

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

APROVEITAMENTO DE COPRODUTO DE MILHO (*Zea
mays*) PARA PRODUÇÃO DE BARRA DE CEREAL

Autor: Milena Figueiredo de Sousa
Orientadora: Dr.^a Mariana Buranelo Egea

RIO VERDE – GO
Março– 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

APROVEITAMENTO DE COPRODUTO DE MILHO (*Zea
mays*) PARA PRODUÇÃO DE BARRA DE CEREAL

Autor: Milena Figueiredo de Sousa
Orientadora: Dr.^a Mariana Buranelo Egea

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de pesquisa em Pós-colheita e Processamento de Grãos e Vegetais.

Rio Verde – GO
Março – 2017

Figueiredo de Sousa, Milena

Cutter Aproveitamento de coproduto de milho (*Zea mays*) para produção de barra de cereal / Milena Figueiredo de Sousa. -- , Rio Verde. – 2017.
73f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, 2017. Orientadora: Dra. Mariana Buranelo Egea.

Bibliografia

1. composição química. 2. Compostos bioativos. 3.barra de cereal. I. Título.
II. Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde.

CDD

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**APROVEITAMENTO DE COPRODUTO DE MILHO (*Zea
mays*) PARA PRODUÇÃO DE BARRA DE CEREAL**

Autora: Milena Figueiredo de Sousa
Orientadora: Mariana Buranelo Egea

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

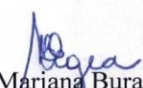
APROVADA em 07 de março de 2017.



Dr. Ailton Cesar Lemes
Avaliador externo
Universidade Federal do Ceará



Profª. Drª. Katiuchia Pereira Takeuchi
Avaliadora externa
Universidade Federal de Mato Grosso



Profª. Drª. Mariana Buranelo Egea
Presidente da banca
IF Goiano/Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me guiado e ter me dado forças para lutar por meus objetivos, apesar de tantos tropeços no caminho, obrigada pela saúde e pela persistência de nunca desistir dos meus sonhos.

À minha querida filha, Maria Clara Figueiredo Carrijo, por ser a minha maior motivação em querer ser uma pessoa melhor. Agradeço toda compreensão pela minha ausência, por todo amor e carinho que me dá, por ser o melhor presente que Deus me deu. Você é o grande amor da minha vida.

Aos meus pais, Zenaide Lima e Alberto C. de Sousa, agradeço por sempre estarem ao meu lado, dando forças e torcendo para que eu sempre consiga realizar os meus sonhos, por acreditarem em mim, até quando eu mesma não consigo. Obrigada pela educação que me permitiram ter e pela minha formação como ser humano.

Ao meu marido, Jean Sousa Silva, pela compreensão e paciência nesses anos de estudo e batalha, pela ajuda nos momentos que tanto precisei, por me motivar a não desistir e por acreditar na minha capacidade de vencer.

À minha orientadora, Mariana Buranelo Egea, pela sua competência, paciência em compreender minhas dificuldades, por toda orientação na realização do trabalho, por ser um grande exemplo de profissional.

A toda minha família, pela força, carinho, solidariedade e pela fé depositada em mim, a torcida para que eu pudesse sempre chegar mais longe.

Aos meus mestres, que contribuíram passando seus conhecimentos e servindo de referência como profissionais da ciência e educação, com certeza foram meus grandes exemplos.

As minhas colegas Keyla, Rafaiane, Beatriz e Daiane, por todo o auxílio durante os meses de estudo e realização do projeto, por cada palavra que confortou meu coração, por cada conselho, por toda ajuda pelas dificuldades que apareceram em meu caminho fossem diminuídas, por torcerem e contribuírem para a conclusão do meu projeto.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade de estudo e estar concretizando o meu sonho em ser mestre.

À Universidade Federal de Goiás, pelo o acolhimento e auxílio em algumas partes essenciais da pesquisa, com destaque ao Lab Multi - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos e ao Centro de Pesquisa em Alimentos, sou muito grata.

Ao Curso de Nutrição da Faculdade Morgana Potrich, por ser um motivador para que eu me queira cada vez mais ampliar meus conhecimentos e assim contribuir para a qualidade do curso. Estendendo também o agradecimento a Coordenadora do Curso e amiga, Nargella Carneiro por todo apoio, auxílio e por passar seus conhecimentos, contribuindo para meu aprendizado durante essa jornada.

À Faculdade Morgana Potrich (FAMP), pelo apoio, incentivo e compreensão durante esses meses de estudo, fazendo com que eu pudesse conciliar o com o trabalho.

Aos meus alunos pelo incentivo, torcida, paciência e por acreditarem em mim, por estarem ao meu lado nos momentos que solicitei. Sou muito orgulhosa de cada um de vocês, sei que ainda traçarão longos e vitoriosos caminhos.

Aos colegas de trabalho, que acompanharam minha trajetória, estiveram ao meu lado me dando suporte e força. Vocês são essenciais e com certeza me ajudaram até aqui.

À banca composta pelos professores Katiuchia Pereira, Takeuchi e Ailton Cesar Lemes, pela disponibilidade e contribuições para esse trabalho, com certeza enriquecerá e auxiliará ao meu aprendizado.

A todos que contribuíram de alguma maneira, que torceram, me incentivaram, motivaram, colocaram em suas orações e que estão ao meu lado, independente da situação.

Fica aqui meu agradecimento de todo coração a vocês.

BIOGRAFIA

Milena Figueiredo de Sousa, filha de Zenaide Lima de Figueiredo e Alberto Coelho de Sousa, nasceu em 18 de agosto de 1990 na cidade de Mineiros-Goiás.

Em junho de 2012, graduou-se em Nutrição pelo Centro de Ensino Superior Rezende e Potrich (Mineiros-GO).

Em maio de 2015, obteve o título de Especialista em Docência em Ensino Superior pela Faculdade de Educação e Cultura (FABEC/BRASIL) em Goiânia-GO.

Ainda, em maio de 2015, ingressou no Programa de Pós-graduação em Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal Goiano (Rio Verde-GO), atuando na linha de pesquisa em Pós-colheita e Processamento de Grãos e Vegetais.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Referências bibliográficas	3
2. OBJETIVOS	5
3. CAPÍTULO I	6
3.1 Introdução	9
3.2 Material e métodos	10
3.2.1 Obtenção das matérias-primas	10
3.2.2 Análises físico-químicas	10
3.2.3 Determinação de pH e acidez titulável total (ATT)	11
3.2.4 Açúcares Totais e Redutores	12
3.2.5 Determinação de Minerais	13
3.2.6 Compostos fenólicos totais (CFT) e carotenoides totais (CT)	13
3.2.7 Análise de atividade antioxidante	14
3.2.8 Fatores antinutricionais	15
3.2.9 Análises estatísticas	16
3.3 Resultados e discussão	16
3.3.1 Composição físico-química	16
3.3.2 Conteúdo mineral	18
3.3.3 Compostos fenólicos totais, carotenoides e atividade antioxidante	19
3.3.4 Fatores antinutricionais	21
3.4 Conclusões	22
3.5 Referências	23
4. CAPÍTULO II	29
4.1 Introdução	32
4.2 Material e métodos	33
4.2.1 Obtenção das matérias-primas	33
4.2.2 Elaboração da barra de cereal	34
4.2.3 Composição físico-química da barra de cereal	36

4.2.4 Propriedades físicas das barras	40
4.2.5 Análises microbiológicas	42
4.2.6 Análise sensorial	42
4.2.7 Análise estatística	44
4.3 Resultados e discussão	44
4.3.1 Composição físico-química da barra de cereal	44
4.3.2 Propriedades físicas das barras	49
4.3.3 Análise microbiológica	52
4.3.4 Análise Sensorial	53
4.4 Conclusão	57
4.5 Referências bibliográficas	57
5. Conclusão geral	61

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

CAPÍTULO I

Tabela 1. Preparo das diluições da solução padrão de glicose a 1 mg.mL ⁻¹ .	12
Tabela 2. Análise de pH, acidez titulável, açúcares totais e redutores.	17
Tabela 3. Macro e microminerais (mg 100g ⁻¹) das frações de farelo de milho.	19
Tabela 4. Compostos fenólicos totais (CFT), carotenoides totais e atividade antioxidante de frações de farelo de milho.	20
Tabela 5. Fatores antinutricionais das frações do farelo do milho.	21

CAPÍTULO II

Tabela 1. Quantidade de ingredientes (g) utilizados na produção das barras de cereais com farelo de milho.	36
Tabela 2. Composição físico-química e valor nutricional das barras de cereais em 0%, 10%, 25%, 40% e 55% de farelo de milho.	46
Tabela 3. Informação nutricional das barras de cereais.	49
Tabela 4. Parâmetros físicos das barras de cereais (0, 10, 25, 40 e 55%).	50
Tabela 5. Análise microbiológica das barras de cereais de farelo de milho (10, 25, 40 e 55%).	53
Tabela 6. Somatória das frequências atribuídas pelos julgadores.	53
Tabela 7. Comparações múltiplas entre os totais de ordenação das amostras de barras de cereais com diferentes proporções de farelo de milho.	54

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

CAPÍTULO I

- Figura 1. Esquema representativo das análises realizadas com o farelo de milho 10
- Figura 2. Aparelho agitador de peneiras modelo *Bertel* – vibração 8. 11
- Figura 3. Farelo de milho após a separação em peneiras, frações 2,0; 1,0; 0,5, 0,250 e 0,125 mm. 11
- Figura 4. Curva padrão de glicose. 13

CAPÍTULO II

- Figura 1. Fluxograma das análises realizadas com as barras de cereais. 34
- Figura 2. Esquematização do preparo das barras de cereais para as análises. 35
- Figura 3. Representação fotográfica da aferição de temperatura durante a cocção da preparação. 36
- Figura 4. Análise de densidade através de deslocamento de sementes de painço. 41
- Figura 5. Ficha de avaliação da análise sensorial – Teste afetivo por ordenação. 43
- Figura 6. Cabine de avaliação sensorial contendo a ficha de avaliação e as cinco amostras a serem avaliadas. 43
- Figura 7. Barras de cereais de 0, 10, 25, 40 e 55% de farelo de milho. 51
- Figura 8. Força de cisalhamento nas barras de cereal com farelo de milho em proporções de 0, 10, 25, 40 e 55%. 52
- Figura 9. Representação das respostas dos julgadores em relação a pergunta “gosta de alimentos integrais?”. 55
- Figura 10. Representação das respostas dos julgadores em relação a pergunta “gosta de barras de cereais?”. 56
- Figura 12. Frequência de ingestão de barra de cereais entre os julgadores. 56

RESUMO

SOUSA, MILENA FIGUEIREDO DE. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, março de 2016. **Aproveitamento de coproduto de milho (*Zea mays*) para produção de barra de cereal.** Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Buranelo Egea. Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Mayra Conceição Peixoto Martins Lima.

O farelo do milho é um coproduto gerado na extração do óleo do milho, esse coproduto apresenta nutrientes importantes para o organismo. O objetivo desse trabalho foi aproveitar o coproduto farelo do milho e analisar a composição química das diferentes frações do farelo do gérmen de milho e utilizar a fração de maior valor nutricional para a alimentação humana no desenvolvimento de uma barra de cereal. O farelo do gérmen de milho foi obtido por meio de doação por indústria de processamento de milho da região. O coproduto foi separado em cinco diferentes granulometrias por retenção nas peneiras. Foram realizadas análises químicas do farelo, como pH, acidez titulável, açúcares totais e redutor, atividade antioxidante, compostos fenólicos, carotenoides e fatores antinutricionais (inibidores de α -amilase, inibidores de tripsina, ácido fítico e capacidade de hemaglutinação). A fração 1,0 mm apresentou elevado valor nutricional e foi aplicada no desenvolvimento de uma barra de cereal, com a variação do farelo de milho em diferentes proporções. Foram produzidas cinco barras em 0, 10, 25, 40 e 55% de farelo em relação aos sólidos totais. As barras de cereais produzidas foram analisadas quanto a composição centesimal, gorduras saturadas e trans, sódio, características físicas e funcionais. Além disso, foi realizada análise sensorial utilizando o teste de ordenação. O farelo de milho mostrou teores significativos em compostos fenólicos e minerais, todas as frações apresentaram quantidades insignificantes de fatores antinutricionais, tornando viável a utilização desse coproduto pela indústria de alimentos. As barras de cereais com farelo de milho se mostraram ricas em proteínas, fibras e com baixo teor de calórico, a avaliação sensorial demonstrou boa aceitação por parte dos julgadores. O aproveitamento do coproduto de milho é interessante para a indústria de alimentos a fim de melhorar o valor nutricional de produtos.

Palavras-chave: composição química, antinutrientes, compostos bioativos, barra de cereal.

ABSTRACT

Corn bran is a by-product generated in the extraction of corn oil. The objective of this work is to take advantage of the corn germ meal and to analyze the chemical composition of the different fractions of corn germ meal and to use the fraction of the highest nutritional value for human consumption in the development of a cereal bar, since this one presents nutrients important for the organism. Corn germ meal was obtained by donation from the region's maize processing industry. The co-product was separated into five different granulometry by sieve retention. Chemical analyzes of the bran, such as pH, titratable acidity, total sugars and reducing factors, antioxidant activity, phenolic compounds, carotenoids and antinutritional factors were performed. The fraction that presented good nutritional value was applied in the development of a cereal bar, with the variation of corn germ meal in different proportions. Five bars were produced at 0, 10, 25, 40 and 55% of bran relative to the total solids. The characteristics of the cereal bars produced (centesimal composition, saturated and *trans* fats, sodium, physical and functional characteristics) were analyzed. The sensory analysis technique used was the ordering test. Corn meal showed significant levels of phenolic and mineral compounds when compared to the literature. All fractions showed insignificant amounts of antinutritional factors, making feasible the use of this co-product by the food industry. Cereal bars with corn bran were rich in protein, fiber and low calorie, and the sensorial evaluation showed good acceptance by the judges. The use of the corn co-product is interesting for the food industry in order to improve the nutritional value of products.

Key words: chemical composition, antinutrients, flour, cereal bar.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é uma gramínea, pertencente à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, gênero *Zea*, sua espécie é a *Zea mays L.* Estima-se que tenha surgido a mais de 10 mil anos na região do México ou América Central (MAGALHÃES; SOUZA, 2012).

Esse cereal é cultivado em grandes quantidades em todo o mundo (PETROVIC et al., 2016). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor mundial, em grande escala principalmente no Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A região Centro-Oeste é a maior produtora de milho do país, e o estado que mais produz esse cereal na região é o Mato Grosso, seguido de Goiás e Mato Grosso do Sul sua produção é importante para a indústria por produzir produtos para a alimentação humana, porém a maior parte do grão produzido é utilizado para alimentação animal (BRASIL, 2015a). Na safra 2014/15 o país produziu cerca de 84,7 milhões de toneladas de milho, recorde histórico e em 2015, foram exportadas 28,9 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2016).

Segundo Das e Singh (2015), o grão de milho é dividido em três frações, sendo: pericarpo, gérmen e endosperma em 9,17, 12,43 e 78,36% proporções, respectivamente. O milho é composto por carboidratos (68-73%), principalmente sob a forma de amido, com quantidades substanciais de proteína (8-12%), lipídios, vitaminas, minerais e fibra bruta (0,8-2,5%). Os fatores genéticos e ambientais (principalmente tratamentos culturais) criam uma variação significativa na quantidade e qualidade de cada um destes componentes. O grão de milho é considerado grande fonte de amido que é utilizado em todo o mundo em diversas aplicações, desde a indústria de alimentos, no desenvolvimento de nutracêuticos e até para produção de cosméticos (JAYARAM; KAPOOR; DHARMESH, 2015).

O interesse em pesquisas sobre compostos bioativos em vegetais, que tenham atividade antioxidantes, vem crescendo cada vez mais. Estudos epidemiológicos indicam que o consumo regular de componentes com atividade antioxidante está associado ao menor risco de doença cardiovascular, diabetes e câncer. O milho é um vegetal importante como fonte desses compostos bioativos, principalmente compostos fenólicos, carotenoides, antioxidantes e fibras (PETROVIC et al., 2016).

A alegação de propriedades funcionais de compostos bioativos é regulamentada pela resolução n. 18/1999 e n. 19/1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que alega que as propriedades funcionais dos nutrientes ou não nutrientes podem desempenhar nos processos metabólicos ou fisiológicos durante o crescimento, desenvolvimento e nas funções normais do organismo (BRASIL, 2015b).

São considerados coprodutos os resíduos gerados pela indústria através do processamento de grãos, de baixo custo, que muitas vezes são descartados de forma inadequada, provocando danos ao meio ambiente. O aproveitamento dos coprodutos é muito limitado, devido ao desconhecimento de sua composição nutricional e falta de dados sobre o desempenho deles na nutrição e na produção de alimentos. A análise da composição química desses resíduos de origem industrial é o ponto de partida para a utilização desses para o desenvolvimento de produtos alimentícios (LITZ et al., 2014). O farelo de milho é um coproduto oriundo de partículas grandes do grão através do processamento industrial (moinho seco) ou amido limpo (moinho úmido) (DAS; SINGH, 2015).

A utilização do coproduto farelo de milho, na alimentação humana, pode melhorar o valor nutricional de produtos alimentícios, sendo a grande tendência no momento à procura de produtos enriquecidos com substâncias que possuam compostos bioativos, principalmente pela conscientização dos consumidores quanto a qualidade de alimentação e a sua influência na saúde. O farelo é rico em fibra alimentar, ácidos graxos poli-insaturados e monoinsaturados, minerais, carotenoides, tocoferol e proteínas (CASTRO et al., 2011).

A fibra de milho é considerada uma rica fonte fibra dietética e substâncias antioxidantes, dentre elas, o ácido ferrúlico apresenta-se em grande quantidade em cereais, como o milho, atuando como potente antioxidante e proteção contra a oxidação lipídica, favorecendo o estado de saúde de indivíduos (BAUER et al., 2013). Os produtos alimentícios, incluindo a farinha de milho, farelo de milho, grãos secos são utilizados como importantes fontes alternativas de proteína (LIU; PAN, 2017).

Nos últimos tempos, as mudanças no estilo de vida, culturais e familiares, e também na carga horária de trabalho provocaram modificações nos hábitos alimentares, alterando as refeições tradicionais e o número de refeições por dia. Em oposto a essa transição alimentar, como resultado, há enorme crescimento no desenvolvimento de alimentos que fazem parte da dieta nestas situações e neste perfil se encaixam nas barras de cereais (MIRABALLES et al., 2014).

No desenvolvimento de barras de cereal, geralmente, aproveitam-se partes de cereais, frutas e castanhas, assim o uso dessas matérias-primas para o preparo desse produto evita o desperdício de partes de alimentos que possuem propriedades nutricionais importantes, sendo assim consideradas viáveis para o aproveitamento de coprodutos (SUHEM et al., 2015).

As barras de cereais são alimentos de consumo simples, demandam pouco ou nenhum preparo e por muito tempo seu valor nutricional foi pouco ressaltado. Classificados como produto de confeitaria, com formato retangular, vendida em embalagens individuais, seu mercado tem cada vez mais demonstrado alto crescimento (DEODATO et al., 2015). Para a elaboração de barras de cereal deve-se levar em consideração alguns fatores, como o tipo de cereal, o carboidrato apropriado, o enriquecimento com nutrientes e fibras, com a finalidade de otimizar o sabor e tempo de prateleira (SCOOT et al., 2011).

1. 1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, **AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA)**. Alimentos. Comissões e Grupos de Trabalho. Comissão Tecnocientífica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novo Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2015b.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Vegetal: Milho**. Brasília-DF, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 30 ago. 2015a.

CASTRO, M. V. L.; MENDONÇA, A. L.; SANTOS, G. G.; FROES, L. O.; FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V.; Fração gérmem com pericarpo de milho na alimentação humana: qualidade nutricional e aplicação tecnológica. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 41, n. 2, p. 213-219, abr./jun. 2011.

DAS, A. K. SINGH, V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize. **Journal of Functional Foods**. v. 13 , p. 363-374, 2015.

DEODATO, J. N. V. ARAÚJO, A. S. SEVERO, D. S. SILVA, C. C. M. ALVES, G. S. Produção e avaliação da qualidade das barras de cereais elaborada com farinha de facheiro/ **Revista Verde** (Pombal – PB – Brasil) v. 10, n.3, p.42-46, jul-set, 2015.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Artigo - 2016: um ano de extremos para a produção de milho. Estudos socioeconômicos e ambientais Gestão Estratégica. Novembro, 2016.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. Cultivo do Milho. **Sistema de Produção Embrapa** (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa.) 8ª ed., 2012.

GOIÁS. **Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás.** Ranking dos Municípios Goianos: 2009. Goiânia, SEPLAN, 2009.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Culturas temporárias e permanentes. **Prod. agric. munic.** Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013.

JAYARAM, S.; KAPOOR, S.; DHARMESH, S. M. Pectic polysaccharide from corn (*Zea mays* L.) effectively inhibited multistep mediated cancer cell growth and metastasis. **Chemico-Biological Interactions.** v. 235, 63–75, 2015.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A.; PIMENTA, C. C.; FAGUNDES, N. S.; FERREIRA, I. C.; GONÇALVES, M. F. Avaliação bromatológica e digestibilidade “in vitro” de rações para bovinos formuladas com coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico. **Vet. Not.**, Uberlândia, v.20, n. 2, p.42-47, jul./dez. 2014.

LIU, Z.; PAN, J. A practical method for extending the biuret assay to protein determination of corn-based products. **Food Chemistry.** v.224, p. 289–293, 2017.

MIRABALLES, M.; FISZMAN, S.; GÁMBARO, A.; VARELA, P. Consumer perceptions of satiating and meal replacement bars, built up from cues in packaging information, health claims and nutritional claims. **Food Research International.** v.64, p. 456–464, 2014.

PAES, M. C. D.; Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Circular Técnica: Embrapa Milho e Sorgo.** Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2006.

PETROVIC, M.; SO STARI C, T.; STOJANOVIC, M.; MILOJKOVIC, J.; MIHAJLOVIC, M.; STANOJEVIC, M.; STANKOVIC, S.; 2016. Removal of Pb²⁺ ions by raw corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent. **J. Taiwan Inst. Chem. Eng.** v.58, p. 407–416, 2016.

SCOTT, R.; DONOGHOE, M.; WATTS, G. F.; O'BRIEN, R.; PARDY, C.; TASKINEN, M. R., et al. Impact of metabolic syndrome and its components on cardiovascular disease event rates in 4900 patients with type 2 diabetes assigned to placebo in the field randomised trial. **Cardiovascular Diabetology**, v. 10, p. 102, 2011.

SUHEM, K.; MATAN, N.; MATAN, N.; DANWORAPHONG, S.; AEWSIRI, T. Improvement of the antifungal activity of *Litsea cubeba* vapor by using a helium–neon (He–Ne) laser against *Aspergillus flavus* on brown rice snack bars. **International Journal of Food Microbiology.** v.215 p.157–160, 2015.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar o coproduto do processamento de milho, o farelo de milho e verificar a viabilidade da utilização na produção de barra de cereal.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físico-químicas das frações de farelo de milho.
- Quantificar o teor de carotenoides, compostos fenólicos e atividade antioxidante nas frações do farelo de milho.
- Avaliar a presença de fatores antinutricionais (ácido fítico, inibição de α -amilase, inibidores de tripsina e capacidade de hemaglutinação) nas frações.
- Identificar a melhor fração do farelo de milho quanto às características físico-químicas e fatores antinutricionais.
- Desenvolver barra de cereal com a adição da fração escolhida;
- Determinar a composição química das barras de cereais.
- Analisar as características físicas das barras de cereais em relação à cor, textura (força de cisalhamento), densidade, comprimento, espessura, largura e massa.
- Determinar o perfil microbiológico das barras de cereais desenvolvidas.
- Realizar a análise sensorial das barras de cereal.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO DO COPRODUTO FARELO DE MILHO (*Zea mays*) COMO NOVO INGREDIENTE ALIMENTÍCIO

RESUMO - O milho é um cereal importante no cenário mundial e o seu processamento por moagem úmida dá origem diariamente a toneladas de farelo de milho que, embora seja nutricionalmente importante, é habitualmente desvalorizado. Caracterizar o farelo de milho é importante para salientar o seu potencial para a aplicação na indústria de alimentos, aumentando o valor nutricional de diversos produtos. O objetivo deste trabalho foi demonstrar o potencial do coproduto farelo de milho como uma nova fonte de nutrientes na dieta avaliando sua composição química (pH, acidez titulável, açúcares totais e redutores, minerais, compostos fenólicos em extração aquosa e etanólica, e carotenoides) e fatores antinutricionais (ácido fítico, inibidores de tripsina e capacidade de hemaglutinação). Os teores de pH encontrados nas cinco frações do farelo apresentaram entre 5,37-6,19 que foi semelhante com outras farinhas de subprodutos. A acidez se mostrou maior nas frações com menor granulometria (0,125; 0,250 e 0,5) e essas mesmas continham maiores quantidades de açúcares redutores. Todas as frações apresentaram valores importantes de conteúdo mineral (dentre eles, potássio, fósforo, zinco e magnésio). Foi possível verificar maiores teores de ferro nas frações 0,250 e 0,125 mm apresentando 4,47 e 4,71 (mg 100g⁻¹) respectivamente, com diferença significativa com as demais frações. Em relação ao teor de fósforo observou-se maiores quantidades nas frações 0,125, 0,250 e 0,5 mm, com menores valores nas frações 1,0 e 2,0 mm. As frações que mais se destacaram nos teores de compostos fenólicos, em extração aquosa foram 1,0 e 0,250 mm, em extração etanólica as frações 0,250 e 0,125 mm. Pequenos teores de carotenoides foram encontrados no FM. As frações apresentaram baixo fator antinutricionais, indicando o seu potencial para a aplicação em alimentos.

Palavras-chave: fatores antinutricionais, farelo, minerais, desenvolvimento de novos produtos.

CHARACTERIZATION OF CORN BRAN (*Zea mays*) CO-PRODUCTS AS A NEW FOOD INGREDIENT

ABSTRACT- Corn is an important cereal on the world stage and its processing by wet milling gives rise to tons of corn bran daily which, although nutritionally important, is usually devalued. The objective of this work was to demonstrate the potential of the corn bran byproduct as a new source of nutrients in the diet by evaluating its chemical composition (pH, titratable acidity, total and reducing sugars, minerals, phenolic compounds in aqueous and ethanolic extraction, and carotenoids) and Antinutritional factors (phytic acid, trypsin inhibitors and hemagglutination capacity). The pH values found in the five bran fractions presented between 5.37-6.19, similar to other by-product flours. The acidity was higher in the smaller fractions (0.125; 0.250 and 0.5) and these contained higher amounts of reducing sugars. All the fractions presented important values of mineral content (among them, potassium, phosphorus, zinc and magnesium). The fractions that were most outstanding in the phenolic compounds contents, in aqueous extraction were 1.0 and 0.250 mm, in ethanolic extraction the fractions 0.250 and 0.125 mm. Carotenoids were found in small amounts in the meal. The fractions presented satisfactory antinutritional properties to indicate their application in food. Characterizing corn bran is important to highlight its potential for application in the food industry by increasing the nutritional value of various products.

Keywords: Antinutritional factors, bran, minerals, development of new products.

3.1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um cereal utilizado na alimentação humana desde os primórdios por ser um alimento que fornece grande fonte de energia. É um dos cereais mais importantes para a comercialização, perdendo apenas para o grão de trigo e arroz (SOKRAB; AHMED; BABIKER, 2012). É o segundo cereal mais consumido no Brasil e um dos mais consumidos no mundo (SANTOS et al., 2015).

Sua aplicação é vasta através da indústria de alimentos, na produção de farinhas e fubás, grits cervejeiro, na extração do óleo, na confeitaria e panificação, principalmente na produção de produtos isentos de glúten (KARA; OZBEY; KABAK, 2015; ZABED et al., 2016).

Esse cereal é rico em moléculas antioxidantes, como compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e antocianinas, contribuindo para a manutenção da saúde (REDAELLI; ALFIERI; CABASSI; 2016). Há grande tendência ao consumo de alimentos integrais, pois são responsáveis por veicular diversos componentes essenciais à saúde, que além do efeito de “nutrir”, atuam melhorando o desempenho das funções fisiológicas. Nesse quadro, o milho é um cereal que atende a esta perspectiva, seu consumo frequente tem sido associado a diminuição do risco de doenças crônicas (DAS; SINGH, 2015).

O grão de milho é dividido em três frações, sendo: pericarpo, gérmen e endosperma em proporções 9,17; 12,43 e 78,36%, respectivamente. O gérmen de milho contém cerca de 18% de proteína, e seu farelo é um coproduto oriundo de partículas grandes do grão através do processamento industrial (moinho seco) ou amido limpo (moinho úmido) (DICKY, 2008; DAS, SINGH; 2015).

A viabilização de coprodutos da indústria processadora de milho para a alimentação humana pode ser considerada como estratégia atraente para reduzir os custos de alimentação. Apesar da grande utilização de alimentos com base no milho e farelo de milho, os dados sobre o seu valor nutritivo ainda são insuficientes (MALUMBA et al., 2015).

Devido a grande tendência em aproveitar coprodutos com finalidade de minimizar os impactos ao meio ambiente e melhorar o valor nutricional de diversas preparações, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o coproduto, farelo de milho, em

relação a sua composição química e fatores antinutricionais para viabilizar sua aplicação tecnológica.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Obtenção da matéria-prima

O farelo de milho (FM) foi cedido por uma agroindústria da região de Rio Verde, Goiás (Brasil) e obtido pelo processo de moagem seca. O coproduto foi recebido no Laboratório, onde foi separado em cinco granulometrias (aberturas da peneira de 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 mm) e cada fração armazenada separadamente em embalagem de plástico em geladeira (<10°C) para análises posteriores. A Figura 1 representa o fluxograma das análises realizadas com o farelo de milho.

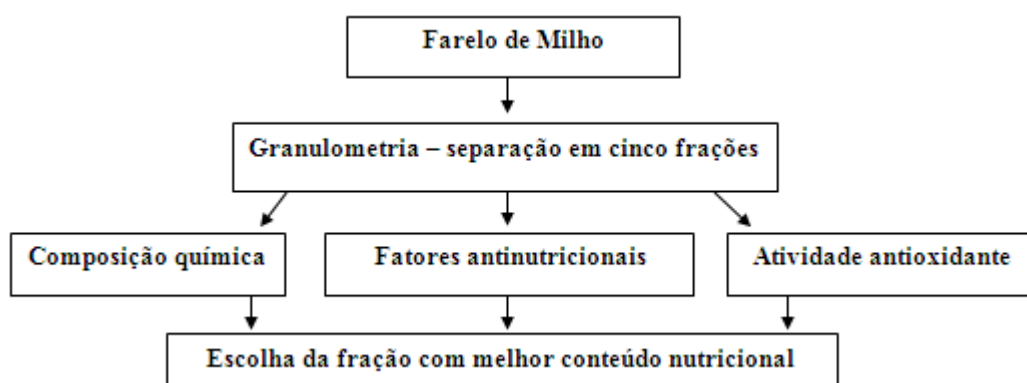


Figura 1. Esquema representativo das análises realizadas com o farelo de milho

3.2.2 Análises físico-químicas

As frações do FM foram separadas em agitador eletromagnético de peneiras modelo Bertel (CAEIRAS-SP),– utilizando vibração n°8, em peneiras de abertura 2,0, 1,0, 0,5, 0,250 e 0,125 mm por 10 minutos (Figura 2). Após este período obteve-se as frações retidas em cada peneira (Figura 3). Todas as peneiras foram lavadas com sabão e higienizadas em imersão em solução clorada (2,0%) anteriormente ao uso.



Figura 2. Aparelho agitador de peneiras modelo *Bertel* – vibração 8.



Figura 3. Farelo de milho após a separação em peneiras, frações 2,0, 1,0, 0,5, 0,250 e 0,125 mm.

3.2.3 Determinação de pH e acidez titulável total (ATT)

Para determinação do pH utilizou-se a metodologia da AOAC (1980). Pesou-se 5 g de amostra e adicionou-se 50 mL de água destilada, seguido de homogeneização. A leitura foi realizada em pHmetro de bancada (ProLab) devidamente calibrado com soluções tampão de 4,0 e 7,0. A mesma solução com a amostra foi utilizada para a determinação de acidez titulável total (ATT). A solução previamente preparada foi adicionada de duas gotas da solução de fenolftaleína e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,01 M, até a obtenção da coloração rósea para a determinação da ATT (AOAC, 1980).

3.2.4 Açúcares totais e redutores

Para análise de açúcares totais e redutores utilizou-se a metodologia de Bobbio e Bobbio (1995) com adaptações. Foi preparada uma curva padrão com diluições entre $0,10 \text{ g L}^{-1}$ e $1,00 \text{ g L}^{-1}$ de solução de glicose e o reagente ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Tabela 1). Em tubos de ensaio, adicionou-se as quantidades de solução de glicose e água destilada 1 mg mL^{-1} , e 1,5 mL do reagente DNS. Os tubos foram colocados em banho-maria (100°C) por 5 minutos e resfriados em banho com água fria. Adicionou-se 10 mL de água destilada em cada tubo e realizou-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 540 nm.

Tabela 1. Preparo das diluições da solução padrão de glicose a 1 mg/mL .

Concentração de glicose (g/L)	Volume da solução padrão de glicose (mL)	Volume de água destilada (mL)
0,10	1,0	9,0
0,20	2,0	8,0
0,30	3,0	7,0
0,40	4,0	6,0
0,50	5,0	5,0
0,60	6,0	4,0
0,70	7,0	3,0
0,80	8,0	2,0
0,90	9,0	1,0
1,00	10,0	0

Para determinação de açúcares foram pesados 5 g da amostra, em seguida foi adicionado 10 mL de água destilada para o preparo do extrato da amostra. Para análise de açúcares redutores utilizou-se 0,25 mL da amostra previamente preparada e adicionou-se 1,5 mL da solução DNS. A amostra foi incubada em banho-maria em 100°C por 5 minutos e em seguida resfriada em banho de gelo, e adicionou-se 10 mL de água destilada. Para o preparo do branco foi realizado o mesmo procedimento, no entanto, utilizando-se água no lugar da amostra.

Para a determinação de açúcares totais, foi utilizado 5 mL do extrato e adicionou-se uma gota de ácido clorídrico diluído (1 mL de ácido clorídrico em 10 mL de água destilada). Em seguida a solução foi incubada a 60°C por 30 minutos, seguido de resfriamento em banho de gelo, adicionando-se 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em 540 nm em triplicata.

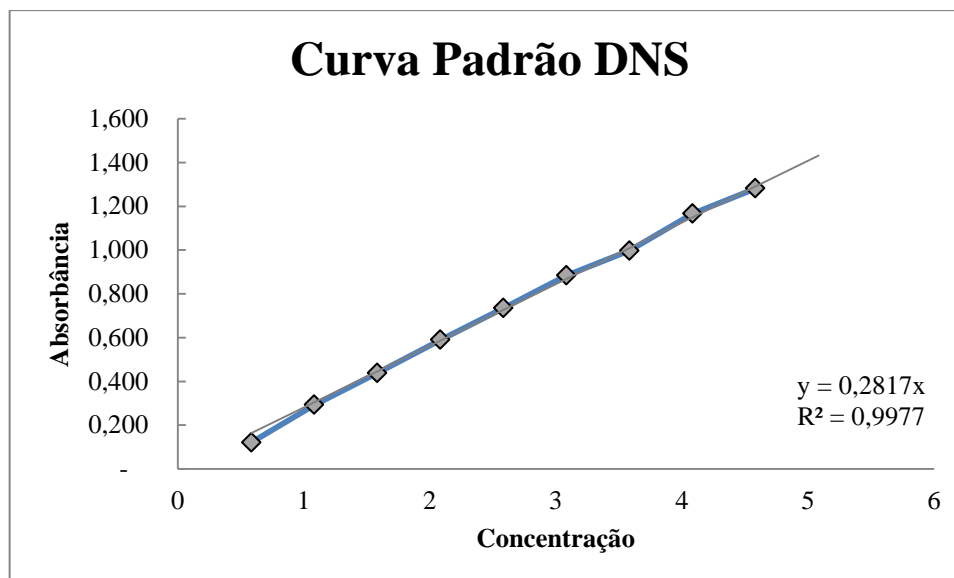


Figura 4. Curva padrão de glicose.

3.2.5 Determinação de minerais

A determinação de minerais nas amostras de farelo de milho foi realizada após a sua mineralização em solução digestora composta por ácido nítrico e ácido perclórico, conforme descrito por Malavolta (1997).

O cálcio (Ca), magnésio (Mg), e os micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinados por espectroscopia de absorção atômica de feixe duplo GBC-XPLORAA-2 (GBC, Laeside, Australia).

O potássio (K) foi determinado por fotômetro de chama B-462 (Micronal), o fósforo (P) e enxofre (S) foram determinados por colorimetria (espectrofotometria de absorção molecular); e o nitrogênio foi quantificado pelo método de Kjeldahl.

3.2.6 Compostos fenólicos totais (CFT) e carotenoides totais (CT)

A quantificação de Compostos Fenólicos Totais (CFT) foi realizada pela metodologia de Waterhouse (2002). As extrações dos compostos fenólicos foram realizadas em solução aquosa e etanólica. O extrato aquoso foi preparado utilizando 2g da amostra e 10 mL de água destilada e macerados por 2 minutos, em seguida a mistura foi filtrada em papel filtro Whatman (150 mm). Utilizou-se uma alíquota de 100 µL do extrato aquoso para a análise de CFT, na qual foi adicionada 500 µL do reagente Folin-

Ciocalteu, em seguida foram acrescentados 7,4 mL de água destilada, seguindo em repouso por 1 minuto. Logo após adicionou-se 10 mL de uma solução de carbonato de sódio 15% e foi deixado em repouso por 2 minutos. Em seguida, a solução foi homogeneizada e armazenada em repouso em ambiente escuro por 2 horas e a leitura realizada a 720 nm. A leitura do branco contendo todos os reagentes (Folin-Ciocalteu, água destilada e solução de carbonato de sódio), com exceção da amostra. Utilizou-se uma curva padrão de ácido gálico com soluções de concentrações de 10 a 350 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ e expressa como mg de equivalentes de ácido gálico por 100g de farelo ($\text{EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Para a extração em solução etanólica realizou-se o mesmo procedimento descrito para o extrato aquoso, com a substituição da água destilada por 10 mL de álcool etílico.

Para análise do conteúdo de carotenoides totais foram extraídos 1 g em 12,5 mL de solução contendo acetona:etanol (1:1) com a adição de 200 mg^{-1} de BHT (2.6-ditert-butil-4-metil fenol) no escuro. A amostra foi filtrada em papel de filtro (Whatman 150 mm), lavando-se até a descoloração do resíduo. O volume foi ajustado para 100 mL, e a absorbância foi medida utilizando um espectrofotômetro (Hewlett-Packard) (TALCOOT; HOWARD, 1999). Carotenoides totais foram calculados de acordo com Gross (1991) usando a equação 1, em que A é a absorbância a 470 nm, V é o volume total do extrato, um 1% é o coeficiente de extinção para uma mistura de solventes arbitrariamente fixada, e L é o peso da amostra em gramas.

$$\text{Carotenoides totais} = (AV \times 10^6) \cdot (A \text{ 1\%} \times 100 \text{ L}) \quad (\text{Equação 1})$$

3.2.7 Avaliação da atividade antioxidante

Para determinação da atividade antioxidante foi realizado o procedimento descrito por Larrauri et al. (1997). Utilizou-se 2g da amostra em béquer de 100 mL, 40 mL de metanol 50%, sendo homogeneizado e deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. A mistura foi centrifugada a 15.000 rpm durante 15 minutos e transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 100 mL. A partir do resíduo da primeira extração, homogeneizou-se 40 mL de solução de acetona 70% e deixou descansar por 60 minutos. Centrifugou-se novamente a 15.000 rpm durante 15 minutos, e transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e o volume foi ajustado para 1100 mL com água destilada.

A partir do extrato obtido, os tubos de ensaio foram preparados, em triplicata. Em local escuro foi transferido uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio de 3,9 mL do radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 60 μM , e homogeneizado em agitador de tubos. A solução extratora (álcool metílico, acetona e água) foi utilizada como controle (álcool metílico para calibrar o espectrofotômetro) e foi feita a leitura em 515 nm (LARRAURI et al., 1997).

3.2.8 Avaliação dos fatores antinutricionais

A análise de inibidores de tripsina foi determinada segundo metodologia descrita por Kunitz e modificada por Arnon (1970). Extratos das amostras (1%, p/v) foram preparados em tampão 0,1 mol L⁻¹ pH 7,6, sob agitação a 4 °C por 30 minutos. 500 μL de extrato foram adicionados a 400 μL de tampão fosfato 0.1 mol L⁻¹ pH 7,6 e 100 μL de solução de tripsina 0,5 mg mL⁻¹. A solução foi incubada por 10 minutos a 37°C e posteriormente adicionou-se 1 mL de solução de caseína (p/v), deixando reagir por mais 10 minutos à 37°C.

A reação foi interrompida com a adição de 3 mL de ácido tricloroacético (10% v/v) e os tubos deixados à temperatura ambiente por 30 minutos. Posteriormente, os tubos foram centrifugados a 5000 rpm por 10 minutos e a leitura da absorbância realizada em comprimento de onda de 280 nm em espectrofotômetro. Uma unidade de enzima (UE) é definida como sendo alteração de 0,1 na absorbância a 280 nm. A unidade de inibição (UIT, UI mg⁻¹) foi determinada pela diferença entre a unidade de enzima sem extrato e unidade de enzima com extrato.

A atividade dos inibidores de α -amilase foi determinada de acordo com Deshpande et al (1982), usando amido como substrato para a enzima. Uma unidade de inibição foi determinada como a quantidade de inibidor capaz de inibir uma unidade de α -amilase.

O conteúdo de ácido fítico presente nas frações de farelo de gérmen foi determinado pelo método descrito por Latta e Eskin (1980) com modificações na resina DOWEX-AGX-4 de acordo com Ellis e Morris (1986). As alterações na absorbância foram analisadas a 500 nm e comparadas com uma curva padrão de ácido fítico.

A capacidade de hemaglutinação das farinhas foi determinada usando sangue de coelho de acordo com a metodologia descrita por Moreira e Perrone (1977), com

algumas modificações. Os extratos das farinhas (1%, p/v) foram diluídos com solução salina $2,700\text{mg.mL}^{-1}$, 200 μL de uma suspensão de eritrócitos de coelho a 2% (v/v) foi adicionada a igual volume de extrato (nas diferentes diluições) e incubada a 37°C por 30 minutos. Os tubos foram centrifugados a 3000 rpm por 1 minutos e avaliados a olho nu quanto a presença de aglutinação.

3.2.9 Análises estatísticas

Todas as análises foram realizadas em triplicatas. Aos resultados foi aplicada análise de variância (ANOVA) seguida de teste de *Tukey* foi aplicado para comparação das frações de farelo de milho por análise com nível de significância de 5%.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Composição físico-química das frações de FM

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados de pH, ATT, açúcares totais e redutores das frações de FM. Pode-se verificar que as frações 0,125 e 0,250 mm apresentam pH mais elevados (6,18 e 6,19, respectivamente). A fração com menor valor de pH foi a 2,0 mm com 5,37. Desta forma, as frações com menores granulometrias apresentaram pHs mais altos. Farinhas de mandioca apresentaram valores de pH de 6,31 e 6,72 (ROSALES-SOTO, 2016) e farinhas de noz tigrada (*Cyperus esculentus L.*) do tipo amarela e preta valores apresentaram pHs de 7,05 e 7,42, respectivamente, que foram superiores aos valores encontrados para FM (OCLOO; OKYERE; ASARE, 2014). Valores semelhantes aos encontrados nesse trabalho foram analisados em farinhas de subprodutos de palmito (*Bactris gasipaes Kunth*), obtiveram valores de 5,76 – 6,02 (BOLANHO et al., 2014).

Valores inferiores foram apresentados para farinha feita de casca e bagaço de kiwi (*Actinidia deliciosa*) (3,0 – 4,0) (SOQUETTA et al., 2016) e para farinhas produzidas de resíduos de acerola (*Malpighia glabra L.*) (3,69) (PEREIRA et al., 2013).

Foi possível verificar que as frações 0,125; 0,250 e 0,5 mm apresentam a acidez mais elevada, sem diferença significativa entre elas. As maiores frações demonstraram menores teores de acidez, sendo 1,77 (2,0 mm) e 1,53 (1,0 mm) NaOH 100 g⁻¹. A acidez encontrada em três frações (0,125, 0,250 e 0,5mm) do farelo estão acima do que é recomendado para farinha pela legislação brasileira (2 mL NaOH 100 g⁻¹), que indica a farinha apresentar boa qualidade (BRASIL, 1978). Andrade et al. (2015) relatou acidez de 6,02 NaOH 100 g⁻¹ para farinha desmucilada de taro (*Colocasia esculenta*) maior do que o encontrado para FM.

A avaliação da acidez em alimentos é importante porque através dela podem obter dados sobre o processamento e o estado de conservação, visto que teores elevados indicam provável contaminação microbológica (OCLOO; OKYERE; ASARE, 2014; ANDRADE et al., 2015).

Assim como ocorreu com o pH, as quantidades mais elevadas de açúcares totais (Tabela 2) foram encontradas nas menores granulometrias do farelo de milho, com valores de 7,99; 8,75 e 7,42 g 100g⁻¹ para as frações 0,125; 0,250 e 0,5 mm, respectivamente. O maior teor de açúcares redutores foi encontrado na fração 0,250 mm (8,33 g 100g⁻¹) e menores quantidades foram encontradas nas frações 1,0 (2,69 g 100g⁻¹) e 2,0mm (2,40 g 100g⁻¹).

Tabela 2. Análise de pH, acidez titulável, açúcares totais e redutores das frações de farelo de milho.

		Granulometria (mm)				
		0,125	0,250	0,5	1,0	2,0
pH		6,19±0,02 ^a	6,18±0,01 ^a	6,04±0,00 ^b	5,63±0,01 ^c	5,37±0,02 ^d
Acidez	total	2,25±0,41 ^{ab}	2,61±0,02 ^a	2,77±0,21 ^a	1,77±0,60 ^{bc}	1,53±0,09 ^b
	titulável*					
Açúcares	totais	7,99±0,03 ^b	8,75±0,04 ^a	7,42±0,01 ^b	5,24±0,02 ^c	4,06±0,02 ^d
Açúcares	redutores	7,14±0,02 ^b	8,33±0,03 ^a	6,46±0,01 ^c	2,69±0,00 ^d	2,40±0,00 ^d

Valores constituem média ± desvio-padrão de três amostras. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p>0,05). *O valor da acidez titulável está expresso em gNaOH 100 g⁻¹. Os valores de açúcares totais e redutores estão expressos em g 100g⁻¹.

Prado et al. (2014) analisaram açúcares totais e redutores em três subprodutos sendo a casca do coco (3,57-3,43 g 100g⁻¹, respectivamente), fibra da palma (1,74-1,54 g 100g⁻¹, respectivamente) e semente de uva (0,70-0,65 g 100g⁻¹, respectivamente). As frações de FM que foram avaliadas neste trabalho, apresentam maiores quantidades de açúcares totais em relação aos três subprodutos, exceto pela casca de coco. O mesmo ocorreu para mucilagem proveniente do rizoma de taro (*Colocasia esculenta*) (com valores de 3,54 g 100g⁻¹ e 1,65 g 100g⁻¹ para açúcares totais e redutores, respectivamente) (ANDRADE et al., 2015).

3.3.2 Conteúdo mineral

Na Tabela 3, estão apresentados o conteúdo de macro e microminerais das frações de FM. Foi possível verificar maiores teores de ferro nas frações 0,250 e 0,125 mm apresentando 4,47 e 4,71 (mg 100 g⁻¹) respectivamente, com diferença significativa com as demais frações. Em relação ao teor de fósforo observou-se maiores quantidades nas frações 0,125, 0,250 e 0,5 mm, com menores valores nas frações 1,0 e 2,0 mm. Dentre o conteúdo de cálcio, a fração com menor conteúdo foi a fração 2,0 mm (26,67 mg 100 g⁻¹). Em relação ao potássio pode-se verificar que as frações com menores granulometrias apresentaram teores maiores, sendo elas 0,5; 0,250 e 0,125 mm (793,33; 870,00 e 760,60 mg 100 g⁻¹). Os valores encontrados neste trabalho para potássio e fósforo foram maiores do que haviam sido relatados por Teixeira et al. (2016) para farinhas de inhame roxo (*Colocasia esculenta*) (134,33 mg 100 g⁻¹ e 91,67 mg 100 g⁻¹ para potássio e fósforo, respectivamente).

Conteúdo elevado de magnésio foi encontrado para a fração 0,250 mm (306,67 g 100 g⁻¹) e menor na fração 2,0 mm (93,33 g 100 g⁻¹). Variações no conteúdo de minerais no milho podem ser devido a fatores genéticos e/ou ambientais (SOKRAB et al., 2011). Em relação ao teor de enxofre pode-se avaliar que não houve diferença significativa entre as frações 2,0; 0,5 e 0,250 mm, e a fração 0,125 foi a que apresentou menores teores, com 143,33 mg 100 g⁻¹. O teor de magnésio e o cobre foram maiores na fração de granulometria de 2,0 mm.

Tabela 03. Macro e microminerais (mg 100g⁻¹) das frações de farelo de milho.

	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,250 mm	0,125 mm
<i>Macrominerais</i>					
N	1400,00 ^d	1370,00 ^d	2100,00 ^a	1970,00 ^b	1750,00 ^c
P	260,00 ^d	353,33 ^c	710,00 ^a	820,00 ^b	706,67 ^b
K	376,67 ^d	487,67 ^c	793,33 ^b	870,00 ^a	760,00 ^b
Ca	26,67	33,33	30,00	33,33	30,00
Mg	93,33 ^d	130,00 ^c	266,67 ^b	306,67 ^a	256,67 ^b
S	163,33 ^{ab}	166,67 ^a	146,67 ^{ab}	163,33 ^{ab}	143,33 ^b
<i>Microminerais</i>					
Fe	2,72 ^c	2,48 ^c	3,65 ^b	4,47 ^a	4,71 ^a
Mn	0,96 ^a	0,80 ^{bc}	0,84 ^b	0,82 ^{bc}	0,76 ^c
Cu	0,59 ^a	0,40 ^b	0,43 ^b	0,48 ^{ab}	0,45 ^b
Zn	2,33 ^b	2,59 ^b	3,78 ^a	3,85 ^a	3,96 ^a

Fonte: ARAÚJO, 2017.

As frações 0,5; 0,250 e 0,125 mm apresentaram maiores teores de zinco, não apresentando diferença significativa entre as mesmas, diferindo ($p < 0,05$) das frações 2,0 e 1,0 mm. Os resultados encontrados de zinco nas frações 1,0; 0,5; 0,250 e 0,125 mm foram superiores ao de farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) (2,48 mg 100 g⁻¹) (Li e Zhu, 2016). As frações 0,5; 0,250 e 0,125 mm (266,67; 306,67 e 256,67 g 100 g⁻¹, respectivamente) também apresentaram valores maiores conteúdos de magnésio quando comparados aos valores da literatura. As deficiências nestes elementos têm efeitos característicos no organismo, como, a falta de zinco causa úlceras na pele e imunidade deprimida, a deficiência de cobre causa anemia (CAMPBELL, 2017).

A fração 2,0 mm apresentou teor elevado de manganês diferindo significativamente em relação as demais, o manganês é importante pois auxilia na formação de tecido conjuntivo e ósseo, no crescimento e regulação do metabolismo de aminoácidos, colesterol e carboidratos (FREITAS; SILVA; SILVA, 2016). Os minerais possuem fundamental importância no desempenho das funções básicas do corpo, contribuindo para uma vida saudável e prolongada (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017).

3.3.3 Compostos fenólicos totais, carotenoides e atividade antioxidante

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados obtidos para CFT, carotenoides totais e atividade antioxidante das frações de farelo de milho. Em solução aquosa, o teor de CFT foi menor nas frações 1,0; 0,5 e 0,250 mm (59,92; 56,50 e 58,17 mg EAG 100 g⁻¹, respectivamente) do que nas outras frações, sem diferença significativa entre elas. Já as frações 2,0 e 0,125 apresentaram menores teores de CFT, diferindo

significativamente ($p < 0,05$) com as outras frações, sendo a fração 0,125 mm com nível mais baixo ($28,67 \text{ mg EAG } 100\text{g}^{-1}$).

Foi possível verificar na extração etanólica, que as frações 1,0; 0,250 e 0,125 mm obtiveram maiores valores de CFT ($53,09$; $72,70$ e $66,28 \text{ mg EAG } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente) sem diferença significativa entre elas. A fração 0,5 mm apresentou menores teores de CFT, apresentando diferença significativa com as demais frações avaliadas. Foi possível verificar que o perfil entre os valores de CFT de acordo com o tipo de extrato utilizados mostraram-se diferentes.

Tabela 4. Compostos fenólicos totais (CFT), carotenoides totais e atividade antioxidante de frações de farelo de milho.

	0,125	0,250	0,5	1,0	2,0
CFTa (mg EAG 100 g^{-1})	$27,00 \pm 3,78^{\text{cB}}$	$57,03 \pm 2,96^{\text{aB}}$	$56,73 \pm 0,93^{\text{aA}}$	$59,73 \pm 0,48^{\text{aA}}$	$34,25 \pm 0,50^{\text{bB}}$
CFTe (mg EAG 100 g^{-1})	$66,28 \pm 5,38^{\text{aA}}$	$72,70 \pm 1,67^{\text{aA}}$	$40,89 \pm 1,67^{\text{cB}}$	$53,09 \pm 4,35^{\text{bA}}$	$49,31 \pm 1,55^{\text{bcA}}$
Carotenoides Totais ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$3,56 \pm 0,39^{\text{c}}$	$3,84 \pm 0,23^{\text{c}}$	$6,47 \pm 0,22^{\text{ab}}$	$4,79 \pm 0,40^{\text{bc}}$	$7,68 \pm 1,27^{\text{a}}$
AAT ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	$0,183 \pm 0,01^{\text{a}}$	$0,189 \pm 0,00^{\text{a}}$	$0,162 \pm 0,02^{\text{ab}}$	$0,153 \pm 0,01^{\text{b}}$	$0,151 \pm 0,01^{\text{b}}$

CFTa – Compostos fenólicos totais extração aquosa. CFTe – Compostos fenólicos totais extração etanólica. AAT – Atividade Antioxidante Total. Média \pm desvio padrão. Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes possuem diferença significativa ($p < 0,05$).

Lopez-Martinez (2009) encontrou maiores teores de compostos fenólicos totais, em seu estudo com 18 fenótipos de milho americano encontrou níveis de fenólicos entre 136 - $272 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ em farinha de milho. O farelo de milho, independente da fração avaliada, apresentou maior teor de CFT que arroz branco ($7 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$) (Zhang et al., 2010) e farelo de trigo mourisco ($27 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$) (Li et al., 2016).

As frações que apresentaram maiores valores de carotenoides foram as frações 0,125, 0,250 e 0,5 mm com $7,68$; $4,79$ e $6,47 \mu\text{g g}^{-1}$ do farelo respectivamente. As frações com maior granulometria (1,0 e 2,0 mm) foram as que demonstraram menores teores de carotenoides, entretanto, todas as frações apresentaram valores acima dos que encontrados por Ndolo e Beta (2013) em gérmen de milho ($3,19 \mu\text{g g}^{-1}$).

Zilic et al. (2015) mostraram a variação de carotenoides no milho, que foi de $20 \mu\text{g g}^{-1}$ em milho branco a $24 \mu\text{g g}^{-1}$ em milho amarelo e esses resultados são superiores aos encontrados para farelo de milho. Pesquisas têm comprovado a importância dos carotenoides como potente antioxidante e na redução do risco de desenvolvimento de

diversas doenças relacionadas à oxidação lipídica (MONEGO; ROSA; NASCIMENTO, 2017).

Em relação à atividade antioxidante total, observou-se que as frações com menor granulometria obtiveram maiores resultados para esta análise, sendo $0,183 \mu\text{g mL}^{-1}$, $0,189 \mu\text{g mL}^{-1}$ e $0,162 \mu\text{g mL}^{-1}$ para 0,125; 0,250 e 0,5 mm, respectivamente. Conforme a granulometria das frações diminuiu foi possível perceber que houve a diminuição da atividade antioxidante. Compostos antioxidantes naturais podem ajudar a proteger e retardar a causa da diabetes e da artrite, incluindo o controle do peso e aceleração do metabolismo no corpo (CHACKO et al., 2010).

3.3.4 Fatores antinutricionais

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados obtidos para as análises dos fatores antinutricionais das frações do farelo do gérmen de milho. O teor de inibidores de tripsina variou entre 1,88 a 3,08 UI.mg⁻¹ e foram próximos aos resultados relatados por BATISTA et al. (2010) para farinha de feijões (4,64 UI.mg⁻¹).

Tabela 05. Fatores antinutricionais das frações do farelo do milho.

	0,125 mm	0,250 mm	0,5 mm	1 mm	2 mm
Inibidores de tripsina (UI mg ⁻¹)	2,31 ^{bc}	2,07 ^{bc}	2,65 ^{ab}	1,88 ^c	3,08 ^a
Unidade de inibição de tripsina (UIT, %)	15,22 ^{bc}	13,62 ^{bc}	17,48 ^{ab}	12,39 ^c	20,28 ^a
Inibidores de α -amilase (UI mg g ⁻¹)	67,15 ^a	63,13 ^a	0,34 ^b	1,21 ^b	1,99 ^b
Ácido fítico (mg g ⁻¹)	47,84 ^a	14,25 ^b	6,85 ^c	5,28 ^d	0 ^e
Atividade de hemaglutinação	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus

UI: unidade de inibição; Aus: ausente.

Foi possível observar que o teor de ácido fítico aumentou conforme o tamanho da abertura da peneira diminuiu e foi menor do que o que havia sido relatado para farinha de palma (7,62 mg g⁻¹) (VIEIRA et al., 2009) e palmito (6,66 e 6,34 mg g⁻¹) (BOLANHO; DANESI; BELÉIA, 2013). Fukuji et al. (2008) havia relatado que a maior presença de ácido fítico ocorre no gérmen do milho que pode explicar o maior valor de ácido fítico ocorrer nas frações das peneiras de menor abertura. Ácido fítico é considerado um fator antinutricional por formar complexos com proteínas e minerais, especialmente os cátions de potássio, de magnésio, de cálcio, de ferro e de zinco,

diminuindo sua biodisponibilidade. No entanto, esta propriedade confere ao ácido fítico função antioxidante pela sua capacidade quelante de ferro bloqueando as possibilidades do mineral catalisar a formação de grupos hidroxilo e esta propriedade resulta em benefícios para a saúde humana (JENAB, THOMPSON, 2002).

As maiores quantidades de inibição de α -amilase foram encontradas nas frações 0,125 e 0,250 mm (67,15 e 63,13 UI mg⁻¹, respectivamente), com diferença significativa entre as outras frações.

Não foi detectada atividade hemaglutinante nas frações de farelo de milho, que representa bom resultado, a aglutinação de células sanguíneas diminui a eficiência do sistema de transporte de oxigênio, entre outros fatores (NAVES et al., 2010). Esse resultado encontrado pode indicar que nas amostras não há lectina ou proteínas dessa classe, que podem induzir a hemaglutinação (CHEVREUIL et al, 2009).

3.4 CONCLUSÕES

As frações de milho mostraram-se com potencial para aplicação em alimentos, demonstraram possuir composições químicas e nutricionais que viabilizam suas utilizações na dieta humana e na indústria de alimentos, podendo contribuir como fontes alternativas de nutrientes e substâncias bioativas. O farelo se mostrou rico em conteúdo mineral, mostrando importância o potássio (870 mg 100 g⁻¹), o fósforo (820 mg 100 g⁻¹), zinco (3,96 mg 100 g⁻¹) e o magnésio (306,67 mg 100 g⁻¹) estão em quantidades maiores do que em relação a outros coprodutos. Nenhuma fração apresentou alto conteúdo de fatores antinutricionais e não foi detectada atividade hemaglutinante, salientando ainda mais o seu potencial de aplicação em produtos alimentícios. Foi possível verificar a presença de compostos antioxidantes, a fração 0,250 mm apresentou 0,189 mg mL⁻¹ de atividade antioxidante total e 72,70 mg EAG 100 g⁻¹, substâncias importantes para a os processos metabólicos.

Esse trabalho foi importante para caracterizar o farelo de milho, apesar de poucos estudos encontrados possibilitam o uso do farelo à alimentação, essa pesquisa pode contribuir para a inovação e aproveitamento desse coproduto. A fração que demonstrou elevado valor nutricional e bom rendimento através da granulometria foi a 1,0, sendo viável a sua utilização para o desenvolvimento de produtos, dentre eles, barras de cereais.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. A. C. C. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Methods of the American Association of Cereal Chemists (Method 66-20), 11^a ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1995.

ABDUALRAHMAN, M. A. Y.; MA, H.; YAGOUB, A. E. A.; ZHOU, C.; ALI, A. O.; YANG, W. Nutritional value, protein quality and antioxidant activity of Sudanese sorghum-based kissra bread fortified with bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) seed flour. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. 2017.

ABMILHO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO). **Milho: Riqueza/Produtividade; O cereal que enriquece a alimentação humana**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho>> Acesso em: 22 fev. 2016.

ALVIM, I. D.; SGARBIERI, V. C.; CHANG, Y. K. Development of extruded mixed flours based on corn flour, yeast derivatives and casein. **Food Science and Technology**, v. 22, n. 2, p. 170-176, 2002.

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.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Aprova o "Regulamento Técnico Para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos". **RESOLUÇÃO DE DIRETORIA COLEGIADA - RDC N° 263**, DE 22 DE SETEMBRO, 2005.

ARNON, R. Papain. Methods in Enzymology, 19, 226–244. Association of Official Analytical Chemists (2000). **Official Methods of Analysis**. Washington, DC: AOAC, 1970.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. Ed 13, p. 109, Washington, 1980.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 286-290, 2010.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 794-799, 2010.

BAUER, J. L. HARBAUM-PIAYDA, B. STOCKMANN, H. SCHWARZ, K. Antioxidant activity of corn fiber and wheat bran extracts and derivatives. **Food Science and Technology**. v. 50, p.132-138, 2013.

BOBBIO, F. O., BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 2 ed. São Paulo, Varela, 1995.

BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELÉIA, A. D. Characterization of flours made from peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) by products- as a new food ingredient. **Journal of food and nutrition research**. v. 53, p.51-59, 2014.

BOLANHO, B. C.; DANESI, E. D. G.; BELÉIA, A. P. Peach Palm (*Bactris gasipaes* kunth) Characterization and the Potential of by-Products Flour Processing. **Food Sci. Technol. Res.**, v.19 n.6, p. 1061 – 1069, 2013.

BRASIL, **AGÊNCIA BRASILEIRA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA)**. Resolução - CNNPA nº 12. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, 1978.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2006.

BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CRUZ, C. P.; XAVIER, S. A. G.; SILVA, L. A. F.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S.M. Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 19-26, 2005.

CAMPBELL, I. Macronutrients, minerals, vitamins and energy. **Anaesthesia & Intensive Care Medicine**. v. 18, p. 141–146, 2017.

CHACKO, S.M.; THAMBI, P.T.; KUTTAN, R.; Nishigaki, I. Beneficial effects of green tea: A literature review. **Chinese Medicine**, v.5, p. 1–9, 2010.

CHEVREUIL, L. R.; GONÇALVES, J. F. C.; BARIANI, A.; RODRIGUES, J. V. F. C.; PANDO, S. C. Detecção de inibidores de tripsina e atividade hemaglutinante em sementes de leguminosas arbóreas da amazônia. **Acta Amaz.** v. 39, n. 1, p. 199 – 206, 2009.

COFFMANN C. N.; GARCIA V. V. Functional properties and amino acid content of a protein isolated from mung bean flour. **Journal of Food Technology**, v. 12, p. 473, 1977.

CRA. (2009). **Corn: part of global economy, corn refiners association annual report 2007**. <http://corn.org/wp-content/uploads/2009/11/CornRefiningProcess.pdf>. Accessed 03.02.16.

DAS, A. K. SINGH, V. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays* var. *indentata*) and flint (*Zea mays* var. *indurata*) maize. **Journal of Functional Foods**. v. 13 , p. 363-374, 2015.

DESHPANDE, S. S.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K.; COMFORT, D. P. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols, and enzyme inhibitors of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L). **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1846–1850, 1982.

DICKEY, L. C., KURANTZ, M. J., COOKE, P., PARRIS, N., MOREAU, R. A. Separation of buoyant particles from an aqueous dispersion of corn germ particles using a bubble column. **Chemical Engineering Science**. v.63 p. 4555 – 4560, 2008.

ELLIS, R.; MORRIS, E. R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 58–59, 1986.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **CT/215/EMBRAPA–CNPSA**, p.2. Dezembro/1996.

FREITAS, E. C.; SILVA, A. C. M.; SILVA, M. V. ANÁLISES DE MINERAIS ZINCO E MANGANÊS PRESENTES NA FARINHA DO MORANGO. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**. v.10. n.60. p.303-307, 2016.

FUKUJI, T. S., FERREIRA, D. L., SOARES, A. L., PRETE, C. E. C.; IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 31–35, 2008.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**. v. 62, p. 119–132, 2017.

GROSS, J. **Carotenoids in pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 351p. 1991.

HORWITZ, W.; LATIMER G (Ed.): **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005. ISBN 0935584757.

JENAB, M.; THOMPSON, L. U. Role of phytic acid in cancer and other diseases, **In “Food phytates”**. ed. by Reddy, N. R. and Sathe, S. K. Florida: CRC Press. pp. 225-248, 2002.

KARA; G. N. OZBEY, F. KABAK, B. Co-occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in cereal flours commercialised in Turkey. **Food Control**. v. 54 , p. 275-281, 2015.

KEAN, E. G., Hamaker, B. R., Ferruzzi, M. G., Carotenoid Bioaccessibility from Whole Grain and Degermed Maize Meal Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56 p. 9918-9926, 2008.

LARRAURI, J. A., RUPEREZ, P., SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidante activity of red grape pomace peels. **Journal Agriculture and Food Chemistry**. V. 45, p. 1390-1393, 1997.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 1313–1315, 1980.

LI, F.; ZANGH, X.; SHAOJIE, Z.; LU, K.; ZHAO, G.; MING, J. The composition, antioxidant and antiproliferative capacities of phenolic compounds extracted from

tartary buckwheat bran [*Fagopyrum tartaricum* (L.) Gaerth]. **Journal of Functional Foods**. v.22, p.145-155, 2016.

LI, G.; ZHU, F. Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. **Food Chemistry** (2016).

LOPEZ-MARTINEZ, L. X., OLIART-ROS, R. M., VALERIO-ALFARO, G., HSIEN, C. L., PARKIN, K. L., GARCIA, H. S. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. **LWT - Food Science and Technology**. v.42, p. 1187-1192, 2009.

MALUMBA, P., BOUDRY, C., ROISEUX, O., BINDELLE, J., BECKERS, Y., BÉRA, F. Chemical characterisation and in vitro assessment of the nutritive value of co-products yield from the corn wet-milling process. **Food Chemistry**. v.166. P. 143–149, 2015.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973.

MONEGO, D. L.; ROSA, M. B.; NASCIMENTO, P. C. Applications of computational chemistry to the study of the antiradical activity of carotenoids: A review. **Food Chemistry**.v.217 p.37–44, 2017.

MOREIRA, R. A.; PERRONE, J. C. Purification and partial characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 59, p. 783–787, 1977.

NAVES, L. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P. Antinutritional componentes and protein digestibility in pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*) submitted to different processing methods. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 180-184, 2010.

NDOLO, V. U. BETA, C. Distribution of carotenoids in endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 139, p.663-671, 2013.

OKEZIE B., BELLO A. B. Physico-chemical and functional properties of winged bens flour and isolated compared with soy isolated. **Journal Food Science** v. 53, p. 450, 1988.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; DUENAS, M.; FRIAS, J.; PENAS, E. Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. **LWT - Food Science and Technology**. P. 1-9, 2016.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA. C. R. P.; LIMA, A.; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. N.; NETO, A. A. C. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante *in vitro* da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**. v. 08, p. 50-56, 2013.

REDAELLIE, R., ALFIERI, M., CABASSI, G. Development of a NIRS calibration for total antioxidant capacity in maize germplasm. **Talanta**. v. 154 , p. 164-168, 2016.

ROSE, D. J., INGLETT, G. E.; LIU, S. X. Utilisation of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. **Journal Science Food Agricultural**, v. 90, p. 915-924, 2010.

SANTOS, A. M. P.; SANTOS, L. O.; BRANDAO, G. C.; LEO, D. J.; BERNEDO, A. V. B.; LOPES, R. T.; LEMOS, V. A. Homogeneity study of a corn flour laboratory reference material candidate for inorganic analysis. **Food Chemistry**. v. 178 p. 287–291, 2015.

SIDDIQ, M., NASIR, M., RAVI, R., BUTT, M. S., DOLAN, K. D., HARTE, J.B. Effect of defatted maize germ flour addition on the physical and sensory quality of wheat bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 464–470, 2009.

SIDDIQ, M., RAVI, R., HARTE, J.B., DOLAN, K.D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, p. 232–237, 2010.

Sokrab, A. M., Mohamed-Ahmed, I. A., Babiker, E. E. Effect of malting and fermentation on antinutrients, and total and extractable minerals of high and low phytate corn genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. v. 10. P.1365-2621, 2012.

SOQUETTA, M. B.; STEFANELLO, F. S.; HUERTA, K. M.; MONTEIRO, S. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry** v. 199, p. 471–478, 2016.

SPADA, P. D. S.; BORTOLINI, G. V.; PRÁ, D.; SANTOS, C. E. I.; DIAS, J. F.; HENRIQUES, J. A. P.; SALVADOR, M. Macro and microminerals: are frozen fruits a good source? **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 861-867, 2010.

TALCOOT, T. S., HOWARD, R. L., Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.47, p. 2109-2115, 1999.

TEIXEIRA, L. S.; MARTIM, S. R.; SILVA, L. S. C. KINUPP, V. F. TEIXEIRA, M. F. S. PORTO, A. L. F. Efficiency of Amazonian tubers flours in modulating gut microbiota of male rats. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 38 p. 1–6, 2016.

VIEIRA, M. A.; PODESTÁ, R.; TRAMONTE, K. C.; MELLO, R. D.; AMBONI, C.; SIMAS, K. N.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. Chemical composition of flours made of residues from the king palm (*Archontophoenix alexandrae*) industry. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v. 52, p. 973-980, 2009.

WANG, S. H.; ROCHA, G. O.; NASCIMENTO, T. P.; ASCHERI, J. L. R. Water absorption and whipping properties of extrusion-cooked wheat-soybean flours. **Food Science and Technology**, v. 26, n. 2, p. 475-481, p. 2006.

YASUMATSU, K.; SAWADA, K.; MORITAKA, S.; MISAKI, M.; TODA, J.; WADA, T.; ISHII, K. Whipping and emulsifying properties of soybean products. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 36, p. 719–727, 1972.

ZABED, H., BOYCE, A. N., FARUQ, G., SAHU, J. N. A comparative evaluation of agronomic performance and kernel composition of normal and high sugary corn genotypes (*Zea mays* L.) grown for drygrind ethanol production. **Industrial Crops and Products**. V. 94, p. 9–19, 2016.

ZANGH, M. W.; ZANGH, R. F.; ZANGH, F. X.; LIU, R. H. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. **J Agric Food Chem**. v. 58 n.13 p. 7580-7587, 2010.

ZHENG, H.-G.; YANG, X.-Q.; TANG, C.-H.; LI, L.; AHMAD, I. Preparation of soluble soybean protein aggregates (SSPA) from insoluble soybean protein concentrates (SPC) and its functional properties. **Food Research International**, v. 41, p. 154-164, 2008.

ZILIC, S.; DELIC, N.; BASIC, Z.; IGNJATOVIĆ-MIČIĆ, D.; JANKOVIĆ, M.; JANKOVIĆ, J. Effects of alkaline cooking and sprouting on bioactive compounds, their bioavailability and relation to antioxidant capacity of maize flour. **Journal of Food and Nutrition Research**. v. 54, n. 2, p. 155–164, 2015.

CAPÍTULO II

ELABORAÇÃO DE BARRA DE CEREAL COM ADIÇÃO DE COPRODUTO DE MILHO (*Zea mays*)

RESUMO - As barras de cereais são alimentos amplamente consumidos em todo o mundo. Servem como opção de lanche rápido, fácil de transportar e com valor calórico baixo. Esse trabalho teve como objetivo aplicar o farelo de milho (*Zea mays*), que é um coproduto gerado pela indústria de processamento do milho, na produção de barras de cereais, analisando suas características físico-químicas, funcionais e sensoriais. Foram desenvolvidas cinco tipos de barras de cereais com diferentes proporções de farelo de milho (0, 10, 25, 40 e 55%). Foram realizadas análises químicas (composição centesimal, gorduras saturadas, *trans* e sódio), físicas (cor, densidade e textura) e sensorial (teste afetivo de ordenação) das barras de cereais. Os resultados encontrados nas análises químicas demonstraram que as barras com as maiores proporções de farelo de milho apresentam maiores quantidades de fibra alimentar. As barras com menores quantidades de farelo apresentavam maiores teores de carboidratos, sendo que as barras 0, 10, 25, 40 e 55% apresentaram quantidades de 79,42; 77,01; 75,16; 73,16 e 70,27 g100g⁻¹ respectivamente, a barra de 55% apresentou maior conteúdo de cinzas (1,22 g100g⁻¹) e as barras de 0 e 10% maior valor calórico. Foi encontrada maior luminosidade em barra de 40 e 55%, indicando mais próximo do branco. Foi observado que o aumento da proporção do farelo nas barras resulta em maior dureza. A avaliação sensorial pode demonstrar que as barras que não diferiram em relação a preferência foram as de 0 e 55%, as demais não apresentaram diferença significativa. Pode-se perceber que as barras com farelo de milho apresentaram valores nutricionais elevados e importantes para a saúde, no entanto, devem ser realizados mais estudos a fim de melhorar preparações de produtos com a adição do farelo de milho.

Palavras-chave: composição centesimal, barra de cereal, fibras, análise sensorial.

ELABORATION OF CEREAL BAR WITH ADDED CORN COOK (*Zea mays*)

ABSTRACT- Cereal bars are widely eaten foods around the world. They serve as an option of quick snack, easy to carry and with low calorie value. This work aims to apply corn bran (*Zea mays*), which is a co-product generated by the corn processing industry, in the production of cereal bars, analyzing its physical-chemical, functional and sensorial characteristics. Five types of treatments of cereal bars with different proportions of corn meal (0, 10, 25, 40 and 55%) were developed. Chemical analyzes (centesimal composition, saturated fat, trans and sodium), physical (color, density and texture) and sensorial (afecctivetest of order) of cereal bars were performed. The results found in the chemical analyzes showed that the bars with the highest proportions of corn meal present higher amounts of dietary fiber. Bars with lower amounts of bran had higher carbohydrate contents, and bars 0, 10, 25, 40 and 55% had amounts of 79.42, 77.01; 75.16; 73.16 and 70.27 mg 100 g⁻¹, respectively. The 55% bar presented higher ash contents (1.22 g 100 g⁻¹) and bars of 0 and 10% higher caloric value. Greater luminosity was found in bar of 40 and 55%, indicating yellowish hue. It was observed that as the proportion of bran in the bars increased, the hardness increased. The sensorial evaluation can show that the bars that differed in preference were 0 and 55%, the others did not present a significant difference. It can be noticed that bars with corn bran have high nutritional values and are important for health, however, further studies should be carried out to improve product preparations with the addition of corn bran.

Key words: centesimal composition, cereal bar, fibers, sensory analysis.

4.1 Introdução

As barras de cereais são alimentos amplamente consumidos em todo o mundo (SUHEM et al., 2015). Servem como opção de lanche rápido, fácil de transportar e com valor calórico baixo, seus consumidores, em sua maioria, são pessoas que se preocupam com a dieta e a saúde. Pelo fato das barras servirem como fontes de nutrientes importantes ao organismo, como fibras, proteínas, minerais e vitaminas (LOBATO et al., 2012; BRITO et al., 2013; AGRICULTURAL AND AGRI-FOOD CANADA, 2015).

As barras atendem muito bem a necessidade do dia a dia de pessoas modernas, e, estão no mercado em diferentes marcas, tipos e composição nutricional. Esse produto é interessante do ponto de vista comercial e nutricional, pois são utilizadas não apenas para saciar a fome imediata, também por poder influenciar favoravelmente o estado nutricional dos indivíduos (SCOOT et al., 2011; TRIER, JOHNSTON, 2012).

Estratégias alternativas vêm sendo utilizadas pelas indústrias para suplementar os produtos alimentícios, com ingredientes que sejam veículos de compostos funcionais, tais como produtos à base de vegetais (SUNG et al., 2014). As barras são alimentos populares, saudáveis e convenientes, podendo ser um produto alimentício importante para carrear nutrientes (SUN-WATERHOUSE et al., 2010).

A utilização de coprodutos gerados no processo industrial é um novo ingrediente promissor para fonte de nutrientes, além da energia reduzida e do teor de fibra dietética aumentado, pode proporcionar carga glicêmica diminuída, isso pode conferir valor agregado a este tipo comum de lanche (ZAMORA-GASGA et al., 2014). Os benefícios das fibras para a saúde são muitos, podem auxiliar na diminuição do colesterol total, triglicérides, na perda de peso e saciedade (POSSINGER et al., 2014).

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais importantes e o aproveitamento de coprodutos gerados em seu processamento pode ser viabilizado como ingrediente com alto valor proteico. Através da utilização crescente de milho é gerado grande quantidade de farelo, que é um coproduto da indústria de moagem de milho. Atualmente, o interesse científico e industrial do farelo milho tem aumentado, na busca de uma forma alternativa para elevar seu valor econômico, e tem se destacado por apresentar grandes quantidades de fibra dietética do ponto de vista da ciência alimentar. Esse farelo já foi inserido em formulações de alguns produtos alimentícios para a fortificação (LIN et al., 2011; BAEK; KIM; LEE, 2014).

Esse coproduto é composto de pericarpo, materiais de parede celular e algumas partes do endosperma. Sua utilização para a alimentação humana é importante, pois promovem benefícios para a saúde relevantes, como o controle do diabetes *mellitus*, doenças cardiovasculares e melhoram a função do cólon (AYALA-SOTO et al., 2014; AYALA-SOTO; SERNA-SALDIVA; WELTI-CHANES, 2016).

O objetivo do estudo foi avaliar a aplicação do farelo de milho (*Zea mays*) na produção de barras de cereais.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Obtenção das matérias-primas

O farelo de milho foi obtido pelo processo de moagem seca e doado por uma agroindústria da região de Rio Verde, Goiás (Brasil). O coproduto foi recebido e foi separado em cinco granulometrias (aberturas da peneira de 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 mm) e cada fração foi armazenada separadamente. Conforme determinado no capítulo anterior a fração escolhida para o desenvolvimento da barra de cereal foi a de 1,0 mm por ter rendimento superior quando comparada às demais frações de maior granulometria.

Os demais ingredientes utilizados na preparação da barra de cereal (aveia em flocos, aveia em flocos finos, uva passas, açúcar e glicose de milho) foram obtidos no comércio local da cidade de Mineiros, Goiás.

A Figura 1 representa o fluxograma das análises realizadas com as barras de cereais.

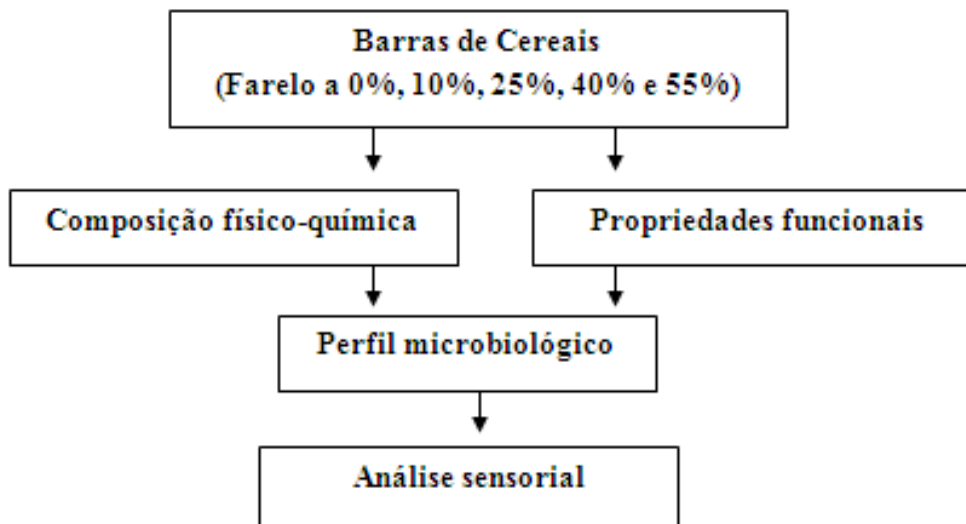


Figura 1. Fluxograma das análises realizadas com as barras de cereais.

4.2.2 Elaboração da barra de cereal

A barra de cereal foi produzida no Laboratório de Técnica e Dietética da Faculdade Morgana Potrich (FAMP). A Tabela 1 apresenta os ingredientes e quantidades utilizados nas formulações das barras de cereais.

A formulação das barras de cereais contendo a mistura de ingredientes secos (aveia, flocos de arroz, uva passa, açúcar) com adição de agente ligante (glicose de milho). No momento do preparo, inicialmente colocou-se o agente ligante com o açúcar cristal e submeteu-se à cocção em seguida foram acrescentados os ingredientes secos (Figura 2).

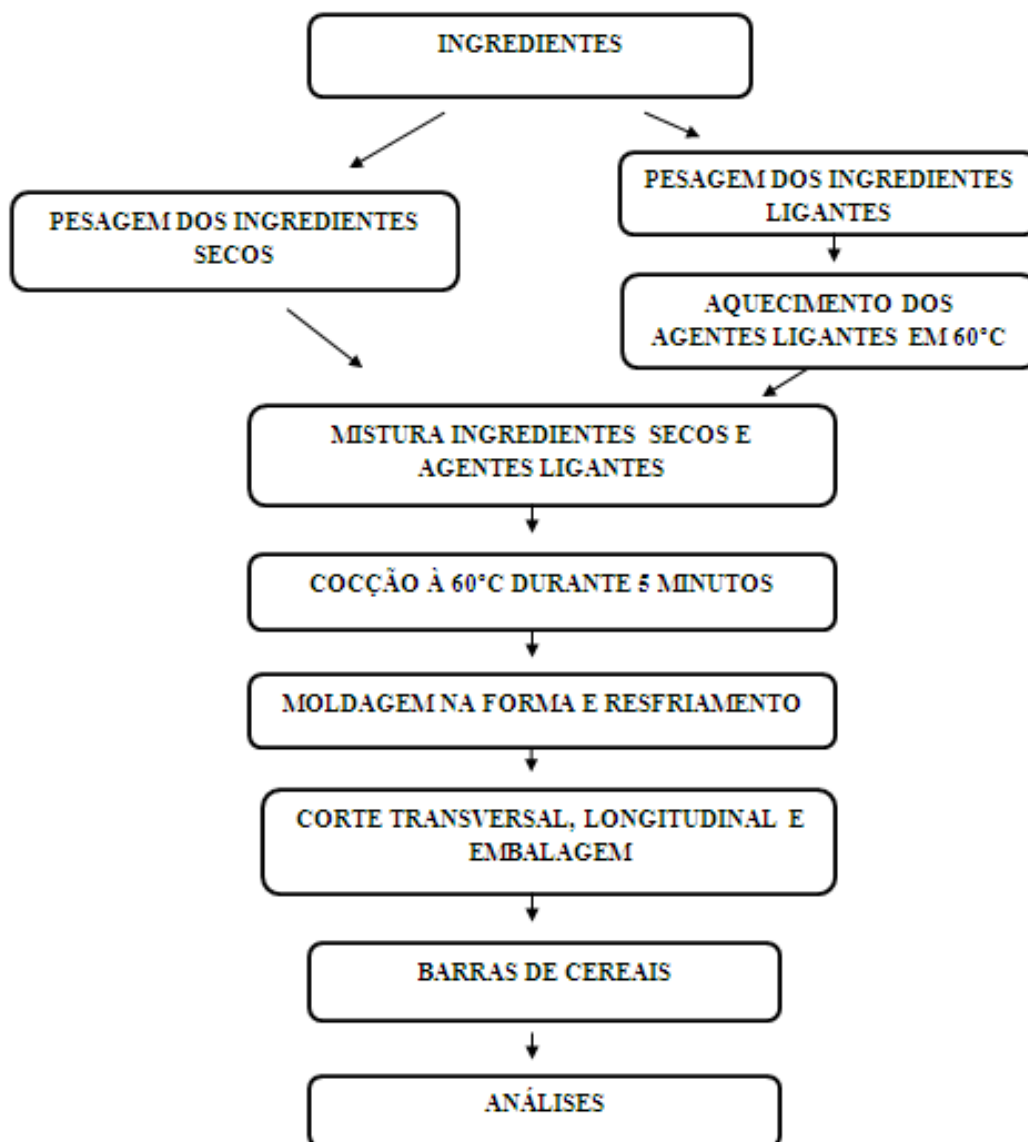


Figura 2. Esquemática do preparo das barras de cereais para as análises.

A adição de farelo de milho na barra de cereais foi realizada nas proporções de 10, 25, 40 e 55% em relação aos ingredientes secos (soma de aveia em flocos, uva passas e flocos de arroz).

As barras foram fabricadas em lotes de 1,5 kg. No processo de fabricação os ingredientes misturados foram aquecidos (60-70°C). A massa foi laminada em forma retangular e cortada de forma padronizadas para formar barras individuais, com o formato de 9 cm de comprimento, 2,5 cm de largura e 1,0 cm de espessura. Foram seladas em embalagens plásticas de polietileno e armazenadas à temperatura ambiente (21-25°C) antes da análise.

Tabela 1. Quantidade de ingredientes (g) utilizados na produção das barras de cereal com farelo de milho (FM).

Ingredientes	0%	10%	25%	40%	55%
Flocos de arroz	13,72	12,35	10,29	8,23	6,17
Aveia em flocos	18,75	16,87	14,05	11,24	8,33
Aveia em flocos finos	19,00	17,09	14,24	11,39	8,54
Farelo de milho	0	5,14	12,86	20,58	28,30
Uva passas	29,30	29,30	29,30	29,30	29,30
Glicose de milho	28,46	28,46	28,46	28,46	28,46
Açúcar cristal	26,03	26,03	26,03	26,03	26,03

As barras produzidas para a análise sensorial foram cortadas em tamanhos de 3 cm de comprimento, 2 cm de largura e 1 cm de espessura (Figura 3).



Figura 3. Representação fotográfica da aferição de temperatura durante a cocção da preparação.

4.2.3 Composição físico-química da barra de cereal

Foram realizadas as análises de composição centesimal da barra de cereal de acordo com os métodos padronizados (AOAC, 1990). A determinação de umidade foi realizada utilizando 3 g da amostra pesados em cadinhos de porcelana previamente tarados em balança analítica. Os cadinhos foram colocados em estufa à 104°C por 4 horas, e foram retirados da estufa, e armazenados em dessecador até temperatura ambiente e novamente foram pesados. O processo foi repetido até peso constante. O teor de umidade foi expresso em $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Para a determinação de cinzas foram utilizadas 3 g da amostra seca em cadinho de porcelana previamente tarado e carbonizadas lentamente em chama aquecedora até o desprendimento da fumaça. Logo após, as amostras foram colocadas no forno mufla à 550°C por 4 horas. Os cadinhos foram resfriados em dessecador e pesados e o processo foi repetido até peso constante e formação de cinzas claras.

Para a determinação de proteínas, o método de Kjeldahl e o fator de conversão 6,25 g de nitrogênio para proteína foram utilizados. Inicialmente, pesou-se 200 mg da amostra em papel manteiga que foram colocadas em tubo de digestão e acrescentou-se 0,5 g da mistura catalítica (NaSO_4 e CuSO_4 , proporção de 10:1), e 7 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). A digestão iniciou a 50°C e houve o aumento da temperatura de 50 a 50°C até atingir 350°C e procedeu-se a digestão até que a fumaça esbranquiçada cessasse e o líquido tornasse de coloração verde-esmeralda. Com os tubos à temperatura ambiente, adicionou-se aos tubos 10 mL de água destilada e a mistura foi colocada no aparelho de destilação. A extremidade do condensador estava imerso em erlenmeyer de 250 mL graduado contendo 20 mL de ácido bórico (H_3BO_3) 2% e 0,2 mL de indicador misto (vermelho de metila e verde de bromocresol). Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50% foi adicionada ao tubo que continha a amostra até a formação de um precipitado de coloração pardo escuro de óxido cúprico (CuO). Foi continuado o processo de destilação até o volume de 50 mL. Utilizou-se a solução padronizada de H_2SO_4 0,02 N para análise do percentual de nitrogênio das amostras.

Para a análise de lipídeos foi utilizado o método Soxhlet (920.39 da AOAC, 1997). Em balança analítica, pesou-se 3 g da amostra que foi colocada em cartucho de extração (confeccionado com papel filtro comum e amarrado com fio de lã desengordurado), e transferido para o extrator. Por fim, acoplou-se no balão de fundo chato sobre a chapa de aquecimento, adicionou-se éter de petróleo através do topo do condensador, em quantidade de um Soxhlet e meio, e deixou-se destilar sobre refluxo pelo período de 8 horas. Em seguida, o papel filtro foi retirado, e o éter do balão foi removido por destilação, até que ficasse quase seco (aproximadamente 1 mL). O balão que continha o resíduo extraído foi levado à estufa em 105°C durante 2 horas, resfriado em dessecador e pesado.

O valor calórico foi efetuado realizando a conversão de fatores de carboidratos (4 kcal/g), proteínas (4 kcal/g) e lipídios (9 kcal/g). Os valores calóricos foram expressos em calorias em 100 g (MERRIL; WATT, 1973).

Os valores de fibra alimentar (FA), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar solúvel (FAS) foram avaliados através do método enzimático-gravimétrico, conforme a metodologia oficial nº 985.29 da AOAC (1997). Foi pesado 1 g da amostra em um béquer de 600 mL, adicionou-se 40 mL da solução tampão de fosfato e 50 µL de α -amilase termoresistente (Sigma A – 3306), tampando os béqueres com folha de alumínio. As amostras foram levadas em banho-maria na temperatura de 100°C durante 35 minutos. Em seguida, os béqueres foram removidos, resfriados em 60°C e as folhas de alumínio foram retiradas. Todo material aderido na parede do béquer foi removido, foi adicionado 100 µL de protease (Sigma P – 3910), novamente o béquer foi coberto com folha de alumínio e incubou-se em banho-maria em 60°C com agitação lenta, durante 30 minutos. Após, os béqueres foram retirados do banho-maria, as folhas de alumínio foram removidas, foi adicionado 5 mL de ácido clorídrico (HCl) 0,561 N na amostra, com a finalidade de neutralizar a enzima.

Para análise de fibra alimentar insolúvel (FAI), molhou-se os cadinhos para redistribuir a cama de celite com 3 mL de água destilada. Foi filtrada a mistura enzimática pelo cadinho com membrana FH (Fluoropore) em PTFE (0,50 UM de poro, 47 mm de diâmetro, hidrofóbica, branca e lisa, da marca Millipore), com ajuda de vácuo e lavou-se por duas vezes o resíduo, usando 10 mL de etanol 95° GL e acetona. Os cadinhos foram levados para estufa a 105°C por 12h para a secagem. Em seguida, um cadinho foi transferido a mufla a 550°C durante 5h para determinação do resíduo mineral fixo (conforme descrito anteriormente). O outro cadinho foi utilizado para análise de proteínas pelo método de micro-kjeldahl (AOAC, 1997). Todo resíduo foi digerido juntamente com o celite presente no cadinho. O teor de fibra alimentar insolúvel foi determinado utilizando a fórmula:

$$FAI = \frac{RI - P - C - BI \cdot 100}{M} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

RI = Média de resíduo insolúvel da amostra (mg).

P = Média das proteínas no RI (mg).

C = Média de cinzas no RI (mg).

M = Média do peso das amostras (mg).

$$BI = RI_B - P_B - C_B.$$

RI_B = Média do resíduo insolúvel do branco (mg).

P_B = Média de proteína no RI_B (mg).

C_B = Média de cinzas no RI_B (mg).

Para determinação de fibra alimentar solúvel (FAS) primeiramente, a cama de celite nos cadinhos foram redistribuídas utilizando 3 mL de água destilada. O volume do filtrado foi medido e a água de lavagem do kitassato, em proveta. O filtrado foi transferido para um béquer, foi adicionado quatro vezes o volume de etanol 95° GL pré-aquecido a 60°C, formou-se o precipitado em temperatura ambiente por 60 min. O precipitado foi filtrado pelo cadinho, usando o vácuo, o resíduo foi lavado por duas vezes, usando 10 mL de etanol 95° GL e acetona P.A. Os cadinhos com o resíduo foram secos em estufa por 12h a 105°C. Em seguida, um cadinho foi para mufla para a determinação de cinzas (como realizado na determinação de FAI) e o outro cadinho foi utilizado para determinação de proteínas (como realizado na determinação de FAI). O teor de fibra alimentar solúvel foi determinado aplicando a fórmula:

$$FAS = \frac{RS-P-C-BS \cdot 100}{M} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

RS = Média do resíduo solúvel da amostra (mg).

P = Média de proteína no RS (mg).

C = Média de cinzas no RS (mg).

M = Média do peso das amostras (mg).

$BS = RS_B - P_B - C_B.$

RS_B = Média do resíduo solúvel do branco (mg).

P_B = Média de proteína no RS_B (mg).

C_B = Média de cinzas no RS_B (mg).

Os dados referentes ao teor de carboidratos foram estimados por diferença após a subtração de teor de proteína, gordura, cinzas, fibras e umidade de 100 (MERRILL; WATT, 1973).

As quantidades de ácidos graxos foram analisadas em Cromatografia Gasosa CP 3800 (Varian), utilizando uma coluna capilar DB-23 60 m, I.D 0,25, espessura 0,25 μ m.

Os fluxos dos gases foram de 1,3 mL.min⁻¹ para o gás de arraste H₂, 30mL.min⁻¹ para o gás auxiliar N₂ e 30 e 300mL.min⁻¹ para os gases da chama H₂ e ar sintético, respectivamente. A razão de divisão da amostra foi de 1:100. A temperatura da coluna foi programada a 150° C por 16 minutos, sendo então elevada para 180° C a taxa de 2°C.min⁻¹, permanecendo nesta temperatura por 20 minutos. Logo após, a temperatura foi elevada para 210°C a taxa de 5°C min⁻¹, durante 20 minutos. As temperaturas do injetor e detector foram de 250° C e 280° C, respectivamente (MACHADO; DRUZIAN, 2009). A esterificação das amostras foi realizada em duplicata, com injeções de 1µL em duplicata para cada amostra esterificada. A quantificação foi realizada por normalização das áreas dos picos, e a identificação dos picos por comparação dos tempos de retenção das amostras com os de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma189-19 USA).

A quantificação de sódio foi realizada por Espectrômetro de Absorção Atômica modelo AA- 6300 (Shimadzu, Japão), com correção do Background por Lâmpada de Deutério (CHEN et al., 2005).

As informações nutricionais das formulações avaliadas foram realizadas de acordo com a RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003, da Agência Brasileira de Vigilância Sanitária (ANVISA).

4.2.4 Propriedades físicas das barras

Foram realizadas análises físicas determinando o peso, o comprimento, largura e a espessura das barras de cereais. A medida da massa foi realizada em balança digital da marca *Kitchen Scale*, com capacidade de 1000 g e graduação de 1 em 1 g. As demais medidas foram medidas com o auxílio de um paquímetro (Starfer) e foram expressas em cm.

A densidade da barra foi determinada através da conversão do volume específico, conforme Camargo, Leonel e Mischan (2008). Foi realizada pelo método de deslocamento de sementes de painço. Utilizou-se proveta graduada para colocar a semente de painço (Figura 4), balança analítica para medir a massa da barra de cereal. O volume específico foi calculado pela Equação 3, em seguida converteu-se a densidade (Equação 4). As medições foram realizadas em triplicata e calculadas a média e desvio padrão.

$$\text{Volume específico} = \frac{\text{volume}}{\text{massa (g)}} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{Densidade (g}^{\text{cm}^{-3}}\text{)} = \frac{1}{\text{Volume específico}} \quad (\text{Equação 4})$$



Figura 4. Análise de densidade através de deslocamento de sementes de painço.

Para avaliação da cor das barras de cereais foram realizadas as leituras em seis repetições, diretamente em colorímetro Color Flex EZ marca Hunter lab. As leituras foram realizadas contra o fundo preto e o sistema de cor utilizada foi o CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) $L^*a^*b^*$ (L^* = luminosidade; a^* positivo = tonalidade vermelha e a^* negativo = tonalidade verde; b^* positivo = tonalidade amarela; b^* negativo = tonalidade azul).

A textura das barras foi realizada em um texturômetro TA-XT Plus (Texture Analyser, Surrey, Inglaterra) como realizado por Silva et al. (2011), analisando-se a resistência máxima do cisalhamento (força tangencial). A geometria utilizada foi Warner Braztler – lâmina e *Blade set with guillotine* HDP/BSG. A velocidade utilizada foi de 0,5 mm/s, distância de 15 mm e a força limite de 0,05 N. A temperatura no momento da análise foi de 25°C. Análise foi realizada em 10 repetições de cada tratamento.

4.2.5 Análises microbiológicas

Todos os produtos foram produzidos de acordo com as normas de Boas Práticas de Fabricação RDC nº275 (ANVISA, 2002). Anterior à realização da análise sensorial, foram realizados os testes microbiológicos em conformidade com a RDC nº12 de janeiro de 2001 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001) para as barras de cereais que continham o coproduto farelo de milho (10, 25, 40 e 55%), as análises foram realizadas para *B.cereus.g⁻¹*, *Coliformes* à 45°C e *Salmonella sp.25g⁻¹*.

4.2.6 Análise sensorial

O projeto obteve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa sob Parecer CAAE nº 58184016.4.0000.5428. A avaliação sensorial foi realizada com 80 julgadores no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade Morgana Potrich (FAMP) de Mineiros-Goiás, sendo acadêmicos, professores e funcionários. A idade dos julgadores variou entre 17-49 anos. O teste foi realizado em cabines individuais e com luz branca. Os julgadores foram orientados quanto ao preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em que o julgador aceitava participar da pesquisa e a ficha de avaliação (Figura 5).

Antes do início do teste os julgadores foram esclarecidos sobre os ingredientes que a barra de cereal continha, e, conseqüentemente foram excluídos desta avaliação julgadores que relatasse alergia a algum ingrediente utilizado na preparação da barra, assim como excluiu-se diabéticos, celíacos e pessoas com distúrbios gastrointestinais agudos.

A amostra foi servida em copos plásticos em tamanho de 3 cm de comprimento, 2 cm de largura e 1,0 cm de altura, juntamente com água mineral e um guardanapo de papel (Figura 6).

Ficha de Avaliação
Análise Sensorial – Teste de Ordenação

Amostra: Barra de Cereal Data: ___/___/___
 Idade: _____ Escolaridade: _____ gênero: _____

Você está recebendo cinco amostras codificadas. Avalie cada uma, colocando-as em ordem crescente da barra de cereal que teve menor preferência para a de maior preferência.

Menor preferência → Maior preferência

código código código código código

Comentários: _____

1) Você gosta de alimentos integrais? () sim () não
 2) Você gosta de barra de cereal? () sim () não
 3) Qual a frequência que você ingere?
 () +3 vezes por semana () até 3 vezes por semana () 3 vezes por mês () 1 vez por mês
 () raramente () nunca

Figura 5. Ficha de avaliação da análise sensorial – Teste afetivo por ordenação.



Figura 6. Cabine de avaliação sensorial contendo a ficha de avaliação e as cinco amostras a serem avaliadas.

O teste sensorial realizado foi o afetivo por ordenação de acordo com a metodologia da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015), os julgadores avaliaram simultaneamente as cinco amostras das barras de cereais codificadas aleatoriamente e apresentadas de forma ao acaso, ordenando-as da menor preferência para a melhor preferência. O resultado foi dado pela soma das ordens obtidas dos julgadores a cada uma das amostras. A avaliação estatística da análise sensorial foi feita pelo teste de Friedman utilizando a tabela de Newell e MacFarlane (ABNT, 1994) para verificar se houve ou não diferença significativa entre amostras.

Quando a diferença entre as somas das ordens for maior ou igual ao valor tabelado, concluiu-se que existe diferença significativa entre as amostras ao nível de significância correspondente.

A ficha de avaliação das barras de cereal continha três questões objetivas a fim de analisar se os julgadores gostavam de alimentos integrais, de barras de cereais e a frequência do consumo das barras.

4.2.7 Análise estatística

Aos resultados encontrados foi utilizado o programa ASSISTAT versão 7.7, foi aplicada análise de variância (ANOVA) seguida de teste de *Tukey*, para comparação das barras de cereais por análise com nível de significância de 5%.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Composição físico-química da barra de cereal

Os valores da composição físico-química são apresentados na Tabela 2. As barras de cereais que apresentaram maiores teores de umidade foram as barras contendo 10 % (9,41 g 100 g⁻¹), 25 % (9,55 g 100 g⁻¹) e 40% (9,31 g 100 g⁻¹) de FM, com diferença significativa com a formulação 0% (8,42 g 100 g⁻¹) e 55% (8,80 g 100 g⁻¹). Todas as barras foram produzidas e armazenadas de forma padronizada, assim, o ambiente não foi fator que interferiu na diferença de resultados de umidade entre as barras, no entanto, a proporção do farelo pode ter influenciado no resultado, visto que estava em quantidades diferentes em cada uma das formulações.

Parn et al. (2015) avaliaram barras de cereais de frutas de quatro cultivares diferentes que apresentaram o teor de umidade de 15,73-26,25 g 100 g⁻¹, que foram mais elevadas em relação as barras produzidas nesse trabalho. Esse resultado pode ser explicado devido as frutas apresentarem atividade de água mais alta sem relação aos cereais. Em pesquisa com barra de cereal de granola com xarope de agave, Zamora-

Gasga et al. (2014) encontraram 1,82 g 100 g⁻¹ de umidade, menor do que relatado nesse estudo.

A formulação contendo 55% de FM apresentou maior conteúdo de cinzas (1,22 g 100 g⁻¹), com diferença significativa com as demais barras, a barra que apresentou menor quantidade foi a 0% (1,00 g 100 g⁻¹), esse resultado demonstra que as barras com adição do farelo de milho podem conter maiores quantidades de resíduo mineral fixo. Pode-se notar que conforme a proporção do FM foi aumentada, houve aumento no conteúdo de cinzas. Zamora-Gasga et al. (2014) encontraram em barra de cereal de granola com xarope de agave teor de 0,95 g 100 g⁻¹ de cinzas, valor próximo ao encontrado na barra 0% e inferior a todos os encontrados nas barras com FM.

As quantidades de proteínas nas cinco formulações de barras não apresentaram diferença significativa entre si, as barras contendo 40 e 55% de FM demonstraram quantidades mais elevadas com 6,06 e 5,76 g 100 g⁻¹, respectivamente. Em um estudo realizado com barras de cereais de sabor granola, observou-se 6,42 g 100 g⁻¹ de proteínas, valor semelhante ao encontrado na barra contendo 40% (AIGSTER et al., 2011). Barras de cereais ricas em proteínas são importantes por apresentar respostas glicêmicas pós-prandiais reduzidas (TRIER; JOHNSTON, 2012).

O maior conteúdo de lipídios foi encontrado na formulação contendo 55% de farelo (2,63 g 100 g⁻¹), com diferença significativa com os demais tratamentos. As formulações 0, 10, 25 e 40% não diferiram entre si. Dohnalova et al. (2017) encontraram 10,4 g 100 g⁻¹ de conteúdo lipídico em barra de cereais com cobertura de chocolate, valor quatro vezes maior do que o encontrado nesse trabalho. Ryland et al. (2010) encontraram as quantidades de 7,66 g 100 g⁻¹ e 9 g 100 g⁻¹ de lipídios em barras de cereais com aveia e lentilha, e apenas aveia, respectivamente, estando acima do que encontrado nas formulações contendo o FM. Um fator que pode ter contribuído para a diferença de lipídios entre a barra de farelo e as demais encontradas na literatura, são os ingredientes utilizados na preparação, visto que muitas barras contêm margarina na mistura ou até mesmo para untar a forma a fim de facilitar o desprendimento das barras e este ingrediente aumenta o valor lipídico deste alimento.

O teor mais elevado de carboidratos foi verificado na formulação contendo 0% de FM (79,42 g 100 g⁻¹), com diferença significativa entre as demais. A formulação 10% (77,11 g 100 g⁻¹), 25% (75,16 g 100 g⁻¹) e 40% (73,46 g 100 g⁻¹) não diferiram entre si.

Tabela 2. Composição físico-química e valor nutricional das barras de cereais com 0, 10, 25, 40 e 55% de farelo de milho.

Análises	0%	10%	25%	40%	55%
Umidade (g 100 g ⁻¹)	8,42±0,06 ^b	9,41±0,22 ^a	9,55±0,04 ^a	9,31±0,15 ^a	8,80±0,27 ^b
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	1,00±0,01 ^c	1,08±0,02 ^b	1,13±0,02 ^b	1,14±0,04 ^b	1,22±0,05 ^a
Proteínas (g 100 g ⁻¹)	5,53±0,35 ^a	5,54±0,17 ^a	5,74±0,16 ^a	6,06±0,11 ^a	5,76±0,23 ^a
Lipídios (g 100 g ⁻¹)	1,59±0,80 ^b	1,40±0,65 ^b	1,72±0,75 ^b	1,72±0,67 ^b	2,63±1,06 ^a
Carboidratos (g 100 g ⁻¹)	79,42±0,36 ^a	77,01±0,28 ^b	75,16±0,21 ^c	73,46±0,20 ^d	70,27±0,22 ^e
FAT (g 100 g ⁻¹)	4,02±0,18 ^e	5,53±0,39 ^d	6,68±0,26 ^c	8,29±0,17 ^b	11,30±0,21 ^a
FAS (g 100 g ⁻¹)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
FAI (g 100 g ⁻¹)	4,02±0,18 ^e	5,53±0,39 ^d	6,68±0,26 ^c	8,29±0,17 ^b	11,30±0,21 ^a
Valor calórico (kcal 100 g ⁻¹)	354,11	342,80	339,08	333,56	327,79
Gorduras saturadas (mg 100 g ⁻¹)	0,37±0,00 ^d	0,51±0,00 ^c	1,09±0,00 ^a	0,65±0,01 ^b	1,14±0,04 ^a
Gorduras trans (mg 100 g ⁻¹)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Sódio (mg 100 g ⁻¹)	110,29±0,95 ^a	92,78±2,69 ^{ab}	93,20±3,86 ^{ab}	79,04±5,37 ^b	79,46±4,88 ^{ab}

Valores se referem a média. FAT = Fibra alimentar total. FAI = Fibra alimentar insolúvel. FAS = Fibra alimentar solúvel.

No entanto, a barra contendo 55% de FM apresentou diferença significativa entre as formulações 0 e 10% de FM. Ryland et al. (2010) encontraram teores de carboidratos (73,07 g 100 g⁻¹) em uma barra de cereal comercial do tipo passas e mel, quantidade semelhante a encontrada na formulação contendo 40%, e superior à da barra contendo 55%. Esses valores encontrados nas BFM demonstram que, quando se aumenta a proporção de FM na barra, diminui a quantidade de carboidratos, o que é interessante do ponto de vista da dieta. Além disso, a quantidade de carboidratos em produtos cereais pode influenciar na liberação de compostos aromáticos (HEENAN et al., 2012).

A quantidade de fibra alimentar total encontrada nas barras apresentaram diferenças significativas entre si. Os teores de fibras aumentaram de acordo com o aumento na proporção de FM, conforme apresentado na Tabela 2. Esses resultados favorecem o uso do farelo para aumentar o teor de fibras de produtos alimentícios. De acordo com a ANVISA (2012) um alimento é dito como fonte de fibras quando apresenta 3 g 100 g⁻¹ e ainda é considerado com alto conteúdo de fibra quando possui valores acima de 6 g 100 g⁻¹. Pode-se observar que todas as barras produzidas são caracterizadas como fonte de fibras, e as barras de 25, 40 e 55% apresentam alto

conteúdo de fibras. A Organização Mundial da Saúde (OMS) (2003) recomenda o consumo de pelo menos 25 g dia de fibras na dieta alimentar.

Em barras de cereal confeccionadas com frutas por Sun-Waterhouse et al. (2010) encontrou-se 0,34 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar total, valores inferiores ao encontrado neste trabalho. Possinger et al. (2014) encontraram 20 g 100 g⁻¹ de fibra em barra de cereal de amendoim e granola, superiores ao desse trabalho. Serial et al. (2016) cita os benefícios fisiológicas das fibras no organismo, como redução de doenças cardiovasculares, obesidade, alguns tipos de câncer, constipação intestinal e favorece o sistema imunológico.

As formulações de BFM apresentaram teores de fibras solúveis menores que 0,1 g 100 g⁻¹. Pode-se perceber que o tipo de fibra alimentar encontrado nas formulações estudadas é principalmente constituído por fibras insolúveis. As formulações com maiores teores de farelo possuem maiores quantidades de fibra alimentar insolúvel (valores entre 4,02 e 11,30 g 100 g⁻¹). Daí e Chau (2016) afirmam em sua pesquisa que tanto a fibra solúvel quanto a fibra insolúvel possuem propriedades para melhorar o funcionamento do trato gastrointestinal dos seres humanos, relata ainda que as fibras insolúveis aumentam a massa fecal, melhoram a mobilidade intestinal e servem como substrato aos micro-organismos intestinais. Isso demonstra a importância da inclusão do coproduto de FM em produtos alimentícios, principalmente com finalidade de aumentar o teor de fibras da dieta.

Em relação ao valor calórico das barras de cereais pode-se perceber que as barras de 10, 25 e 40%, são menos calóricas (365,00; 365,85 e 366,75 kcal 100 g⁻¹, respectivamente), sem diferença significativa entre as formulações contendo 0% (370,32 kcal 100 g⁻¹) e 55% (373,09 kcal 100 g⁻¹) de FM. O valor calórico elevado da formulação contendo 55% pode ser pela quantidade de lipídios superiores em relação as demais barras. Hausner et al. (2012) produziram barra de cereal de trigo kamut (*T. turgidum* var. *polonicum*) e abóbora (*Cucurbita* spp.) que apresentou 368,65 kcal 100 g⁻¹, valor semelhante ao encontrados para as barras dessa pesquisa.

As quantidades encontradas de gorduras saturadas nas barras de cereais foram maiores nas barras 25 e 55%, com valores de 1,09 e 1,14 g 100 g⁻¹, diferindo de forma significativa em relação as outras e não apresentando entre si. A formulação com menor teor foi a 0% (0,37 g 100g⁻¹). Isso demonstra, que o teor de gorduras saturadas aumenta quando o FM é utilizado na fabricação.

Não foi encontrada nenhuma quantidade de gorduras *trans* nas barras de cereais produzidas nesse estudo. A ANVISA (2003) determinou através da RDC nº 360 a obrigatoriedade nos rótulos alimentos que além de conter as quantidades de gorduras totais e saturadas, deve apresentar o teor de gorduras *trans*. O alimento que apresenta quantidade elevada de gorduras *trans* é aquele que possui em sua composição uma quantidade igual ou superior a 0,6 g para 100 g⁻¹ na forma como está exposto à venda.

O teor de sódio mais elevado foi encontrado na barra 0% (110,29 mg 100 g⁻¹), porém apresentando diferença significativa apenas com a barra de 40% (79,04 mg 100 g⁻¹). Possinger et al. (2014) avaliaram barra de cereal de manteiga de amendoim e chocolate e barra de amendoim e granola, que apresentaram 600 mg 100 g⁻¹ e 300 mg 100 g⁻¹ de sódio, respectivamente, valores acima dos que foi encontrado nas BFM. O teor de sódio nas preparações pode ser influenciado pelas quantidades de ingredientes industrializados. Um alimento com quantidade elevada de sódio é aquele que possui em sua composição quantidade igual ou superior a 400 mg de sódio por 100 g⁻¹ (ANVISA, 2010).

As informações nutricionais das barras de cereais contendo 0, 10, 25, 40 e 55% de FM estão apresentadas na Tabela 3. De acordo com a informação nutricional das cinco formulações pode-se perceber que a barra 0% apresenta valor calórico mais elevado e a barra 55% menor. Quando analisado as quantidades de carboidratos e a fibras a formulação com 55% de FM demonstrou teor inferior em relação às demais. Contudo, pode-se perceber que a adição de farelo nas barras tornou mais ricas em fibras.

Tabela3. Informação nutricional das barras de cereais.

Barras de cereais										
Porção: 1 Unidade (20g)										
	0%		10%		25%		40%		55%	
		% VD		% VD		% VD		% VD		% VD
Valor energético (kcal)	70,82	3,54	68,56	3,42	67,81	3,39	66,71	3,33	65,55	3,27
Proteína (g)	1,10	1,46	1,10	1,46	1,14	1,52	1,21	1,61	1,15	1,53
CHO (g)	15,88	5,29	15,40	5,13	15,03	5,01	14,69	4,89	14,05	4,68
Lipídios (g)	0,31	0,56	0,28	0,50	0,34	0,61	0,34	0,61	0,52	0,94
GS (g)	0,07	0,56	0,10	0,45	0,21	0,95	0,13	0,59	0,22	1
GT(g)	n.c.	**	n.c.	**	n.c.	**	n.c.	**	n.c.	**
Fibra (g)	0,80	3,2	1,10	4,4	1,33	5,32	1,65	6,6	2,26	9,04
Sódio (mg)	22,05	0,91	18,55	0,77	18,64	0,77	15,80	0,65	15,89	0,66

(VD*) % de valores diários com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. (**) Valor diário não estabelecido. (n.c.) não contém. CHO: Carboidratos. GS: Gorduras saturadas. GT: Gorduras *trans*.

4.3.2 Propriedades físicas das barras

Os parâmetros físicos avaliados das preparações das barras de cereais em cinco tratamentos (0, 10, 25, 40 e 55%) estão apresentados na Tabela 4. As barras apresentaram forma retangular, heterogênea com percepção das uvas passas, coloração amarelada, aspecto brilhante, e crocante.

As densidades específicas dos tratamentos variaram entre 0,54 a 0,59 g cm⁻³, sendo que as barras contendo 10% FM (0,59 g cm⁻³) e 55% (0,58 g cm⁻³) apresentaram maiores valores, porém não houve diferença significativa entre nenhuma barra, os valores estão demonstrados na Tabela 14. Garcia, Lobato e Denassi (2012) encontraram variações de densidade das barras experimentais com adição de farelo de arroz, entre 0,44 e 0,79 g cm⁻³, os mesmos verificaram valores de entre 0,75 e 0,78 g cm⁻³ em barras comerciais. Os valores encontrados nesse trabalho se assemelham com o que foi relatado por estes autores, porém estão abaixo quando comparado as barras comerciais (GARCIA; LOBATO; DENASSI, 2012).

Tabela 4. Parâmetros físicos das formulações de barras de cereais contendo 0, 10, 25, 40 e 55% de FM

Parâmetros físicos avaliados	0%	10%	25%	40%	55%
Peso (g)	16,33±0,5 ^b	19±1,0 ^{ab}	20±1,7 ^a	19,33±1,1 ^{ab}	18,66±1,1 ^{ab}
Espessura (cm)	1,10±0,1 ^a	1,06±0,1 ^a	1,06±0,1 ^a	1,06±0,1 ^a	1,06±0,1 ^a
Comprimento (cm)	9,30±0,1 ^b	10,0±0,0 ^a	9,73±0,2 ^a	9,80±0,2 ^a	10,0±0,1 ^a
Largura (cm)	2,56±0,1 ^a	2,66±0,0 ^a	2,73±0,1 ^a	2,80±0,1 ^a	2,80±0,1 ^a
Volume específico (g/cm ³)	1,68±0,0 ^b	1,89±0,0 ^a	1,76±0,1 ^{ab}	1,86±0,1 ^a	1,71±0,1 ^b
Densidade (g/cm ³)	0,54±0,0 ^a	0,59±0,0 ^a	0,57±0,0 ^a	0,54±0,0 ^a	0,58±0,0 ^a
Força de cisalhamento (N)	85,74 ^{ab}	76,78 ^b	89,12 ^{ab}	98,78 ^{ab}	126,26 ^a
<i>L*</i>	30,92±1,3 ^b	31,49±1,3 ^b	31,33±1,6 ^b	32,03±1,3 ^{ab}	33,97±0,9 ^a
<i>a*</i>	2,11±0,3 ^a	1,81±0,1 ^a	2,03±0,4 ^a	1,87±0,1 ^a	1,85±0,2 ^a
<i>b*</i>	8,53±0,6 ^c	8,48±0,6 ^c	8,90±0,5 ^{bc}	9,67±0,8 ^b	11,24±0,6 ^a

Em relação ao volume específico, pode-se verificar que as barras 10, 25 e 40% apresentam valor maior, com 1,89; 1,76 e 1,86 g cm⁻³, respectivamente, não apresentando diferença significativa entre si. As barras que apresentaram menor volume específico foram a 0 e 55%.

Os valores de *L**, *a** e *b** dos cinco tratamentos (Tabela 4) demonstram que as barras contendo 40 e 55% de FM apresentaram maior luminosidade (*L**), diferindo das barras 0, 10 e 25%. Pode-se notar ainda que essas barras que indicaram tonalidade mais claras, foi possível analisar que quanto maior proporção de farelo na barra, maior o valor de *L** (Figura 7). Quando comparadas em relação ao *a** pode-se verificar que as barras não apresentam diferença significativa entre si, indicando vermelhidão.

Para Sun-Waterhouse et al. (2010) um aspecto importante para os consumidores em barras de cereais é o parâmetro de cor, que está relacionada a energia térmica aplicada durante a cozedura, em seu trabalho os valores *a** e *b** de todas as formulações de barras estudadas apresentaram valores positivos, indicando as cores vermelha e amarelo em todas as barras de maçã. Os valores de *L** (positivos) em formulações de barra de fibra de maçã pareciam ser os mais elevados, assemelhando-se a esse trabalho. David-Birman, Mackie e Lesmes (2013) descrevem que a associação de moléculas de proteína, polissacarídeo e temperatura elevada facilitam a reação de *Maillard*, que é responsável por influenciar diretamente na cor do alimento.

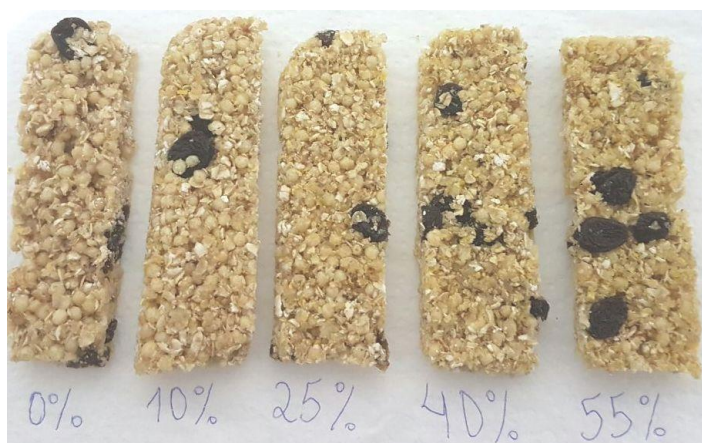


Figura 7. Barras de cereais contendo 0, 10, 25, 40 e 55% de farelo de milho.

A textura é um atributo para o controle da qualidade e aceitação do produto pelos consumidores, este atributo é um dos mais importantes no desenvolvimento de produtos alimentares semelhantes as barras de cereais (CHEN; OPARA, 2013). Através dos resultados obtidos (Tabela 4) pode-se verificar que a formulação com 55% de FM apresentou maior dureza (126,26 N) em relação as demais, com diferença significativa com a formulação contendo 10% de FM, que foi a barra com menor dureza (76,78 N). Os valores encontrados nas barras de cereais avaliadas podem diferir pela superfície em que ela é cortada no momento da análise, visto que é um produto com ingredientes heterogêneos. No caso da barra de farelo de milho, observou-se que os resultados se alteravam quando a força e o corte eram aplicadas em cima da uva passa adicionada nas formulações. A Figura 8 mostrou que conforme aumentou a concentração de FM nas formulações, maior dureza foi encontrada.

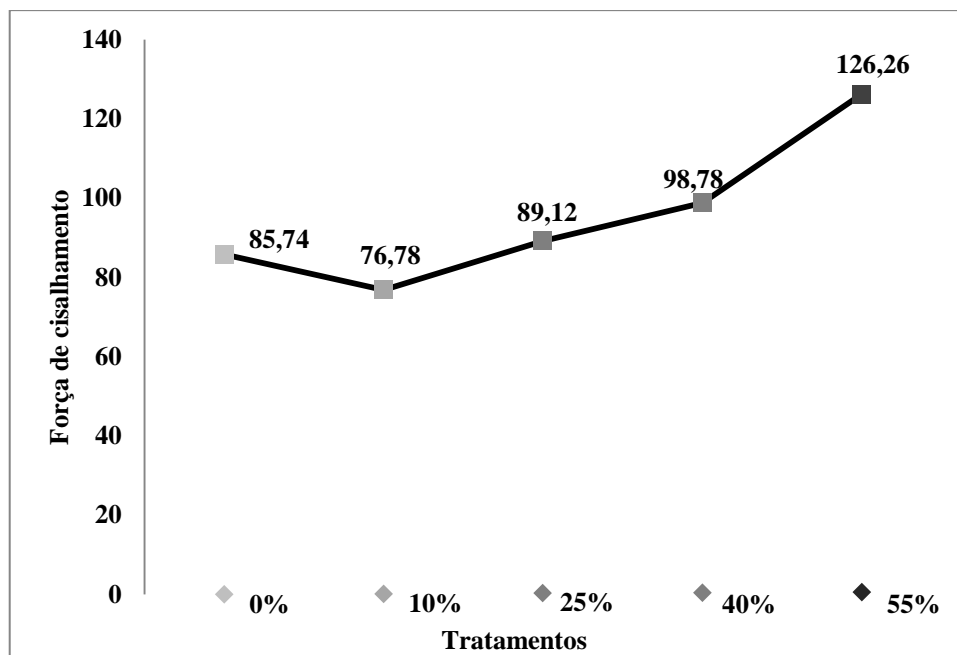


Figura 8. Força de cisalhamento nas barras de cereal com farelo de milho em proporções de 0, 10, 25, 40 e 55%.

As BFM apresentaram maior dureza (variando de 85,74-126,26 N) quando comparadas com barras de frutas, que apresentaram força de cisalhamento de 21,47 N (Parn et al., 2015). Heenan et al. (2012) afirma que a quantidade de carboidratos em produtos cereais pode influenciar as propriedades físicas, principalmente afetando a textura.

4.3.3 Análise microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas (Tabela 5) mostraram a ausência de contaminação nas barras com o coproduto FM, garantindo a qualidade e segurança alimentar dos consumidores desse produto e ainda tornando viável a aplicação da avaliação sensorial desse alimento.

Em um trabalho realizado por Batista et al. (2014) foram produzidas barras de cereais com resíduos de frutas, os resultados obtidos nas análises microbiológicas de quatro formulações apresentavam dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, apresentando-se, portanto, seguras do ponto de vista microbiológico, assim os valores demonstrados nas barras com adição do coproduto farelo de milho.

Tabela 5. Análise microbiológica de barras de cereais de farelo de milho (10, 25, 40 e 55%).

Ensaio	Frações			
	10%	25%	40%	55%
Contagem de <i>Bacillus cereus</i> 30°C ± 1°C	<1,0x10 ¹ UFC/g	<1,0x10 ¹ UFC/g	<1,0x10 ¹ UFC/g	<1,0x10 ¹ UFC/g
Deteção de <i>Salmonella spp</i>	Ausência de <i>Salmonella spp</i> /25g	Ausência de <i>Salmonella spp</i> /25g	Ausência de <i>Salmonella spp</i> /25g	Ausência de <i>Salmonella spp</i> /25g
NMP de <i>Coliformes</i> Termotolerantes	0,31 NMP/g	0,31 NMP/g	0,31 NMP/g	0,31 NMP/g

Valores de referência: Contagem de *Bacillus cereus* 30°C ± 1°C - n=1; m=1,0x10²; M=5,0x10²; Deteção de *Salmonella spp* - Ausência de *Salmonella spp* / 25g; NMP de *Coliformes* Termotolerantes - n=1; m=1,0x10¹; M=5,0x10¹.

Lima et al. (2010) produziram barras de cereais com polpa e amêndoa de baru (*Dipteryx alata* V.) e através dos resultados microbiológicos verificaram que todas as amostras estão de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela RDC nº12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA, 2001) assim como os resultados das BFM.

4.3.4 Análise Sensorial

A somatória das frequências atribuídas através do teste afetivo por ordenação pode ser verificada na Tabela 6. OF calculado foi de 12,56, enquanto o tabelado é de 9,53, ou seja, houve diferença significativa entre as amostras.

Tabela 6. Somatória das frequências atribuídas pelos julgadores.

Somatória dos resultados na análise sensorial				
0%	10%	25%	40%	55%
269	253	250	219	209

Aigster et al. (2011) não encontraram diferença significativa na avaliação sensorial realizada com barras de cereais de granola e com adição de amido resistente, sendo que ambas foram consideradas aceitáveis pelos consumidores.

Já em um estudo com barras de cereais com adição de fibra de acerola (*Malpighia glabra* L.) orgânica os julgadores demonstraram boa aceitabilidade, variando entre ter gostado ligeiramente a gostado muitíssimo, e 40% dos avaliadores afirmaram gostar moderadamente da barra de cereal (COSTA et al., 2014). Bruchez et al. (2011) desenvolveram formulações de barras de cereais contendo diferentes

concentrações milho (15%, 20%, 25%, 30% e 35%), através da avaliação sensorial verificaram que a barra de 30% foi a que obteve maior aceitabilidade.

No estudo de Ambrósio-Ugri e Ramos (2012), os autores observaram que a substituição parcial da aveia em flocos pela farinha da casca de maracujá interferiu no sabor do produto, afetando sua aceitabilidade. A avaliação sensorial é importante para mostrar a aceitabilidade dos produtos em frente ao mercado e aos prováveis consumidores (BASTOS; PAULO; CHIARADIA, 2014). Neste trabalho, verificou-se que a formulação que apresentou maior preferência entre os julgadores foi a 0%, que diminui com o aumento da concentração de farelo de milho nas barras.

A Tabela 7 apresenta as comparações múltiplas entre os totais do teste de ordenação. Atabela de Newel (ABNT, 1994) foi utilizada para a comparação múltipla entre os resultados das amostras, com a finalidade de verificar quais são as amostras que diferem entre si. No entanto, foi calculada a diferença entre as somatórias das amostras obtidas (Tabela 6), se o valor encontrado for maior que o tabelado através tabela de Newel, mostra se houve diferença significativa entre as amostras. Para o teste realizado com 80 julgadores e 5 tratamentos o valor é 55. Pode-se verificar apenas na comparação entre 0 e 55% ultrapassaram o valor tabelado (55), demonstrando que apresenta diferença a nível de significância a 5%.

Tabela 7. Comparações múltiplas entre os totais de ordenação das amostras de barras de cereais com diferentes proporções de farelo de milho.

Diferença entre totais de ordenação de cada amostra		
0% - 10%	16	Não há diferença
0% - 25%	19	Não há diferença
0% - 40%	50	Não há diferença
0% - 55%	60	Diferença significativa
10% - 25%	3	Não há diferença
10% - 40%	34	Não há diferença
10% - 55%	44	Não há diferença
25% - 40%	31	Não há diferença
25% - 55%	41	Não há diferença
40% - 55%	10	Não há diferença

Quando os julgadores foram questionados sobre a ingestão de alimentos cereais e barras de cereais os resultados obtidos foram apresentados nas Figura 9 e 10, respectivamente.

Em relação à pergunta “Gosta de alimentos integrais?” 82% dos julgadores afirmaram gostar de alimentos e produtos com cereais integrais, 14% mostraram não gostar e 4% não responderam. A preferência ou não dos julgadores por alimentos

integrais pode ter relação com a aceitabilidade da barra de cereal avaliada nesse estudo, embora a maioria apresente gostar desse tipo de alimento. As escolhas alimentares geralmente são orientadas por suas preferências que o indivíduo estabelece já no início da vida. A aceitação dos alimentos é determinada pela percepção e gosto do sabor, sabor e textura do alimento. O gosto por essas características é em certa medida modificado por efeitos cognitivos, apetite, situação alimentar e cultura (HAUSNER et al., 2012).

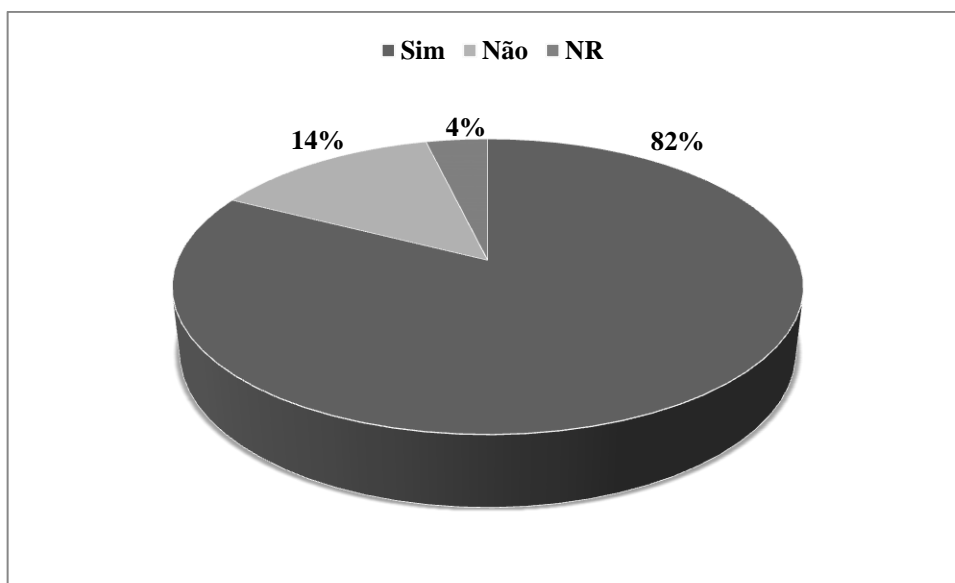


Figura 9. Representação das respostas dos julgadores em relação a pergunta “gosta de alimentos integrais?”.

A maioria dos julgadores demonstrou gostar de barra de cereal (91%), apenas 5% relataram na ficha de avaliação não gostar e outros 4% não responderam.

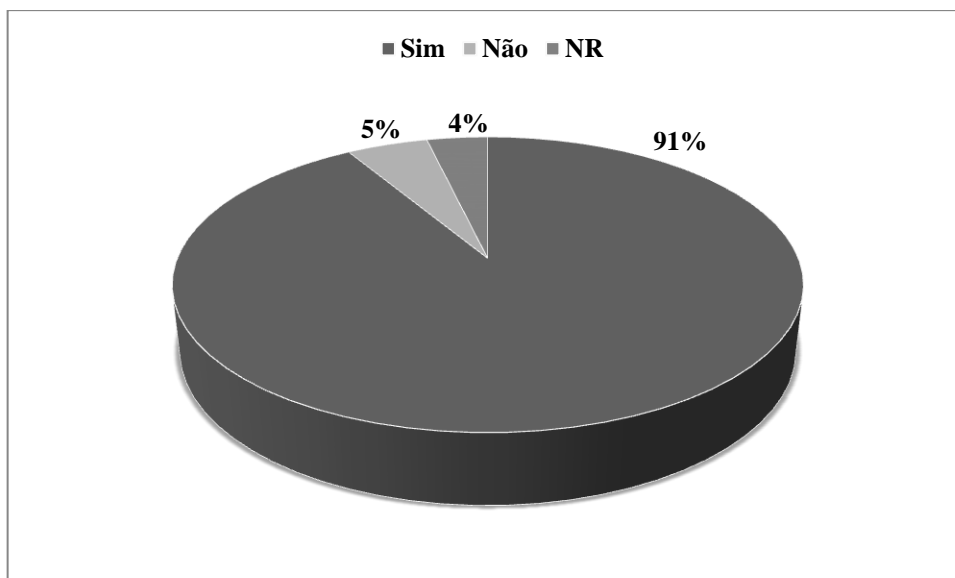


Figura 10. Representação das respostas dos julgadores em relação a pergunta “gosta de barras de cereais?”.

Na Figura 11, apresenta a frequência de consumo de barras de cereais entre os julgadores que participaram da análise sensorial, pode-se notar que 36,25% raramente consome esse tipo de produto, 21,25% consomem em até três vezes na semana, 15% relataram ingerir até 3 vezes no mês e outros 15% consomem apenas 1 vez. 7,5% dos julgadores disseram ingerir mais de três vezes na semana e 1,25% demonstraram não nunca consumir este alimento.

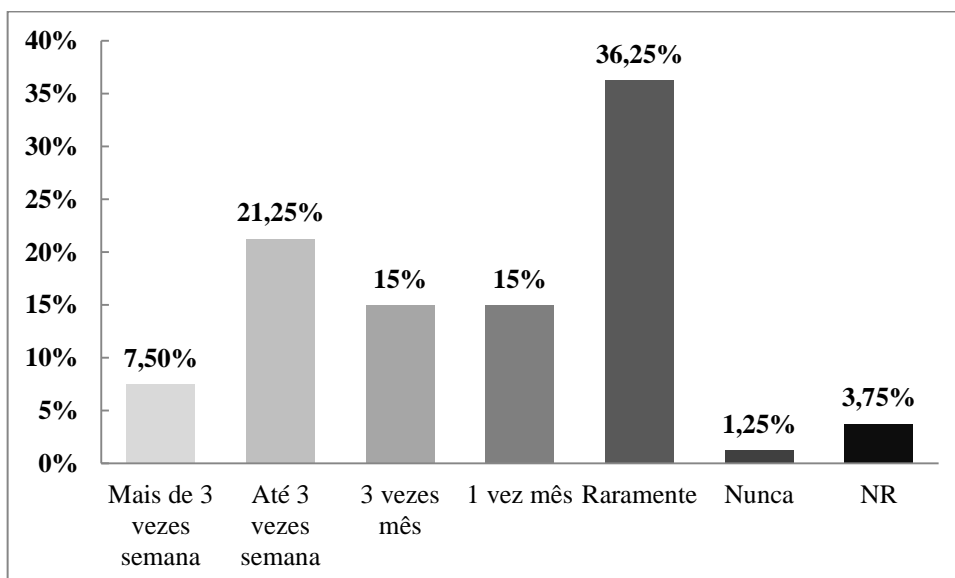


Figura 11. Frequência de ingestão de barra de cereais entre os julgadores. NR = Não responderam.

4.4 CONCLUSÃO

As barras de cereais mostraram-se um produto alimentício de importante valor nutricional, rico em proteínas, fibras, cinzas, com baixo valor calórico e de boa aceitabilidade quando comparado as tradicionais (já comercializadas). A substituição do farelo de milho em proporções de até 40% mostrou ser bem aceitas pelos julgadores, isso demonstra que esse coproduto pode ser utilizado no desenvolvimento de produtos destinados a alimentação humana.

Foi possível verificar que conforme aumentou a concentração de farelo de milho, aumentou o teor de fibra alimentar, minerais e conseqüentemente reduziram os teores de sódio, carboidratos e valor calórico. A barra de cereal contendo 55% de FM apresentou quantidades de fibras e minerais superiores as demais formulações. O produto desenvolvido nesse trabalho serve como importante carreador de nutrientes ao organismo. Maiores estudos com a aplicação de farelo de milho devem ser realizados, visando dispor esse ingrediente de bom valor nutricional para a indústria de alimentos.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Food composition, additives, natural contaminants. 16. ed. v. 2. Gaithersburg: AOAC, 1997.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **Teste de ordenação em análise sensorial – Procedimento**. ABNT NBR 13170:1994, 1994.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **Análise sensorial — Metodologia — Orientações gerais**. ABNT NBR ISO 6658:2005, 2005.

Agricultural and Agri-food Canada, 2015. Consumer trends snack bars in the United Kingdom. February, 2014. Disponível em: <http://www.agr.gc.ca>.

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**. v.44, p.2159-2165, 2011.

AMBRÓSIO-UGRI, M. C. B.; RAMOS, A. C. H. DEVELOPMENT OF CEREAL BAR WITH PARTIAL SUBSTITUTION OF OATS BY THE MEAL PASSION FRUIT PEEL. **Revista Tecnológica**. v.21. p.69-76, 2012.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Dispõe sobre a oferta, propaganda, publicidade, informação e outras práticas correlatas cujo objetivo seja a divulgação e a promoção comercial de alimentos considerados com quantidades elevadas de açúcar, de gordura saturada, de gordura trans, de sódio, e de bebidas com baixo teor nutricional. **Resolução-RDC nº 24**, DE 15 DE JUNHO, 2010.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Dispõe Sobre o Regulamento Técnico Sobre Informação Nutricional Complementar. **Resolução - RDC nº 54**, de 12 de novembro de 2012. Brasília.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Resolução - RDC nº 12**. 2 de janeiro, 2001.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. 23 de outubro, 2003a.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Resolução - RDC nº 360**, de 23 de dezembro, 2003b.

AOAC, A. A. Official methods of analyses. Washington, DC, U.S.A: **Association of Official Analytical Chemist**, 1990.

AYALA-SOTO, F. E.; SERNA-SALDIVA, S. O.; GARCÍA-LARA, S.; PÉREZ-CARRILLO, E. Hydroxycinnamic acids, sugar composition and antioxidant capacity of arabinoxylans extracted from different maize fiber sources. **Food Hydrocolloids**. v.35, p.471-475, 2014.

AYALA-SOTO, F. E.; SERNA-SALDIVA, S. O.; WELTI-CHANES, J. Effect of processing time, temperature and alkali concentration on yield extraction, structure and gelling properties of corn fiber arabinoxylans. **Food Hydrocolloids**. v.60, p.21–28, 2016.

BAEK, J.; KIM, Y.; LEE, S. Functional characterization of extruded rice noodles with corn bran: Xanthophyll content and rheology. **Journal of Cereal Science**. v.60, p.311-316, 2014.

BASTOS, G. A.; PAULO, E. M.; CHIARADIA, A. C. N. Acceptability of potentially probiotic cereal bars. **Braz. J. Food Technol.** Campinas, v. 17, n. 2, p. 113-120, 2014.

BATISTA, E. M.; MOISES, R. M. M.; SOUZA, P. A.; SOARES, D. J.; OLIVEIRA, Z. L.; BEZERRA, H. N. B. R.; SOUSA, P. B. Análise Microbiológica de Barras de Cereais Elaboradas com Resíduos Industriais de Frutas. **Blucher Food Science Proceedings**, v.1, 2014.

BRITO, A. L. B.; BRITO, L. R.; HONORATO, F. A.; PONTES, M. J. C.; PONTES, L. F. B. L. Classification of cereal bars using near infrared spectroscopy and linear discriminant analysis. **Food Research International**. v. 51 p. 924–928, 2013.

BRUCHEZ, K. D.; MARTIMIANO, L. J.; TUNI, E.; VIEIRA, M. A. Desenvolvimento de Barra de Cereais Formuladas com Ingredientes Regionais (Milho e Erva-mate). 2011.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods – A review. **Food Research International**. v.51, p. 823-835, 2013.

COSTA, E. A.; VALENÇA, A. P.; 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.

DAVID-BIRMAN, T.; MACKIE, A.; LESMES, U. Impact of dietary fibers on the properties and proteolytic digestibility of lactoferrin nano-particles. **Food Hydrocolloids**. v.31, p.33-41, 2013.

DOHNALOVA, L.; BUCEK, P.; VOBORNIK, P.; DOHNAL, V. Determination of nickel in hydrogenated fats and selected chocolate bars in Czech Republic. **Food Chemistry**. v. 217, p. 456–460, 2017.

GARCIA, M. C.; LOBATO, L. P.; BENASSI, M. T. Application of roasted rice bran in cereal bars. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.32, p. 718-724, 2012.

GODOY, R. C. B.; WASZCZYSKJ, N.; SANTOS, G. G.; SANTANA, F. A.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O.; GARRUTI, D. S. AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DOCES DE BANANA DE CORTE ELABORADOS COM GENÓTIPOS RESISTENTES À SIGATOKA-NEGRA. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.2, p.127-136, 2014.

HAUSNER, H.; HARTVIG, D. L.; REINBACH, H. C.; WENDIN, K.; BREDIE, W. L. P. Effects of repeated exposure on acceptance of initially disliked and liked Nordic snack bars in 9e11 year-old children. **Clinical Nutrition**. v. 31 p. 137-143, 2012.

HEENAN, S.; SOUKOULIS, C.; SILCOCK, P.; FABRIS, A.; APREA, E.; CAPPELIN, L., MARK, T. D.; GASPERI, F.; BIASIOLI, F. PTR-TOF-MS monitoring of in vitro and in vivo flavour release in cereal bars with varying sugar composition. **Food Chemistry**. v. 131, p. 477-484, 2012.

LIN, F.; CHEN, L.; LIANG, R. ZHANG,; Z.; WANG, J.; CAI, M.; LI, Y. Pilot-scale production of low molecular weight peptides from corn wet milling byproducts and the antihypertensive effects in vivo and in vitro. **Food Chemistry**. v.124 p.801–807, 2011.

LOBATO, L. P., PEREIRA, A. E. C., LAZARETTI, M. M. L., BARBOSA, D. S., CARREIRA, C. M., MANDARINO, J. M. G. Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v. 63, p. 49–58, 2012.

MACHADO, B.A.S.; DRUZIAN, J.I. Análise da estabilidade e da composição em ácidos graxos em manteiga de garrafa produzida artesanalmente. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v.68, n.2, p.35-42, 2009.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. Energy value of foods: Basis and derivation. Washington: **United States Department of Agriculture**, p.105, 1973.

NORAJIT, K.; GU, B.; RYU, G.; Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. **Food Chemistry**. v. 129 p. 1919–1925, 2011.

POSSINGER, C. M. S.; R. D.; C. D. N.; C. D. E. High-Fiber Snack Bars. **Journal of Renal Nutrition**. v. 24, p.13-14, 2014.

SCOTT, R.; DONOGHOE, M.; WATTS, G. F.; O'BRIEN, R.; PARDY, C.; TASKINEN, M. R., et al. Impact of metabolic syndrome and its components on cardiovascular disease event rates in 4900 patients with type 2 diabetes assigned to placebo in the field randomised trial. **Cardiovascular Diabetology**, v. 10, p. 102, 2011.

SERIAL, M. R.; CANALIS, M. S. B.; CARPINELLA, M.; VALENTINUZZI, M. C.; LEÓN, A. E.; RIBOTTA, P. D.; ACOSTA, R. H. Influence of the incorporation of fibers in biscuit dough on proton mobility characterized by time domain NMR. **Food Chemistry**.v.192, p.950–957, 2016.

SILVA. F. D.; PANTE, C. F.; PRUDENCIO, S. H.; RIBEIRO, A. B. ELABORAÇÃO DE UMA BARRA DE CEREAL DE QUINOA E SUAS PROPRIEDADES SENSORIAIS E NUTRICIONAIS. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2011.

SUHEM, K.; MATAN, N.; MATAN, N.; DANWORAPHONG, S.; AEWSIRI, T. Improvement of the antifungal activity of *Litsea cubeba* vapor by using a helium–neon (He–Ne) laser against *Aspergillus flavus* on brown rice snack bars. **International Journal of Food Microbiology**. v.215 p.157–160, 2015.

SUNG, Y.; KIM, S.; KIM, D.; PARK, S. H.; YOO, B. W.; KIM, H. K. Nutritional composition and anti-obesity effects of cereal bar containing *Allium fistulosum* (welsh onion) extract. **JOURNAL OF FUNCTIONAL FOODS**. v.6 p.428 – 437, 2014.

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

TRIER, C. M.; JOHNSTON, C. S. Ingestion of nutrition bars high in protein or carbohydrate does not impact 24-h energy intakes in healthy young adults. **Appetite**. v. 59 p. 778–781, 2012.

ZAMORA-GASGA, V. M.; BELLO-PÉREZ, L. A.; ORTÍZ-BASURTO, R. I.; TOVAR, J.; SAYAGO-AYERDI, S. G. Granola bars prepared with Agave tequilana ingredients: Chemical composition and in vitro starch hydrolysis. **LWT - Food Science and Technology**. v. 56, p. 309-314, 2014.

5. CONCLUSÃO GERAL

De acordo com as pesquisas realizadas com o farelo de milho nesse trabalho, pode-se concluir que esse coproduto apresenta características nutricionais importantes, sendo viável sua utilização e aproveitamento pela indústria de alimentos. Possui valores elevados de minerais importantes para a saúde, apresenta compostos fenólicos que são importantes antioxidantes. A quantidade baixa de fatores antinutricionais não prejudica sua aplicação em preparações alimentícias. Esse farelo pode servir como um ingrediente importante para aumentar o valor nutricional de diversas preparações, dentre elas, as barras de cereais.

As barras de cereais podem ser veículos de compostos funcionais, que além de nutrir, melhoram o funcionamento do organismo humano. São importantes fontes de fibras, proteínas e lipídios. De acordo com o aumento da proporção de farelo de milho nas barras pode-se verificar que redução nas quantidades de carboidratos, sódio e valor calórico e aumento do teor de fibra alimentar e minerais, é um produto que pode contribuir resultando na melhoria da saúde. É um alimento atual, nutritivo, prático e bem aceito entre as pessoas.