	12,34±0,07 <sup>Ac</sup>	12,35±0,26 <sup>Bc</sup>	12,56±0,27 <sup>Ad</sup>
	35	13,79±0,15 <sup>Aa</sup>	13,21±0,08 <sup>Bab</sup>	12,04±0,12 <sup>Bc</sup>	11,31±0,22 <sup>Ac</sup>	11,89±0,23 <sup>Bbc</sup>	11,75±0,10 <sup>Abc</sup>	11,04±0,10 <sup>Bc</sup>
Aw	25	0,597±0,00 <sup>Aa</sup>	0,594±0,01 <sup>Aab</sup>	0,590±0,00 <sup>Aabc</sup>	0,586±0,01 <sup>Abc</sup>	0,584±0,00 <sup>Ac</sup>	0,571±0,00 <sup>Ad</sup>	0,570±0,00 <sup>Ad</sup>
	35	0,597±0,00 <sup>Aa</sup>	0,584±0,00 <sup>Bb</sup>	0,581±0,00 <sup>Abc</sup>	0,579±0,00 <sup>Bbc</sup>	0,576±0,00 <sup>Bc</sup>	0,557±0,00 <sup>Bd</sup>	0,554±0,01 <sup>Bd</sup>
pH	25	5,80±0,01 <sup>Aa</sup>	5,70±0,02 <sup>Ab</sup>	5,49±0,02 <sup>Ac</sup>	5,39±0,01 <sup>Ac</sup>	5,17±0,00 <sup>Ad</sup>	5,21±0,00 <sup>Ae</sup>	5,02±0,01 <sup>Ae</sup>
	35	5,80±0,01 <sup>Aa</sup>	5,71±0,02 <sup>Ab</sup>	5,37±0,01 <sup>Bc</sup>	5,37±0,01 <sup>Ac</sup>	5,00±0,00 <sup>Be</sup>	4,97±0,01 <sup>Bd</sup>	4,95±0,01 <sup>Be</sup>
AT <sup>3</sup>	25	4,22±0,02 <sup>Ad</sup>	4,24±0,04 <sup>Ad</sup>	4,16±0,12 <sup>Bd</sup>	4,36±0,05 <sup>Bd</sup>	4,98±0,07 <sup>Bc</sup>	6,24±0,05 <sup>Ab</sup>	6,74±0,08 <sup>Aa</sup>
	35	4,22±0,02 <sup>Ae</sup>	4,15±0,07 <sup>Ae</sup>	4,92±0,01 <sup>Ad</sup>	4,81±0,11 <sup>Ad</sup>	5,35±0,00 <sup>Ac</sup>	6,12±0,08 <sup>Ab</sup>	6,30±0,07 <sup>Ba</sup>
Dureza <sup>4</sup>	25	51,31±0,72 <sup>Ag</sup>	57,23±0,78 <sup>Bf</sup>	67,45±0,74 <sup>Ae</sup>	85,99±0,80 <sup>Ad</sup>	86,52±0,49 <sup>Ac</sup>	86,38±0,35 <sup>Ab</sup>	87,62±1,14 <sup>Ba</sup>
	35	51,31±0,72 <sup>Ag</sup>	61,43±0,23 <sup>Af</sup>	67,29±1,17 <sup>Ae</sup>	80,66±0,94 <sup>Bd</sup>	83,36±0,21 <sup>Bc</sup>	101,36±1,36 <sup>Bb</sup>	117,57±1,08 <sup>Aa</sup>
$\Delta E$	25	0,00±0,00 <sup>Ad</sup>	2,18±0,25 <sup>Ac</sup>	3,25±0,38 <sup>Ab</sup>	3,99±0,36 <sup>Aab</sup>	4,13±0,24 <sup>Aa</sup>	4,18±0,42 <sup>Aa</sup>	4,43±0,04 <sup>Aa</sup>
	35	0,00±0,19 <sup>Ae</sup>	1,88±0,33 <sup>Ad</sup>	3,39±0,25 <sup>Ac</sup>	4,62±0,43 <sup>Ab</sup>	5,15±0,47 <sup>Bb</sup>	4,96±0,34 <sup>Ab</sup>	6,06±0,15 <sup>Ba</sup>
Croma	25	25,61±0,19 <sup>Aa</sup>	25,22±0,28 <sup>Aa</sup>	23,96±0,10 <sup>Bbc</sup>	24,14±0,65 <sup>Abc</sup>	24,23±0,11 <sup>Ab</sup>	23,30±0,17 <sup>Abc</sup>	23,28±0,12 <sup>Bc</sup>
	35	25,61±0,19 <sup>Aa</sup>	25,37±0,27 <sup>Ab</sup>	24,37±0,12 <sup>Ab</sup>	24,28±0,09 <sup>Aa</sup>	24,43±0,15 <sup>Aa</sup>	24,17±0,07 <sup>Ba</sup>	23,91±0,21 <sup>Aa</sup>
ÂnguloHue <sup>5</sup>	25	79,07±0,35 <sup>Aa</sup>	78,73±0,12 <sup>Aa</sup>	77,24±0,73 <sup>Bb</sup>	75,46±0,08 <sup>Ac</sup>	74,02±0,35 <sup>Ad</sup>	75,18±0,35 <sup>Ad</sup>	73,68±0,62 <sup>Ae</sup>
	35	79,07±0,35 <sup>Aa</sup>	78,91±0,20 <sup>Aab</sup>	76,69±0,08 <sup>Abc</sup>	74,67±0,45 <sup>Bcd</sup>	72,62±0,47 <sup>Bde</sup>	73,27±0,11 <sup>Bcd</sup>	71,56±0,79 <sup>Be</sup>

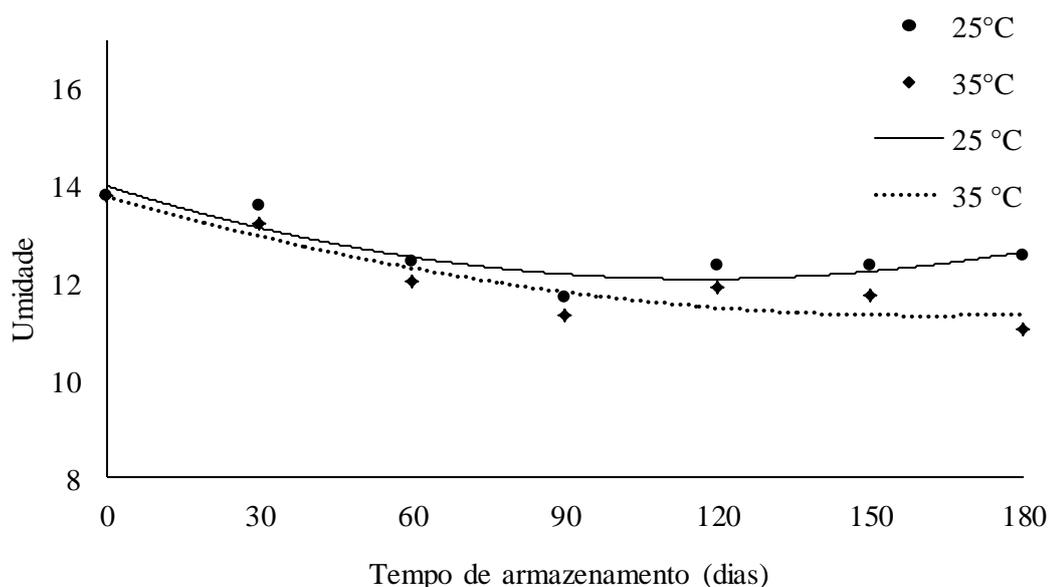
<sup>1</sup>°C. <sup>2</sup>dias. <sup>3</sup> g 100 g<sup>-1</sup>. <sup>4</sup> N. <sup>5</sup> graus. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha, e de maiúsculas na mesma coluna (dentro de cada parâmetro) diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ); Média  $\pm$  desvio padrão.

**Tabela 8.2.** Modelos ajustados, coeficientes de determinação ( $R^2$  e  $R^2_{ajustado}$ ) e nível de significância das propriedades físico-químicas (y) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV), em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (x).

Parâmetro	Temperatura de Armazenamento de 25 °C			Temperatura de Armazenamento de 35 °C				
	Modelo Ajustado	$R^2$	$R^2_{adj}$	p	Modelo Ajustado	$R^2$	$R^2_{adj}$	p
Umidade	$y = 13,98 - 0,03x + 0,00014x^2$	0,80	0,77	0,00	$y = 13,78 - 0,03x + 0,00009x^2$	0,85	0,83	0,00
Aw	$y = 0,604 - 0,005x$	0,87	0,88	0,00	$y = 0,602 - 0,007x$	0,89	0,89	0,00
pH	$y = 5,82 - 0,006x + 0,000007x^2$	0,97	0,97	0,00	$y = 5,78 - 0,005x$	0,92	0,92	0,00
AT	$y = 4,64 - 0,5x + 0,12x^2$	0,97	0,96	0,00	$y = 3,61 + 0,38x$	0,93	0,92	0,00
Dureza	$y = 48,05 + 0,49x - 0,0015x^2$	0,94	0,93	0,00	$y = 53,00 + 0,18x + 0,001x^2$	0,98	0,98	0,00
$\Delta E$	$y = -1,70 + 2,16x - 0,190x^2$	0,95	0,94	0,00	$y = -1,98 + 2,25x - 0,16x^2$	0,96	0,96	0,00
Croma	$y = 25,38 - 0,01x$	0,78	0,77	0,00	$y = 25,63 - 0,02x + 0,0005x^2$	0,82	0,82	0,00
°H	$y = 79,04 - 0,03x$	0,86	0,85	0,00	$y = 79,32 - 0,045x$	0,92	0,92	0,00

Aw: Atividade de água; AT: Acidez Total;  $\Delta E$ : variação da cor; °H: ângulo Hue.

Além de contribuir com a estabilidade físico-química e microbiológica (Appelt et al., 2015). As mudanças físico-químicas e as reações deteriorantes de um alimento armazenado dependem muito da sua composição, e a umidade é identificada como um parâmetro crítico de qualidade (Senhofa et al., 2015). A umidade das BCs tendeu a diminuir durante o armazenamento (Tabela 8.1; Figura 8.1), demonstrando ter havido menos perda de água na BC mantida a 25 °C.



**Figura 8.1.** Umidade ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).

A diminuição da umidade do produto durante o armazenamento a temperaturas mais elevadas pode ser explicada pela transferência de massa (de água) do alimento para a atmosfera que o envolve, dependendo do seu teor de umidade e da sua composição, e também da temperatura e da umidade do ar a que o alimento embalado é submetido. Para que ocorra a migração da umidade dentro de um alimento, da atmosfera circundante no interior da embalagem e da atmosfera no exterior da embalagem é necessário que haja uma força motriz, dada pela diferença entre a pressão parcial de vapor d'água dos componentes envolvidos, até que seja atingido o equilíbrio da umidade no sistema. A taxa de migração da água depende da magnitude da força motriz e da capacidade das moléculas de água para se moverem de uma região para outra, em que a capacidade de agrupamento das moléculas de água é intensificada pelo aumento da temperatura. A força motriz é a capacidade de

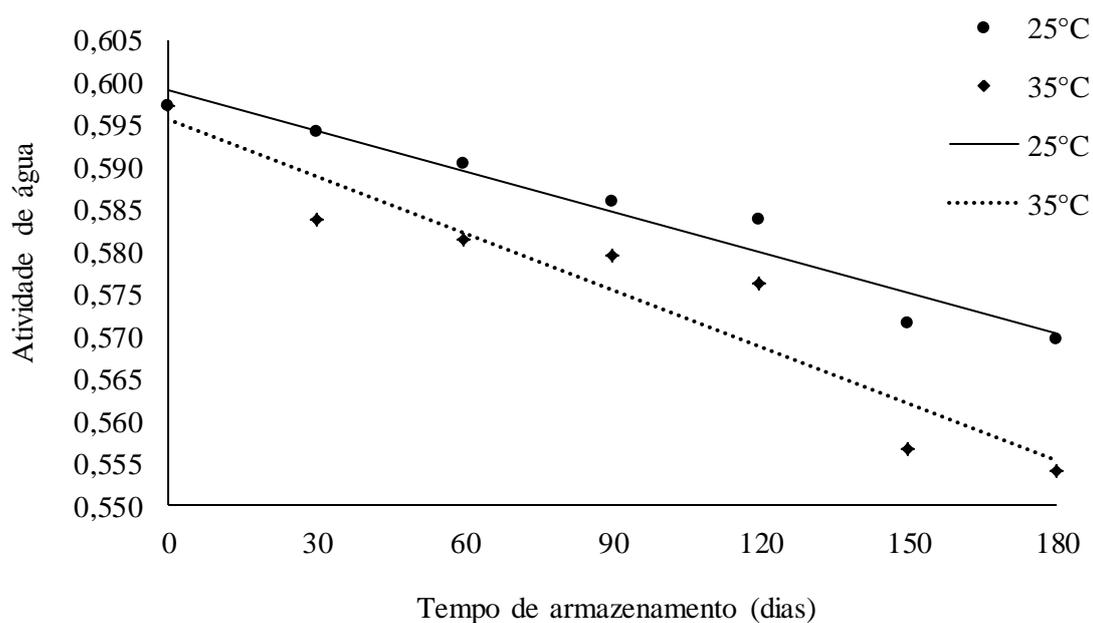
movimentação das moléculas de água estão relacionadas com a diferença entre a atividade de água do alimento e a umidade relativa do ar circundante, além da permeabilidade da embalagem. Dessa forma, a vida útil do produto depende muito da taxa de migração de umidade e do efeito do teor de umidade sobre as propriedades físico-químicas do alimento (Grizotto et al., 2006, Ergun et al., 2010).

Nas BCs não se observaram valores de índice de peróxidos durante os 180 dias de armazenamento, independentemente da temperatura. O mesmo fato foi observado por Colussi et al. (2013), que ao avaliarem a estabilidade de BCs à base de aveia e linhaça, também não detectaram peróxidos. A estabilidade oxidativa é de extrema importância durante o armazenamento, visto que a oxidação lipídica, ocasionada por uma sequência complexa de alterações químicas resultantes da interação de lipídios com o oxigênio, pode prejudicar as qualidades física, química, microbiológica e sensorial do alimento (Ripke et al., 2016). A oxidação lipídica pode ser catalisada por uma série de fatores, como oxigênio, luz, calor, pigmentos, condições alcalinas e grau de instauração das gorduras (Mendes et al., 2013).

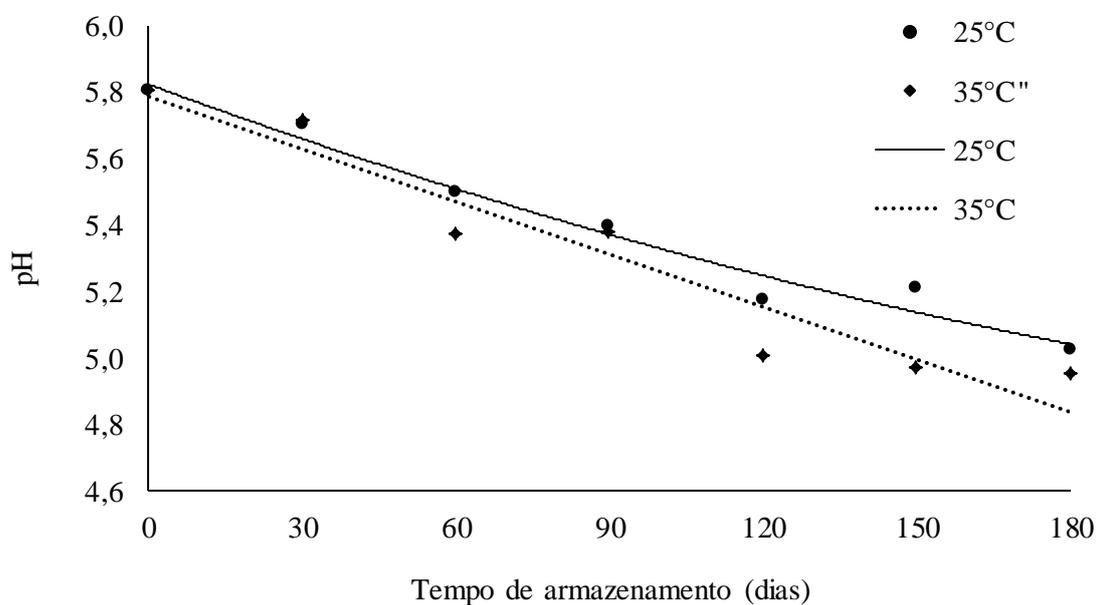
A atividade de água das BCs durante o período de armazenamento tendeu a diminuir, mantendo sempre abaixo de 0,60 (Tabela 8.1; Figura 8.2). Maior variação de atividade de água foi observada para a barra armazenada a 35 °C, fato explicado da mesma forma como já mencionado anteriormente para a umidade.

O desenvolvimento e o crescimento de microrganismos deteriorantes, principalmente os bolores e as leveduras, costumam ocorrer em produtos com atividade de água entre 0,7 e 0,8, enquanto as bactérias, em atividades de água maiores que 0,9. Dessa forma, valores de atividades de água inferiores a 0,6 evitam o crescimento da maioria dos microrganismos (Fuchs et al., 2015). O processo de oxidação lipídica em alimentos pode ser favorecido quando os valores de atividade de água são muito próximos de zero ou muito altos (Ghorbani & Hosseini, 2017). Dessa forma, as BCs foram consideradas estáveis durante todo o armazenamento.

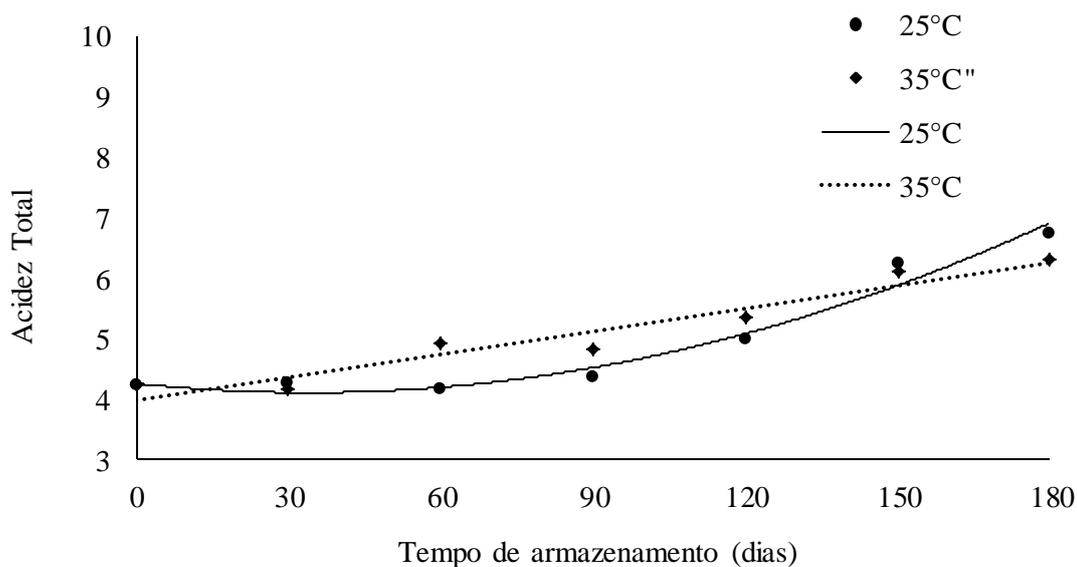
As BCs foram classificadas como produtos pouco ácidos ( $\text{pH} > 4,5$ ) (Arévalo-Pinedo et al., 2013) durante o armazenamento. O pH das BCs diminuiu durante o armazenamento (Tabela 8.1; Figura 8.3), e paralelamente foi constatado o aumento da acidez total (Tabela 8.1; Figura 8.4).



**Figura 8.2.** Atividade de água de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).



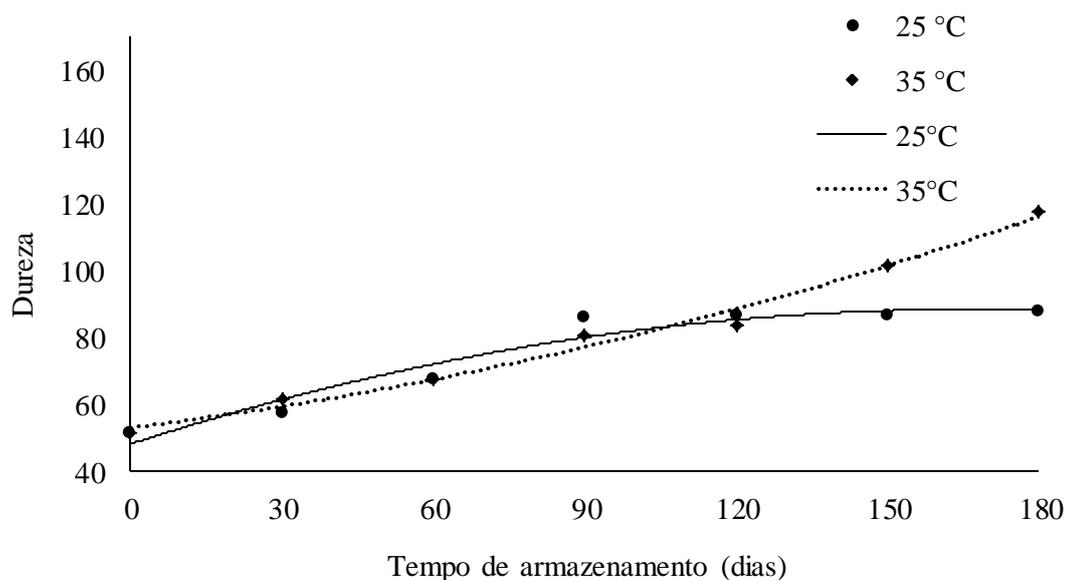
**Figura 8.3.** Potencial hidrogeniônico (pH) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).



**Figura 8.4.** Acidez total ( $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).

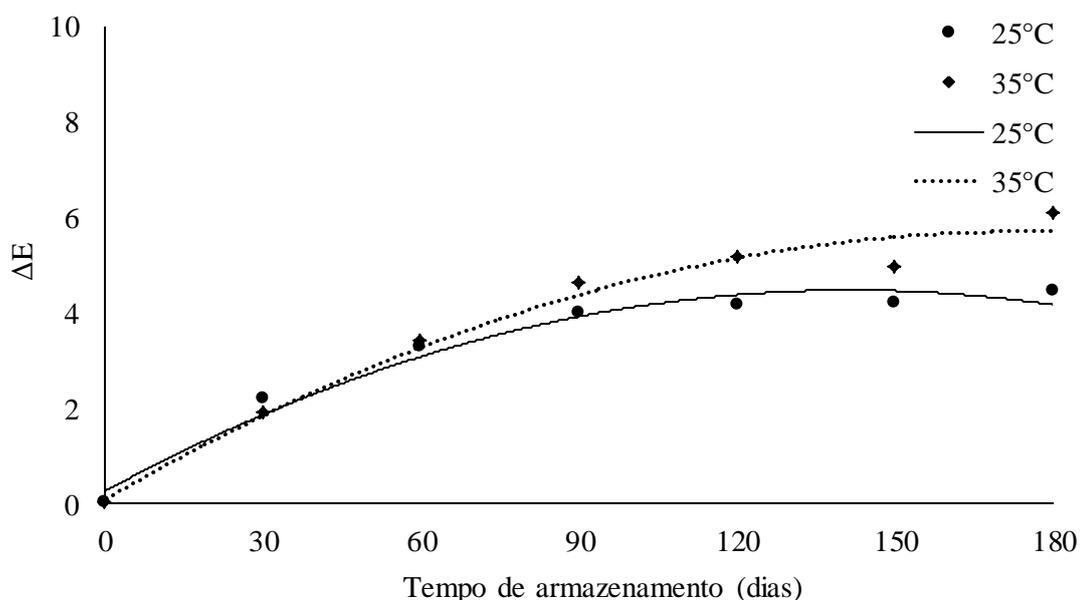
O mesmo fato foi observado por Silva et al. (2013), ao estudarem a estabilidade de barra à base de farinha de mandioca, em que os valores de pH diminuíram e os de acidez aumentaram durante o armazenamento. Embora não tenham sido detectados valores de peróxidos até o 180º dia de armazenamento, esse aumento de acidez pode ser um indicativo da ocorrência da oxidação lipídica, que resulta na liberação gradual de ácidos graxos (Ortolan et al., 2010).

A textura dos alimentos está diretamente relacionada às suas propriedades físico-químicas (Pereira et al., 2013). Conseqüentemente, as variações físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento alteraram a textura do produto. A dureza das BCs aumentou durante o período de armazenamento, sendo observada maior variação para aquelas mantidas a 35 °C (Tabela 8.2 e Figura 8.5). Provavelmente, este fato se deu devido à redução do teor de umidade do produto com o tempo de armazenamento e sob maior temperatura, visto que os teores dos demais componentes aumentaram (Ho et al., 2014), além da ocorrência de retrogradação de parte do amido, similar ao que acontece em produtos de panificação. A elevação da temperatura acelera quase todas as reações químicas, inclusive o endurecimento (Lei de Van Toff).

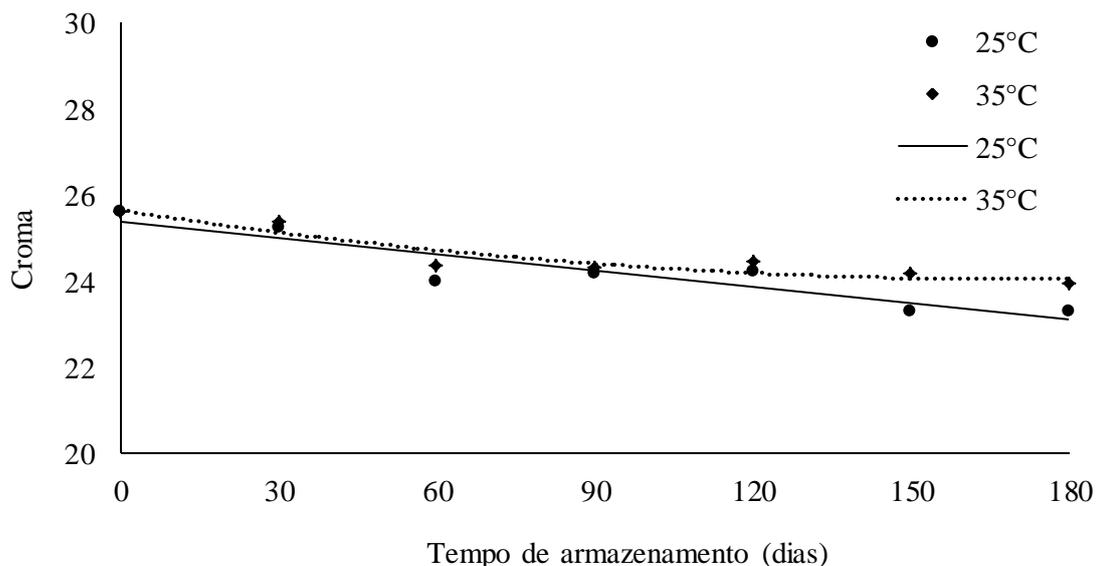


**Figura 8.5.** Dureza (N) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).

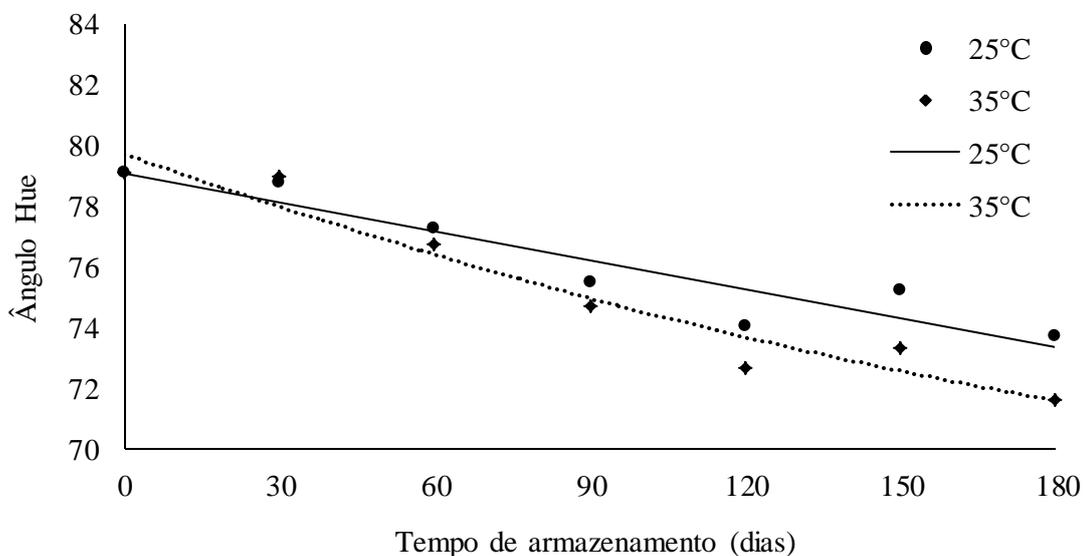
$\Delta E$  aumentou significativamente no armazenamento (Figura 8.6), com os menores valores encontrados naquelas submetidas a 25 °C, enquanto a croma e o ângulo Hue diminuíram durante o armazenamento (Figuras 8.7 e 8.8).



**Figura 8.6.** Variação de cor de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).



**Figura 8.7.** Cromia de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).



**Figura 8.8.** Ângulo Hue (°) de barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias).

Portanto, as BCs tornaram-se menos brilhantes e com tonalidade menos próximas ao amarelo, tendendo ao vermelho (Figuras 8.7 e 8.8). As mudanças nos parâmetros de cor ocorreram provavelmente devido aos compostos produzidos pelas

reações de Maillard, que podem ser afetadas pela temperatura e pelo tempo de armazenamento, e resultam na formação de pigmentos castanhos e de ácidos, que contribuem para alterações no aroma, sabor e cor (Phisut & Jiraporn, 2013).

### 8.3.2 Estabilidade microbiológica

Não foi detectada a presença de *Salmonella* sp., nem contagens de Coliformes a 45 °C e de *Bacillus cereus* nas BCs durante o período de armazenamento, independentemente da temperatura. Dessa forma, as BCs demonstraram estar aptas para o consumo de acordo com a legislação brasileira vigente, uma vez que estabelece ausência de *Salmonella* sp., e limites máximos de  $5 \times 10^1$  UFC g<sup>-1</sup> para Coliformes a 45 °C e de  $5 \times 10^2$  UFC g<sup>-1</sup> para *Bacillus cereus* (BRASIL, 2001). Embora no Brasil não haja legislação específica para bolores e leveduras em BCs, nas análises realizadas a cada 30 dias, durante seis meses, constataram-se valores <10 UFC g<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes aos reportados por Carvalho et al. (2013), ao avaliarem a estabilidade físico-química e microbiológica de BCs com amêndoas nativas do Meio-Norte do Brasil e casca de abacaxi.

### 8.3.3 Estabilidade sensorial

A temperatura de armazenamento influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) apenas as notas médias referentes à aparência e à textura da barra de cereais, enquanto o tempo de armazenamento influenciou ( $p \leq 0,05$ ) as notas de todos os atributos sensoriais (aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global) da BC. Não foi observada interação significativa, para nenhuma das características sensoriais avaliadas (Tabela 8.4 e Apêndice 8.C).

Considerando que os alimentos só são sensorialmente aceitáveis se o índice de aceitabilidade for superior a 70% (Dutcosky, 2013), as BCs com notas médias para os atributos sensoriais maiores que 6,3 puderam ser consideradas aceitas pelo consumidor. Dessa forma, a BC submetida a 25 °C foi aceita até o 180° dia para aparência, cor e sabor; até o 150° dia para aroma e impressão global; e até o 120° dia para textura. No entanto, a BC submetida a 35 °C obteve notas maiores que 6,3 até o 150° dia para cor e aroma; até o 120° dia para aparência e impressão global; e até o 90° dia para textura e sabor (Tabela 8.4).

**Tabela 8.4.** Notas médias obtidas no teste de aceitação da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV) em função da temperatura (25 e 35 °C) e tempo de armazenamento (dias).

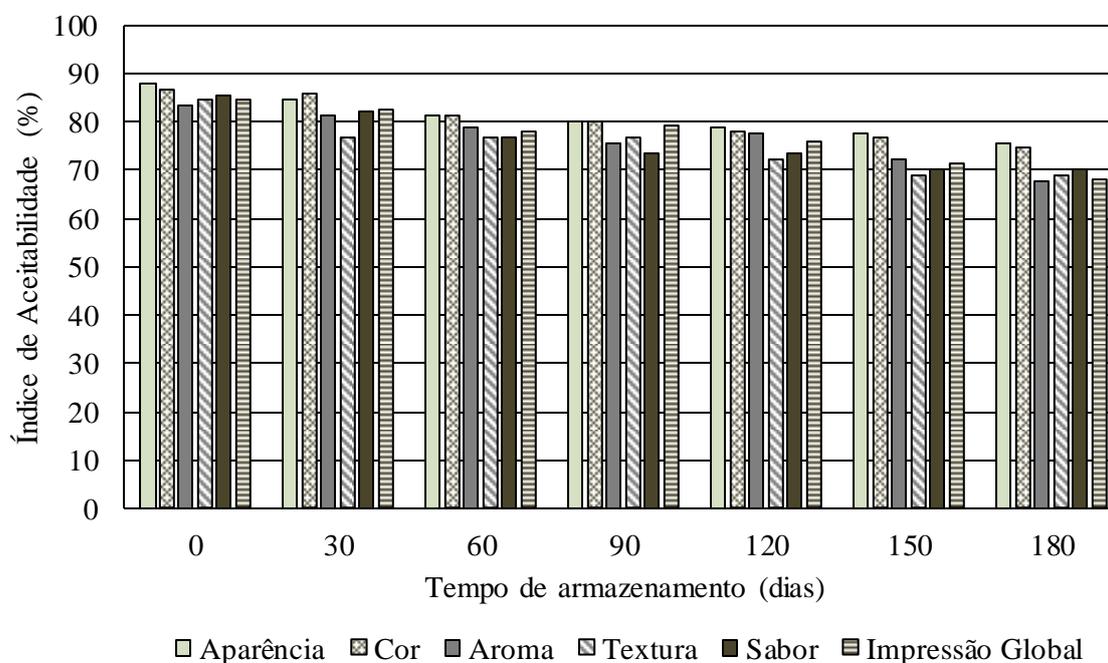
Tempo <sup>1,2</sup> (dias)	Aparência		Cor		Aroma		Textura		Sabor		IG		IC	
	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C	25 °C	35 °C
0	7,9 <sup>Aa</sup>	7,9 <sup>Ba</sup>	7,8 <sup>Aa</sup>	7,8 <sup>Aa</sup>	7,5 <sup>Aa</sup>	7,5 <sup>Aa</sup>	7,6 <sup>Aa</sup>	7,6 <sup>Ba</sup>	7,7 <sup>Aa</sup>	7,7 <sup>Aa</sup>	7,6 <sup>Aa</sup>	7,6 <sup>Aa</sup>	4,5 <sup>Aa</sup>	4,5 <sup>Aa</sup>
30	7,6 <sup>Aa</sup>	7,4 <sup>Bab</sup>	7,7 <sup>Aa</sup>	7,5 <sup>Aa</sup>	7,3 <sup>Aa</sup>	7,5 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Bab</sup>	7,4 <sup>Aa</sup>	7,0 <sup>Aab</sup>	7,4 <sup>Aab</sup>	7,2 <sup>Aa</sup>	4,1 <sup>Aab</sup>	3,9 <sup>Aab</sup>
60	7,3 <sup>Aa</sup>	7,1 <sup>Babc</sup>	7,3 <sup>Aa</sup>	7,4 <sup>Aa</sup>	7,1 <sup>Aa</sup>	7,3 <sup>Aab</sup>	6,9 <sup>Aa</sup>	6,8 <sup>Bab</sup>	6,9 <sup>Aa</sup>	6,8 <sup>Aab</sup>	7,0 <sup>Aab</sup>	6,9 <sup>Aab</sup>	3,9 <sup>Aab</sup>	3,6 <sup>Aabc</sup>
90	7,2 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Babc</sup>	7,2 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Aab</sup>	6,8 <sup>Aa</sup>	6,7 <sup>Aab</sup>	6,9 <sup>Aa</sup>	6,7 <sup>Bab</sup>	6,6 <sup>Aa</sup>	6,4 <sup>Aab</sup>	7,1 <sup>Aab</sup>	6,8 <sup>Aab</sup>	3,8 <sup>Aab</sup>	3,6 <sup>Aabc</sup>
120	7,1 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Babc</sup>	7,0 <sup>Aa</sup>	6,9 <sup>Aab</sup>	7,0 <sup>Aa</sup>	6,7 <sup>Aab</sup>	6,5 <sup>Aa</sup>	5,8 <sup>Babc</sup>	6,6 <sup>Aa</sup>	6,2 <sup>Aab</sup>	6,8 <sup>Aab</sup>	6,5 <sup>Aab</sup>	3,6 <sup>Aab</sup>	3,2 <sup>Abc</sup>
150	7,0 <sup>Aa</sup>	6,1 <sup>Bbc</sup>	6,9 <sup>Aa</sup>	6,5 <sup>Aab</sup>	6,5 <sup>Aa</sup>	6,8 <sup>Aab</sup>	6,2 <sup>Aa</sup>	5,3 <sup>Bbc</sup>	6,3 <sup>Aa</sup>	5,7 <sup>Ab</sup>	6,4 <sup>Aab</sup>	6,1 <sup>Aab</sup>	3,4 <sup>Ab</sup>	3,0 <sup>Abc</sup>
180	6,8 <sup>Aa</sup>	5,7 <sup>Bc</sup>	6,7 <sup>Aa</sup>	5,8 <sup>Ab</sup>	6,1 <sup>Aa</sup>	6,0 <sup>Ab</sup>	6,2 <sup>Aa</sup>	4,7 <sup>Bc</sup>	6,3 <sup>Aa</sup>	5,3 <sup>Ab</sup>	6,2 <sup>Ab</sup>	5,4 <sup>Ab</sup>	3,2 <sup>Ab</sup>	2,7 <sup>Ac</sup>
Média	7,3	6,9	7,2	7,0	6,9	6,9	6,7	6,3	6,8	6,4	6,9	6,7	3,8	3,6
CV (%)	4,9	10,1	5,2	9,0	6,4	7,3	6,8	15,1	7,3	11,6	6,8	9,9	10,7	15,9

<sup>1,2</sup> Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna, e de maiúsculas na mesma linha (dentro de cada parâmetro) diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ). IG: Impressão Global; IC: Intenção de compra; CV: coeficiente de variação.

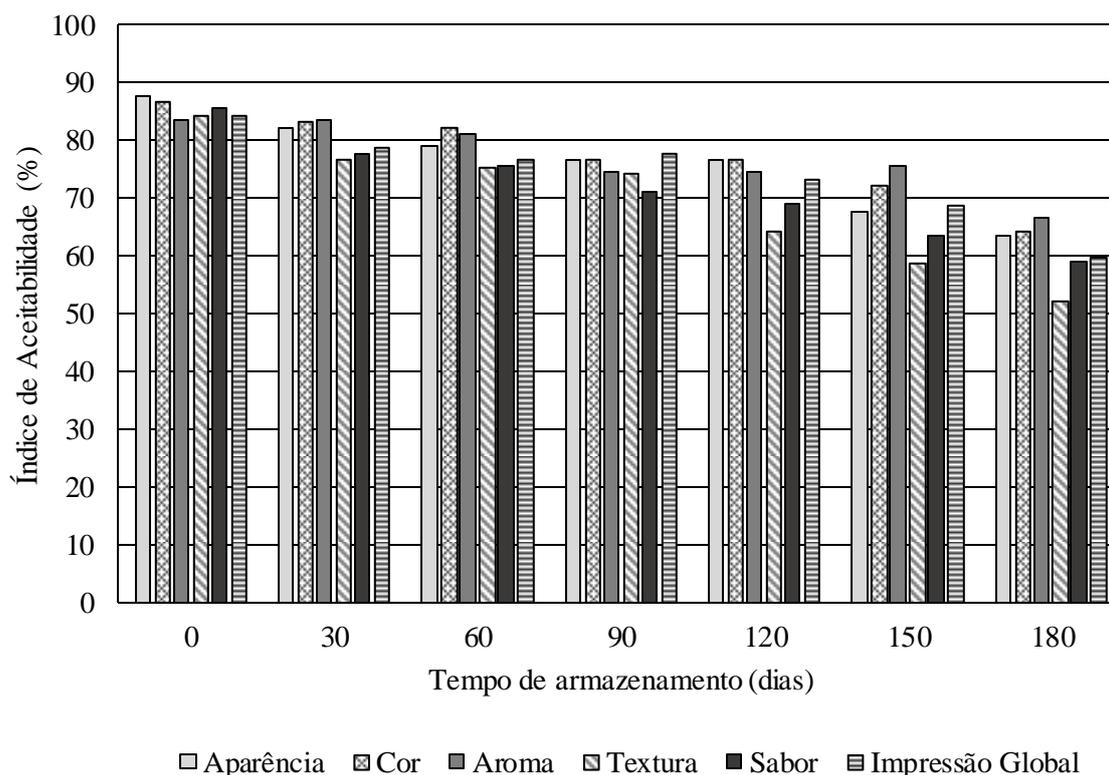
As mudanças sensoriais provavelmente ocorreram devido à diminuição da umidade e conseqüente aumento da dureza, pelo aumento da acidez; e pelo escurecimento das BCs durante o armazenamento, conforme já discutido nos resultados relativos às características físico-químicas das BCs. De modo geral, considerando conjuntamente todos os atributos sensoriais e a impressão global, a BC obteve escores maiores ou iguais a 6,3 até o 120º dia quando submetida a 25 °C (Tabela 8.4), e até o 90º dia a 35 °C (Tabela 8.4).

A BC armazenada a 25 °C foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelo tempo apenas em relação à impressão global e à intenção de compra, enquanto a BC armazenada a 35 °C em relação a todos os atributos e também a sobre intenção de compra (Tabela 8.4). Os coeficientes de variação da BC armazenada a 35 °C foram superiores aos verificados para a BC armazenada a 25°C em relação a todas as características sensoriais avaliadas e a intenção de compra (Tabela 8.4). Dessa forma, foi observado que os parâmetros sensoriais foram mais estáveis ao longo do tempo para a barra de cereais armazenada a 25 °C.

O índice de aceitabilidade da barra de cereais armazenada a 25 °C apresentou valores maiores ou iguais a 70% até 180º dia de armazenamento para a aparência, a cor e o sabor, enquanto para a BC armazenada a 35 °C não foi verificado nenhum atributo com valores maiores ou iguais a 70% no 180º dia (Figuras 8.9 e 8.10).

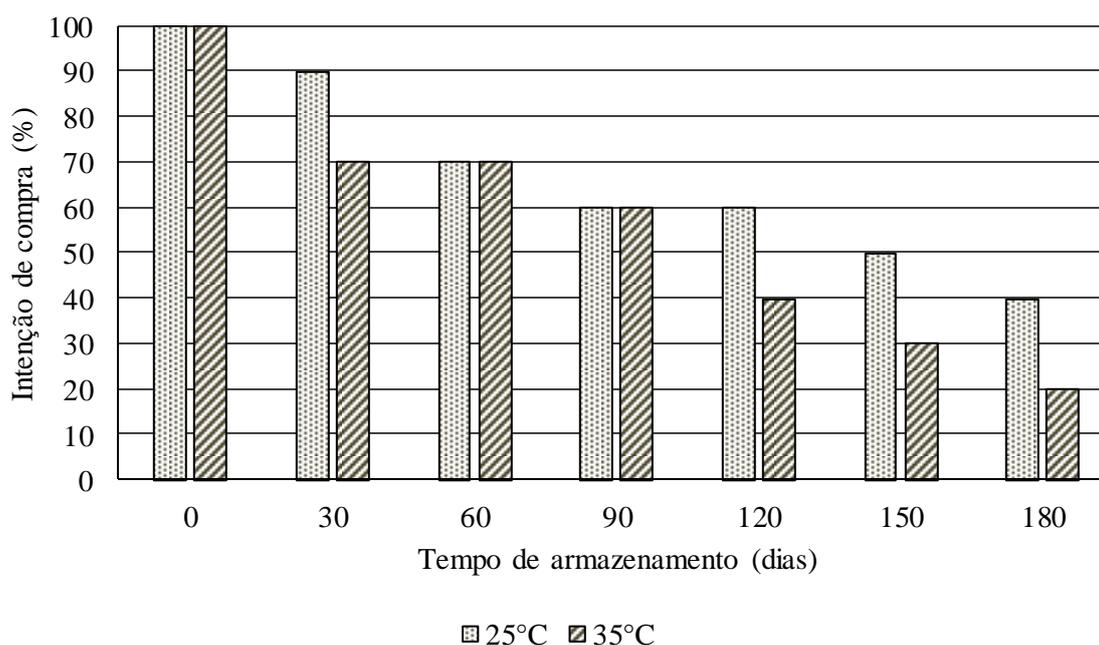


**Figura 8.9.** Índice de aceitabilidade da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 °C em função do tempo de armazenamento (dias).

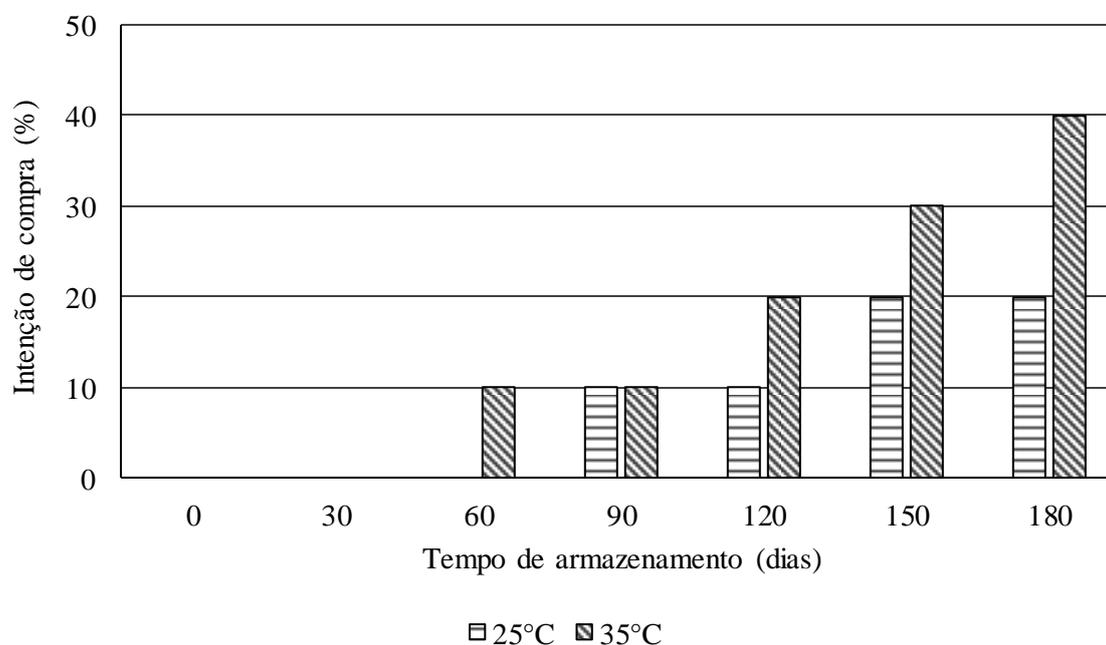


**Figura 8.10.** Índice de aceitabilidade da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$  em função do tempo de armazenamento (dias).

Păucean et al. (2015), ao avaliarem a aceitação sensorial de barras de cereais com diferentes concentrações de aveia, observaram índices de aceitabilidade que variaram de 68,9–77,8%, 75,6–80%, 72,2–78,8%, 71,1–77,7% e 57,8–64,4% para impressão global, aroma, cor, sabor e textura, respectivamente. Valores menores que os observados na BC selecionada para impressão global, cor e textura, e maiores para aroma e sabor (Figuras 8.9 e 8.10). A temperatura e o tempo de armazenamento influenciaram ( $p \leq 0,05$ ) na intenção de compra da BC (Tabela 8.4 e Apêndice 8.C). Gradativa redução da intenção de compra foi observada ao longo do tempo, tanto para a BC armazenada a  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  como a  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . As respostas “certamente compraria” e “provavelmente compraria”, referentes à intenção de compra dos provadores (Figura 8.11), obtiveram frequências que variaram de 100 a 40% para as BCs armazenadas a  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , e de 100 a 20% quando armazenadas a  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , apresentando decréscimo com o tempo de armazenamento. Para as respostas “provavelmente não compraria” e “certamente não compraria” (Figura 8.12) variaram de 0 a 20% e de 0 a 40% para as BCs submetidas a  $25$  e  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.



**Figura 8.11.** Intenção de compra (%) da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias), referente às respostas “Certamente compraria” e “Possivelmente compraria”.



**Figura 8.12.** Intenção de compra (%) da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia ( $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FBFM,  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAR e  $8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de FAV), e armazenada a 25 e 35 °C em função do tempo de armazenamento (dias), referente às respostas “Possivelmente não compraria” e “Certamente não compraria”.

### 8.3.4 Estabilidade cinética

Os parâmetros cinéticos explicam a velocidade que as reações ocorrem, e possibilitam obter uma indicação precoce da vida útil do produto. A energia de ativação ( $E_a$ ) e o coeficiente de temperatura ( $Q_{10}$ ) representam o efeito e a sensibilidade que a temperatura produz nas taxas de degradação dos constituintes de um produto alimentício (Bajaj et al., 2012; Chen & Martynenko, 2017). Os maiores valores de  $E_a$  e  $Q_{10}$  das BCs foram observados para textura e aparência (Tabela 8.5), o que demonstrou que estes atributos foram os mais influenciados pelo aumento da temperatura.

**Tabela 8.5.** Energia de ativação ( $E_a$ ), coeficiente de temperatura ( $Q_{10}$ ) e vida útil (a 25 e 35 °C) dos atributos sensoriais da barra de cereais formulada com farinha da biomassa fibrosa do milho, flocos de arroz e flocos de aveia (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAR e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de FAV).

Atributo	$E_a^1$	$Q_{10}$	Vida útil <sup>2</sup>	
			25°C	35°C
Aparência	12,63	2,00	263	140
Cor	8,90	1,63	240	157
Aroma	1,74	1,10	176	172
Textura	14,11	2,17	153	87
Sabor	7,99	1,55	156	101
Impressão Global	5,8	1,38	167	121

<sup>1</sup> kcal mol<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> dias.

A estimativa da vida útil, a partir dos atributos avaliados na aceitação sensorial, foi calculada considerando o fato de que não seriam aceitas as BCs que obtivessem notas inferiores a 6,3. Assim, verificou-se que a BC armazenada a 25 °C obteve maior vida útil em relação aos atributos avaliados (Tabela 8.5), com estimativa de, aproximadamente, 153 dias, enquanto as armazenadas a 35 °C de, aproximadamente, 87 dias. A vida útil da maioria das BCs comerciais é de, aproximadamente, 10 a 12 meses, mas nesses produtos são utilizados muitos ingredientes artificiais, como aromatizante, antioxidante, corante, estabilizante, sorbitol, entre outros. A vida útil das barras de cereais, cujo único componente artificial foi a essência de baunilha, poderia ser prolongada se fosse utilizada uma embalagem mais eficaz em relação à permeabilidade ao vapor d'água e às substâncias voláteis do aroma.

#### 8.4 CONCLUSÕES

- A barra de cereais (BC) com alto teor de fibras, formulada à base de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAR), armazenada a 25 e 35 °C, por um período de seis meses, tem a umidade, a atividade de água, o pH, a acidez, a dureza e os parâmetros instrumentais de cor influenciados pela temperatura e pelo tempo de armazenamento.
- Durante os 180 dias, a BC não apresenta índice de peróxidos, mas apresenta qualidade microbiológica, tanto para o armazenamento a 25 °C quanto a 35°C. Entretanto, a aceitação sensorial e a intenção de compra reduz gradativamente ao longo do tempo, para a BC armazenada a 25 e 35 °C.
- Os parâmetros sensoriais (aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global) e a intenção de compra são mais estáveis ao longo do tempo para a BC armazenada a 25 °C, sendo a textura e a aparência os atributos mais influenciados pelo aumento de temperatura em 10 °C.
- A BC mantida a 25°C durante o armazenamento apresenta maior vida útil, com estimativa de aproximadamente 153 dias; enquanto que a armazenada 35 °C, de aproximadamente 87 dias.
- A vida útil da BC poderia ser prolongada se fosse utilizada uma embalagem mais eficaz em relação à permeabilidade ao vapor d'água e às substâncias voláteis do aroma.

#### 8.5 REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods**, 11. ed., St. Paul: AACC, 2010.

AIGSTER, A.; DUNCAN, S. E.; CONFORTI, F. D.; BARBEAU, W. E. Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 44, n. 10, p. 2159-2165, 2011.

APPELT, P.; CUNHA, M. A. A.; GUERRA, A. P.; KALINKE, C.; LIMA, V. A. Development and characterization of cereal bars made with flour of jabuticaba peel and okara. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 117-122, 2015.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 19th ed. Washington: AOAC; 2012.

AOCS – American Oil Chemists Society. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. Washington: AOCS, 2009.

ARÉVALO-PINEDO, A.; ARÉVALO, Z. D. S.; BESERRA, N. S.; ZUNIGA, A. D. G.; COELHO, A. F. S.; PINEDO, R. A. Development of flour babassu nut (*Orbygnia speciosa*) based cereal bars. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 405-411, 2013.

BAJAJ, S.; SINGLA, D.; SAKHUJA, N. Stability testing of pharmaceutical products. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, Gwalior, v. 2, n. 3, p. 129-138, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 10 de janeiro de 2001.

CARVALHO, M. G.; SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T.; COSTA, J. M. C. Chemical composition and physico-chemical stability and microbiological cereal bars with almonds native to the Mid-North of Brazil and peel pineapple. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Campo Mourão, v.4, n.1, p.11-18, 2013.

CHEN, Y.; MARTYNENK, A. Storage stability of cranberry puree products processed with hydrothermodynamic (HTD) technology. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 6, p. 1-11, 2017.

COLUSSI, R.; BALDIN, F.; BIDUSKI, B.; NOELLO, C.; HARTMANN, V.; GUTKOSKI, L. C. Acceptability and physicochemical stability of cereal bars elaborated based on oats and golden flaxseed. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 292-300, 2013.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4 ed. Curitiba: PUCPRESS, 2013. 531p.

ERGUN, R.; LIETHA, R.; HARTEL, R. W. Moisture and Shelf Life in Sugar Confections. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Londres, v. 50, n. 2, p. 162-192, 2010.

FDA. Food and Drug Administration, 2002. **Bacteriological analytical manual**, 2002.

FUCHS, R. H. B.; RIBEIRO, R. P.; MATSUSHITA, M.; TANAMATI, A. A. C.; CANAN, C.; BONA, E.; MARQUES, L. L. M.; DROVAL, A. A. Chemical, sensory and microbiological stability of freeze-dried Nile tilapia croquette mixtures. **CyTA - Journal of Food**, Abingdon, n. 13, v. 4, p. 556-562, 2015.

GHORBANI, M.; HOSSEINI, H. Determination of water activity corresponding to the proper quality of peanut kernels. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, n. -, v. -, p. 1-8, 2017.

GRIZOTTO, R. K.; BERBARI, S. A. G.; MOURA, S. C. S. R.; CLAUS, M. L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.

HO, L. H.; ABDUL AZIZ, N. A.; RAJEEV, B.; AZAHARI, B. Storage studies of bread prepared by incorporation of the banana pseudo-stem flour and the composite breads containing hydrocolloids. **CyTA - Journal of Food**, Abingdon, v. 12, n. 2, p. 141-149, 2014.

HU, X.; ZHENG, J.; LI, X.; XU, C.; ZHAO, Q. Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 60, p. 297-301, 2014.

KHANNA, P.; MOHAN, S. Oats: Understanding the Science. **International Journal of Food Science and Nutrition**, Parma, v. 1, n. 6, p. 1-10, 2016.

MAĆKOWIAK, K.; TORLIŃSKA-WALKOWIAK, N.; TORLIŃSKA, B. Dietary fibre as an important constituent of the diet. **Postępy Higieny I Medycyny Doświadczalnej**, Warsaw, v. 70, n. 1, p. 104-109, 2016.

MENDES, N. S. R.; GOMES-RUFFI, C. R.; LAGE, M. E.; BECKER, F. S.; MELO, A. A. M.; SILVA, F. A.; DAMIANI, C. Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 730-736, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. I.; COSTA, N. M. B.; MARTINO, H. S. D.; PAES, M. C. D. Chemical composition and effects of micronized corn bran on iron bioavailability in rats. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 3, p. 616-622, 2014.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Effect of storage at low temperature ( $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in the color and acidity content of wheat flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 55-59, 2010.

PADMASHREE, A.; SHARMA, G. K.; SRIHARI, K. A.; BAWA, A. S. Development of shelf stable protein rich composite cereal bar. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 49, n. 3, p. 335–341, 2012.

PĂUCEAN, A.; MAN, S.; POP, A. Development of oat based-food formulation and quality characteristics. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, Timisoara, v. 21, n. 3, p. 261-266, 2015.

PEREIRA, D.; CORREIA, P. M. R.; GUINE, R. P. F. Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of *Maria* type cookies. **Acta Chimica Slovaca**, Bratislava, v. 6, n. 2, p. 269-280, 2013.

PHISUT, N.; JIRAPORN, B. Characteristics and antioxidant activity of Maillard reaction products derived from chitosan-sugar solution. **International Food Research Journal**, Serdang, v. 20, n. 3, p. 1077-1085, 2013.

RIPKE, V. P.; PALEZI, S. C.; NOBRE, L. R. Lipid oxidation study in chia seeds oils obtained by different extraction methods. **Unoesc & Ciência – ACET**, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 69-76, 2016.

SENHOFA, S.; STRAUMITE, E.; SABOVICS, M.; KLAVA, D.; GALOBURDA, R.; RAKCEJEVA, T. The effect of packaging type on quality of cereal muesli during storage. **Agronomy Research**, Tartu, v. 13, n. 4, p. 1064–1073, 2015.

SILVA, E. C.; SOBRINHO, V. S.; CEREDA, M.P. Stability of cassava flour-based food bars. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 192-198, 2013.

SILVA, A. F. O.; GIRONDI, L. M.; PIMENTEL, T. C.; BARÃO, C. E.; KLOSOSKI, S. J. Cereal bar with cassava bagasse: chemical composition and sensory acceptance. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 7, n.2, p. 42-52, 2016.

SREBERNICH, S. M.; GONÇALVES, J. M. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; RUFFI, C. R. G. Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 3, p. 555-562, 2016.

TAVARES, B. O.; SILVA, E. P.; SILVA, V. S. N.; SOARES JÚNIOR, M. S.; IDA, E. I.; DAMIANI, C. Stability of gluten free sweet biscuit elaborated with rice bran, broken rice and okara. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 296-303, 2016.

TEMBA, M. C.; NJOBEH, P. B.; KAYITESI, E. Storage stability of maize-groundnut composite flours and an assessment of aflatoxin B1 and ochratoxin A contamination in flours and porridges. **Food Control**, Guildford, v. 71, n. 1, p. 178-186, 2017.

## 9 CONSIDERAÇÕES GERAIS

- A farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), obtida no processamento da farinha de milho tipo “biju”, pode ser recomendada para utilização como novo ingrediente em produtos alimentícios.
- A FBFM apresenta elevado valor nutricional e funcional, principalmente por ser rica em fibras alimentares, sobretudo insolúveis, e possuir alta capacidade antioxidante.
- A FBFM possui características favoráveis ao armazenamento à temperatura ambiente, e não apresenta risco microbiológico.
- A produção de biscoitos e de torradas a partir da substituição parcial de farinha de trigo (FT) por FBFM mostra-se nutricionalmente e tecnologicamente viável.
- O nível de substituição de FT por FBFM influencia as características físico-químicas dos biscoitos e das torradas.
- Os biscoitos e as torradas não apontam risco microbiológico, indicando boas condições higiênico-sanitárias durante o processamento e garantindo a segurança alimentar para o provador; e tiveram boa aceitação sensorial, demonstrando possuir forte potencial como novo produto alimentício.
- O biscoito com 20 g 100 g<sup>-1</sup> (B3) de substituição de FT por FBFM apresenta o melhor perfil sensorial, e é considerado fonte de proteínas e rico em fibras alimentares, principalmente por fibras alimentares insolúveis, sendo, portanto, um alimento com elevado valor nutricional e funcional.
- As torradas elaboradas com 5 g 100 g<sup>-1</sup> (T2) e 15 g 100 g<sup>-1</sup> (T4) de FT substituída por FBFM apresentam o melhor perfil sensorial, e são produtos ricos em proteína e em fibras alimentares, principalmente por fibras alimentares insolúveis, sendo consideradas, portanto, alimentos com elevado caráter nutricional e funcional.

- As barras de cereais BC6 (14 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz e 8 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia) e BC4 (14,85 g 100 g<sup>-1</sup> de FBFM, 5 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de arroz e 10,15 g 100 g<sup>-1</sup> de flocos de aveia) são as que apresentam características físico-químicas mais próximas às das barras de cereais comerciais analisadas.
- As barras de cereais possuem segurança alimentar, sendo a BC6 a formulação com melhor perfil sensorial, classificada como um alimento rico em fibras e fonte proteica, e com elevado apelo nutricional e funcional.
- A utilização da FBFM em barras de cereais mostra-se viável nutricionalmente e tecnologicamente.
- A barra de cereais com alto teor de fibras, formulada à base de farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAR), armazenada a 25 e 35 °C, por um período de seis meses, não apresenta índice de peróxidos nem risco microbiológico durante os 180 dias de armazenamento. Entretanto, a umidade, a atividade de água, o pH, a acidez, a dureza e os parâmetros instrumentais de cor são influenciados pela temperatura e pelo tempo de armazenamento.
- A aceitação sensorial e a intenção de compra reduzem gradativamente ao longo do tempo para a barra de cereais armazenada tanto a 25 e quanto a 35 °C, sendo a textura e a aparência os atributos mais influenciados pelo aumento de temperatura em 10 °C.
- Os parâmetros sensoriais (aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global) e a intenção de compra da BC são mais estáveis ao longo do tempo para a barra de cereais armazenada a 25 °C, apresentando, portanto, com maior vida útil.
- A vida útil da barra de cereais mantida a 25 °C foi estimada em aproximadamente 153 dias, enquanto que a armazenada a 35 °C, cerca de 87 dias, podendo ser prolongada se fosse utilizada uma embalagem mais eficaz em relação à permeabilidade d'água e às substâncias voláteis do aroma.

## APÊNDICES

**Apêndice 5.A.** Formulário de avaliação sensorial de biscoitos da biomassa fibrosa do milho.

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG</b> <b>PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG</b> <b>DOCTORADO EM AGRONOMIA</b>					
Nome: _____ Idade: _____						
Sexo: [ <input type="checkbox"/> ]Feminino      [ <input type="checkbox"/> ]Masculino						
<b><u>AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BISCOITOS DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO</u></b>						
<p style="text-align: center;">Você está recebendo amostras de <b>BISCOITOS</b>. Segundo a escala hedônica, indique o quanto você gostou ou desgostou dos atributos relacionados no quadro abaixo:</p>						
Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Impressão Global

**Escala hedônica:**

9 – Gostei muitíssimo

8 – Gostei muito

7 – Gostei moderadamente

6 – Gostei ligeiramente

5 – Nem gostei/Nem desgostei

4 – Desgostei ligeiramente

3 – Desgostei moderadamente

2 – Desgostei muito

1 – Desgostei muitíssimo

**Apêndice 5.B.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação da pesquisa de avaliação sensorial de biscoitos da biomassa fibrosa do milho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
DOUTORADO EM AGRONOMIA



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma.

Em caso de dúvida **sobre a pesquisa**, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, Aline Emannuele Chaves Ribeiro, no telefone (62) 91284648 (OBS.: As ligações podem ser feitas a cobrar). Em casos de dúvidas **sobre os seus direitos** como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, nos telefones: (62) 3521-1075 ou (62) 3521-1076.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título da Pesquisa:** Biomassa Fibrosa Do Milho: propriedades e aplicações

**Pesquisadora Responsável:** M.Sc Aline Emannuele Chaves Ribeiro

**Orientador:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa cuja finalidade é gerar alimentos práticos e ricos em fibras, utilizando o resíduo fibroso do milho. Para tal, essa pesquisa contará com 50 pessoas, que tenham o hábito de consumir biscoitos, sendo que o sexo e a idade não interferem na mesma. Para a avaliação das características sensoriais dos produtos mencionados anteriormente serão realizados testes de aceitação e intenção de compra. O senhor (senhora) tem a liberdade de recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa e esta não lhe trará danos morais e/ou psicológicos.

Se o (a) senhor (a) aceitar a participar, irá avaliar biscoitos quanto à cor, à textura, ao sabor, ao odor e à impressão global, e para tanto, irá preencher uma ficha de avaliação dos produtos. A análise sensorial está sendo realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás.

O (a) senhor (a) terá que ingerir, no máximo, 30 g de cada produto. O preenchimento desta ficha levará cerca de 10 minutos. As instruções para preenchimento serão dadas após o preenchimento deste termo. A ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo desta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores. Ficarão arquivados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás por um período de cinco anos e após, serão incinerados.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais, pois os produtos passarão por análises microbiológicas antes da análise sensorial, garantindo segurança ao (à) senhor (senhora). Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Os riscos associados estão relacionados à possível alergia e/ou intolerância a algum dos ingredientes do produto: farinha de trigo, açúcar, margarina, bicarbonato de sódio, fermento químico, ovo fresco, leite e pó, essência de coco e baunilha. Se você é celíaco (intolerância ao glúten), diabético ou com sensibilidade a ovos orienta-se a não realizar o teste.

Caso ocorra alguma reação adversa após o consumo do produto, o pesquisador responsável assumirá todos os danos provocados à saúde do indivíduo e tomará as providências necessárias, inclusive o encaminhamento para atendimento médico e este será feito através do acionamento da equipe de primeiros socorros especializada, o SAMU pelo telefone 192. O (a) senhor (a) terá direito de pleitear indenização em caso de danos decorrentes de sua participação na pesquisa.

O experimento prevê um período de repouso de 30 minutos para os sujeitos participantes da pesquisa após o consumo dos produtos, para garantir que se haja alguma reação adversa ele esteja no local para ser acompanhado. Possuímos uma sala em anexo preparada para um período de repouso com cadeiras, água mineral e bolachas de água e sal, desta forma o (a) senhor (a) poderá permanecer no local em repouso até que se sinta confortável para ir embora.

É garantido o sigilo das informações assegurando sua privacidade quanto aos dados confidenciais na pesquisa. Os resultados da avaliação dos provadores serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso restrito aos pesquisadores, e serão divulgados de forma conjunta, sem citar nomes de participante.

Ao participar desta pesquisa o (a) senhor (senhora) colaborará para o melhor conhecimento dos atributos sensoriais destes produtos e para o maior aproveitamento de subprodutos gerados pela indústria de milho, de forma que os pesquisadores se comprometem a divulgar os resultados obtidos. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

**Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.**

\_\_\_\_\_  
**Alline Emannuele Chaves Ribeiro**

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO  
DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_,  
 RG/CPF/n.º de matrícula \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo **BIOMASSA FIBROSA DO MILHO: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES**, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelos pesquisadores sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: Goiânia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome e Assinatura: \_\_\_\_\_

**Apêndice 5.C.** Análise de variância (ANOVA) para as médias experimentais de índice de expansão, umidade, volume específico, saturação da cor (croma), tonalidade cromática (ângulo Hue, H°) e dureza de biscoitos elaborados em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

<b>Índice de Expansão</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	9,340017	1	9,340017	176505,6	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,020924	1	0,020924	395,4	0,000000
<b>Erro</b>	0,000952	18	0,000053	-	-
<b>Umidade</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	157,9717	1	157,9717	13444,23	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,9382	1	0,9382	79,85	0,000000
<b>Erro</b>	0,2115	18	0,0118	-	-
<b>Volume Específico</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	16,07785	1	16,07785	277197,0	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,01431	1	0,01431	246,7	0,000000
<b>Erro</b>	0,00104	18	0,00006	-	-
<b>Dureza</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	13583,33	1	13583,33	4040,979	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	149,47	1	149,47	44,466	0,000004
<b>Modelo Quadrático</b>	35,04	1	35,04	10,425	0,004932
<b>Erro</b>	57,14	17	3,36	-	-
<b>Saturação da cor (Croma)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	4800,913	1	4800,913	629948,3	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,625	1	0,625	82,0	0,000000
<b>Erro</b>	0,137	18	0,008	-	-
<b>Tonalidade Cromática (H°)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	21205,77	1	21205,77	579763,3	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	4,88	1	4,88	133,5	0,000000
<b>Modelo Quadrático</b>	0,52	1	0,52	14,2	0,001531
<b>Erro</b>	0,62	17	0,04	-	-

**Apêndice 5.D.** Análise de variância (ANOVA) para as médias experimentais aparência, cor, aroma, textura e impressão global de biscoitos elaborados em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

<b>Aparência</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	11276,16	1	11276,16	3939,566	0,000000
<b>Tratamento</b>	65,58	4	16,39	5,728	0,000201
<b>Erro</b>	701,26	245	2,86	-	-
<b>Cor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	11451,46	1	11451,46	3821,519	0,000000
<b>Tratamento</b>	56,38	4	14,10	4,704	0,001127
<b>Erro</b>	734,16	245	3,00	-	-
<b>Aroma</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	10086,98	1	10086,98	2961,922	0,000000
<b>Tratamento</b>	18,66	4	4,67	1,370	0,244866
<b>Erro</b>	834,36	245	3,41	-	-
<b>Textura</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	10061,58	1	10061,58	2609,221	0,000000
<b>Tratamento</b>	45,66	4	11,41	2,960	0,020504
<b>Erro</b>	944,76	245	3,86	-	-
<b>Sabor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	10445,82	1	10445,82	2495,541	0,000000
<b>Tratamento</b>	46,66	4	11,66	2,787	0,027196
<b>Erro</b>	1025,52	245	4,19	-	-
<b>Impressão Global</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	10771,52	1	10771,52	3771,865	0,000000
<b>Tratamento</b>	45,82	4	11,45	4,011	0,003601
<b>Erro</b>	699,66	245	2,86	-	-

**Apêndice 6.A.** Formulário de avaliação sensorial de torradas da biomassa fibrosa do milho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
DOUTORADO EM AGRONOMIA



Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: [  ]Feminino [  ]Masculino

**AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TORRADAS DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO**

Você está recebendo amostras de **TORRADAS**. Segundo a escala hedônica, indique o quanto você gostou ou desgostou dos atributos relacionados no quadro abaixo:

Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Impressão Global

**Escala hedônica:**

- 9 – Gostei muitíssimo
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/Nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei muitíssimo

**Apêndice 6.B.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação da pesquisa de avaliação sensorial de torradas da biomassa fibrosa do milho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
DOUTORADO EM AGRONOMIA



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma.

Em caso de dúvida **sobre a pesquisa**, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, Alline Emannuele Chaves Ribeiro, no telefone (62) 91284648 (OBS.: As ligações podem ser feitas a cobrar). Em casos de dúvidas **sobre os seus direitos** como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, nos telefones: (62) 3521-1075 ou (62) 3521-1076.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título da Pesquisa:** Biomassa Fibrosa do Milho: propriedades e aplicações

**Pesquisadora Responsável:** M.Sc Alline Emannuele Chaves Ribeiro

**Orientador:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa cuja finalidade é gerar alimentos práticos e ricos em fibras, utilizando o resíduo fibroso do milho. Para tal, essa pesquisa contará com 50 pessoas, que tenham o hábito de consumir torradas, sendo que o sexo e a idade não interferem na mesma. Para a avaliação das características sensoriais dos produtos mencionados anteriormente serão realizados testes de aceitação e intenção de compra. O senhor (senhora) tem a liberdade de recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa e esta não lhe trará danos morais e/ou psicológicos.

Se o (a) senhor (a) aceitar a participar, irá avaliar torradas quanto à cor, à textura, ao sabor, ao odor e à impressão global, e para tanto, irá preencher uma ficha de avaliação dos produtos. A análise sensorial está sendo realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás.

O (a) senhor (a) terá que ingerir, no máximo, 30 g de cada produto. O preenchimento desta ficha levará cerca de 10 minutos. As instruções para preenchimento serão dadas após o preenchimento deste termo. A ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo desta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores. Ficarão arquivados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás por um período de cinco anos e após, serão incinerados.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais, pois os produtos passarão por análises microbiológicas antes da análise sensorial, garantindo segurança ao (à) senhor (senhora). Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Os riscos associados estão relacionados à possível alergia e/ou intolerância a algum dos ingredientes do produto: farinha de trigo, açúcar, margarina, fermento biológico, leite e pó e sal (NaCl). Se você é celíaco (intolerância ao glúten) ou diabético oriente-se a não realizar o teste.

Caso ocorra alguma reação adversa após o consumo do produto, o pesquisador responsável assumirá todos os danos provocados à saúde do indivíduo e tomará as providências necessárias, inclusive o encaminhamento para atendimento médico e este será feito através do acionamento da equipe de primeiros socorros especializada, o SAMU pelo telefone 192. O (a) senhor (a) terá direito de pleitear indenização em caso de danos decorrentes de sua participação na pesquisa.

O experimento prevê um período de repouso de 30 minutos para os sujeitos participantes da pesquisa após o consumo dos produtos, para garantir que se haja alguma reação adversa ele esteja no local para ser acompanhado. Possuímos uma sala em anexo preparada para um período de repouso com cadeiras, água mineral e bolachas de água e sal, desta forma o (a) senhor (a) poderá permanecer no local em repouso até que se sinta confortável para ir embora.

É garantido o sigilo das informações assegurando sua privacidade quanto aos dados confidenciais na pesquisa. Os resultados da avaliação dos provadores serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso restrito aos pesquisadores, e serão divulgados de forma conjunta, sem citar nomes de participante.

Ao participar desta pesquisa o (a) senhor (senhora) colaborará para o melhor conhecimento dos atributos sensoriais destes produtos e para o maior aproveitamento de subprodutos gerados pela indústria de milho, de forma que os pesquisadores se comprometem a divulgar os resultados obtidos. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

**Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.**

\_\_\_\_\_  
**Alline Emannuele Chaves Ribeiro**

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO  
 DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_,  
 RG/CPF/n.º de matrícula \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo **BIOMASSA FIBROSA DO MILHO: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES**, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelos pesquisadores sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: Goiânia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome e Assinatura: \_\_\_\_\_

**Apêndice 6.C.** Análise de variância (ANOVA) para as médias experimentais de área, umidade, volume específico, dureza, e luminosidade, da saturação da cor e tonalidade cromática da casca e do miolode torradas elaboradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

<b>Área</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	33972274	1	33972274	12558,62	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	923209	1	923209	341,28	0,000000
<b>Erro</b>	48692	18	2705	-	-
<b>Umidade</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	212,8070	1	212,8070	18700,42	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	5,3924	1	5,3924	473,86	0,000000
<b>Erro</b>	0,2048	18	0,0114	-	-
<b>Volume Específico</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	49,02538	1	49,02538	5937,707	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,55826	1	0,55826	67,614	0,000000
<b>Modelo Quadrático</b>	0,13395	1	0,13395	16,223	0,000974
<b>Modelo Cúbico</b>	0,09188	1	0,09188	11,129	0,004190
<b>Erro</b>	0,13211	16	0,00826	-	-
<b>Dureza</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	13082,38	1	13082,38	17903,74	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	179,37	1	179,37	245,47	0,000000
<b>Modelo Quadrático</b>	3,61	1	3,61	4,94	0,040917
<b>Modelo Cúbico</b>	14,15	1	14,15	19,36	0,000447
<b>Erro</b>	11,69	16	0,73	-	-
<b>Luminosidade (casca)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	17572,22	1	17572,22	509436,4	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	2,85	1	2,85	82,7	0,000000
<b>Modelo Quadrático</b>	0,23	1	0,23	6,8	0,018303
<b>Erro</b>	0,59	17	0,03	-	-
<b>Saturação da cor (casca)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	4015,383	1	4015,383	436021,3	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,173	1	0,173	18,8	0,000455
<b>Modelo Quadrático</b>	0,044	1	0,044	4,8	0,042490
<b>Erro</b>	0,157	17	0,009	-	-

**Apêndice 6.C.** Análise de variância (ANOVA) para as médias experimentais de área, umidade, volume específico, dureza, e luminosidade, da saturação da cor e tonalidade cromática da casca e do miolo de torradas elaboradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM) (continuação).

<b>Tonalidade cromática, H° (casca)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	24225,15	1	24225,15	389565,8	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	51,14	1	51,14	822,4	0,000000
<b>Erro</b>	1,12	18	0,06	-	-
<b>Luminosidade (miolo)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	19372,53	1	19372,53	573348,6	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	3,79	1	3,79	112,3	0,000000
<b>Modelo Quadrático</b>	0,43	1	0,43	12,6	0,002475
<b>Erro</b>	0,57	17	0,03	-	-
<b>Saturação da cor (miolo)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	1775,126	1	1775,126	24641,49	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	1,043	1	1,043	14,48	0,001413
<b>Modelo Quadrático</b>	2,880	1	2,880	39,98	0,000008
<b>Erro</b>	1,225	17	0,072	-	-
<b>Tonalidade cromática, H° (miolo)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Média</b>	44163,01	1	44163,01	2776569	0,000000
<b>Modelo Linear</b>	0,91	1	0,91	57	0,000001
<b>Erro</b>	0,29	18	0,02	-	-

**Apêndice 6.D.** Análise de variância (ANOVA) para as médias experimentais aparência, cor, aroma, textura e impressão global de torradas elaboradas em função do nível de substituição de farinha de trigo (FT) por farinha da biomassa fibrosa obtida no processamento da farinha de milho “biju” (FBFM).

<b>Aparência</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	14092,52	1	14092,52	10473,42	0,000000
<b>Tratamento</b>	22,82	4	5,71	4,24	0,002452
<b>Erro</b>	329,66	245	1,35	-	-
<b>Cor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	14776,34	1	14776,34	15288,02	0,000000
<b>Tratamento</b>	14,86	4	3,72	3,84	0,004752
<b>Erro</b>	236,80	245	0,97	-	-
<b>Aroma</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	13557,12	1	13557,12	8327,472	0,000000
<b>Tratamento</b>	19,02	4	4,75	2,920	0,021881
<b>Erro</b>	398,86	245	1,63	-	-
<b>Textura</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	13293,32	1	13293,32	8669,708	0,000000
<b>Tratamento</b>	94,02	4	23,51	15,330	0,000000
<b>Erro</b>	375,66	245	1,53	-	-
<b>Sabor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	13927,82	1	13927,82	8236,741	0,000000
<b>Tratamento</b>	43,90	4	10,97	6,490	0,000056
<b>Erro</b>	414,28	245	1,69	-	-
<b>Impressão Global</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	14212,90	1	14212,90	15352,09	0,000000
<b>Tratamento</b>	37,28	4	9,32	10,07	0,000000
<b>Erro</b>	226,82	245	0,93	-	-

**Apêndice 7.A.** Formulário de avaliação sensorial de barras de cereais da biomassa fibrosa do milho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
DOUTORADO EM AGRONOMIA



Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_  
Sexo: [ ] Feminino [ ] Masculino

**AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO**

Você está recebendo amostras de **BARRAS DE CEREAIS**. Segundo a escala hedônica, indique o quanto você gostou ou desgostou dos atributos relacionados no quadro abaixo:

Amostra	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Impressão Global

**Escala hedônica:**

- 9 – Gostei muitíssimo  
8 – Gostei muito  
7 – Gostei moderadamente  
6 – Gostei ligeiramente  
5 – Nem gostei/Nem desgostei  
4 – Desgostei ligeiramente  
3 – Desgostei moderadamente  
2 – Desgostei muito  
1 – Desgostei muitíssimo

**INTENÇÃO DE COMPRA**

- (5) Certamente compraria  
(4) Possivelmente compraria  
(3) Talvez comprasse/talvez não comprasse  
(2) Possivelmente não compraria  
(1) Certamente não compraria

Amostra	Intenção de Compra

**OBSERVAÇÕES**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Apêndice 7.B.** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação da pesquisa de avaliação sensorial de barras de cereais da biomassa fibrosa do milho.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
DOUTORADO EM AGRONOMIA



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma.

Em caso de dúvida **sobre a pesquisa**, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, Aline Emannuele Chaves Ribeiro, no telefone (62) 91284648 (OBS.: As ligações podem ser feitas a cobrar). Em casos de dúvidas **sobre os seus direitos** como participante nesta pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, nos telefones: (62) 3521-1075 ou (62) 3521-1076.

#### **INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título da Pesquisa:** Biomassa Fibrosa do Milho: Propriedades e Aplicações

**Pesquisadora Responsável:** M.Sc Aline Emannuele Chaves Ribeiro

**Orientador:** Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa cuja finalidade é gerar alimentos práticos e ricos em fibras, utilizando o resíduo fibroso do milho. Para tal, essa pesquisa contará com 50 pessoas, que tenham o hábito de consumir barras de cereais, sendo que o sexo e a idade não interferem na mesma. Para a avaliação das características sensoriais dos produtos serão realizados testes de aceitação e intenção de compra. O senhor (senhora) tem a liberdade de recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa e esta não lhe trará danos morais e/ou psicológicos.

Se o (a) senhor (a) aceitar a participar, irá avaliar barras de cereais quanto à cor, à textura, ao sabor, ao odor e à impressão global, e para tanto, irá preencher uma ficha de avaliação dos produtos. A análise sensorial está sendo realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás.

O (a) senhor (a) terá que ingerir, no máximo, 30 g de cada produto. O preenchimento desta ficha levará cerca de 10 minutos. As instruções para preenchimento serão dadas após o preenchimento deste termo. A ficha e os dados coletados serão de uso exclusivo desta pesquisa e de acesso limitado aos pesquisadores. Ficarão arquivados na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás por um período de cinco anos e após, serão incinerados.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais, pois os produtos passarão por análises microbiológicas antes da análise sensorial, garantindo segurança ao (à) senhor (senhora). Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Os riscos associados estão relacionados à possível alergia e/ou intolerância a algum dos ingredientes do produto: flocos de arroz, flocos de aveia, xarope de glicose, amendoim, lecitina, goma guar, essência de baunilha, mel e banana desidratada. Se você é diabético orienta-se a não realizar o teste.

Caso ocorra alguma reação adversa após o consumo do produto, o pesquisador responsável assumirá todos os danos provocados à saúde do indivíduo e tomará as providências necessárias, inclusive o encaminhamento para atendimento médico e este será feito através do acionamento da equipe de primeiros socorros especializada, o SAMU pelo telefone 192. O (a) senhor (a) terá direito de pleitear indenização em caso de danos decorrentes de sua participação na pesquisa.

O experimento prevê um período de repouso de 30 minutos para os sujeitos participantes da pesquisa após o consumo dos produtos, para garantir que se haja alguma reação adversa ele esteja no local para ser acompanhado. Possuímos uma sala em anexo preparada para um período de repouso com cadeiras, água mineral e bolachas de água e sal, desta forma o (a) senhor (a) poderá permanecer no local em repouso até que se sinta confortável para ir embora.

É garantido o sigilo das informações assegurando sua privacidade quanto aos dados confidenciais na pesquisa. Os resultados da avaliação dos provadores serão de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso restrito aos pesquisadores, e serão divulgados de forma conjunta, sem citar nomes de participante.

Ao participar desta pesquisa o (a) senhor (senhora) colaborará para o melhor conhecimento dos atributos sensoriais destes produtos e para o maior aproveitamento de subprodutos gerados pela indústria de milho, de forma que os pesquisadores se comprometem a divulgar os resultados obtidos. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa para participar da pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

**Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.**

\_\_\_\_\_  
**Alline Emannuele Chaves Ribeiro**

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_,  
 RG/CPF/n.º de matrícula \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo **BIOMASSA FIBROSA DO MILHO: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES**, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelos pesquisadores sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: Goiânia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nome e Assinatura: \_\_\_\_\_

**Apêndice 7.C.** Análise de variância (ANOVA) para umidade, da atividade de água, do volume específico (VE), da dureza, da saturação da cor (croma) e da tonalidade cromática (ângulo Hue) das barras de cereais experimentais elaboradas com a farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).

<b>Umidade</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,002985	5	0,000597	1146,320	0,000872
<b>Erro Total</b>	0,000001	2	0,000001	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,000000	0	0,000000	-	-
<b>Erro Puro</b>	0,000001	2	0,000001	-	-
<b>Total ajustado</b>	0,002986	7	0,000427	-	-
<b>Atividade de Água</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,002985	5	0,000597	1146,320	0,000872
<b>Erro Total</b>	0,000001	2	0,000001	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,000000	0	0,000000	-	-
<b>Erro Puro</b>	0,000001	2	0,000001	-	-
<b>Total ajustado</b>	0,002986	7	0,000427	-	-
<b>Volume Específico</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	0,009528	5	0,001906	817,0872	0,001223
<b>Erro Total</b>	0,000005	2	0,000002	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,000000	0	0,000000	-	-
<b>Erro Puro</b>	0,000005	2	0,000002	-	-
<b>Total ajustado</b>	0,009533	7	0,001362	-	-
<b>Dureza</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	145,3412	4	36,33531	2387,838	0,000014
<b>Erro Total</b>	0,0457	3	0,01522	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,0304	1	0,03041	3,993	0,183754
<b>Erro Puro</b>	0,0152	2	0,00762	-	-
<b>Total ajustado</b>	145,3869	7	20,76956	-	-
<b>Saturação da cor</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	1,915701	5	0,383140	355,3554	0,002809
<b>Erro Total</b>	0,002156	2	0,001078	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,000000	0	0,000000	-	-
<b>Erro Puro</b>	0,002156	2	0,001078	-	-
<b>Total ajustado</b>	1,917857	7	0,273980	-	-
<b>Tonalidade cromática (H°)</b>					
	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Modelo</b>	3,023926	4	0,755982	437,6942	0,000177
<b>Erro Total</b>	0,005182	3	0,001727	-	-
<b>Falta de ajuste</b>	0,000168	1	0,000168	0,0671	0,819887
<b>Erro Puro</b>	0,005013	2	0,002507	-	-
<b>Total ajustado</b>	3,029108	7	0,432730	-	-

**Apêndice 7.D.** Análise de variância (ANOVA) para aparência, cor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra das barras de cereais experimentais elaboradas com a farinha da biomassa fibrosa do milho (FBFM), flocos de arroz (FAR) e flocos de aveia (FAV).

<b>Aparência</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	7169,127	1	7169,127	3268,599	0,000000
<b>Tratamento</b>	7,453	2	3,727	1,699	0,186421
<b>Erro</b>	322,420	147	2,193	-	-
<b>Cor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	7732,860	1	7732,860	4537,846	0,000000
<b>Tratamento</b>	3,640	2	1,820	1,068	0,346339
<b>Erro</b>	250,500	147	1,704	-	-
<b>Aroma</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6208,167	1	6208,167	3485,070	0,000000
<b>Tratamento</b>	0,973	2	0,487	0,273	0,761327
<b>Erro</b>	261,860	147	1,781	-	-
<b>Textura</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	7790,407	1	7790,407	5399,292	0,000000
<b>Tratamento</b>	8,493	2	4,247	2,943	0,055808
<b>Erro</b>	212,100	147	1,443	-	-
<b>Sabor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6428,827	1	6428,827	2489,824	0,000000
<b>Tratamento</b>	7,613	2	3,807	1,474	0,232307
<b>Erro</b>	379,560	147	2,582	-	-
<b>Impressão Global</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6990,507	1	6990,507	5359,923	0,000000
<b>Tratamento</b>	9,773	2	4,887	3,747	0,025876
<b>Erro</b>	191,720	147	1,304	-	-
<b>Intenção de Compra</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	1994,727	1	1994,727	2393,672	0,000000
<b>Tratamento</b>	3,773	2	1,887	2,264	0,107547
<b>Erro</b>	122,500	147	0,833	-	-

**Apêndice 8.A.** Formulário de avaliação sensorial de barras de cereais da biomassa fibrosa do milho.

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – UFG PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG DOUTORADO EM AGRONOMIA															
Nome: _____ Idade: _____ Sexo: ( )F ( )M																
Data: ____/____/____.																
<b><u>AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BARRAS DE CEREAIS DA BIOMASSA FIBROSA DO MILHO</u></b>																
<p>Você está recebendo amostras de <b><u>BARRAS DE CEREAIS</u></b> com incremento da biomassa fibrosa do milho. Por favor, avalie, segundo a escala hedônica, o quanto você gostou ou desgostou dos atributos relacionados no quadro abaixo:</p>																
<b>Amostra</b>	<b>Aparência</b>	<b>Cor</b>	<b>Aroma</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Impressão Global</b>										
<b><u>Escala hedônica:</u></b>																
9 – Gostei muitíssimo																
8 – Gostei muito																
7 – Gostei moderadamente																
6 – Gostei ligeiramente																
5 – Nem gostei/Nem desgostei																
4 – Desgostei ligeiramente																
3 – Desgostei moderadamente																
2 – Desgostei muito																
1 – Desgostei muitíssimo																
<p>Baseado na avaliação das amostras acima, indique qual seria sua intenção se encontrasse estes produtos à venda, utilizando a escala abaixo.</p>																
<b><u>Escala de Intenção de Compra</u></b>																
(1) Certamente compraria	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Amostra</b></td> <td style="text-align: center;"><b>Intenção de Compra</b></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>						<b>Amostra</b>	<b>Intenção de Compra</b>								
<b>Amostra</b>							<b>Intenção de Compra</b>									
(2) Possivelmente compraria																
(3) Talvez comprasse/talvez não comprasse																
(4) Possivelmente não compraria																
(5) Certamente não compraria																
<b><u>OBSERVAÇÕES</u></b>																
_____																
_____																
<b>Obrigada pela atenção prestada e pela colaboração!</b>																
<b>Alline Emannuele Chaves Ribeiro</b>																

**Apêndice 8.B.** Análise de variância (ANOVA) para umidade, atividade de água, pH, acidez total, dureza, diferença de cor, croma e ângulo Hue de barra de cereais formulada com FBFM, FAV e FAR e armazenada a 25 e 35°C em função do tempo de armazenamento.

<b>Umidade</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6474,684	1	6474,684	240785,6	0,000000
<b>Temperatura</b>	3,002	1	3,002	111,6	0,000000
<b>Tempo</b>	25,828	6	4,305	160,1	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	1,986	6	0,331	12,3	0,000001
<b>Erro</b>	0,753	28	0,027	-	-
<b>Atividade de Água</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	14,12988	1	14,12988	1953269	0,000000
<b>Temperatura</b>	0,00087	1	0,00087	120	0,000000
<b>Tempo</b>	0,00598	6	0,00100	138	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	0,00025	6	0,00004	6	0,000472
<b>Erro</b>	0,00020	28	0,00001	-	-
<b>pH</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	1203,651	1	1203,651	8121161	0,000000
<b>Temperatura</b>	0,082	1	0,082	551	0,000000
<b>Tempo</b>	3,655	6	0,609	4110	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	0,079	6	0,013	89	0,000000
<b>Erro</b>	0,004	28	0,000	-	-
<b>Acidez Total</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	1074,352	1	1074,352	231662,5	0,000000
<b>Temperatura</b>	0,189	1	0,189	40,8	0,000001
<b>Tempo</b>	31,969	6	5,328	1148,9	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	1,522	6	0,254	54,7	0,000000
<b>Erro</b>	0,130	28	0,005	-	-
<b>Dureza</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	252476,5	1	252476,5	358107,5	0,00
<b>Temperatura</b>	351,1	1	351,1	498,0	0,00
<b>Tempo</b>	12634,4	6	2105,7	2986,7	0,00
<b>Temperatura *Tempo</b>	1415,0	6	235,8	334,5	0,00
<b>Erro</b>	19,7	28	0,7	-	-
<b>Varição da Cor (<math>\Delta E</math>)</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	497,6644	1	497,6644	5385,099	0,000000
<b>Temperatura</b>	3,2716	1	3,2716	35,401	0,000002
<b>Tempo</b>	123,1278	6	20,5213	222,056	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	3,9465	6	0,6578	7,117	0,000111
<b>Erro</b>	2,5876	28	0,0924	-	-

**Apêndice 8.B.** Análise de variância (ANOVA) para umidade, atividade de água, pH, acidez total, dureza, diferença de cor, croma e ângulo Hue de barra de cereais formulada com FBFM, FAV e FAR e armazenada a 25 e 35°C em função do tempo de armazenamento(continuação).

<b>Croma</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	25046,93	1	25046,93	438351,5	0,000000
<b>Temperatura</b>	1,23	1	1,23	21,6	0,000073
<b>Tempo</b>	20,70	6	3,45	60,4	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	0,88	6	0,15	2,6	0,042124
<b>Erro</b>	1,60	28	0,06	-	-
<b>Ângulo Hue</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	240854,0	1	240854,0	1385865	0,000000
<b>Temperatura</b>	9,3	1	9,3	54	0,000000
<b>Tempo</b>	242,7	6	40,5	233	0,000000
<b>Temperatura *Tempo</b>	7,3	6	1,2	7	0,000124
<b>Erro</b>	4,9	28	0,2	-	-

**Apêndice 8.C.** Análise de variância (ANOVA) para aparência, cor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra de barra de cereais formulada com FBFM, FAV e FAR e armazenada a 25 e 35°C.

<b>Aparência</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6986,579	1	6986,579	5624,977	0,000000
<b>Temperatura</b>	6,007	1	6,007	4,836	0,029690
<b>Tempo</b>	36,771	6	6,129	4,934	0,000145
<b>Temperatura*Tempo</b>	5,143	6	0,857	0,690	0,657987
<b>Erro</b>	156,500	126	1,242	-	-
<b>Cor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	7057,400	1	7057,400	5462,115	0,000000
<b>Temperatura</b>	2,314	1	2,314	1,791	0,183196
<b>Tempo</b>	34,200	6	5,700	4,412	0,000441
<b>Temperatura*Tempo</b>	3,286	6	0,548	0,424	0,861993
<b>Erro</b>	162,800	126	1,292	-	-
<b>Aroma</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6693,029	1	6693,029	5290,600	0,000000
<b>Temperatura</b>	0,029	1	0,029	0,023	0,880782
<b>Tempo</b>	30,171	6	5,029	3,975	0,001122
<b>Temperatura*Tempo</b>	1,371	6	0,229	0,181	0,981690
<b>Erro</b>	159,400	126	1,265	-	-
<b>Textura</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	5915,000	1	5915,000	3218,005	0,000000
<b>Temperatura</b>	8,257	1	8,257	4,492	0,036011
<b>Tempo</b>	67,400	6	11,233	6,111	0,000012
<b>Temperatura*Tempo</b>	9,743	6	1,624	0,883	0,509211
<b>Erro</b>	231,600	126	1,838	-	-
<b>Sabor</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6164,579	1	6164,579	2961,254	0,000000
<b>Temperatura</b>	5,207	1	5,207	2,501	0,116257
<b>Tempo</b>	53,471	6	8,912	4,281	0,000583
<b>Temperatura*Tempo</b>	3,443	6	0,574	0,276	0,947490
<b>Erro</b>	262,300	126	2,082	-	-
<b>Impressão Global</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	6432,864	1	6432,864	5443,525	0,000000
<b>Temperatura</b>	2,579	1	2,579	2,182	0,142128
<b>Tempo</b>	47,186	6	7,864	6,655	0,000004
<b>Temperatura*Tempo</b>	1,471	6	0,245	0,208	0,973893
<b>Erro</b>	148,900	126	1,182	-	-

**Apêndice 8.C.** Análise de variância (ANOVA) para aparência, cor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra de barra de cereais formulada com FBFM, FAV e FAR e armazenada a 25 e 35°C (continuação).

<b>Intenção de Compra</b>					
<b>Efeito</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercessão</b>	1857,857	1	1857,857	2780,166	0,000000
<b>Temperatura</b>	2,857	1	2,857	4,276	0,040711
<b>Tempo</b>	32,243	6	5,374	8,042	0,000000
<b>Temperatura*Tempo</b>	0,843	6	0,140	0,210	0,973028
<b>Erro</b>	84,200	126	0,668		