



MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E SENSORIAL
DE PÃES DOCES ELABORADOS COM FRUTOS DO
CERRADO**

**LAVRAS - MG
2020**

MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E SENSORIAL DE PÃES DOCES
ELABORADOS COM FRUTOS DO CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Prof.^a Dr.^a Elisângela Elena Nunes Carvalho
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

da Cunha, Mariana Crivelari.

Potencial nutricional, funcional e sensorial de pães doces
elaborados com frutos do Cerrado / Mariana Crivelari da Cunha. -
2020.

265 p. : il.

Orientador(a): Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Coorientador(a): Elisângela Elena Nunes Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Desenvolvimento de novos produtos. 2. Tecnologia da
panificação. 3. Merenda escolar. I. Vilas Boas, Eduardo Valério de
Barros. II. Carvalho, Elisângela Elena Nunes. III. Título.

MARIANA CRIVELARI DA CUNHA

**POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E SENSORIAL DE PÃES DOCES
ELABORADOS COM FRUTOS DO CERRADO**

**NUTRITIONAL, FUNCTIONAL AND SENSORIAL POTENTIAL OF SWEET
BREADS MADE BRAZILIAN CERRADO FRUITS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 04 de dezembro de 2020.

Prof.^a Dr.^a Elisângela Elena Nunes Carvalho UFLA

Prof.^a Dr.^a Joelma Pereira UFLA

Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves UFLA

Prof.^a Dr.^a Fabrícia Queiroz Mendes UFV

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

*Aos meus pais, José Carlos e Maria Bernadete,
à minha irmã gêmea, Marília
ao meu avô, José (in memoriam)*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela realização de mais uma etapa.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio do projeto.

Ao professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela orientação, por ter concedido e designado essa pesquisa, pela paciência nas correções e por ter me auxiliado nessa jornada.

À professora Dr.^a Elisângela Elena Nunes Carvalho, agradeço pela coorientação, paciência e auxílios prestados durante esta caminhada.

Aos professores Dr.^a Joelma Pereira e Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves, pela paciência e auxílio nas análises de panificação e nos delineamentos estatísticos.

À professora Dr.^a Fabrícia Queiroz Mendes da Universidade Federal de Viçosa pela atenção e disponibilidade em participar da banca de defesa.

Aos técnicos Felipe e Ana Alice, por auxiliarem nas análises físicas realizadas no Departamento de Ciência dos Alimentos.

Aos técnicos, Tina, Cidinha, Dedé, Creuza e Helô, pelas conversas e, principalmente, pela amizade, durante esse tempo.

Às técnicas, Lidiany e Franciane, por auxiliarem nas análises cromatográficas realizadas no Departamento de Química.

Às diretoras, Valéria e Liliene, por terem concedido a realização da análise sensorial na escola municipal “Álvaro Botelho”.

Às amigas, Jéssyca, Carla, Nathane, Marina, Maria Cecília e as gêmeas Jéssica e Angélica, por sempre estarem presentes nos momentos que mais precisei.

Aos amigos, Patrícia, Ítalo e Thainnane, pela companhia na minha estadia em Lavras.

Agradeço, imensamente, a Ana Lázara, Daiana, Laila, Piêtra e Vinícius, por estarem sempre me auxiliando na montagem dos experimentos e nas análises químicas e também, aos amigos que auxiliaram na análise sensorial dos pães, Cintia, Rodrigo, Nadjla, Hanna, Kaio, Rafaela, Valéria, Danilo, Ana Beatriz, Rafael e Victor.

Aos amigos do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças e do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos pelos momentos de convivência e novos aprendizados.

Ao Núcleo de Estudos em Pós-colheita de Frutas e Hortaliças (NEPC), pelos ensinamentos compartilhados.

Aos monitores, Thiago, Fernanda e Maria Paula, que me ajudaram nas aulas práticas de bromatologia.

Aos amigos da cafeteria escola CafESAL, pela oportunidade de aprender um pouco mais sobre a bebida que tanto aprecio, o café.

À minha prima, Giovanna Crevilari, pelas ilustrações das cartilhas.

Ao Sr. Douglas Bello e equipe, pelos esclarecimentos sobre a produção da polpa de gabirola e pela disponibilização das fotos da árvore e do fruto da gabirola.

Ao Sérgio Simão, por ter me ajudado a compreender os resultados da análise multivariada.

Aos meus pais, José Carlos e Maria Bernadete, pelo apoio incondicional, por todo o amor e carinho que dedicaram a mim, desde sempre.

À minha irmã, Marília, pelo incentivo a continuar na carreira acadêmica.

A todas as pessoas que indiretamente me apoiaram, torceram e me auxiliaram, ao longo desses quatro anos e meio.

Meus sinceros agradecimentos!

“Onde quer que te encontres e conforme estejas, estás sob o comando de Deus”.

Joanna de Ângelis – Divaldo Franco

“Conscientiza-te de que ninguém consegue realizar algo sem o apoio de alguns, competindo-nos a todos adquirir paciência e tolerância de uns para com os outros”.

Emmanuel – Francisco Cândido Xavier

RESUMO GERAL

A incorporação de frutos nativos do Cerrado brasileiro, como o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), na forma de farinhas ou polpas na elaboração de produtos panificáveis, pode vir a ampliar e difundir o consumo de pães e dos frutos nativos, podendo atender às necessidades nutricionais de crianças em idade escolar. A primeira etapa do projeto consistiu no desenvolvimento e na elaboração de pães doces com farinhas da casca de pequi (FCP) e da polpa de pequi e gabirola (FPP e FPG) em substituição parcial à farinha de trigo, bem como com as polpas desses mesmos frutos (PP e PG), em substituição parcial à água. O objetivo desse estudo foi o de obter uma faixa de concentração ideal para cada substituinte e desenvolver um produto de panificação com qualidades tecnológicas comparadas ao obtido a partir de formulação padrão. Nos pães doces de pequi, as faixas de substituição ideais foram obtidas a partir das formulações utilizando entre 0,75% e 2,5% de FCP; até 20% de FPP e entre 5% e 35% de PP. Já nos pães doces de gabirola, as faixas ideais de substituição compreenderam de 1,615% a 5,0% de FCP e 10% a 11,5% de FPG e até 20% de PG. Na segunda etapa do projeto, foi avaliado o efeito das substituições supracitadas, de forma isolada e combinada, sobre variáveis físicas, nutricionais, funcionais e sensoriais. Nos pães doces de pequi, a substituição dos ingredientes (farinha de trigo e água) por FCP, FPP e PP contribuiu para alterações na coloração, promovendo tonalidades mais escuras e amarelo-alaranjado na crosta, no miolo e nas propriedades texturais, além de promover o aumento no teor de lipídeos, fibra bruta, extrato não nitrogenado e valor energético. Apesar disso, todas as formulações apresentaram uma alta aceitação sensorial, com destaque para as formulações com PP. Os pães que apresentaram, em comum, a FCP, bem como os formulados com PP combinada com FPP, apresentaram maiores teores de fenólicos totais, vitamina C e carotenoides, além de maior atividade antioxidante. Os compostos fenólicos majoritários na FCP e nos pães doces enriquecidos com essa farinha foram catequina, ácido gálico e resveratrol. Nos pães doces de gabirola, a substituição parcial dos ingredientes farinha de trigo e água por FCP, FPG e PG promoveu alterações na coloração da crosta e miolo, nas propriedades texturais do miolo e na composição centesimal, à exceção do teor proteico. Ademais, todas as formulações testadas foram sensorialmente bem aceitas e não diferiram significativamente entre si. Os tratamentos que apresentaram, em comum, a FCP, se destacaram pelos maiores teores de fenólicos totais, vitamina C, bem como maior atividade antioxidante, sendo que os compostos fenólicos majoritários presentes na FCP e nos pães doces enriquecidos com ela foram catequina, ácido gálico e resveratrol. De forma geral, a substituição parcial de farinha de trigo e água por FCP, FPP, FPG, PP e PG agregam valor nutricional e apelo funcional aos produtos de panificação.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense* Camb. *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. Tecnologia da panificação. Desenvolvimento de novos produtos. Substituição de ingredientes. Merenda escolar.

GENERAL ABSTRACT

The incorporation of native fruits from the Brazilian Cerrado, such as pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) and gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) in the form of flour or pulp in the production of bakery products, may increase and spread the consumption of bread and native fruits, being able to meet the nutritional needs of schoolchildren. The first stage of the project consisted in developing and making sweet breads with flours of pequi husk (PHF) and pequi and gabioba pulps (PPF and GPF) in partial replacement to wheat flour, as well as with the pulps of these fruits (PP and GP) in partial replacement to water. The objective of this study was to obtain an ideal concentration range for each substitute and developing a bakery product with technological qualities compared to that obtained from the standard formulation. In the pequi sweet breads, the ideal replacement ranges were obtained from the formulations using between 0.75% and 2.5% PHF; up to 20% PPF and between 5% and 35% PP. In the gabioba sweet breads, the ideal replacement ranges comprised from 1.615% to 5.0% PHF and 10% to 11.5% GPF and up to 20% GP. In the second stage of the project, the effect of the aforementioned substitutions was evaluated, in an isolated and combined manner, on physical, nutritional, functional and sensory variables. In the pequi sweet breads, the replacement of ingredients (wheat flour and water) by PHF, PPF and PP contributed to causing some color changes, promoting darker and yellow-orange tones in the crust, crumb and in textural properties. Besides, it promoted an increase in the content of lipids, crude fiber, non-fiber carbohydrates and energy value. Despite this, all formulations showed a high sensory acceptance, with emphasis on formulations with PP. The breads that had PHF in common, as well as those formulated with PP combined with PPF, presented higher levels of total phenolics, vitamin C and carotenoids, in addition to greater antioxidant activity. The major phenolic compounds in PHF and the sweet breads enriched with this flour were catechin, acid gallic and resveratrol. In gabioba sweet breads, the partial replacement of ingredients wheat flour and water by PHF, GPF and GP promoted changes in the color of the crust and crumb, in the textural properties of the crumb and in the proximate composition, except for the protein content. Besides, all tested formulations were sensorially well accepted and did not differ significantly from each other. The treatments that had PHF in common stood out for the higher levels of total phenolics, vitamin C, as well as higher antioxidant activity, being that, the major phenolic compounds present in PHF and in sweet breads enriched with it were catechin, gallic acid and resveratrol. In general, the partial replacement of wheat flour and water by PHF, PPF, GPF, PP and GP add nutritional value and functional potential to bakery products.

Keywords: *Caryocar brasiliense* Camb. *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. Baking technology. Development of new products. Substitution of ingredients. School meals.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 - Localização geográfica do bioma Cerrado no Brasil..... 32
- Figura 2 - Visão geral do fruto do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb). (a) - Fruto partido ao meio. 1. Casca: Exocarpo; 2. Casca: Mesocarpo externo; 3. Mesocarpo interno ou pirênios (b) - Pirênios inteiro e partido ao meio. 4. Endocarpo espinhoso; 5. Semente ou amêndoa branca. 34
- Figura 3 - (a) Gabirobeira e (b) gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg)..... 36
- Figura 4 - Etapas do processo de fabricação dos pães doces de pequi e de gabirola. (a) etapa de mistura dos ingredientes, (b) divisão e boleamento da massa, (c) modelagem da massa; (d) massa após a etapa de fermentação; (e) etapa de forneamento; (f) resfriamento a temperatura ambiente; (g) etapa de fatiamento dos pães..... 51
- Figura 5 - Representação esquemática da estrutura química do DPPH e sua redução a radical DPPH $^{\cdot}$ 58
- Figura 6 - Estabilização do radical ABTS $^{+\cdot}$ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio. 60
- Figura 7 - Reação química que descreve a produção de Fe $^{2+}$ (forma ferrosa) a partir da redução do Fe $^{3+}$ (forma férrica) presente no complexo com TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina). 62

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

- Figure 1 - Contour curve of moist gluten content, as a function of variables: pequi husk flour and pequi pulp flour. Legend: Moist gluten: 0 to 16%. Average results obtained from the variable responses obtained from the different experimental tests. 105
- Figure 2 - Contour curve of specific volume as a function of variables: pequi husk flour and pequi pulp. Legend: Specific volume: 2.2 to 3.8 mL g $^{-1}$. Average results obtained from the variable responses obtained from the different experimental tests. 110

ARTIGO 2

Figure 1 - Cross sections of bread made from the partial replacement of wheat flour by pequi pulp and husk flours and water by pequi pulp. Treatments, from left to right: T₁: standard formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% PHF + 20% PPF; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% PHF + 35% PP; T₇: 20% PPF + 35% PP; T₈: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. 147

Figure 2 - (A) Analysis of the main components (PCA) between the physical analyses performed on sweet breads; (B) Dendogram of the different variables analyzed between the physical parameters of color and texture profile [L*, C* and °hue of the crust; L*, C* and °hue; hardness, elasticity, cohesiveness and chewiness] of sweet breads made with pequi husk flour, pequi pulp flour and pequi pulp and (C) Loadings of each main component (PCs) in relation to physical variables. Subtitle: (•) 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF; 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5: 35% PP; 6: 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. (•) 1: L* crust; 2: C* crust; 3: °hue crust; 4: L* crumb; 5: C* crumb; 6: °hue crumb; 7: hardness; 8: elasticity; 9: cohesiveness and 10: chewiness. 147

Figure 3 - (A) Analysis of the main components (PCA) between proximal analyses performed on sweet breads; (B) Dendogram of the different variables analyzed between the chemical parameters [moisture, lipids, proteins, ash, fiber, glycidic fraction and energy value] of the breads sweets made with pequi husk flour, pequi pulp flour and pequi pulp and (C) Loadings of each main component (PCs) in relation to proximal composition variables. Subtitle: (•) 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF; 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5: 35% PP; 6: 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. (•) 1: Moisture; 2: Lipids; 3: Crude protein; 4: Fixed mineral residue (ash); 5: Crude fiber; 6: Non-nitrogen extract (glycidic fraction); 7: Energy value. 147

Figure 4 - (A) Radar graph of hedonic quality characteristics of bread made from the partial replacement of wheat flour by pequi pulp and husk flours and water

by pequi pulp. Of which 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF; 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5: 35% PP; 6: 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. (B) Preferred two-way internal map acceptance of pequi sweet bread. Consumers are represented by vectors and treatments by squares. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. The means (n = 90) followed by the same letters do not differ from each other by the Scott-Knott test at 5% probability.

..... 148

ARTIGO 3

Figure 1 - Cross sections of bread elaborated from the partial replacement of wheat flour by pequi husk and pulp flours and water by pequi pulp. Treatments, from left to right: T₁: standard formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% FCP + 20% FPP; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% FCP + 35% PP; T₇: 20% FPP + 35% PP; T₈: 2.5% FCP + 20% FPP + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi bark flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. 177

Figure 2 - Chromatogram of the phenolic compounds profile. (A) Chromatogram of the patterns of phenolic compounds. Peak identification: (1) gallic acid; (2) catechin; (3) chlorogenic acid; (4) caffeic acid; (5) vanillin; (6) *p*-coumaric acid; (7) ferulic acid; (8) *m*-coumaric acid; (9) *o*-coumaric acid; (10) resveratrol; (11) *trans*-cinnamic acid; (B) Chromatogram of the diluted pequi peel flour (1:100); (C) T₈ chromatogram of bread. 177

Figure 3 - (A) Principal component analysis (PCA) and (B) Dendrogram of the different methodologies of antioxidants [ABTS*+, DPPH, antioxidant β-carotene/linoleic acid, reduction of iron (FRAP)], vitamin C and phenolic compounds (Folin-Ciocalteu and Fast-Blue) of pequi sweet breads. Legend: (•) T₁: standard formulation; T₂: 2.5% FCP; T₃: 20% FPP; T₄: 2.5% FCP + 20% FPP; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% FCP + 35% PP; T₇: 20% FPP + 35% PP; T₈: 2.5% FCP + 20% FPP + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi peel flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. (•) 1: Folin-Ciocalteu; 2: Fast-Blue; 3: ABTS*+; 4: DPPH; 5: antioxidant β-carotene/linoleic acid; 6: iron reduction (FRAP); 7: Vitamin C and 8: Total carotenoid content. 177

ARTIGO 4

- Figura 1 - Curva de contorno para (a) volume de massa, (b) volume específico e (c) densidade, em função das variáveis: farinha da casca de pequi e farinha da polpa de gabirola. Legenda: (a) volume de massa: 10 a 26 mL; (b) volume específico: 1,4 a 2,1 mL g⁻¹, (c) densidade: 0,45 a 0,70 g mL⁻¹. Em todos os casos, são os resultados médios das variáveis respostas obtidas dos diferentes ensaios experimentais realizados. 197
- Figura 2 - Curva de contorno para (a) dureza e (b) mastigabilidade, em função das variáveis: farinha da casca de pequi (x₁) e polpa de gabirola (x₂). Legenda: (a) dureza 1.400 a 2.600 g.f; (b) mastigabilidade 1.000 a 1.700 (adimensional). Em ambos os casos, são os resultados médios das variáveis respostas obtidas dos diferentes ensaios experimentais. 202

ARTIGO 5

- Figura 1 - Seções transversais de pães elaborados a partir da substituição parcial da farinha de trigo e água por farinha da casca de pequi, farinha da polpa de gabirola e polpa de gabirola. Tratamentos, da esquerda para a direita: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 20% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PP; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. 231
- Figura 2 - (A) Análise dos componentes principais (PCA) entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Análise dos componentes principais (PCA) entre as análises proximais realizadas nos pães doces; (C) Análise dos componentes principais (PCA) das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS^{•+}, DPPH, antioxidante β-caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabirola e pequi. 234
- Figura 3 - (A) Dendograma das diferentes variáveis analisadas entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Dendograma das diferentes variáveis analisadas entre as análises proximais realizadas nos pães doces e (C) Dendograma das diferentes

metodologias de antioxidantes [ABTS⁺, DPPH, antioxidante β-caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabirola.235

Figura 4 - *Loadings* de cada componente principal (PCs) em relação às variáveis físicas, químicas e funcionais. (A) Loading dos parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e h° da crosta; L*, C* e h° do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Loading entre as análises proximais realizadas nos pães doces; (C) Loading das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS⁺, DPPH, antioxidante β-caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabirola e pequi.236

Figura 5 - Cromatograma do perfil de compostos fenólicos. (a) Cromatograma dos padrões de compostos fenólicos. Identificação dos picos: (1) ácido gálico; (2) catequina; (3) ácido clorogênico; (4) ácido cafeico; (5) vanilina; (6) ácido *p*-cumárico; (7) ácido ferúlico; (8) ácido *m*-cumárico; (9) ácido *o*-cumárico; (10) resveratrol; (11) ácido *trans*-cinâmico; (b) Cromatograma da farinha da casca de pequi diluída (1:100); (c) Cromatograma do tratamento 8 (T₈) dos pães de gabirola e pequi.....237

Figura 6 - (A) Gráfico de radar das características de qualidade hedônica dos pães substituídos por farinhas e polpa de pequi. Sendo 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. (B) Mapa interno de preferência de duas vias para aceitação dos pães doces gabirola e pequi. Os consumidores são representados por vetores e os tratamentos por quadrados. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. As médias (n = 86) seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.238

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 - Estudos encontrados na literatura referente ao desenvolvimento de novos produtos alimentícios com a utilização de alguns dos frutos nativos do Cerrado brasileiro.	38
Tabela 2 - Estudos disponíveis na literatura referente à produção de pães feitos a partir da substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas de fontes vegetais.	55

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Table 1 - Coded levels of the two variables used to determine the optimal substitution level of pequi flour and pequi pulp used in the preparation of sweet bread from the central composite planning.....	101
Table 2 - CCRD with real and coded values and all responses and Tukey test to compare with control bread.	103
Table 3 - Regression ANOVA for moist gluten content response.	105
Table 4 - The levels of variables used for the experimental validation test of the model.	106
Table 5 - CCRD with real and coded values for pequi husk flour (x_1) and pequi pulp (x_2), all responses and Tukey test to compare with control bread.	107
Table 6 - Regression ANOVA for response by specific volume.	110
Table 7 - The levels of variables used for the experimental validation test of the model.	111

ARTIGO 2

Table 1 - Physical and chemical characteristics of the quality of the raw materials used in bread preparation.	144
Table 2 - Physical and chemical characteristics of bread quality.....	145
Table 3 - Acceptability index (percentage) for each formulation of pequi sweet breads offered to the children (n = 90) interviewed at the municipal elementary school located in Lavras – Minas Gerais, Brazil.	146

ARTIGO 3

Table 1 - Total phenolic, vitamin C, carotenoids, antioxidant activity and phenolic profile of pequi co-products.....	178
Table 2 - Total phenolic, vitamin C, carotenoids, antioxidant activity and phenolic profile of the pequi sweet bread made from pequi husk and pulp flours and pequi pulp.	179
Table 3 - Chromatographic parameters used for the detection and quantification of phenolic compounds present in pequi co-products and pequi sweet bread.....	180

ARTIGO 4

Tabela 1 - Correlação entre níveis codificados e reais das duas variáveis independentes nos dois Delineamentos Compostos Centrais Rotacionais (DCCR).	192
Tabela 2 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais e codificados e teste de Scott-Knott para efeito comparativo entre os ensaios e a formulação padrão.	194
Tabela 3 - ANOVA da regressão para a resposta volume de massa, volume específico e densidade.	196
Tabela 4 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais e codificados e teste de Scott-Knott para efeito comparativo entre os ensaios e a formulação padrão.	199
Tabela 5 - ANOVA da regressão para a resposta dureza e mastigabilidade.	201

ARTIGO 5

Tabela 1 - Variáveis físicas e químicas de pães doces de gabioba e pequi.	232
Tabela 2 - Índice de aceitabilidade (%) de pães doces de gabioba e pequi ofertados para 86 escolares de 6 a 10 anos.	239

LISTA DE ABREVIATURAS

PRIMEIRA PARTE

a.C	Antes de Cristo
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
P	Fósforo
S	Enxofre
Se	Selênio
Zn	Zinco

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

No	Number
----	--------

ARTIGO 2

No	Number
----	--------

ARTIGO 4

V_f	Volume final
V_i	Volume inicial

ARTIGO 5

n°	Número
----	--------

LISTA SE SIGLAS

PRIMEIRA PARTE

ABTS	2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
CIE	Do inglês <i>Comission International de L'Eclairage</i>
DFI	2,6-diclorofenolindofenol
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EC ₅₀	Concentração inibitória média
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FRAP	Do inglês <i>Ferric Ion Reducing Antioxidant Power</i>
IC ₅₀	Concentração inibitória média
MEC	Ministério da Educação
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TPA	Análise de Perfil de Textura
TPTZ	2,4,6-tripiridil-s-triazina
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico
UV/Vis	Espectrometria de absorção nas regiões ultravioleta (UV) e Visível

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

ANOVA	Analysis of variance
CCRD	Central Composite Rotational Design
EI	Expansion Index
MS	Mean Square
RH	Relative Humidity
SS	Sum of Square
TPA	Texture Profile Analysis

ARTIGO 2

CIE	Comission International de L'Eclairage
CRD	Completely Randomized Design
HCA	Hierarchical Cluster Analysis

PC	Principal Component
PCA	Principal Component Analysis
PHF	Pequi husk flour
PNAE	School Feeding Brazilian Program
PP	Pequi pulp
PPF	Pequi pulp flour
RH	Relative Humidity
TPA	Texture Profile Analysis

ARTIGO 3

ABTS	2,2'- azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
DIC	Randomized Experimental Design
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrilhidrazil
EAG	Equivalent to gallic acid
FRAP	Ferric Ion Reducing Antioxidant Power
IC ₅₀	Mean inhibitory concentration
HCA	Hierarchical Cluster Analysis
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
LD	Detection Limit
LQ	Quantification Limit
PC	Principal Component
PCA	Principal Component Analysis
PHF	Pequi husk flour
PP	Pequi pulp
PPF	Pequi pulp flour

ARTIGO 4

ANOVA	Análise de variância
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
FCP	Farinha da casca de pequi
FPG	Farinha da polpa de gabioba
FV	Fonte de variação
GP	Do inglês <i>Gabioba pulp</i>
GPF	Do inglês <i>Gabioba pulp flour</i>

IE	Índice de expansão
PG	Polpa de gabioba
PHF	Do inglês <i>Pequi husk flour</i>
QM	Quadrado médio
SQ	Soma de quadrados
TPA	Do inglês <i>Texture Profile Analysis</i>

ARTIGO 5

DIC	Delineamento inteiramente casualizado
FCP	Farinha da casca de pequi
FPG	Farinha da polpa de gabioba
HCA	Análise Hierárquica de Agrupamentos
PC	Componente Principal
PCA	Análise de Componentes Principais
PG	Polpa de gabioba
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
UR	Umidade relativa

LISTA DE SÍMBOLOS

PRIMEIRA PARTE

%	Porcentagem
km ²	Quilômetros quadrados
°C	Graus Celsius
m	Metros
cm	Centímetros
g	Gramas
kcal	Quilocalorias
mg	Miligramas
g 100g ⁻¹	Gramas por cem gramas
mg 100g ⁻¹	Miligramas por cem gramas
kcal 100g ⁻¹	Quilocalorias por cem gramas
L*	Claridade
C*	Cromaticidade
°hue	Ângulo hue
nm	Nanômetros
α	Alfa
β	Beta
δ	Delta
γ	Gama
mL	Mililitros

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

°C	Degrees Celsius
g	Grams
mL	Mililiters
cm ²	Square centimeters
cm	Centimeters
mL g ⁻¹	Milliliters per gram
mm s ⁻¹	Millimeters per second
mm	Millimeters

s	Second
kcal 100g ⁻¹	Kilocalories per hundred grams
g 100g ⁻¹	Grams per hundred grams
mg 100g ⁻¹	Milligrams per hundred grams
df	Degrees of freedom

ARTIGO 2

L*	Clarity
C*	Chromaticity
°hue	Hue angle
%	Percentage
kcal 100g ⁻¹	Kilocalories per hundred grams
g 100g ⁻¹	Grams per hundred grams
mg 100g ⁻¹	Milligrams per hundred grams
°C	Degrees Celsius
ppm	Parts per million
W	Watts
mm s ⁻¹	Millimeters per second
mm	Millimeters
cm	Centimeters
g	Grams
g 100g ⁻¹	Grams per hundred grams
mg 100g ⁻¹	Milligrams per hundred grams
kcal 100g ⁻¹	Kilocalories per hundred grams

ARTIGO 3

°C	Degrees Celsius
ppm	Parts per million
W	Watts
g	Grams
mg	Milligrams
mL	Milliliters
%	Percentage
μmol	Micro molar

μM	Micromoles
μm	Micrometers
$\text{g } 100\text{g}^{-1}$	Grams per hundred grams
$\text{mg } 100\text{g}^{-1}$	Milligrams per hundred grams
$\text{kcal } 100\text{g}^{-1}$	Kilocalories per hundred grams

ARTIGO 4

%	Porcentagem
kg/ano	Quilograma por ano
mm	Milímetros
g	Gramas
mL	Mililitros
mm s^{-1}	Milímetros por segundo
s	Segundos
g mL^{-1}	Gramas por mililitros
mL g^{-1}	Mililitros por grama
gL	Graus de liberdade
g.f	Gramas força

ARTIGO 5

$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
mm	Milímetros
cm	Centímetros
%	Porcentagem
W	Watts
L^*	Claridade
C^*	Cromaticidade
h°	Ângulo hue
mm s^{-1}	Milímetros por segundos
mm	Milímetros
s	Segundos
g.f	Gramas força
$\text{g } 100\text{g}^{-1}$	Gramas por cem gramas
$\text{mg } 100\text{g}^{-1}$	Miligramas por cem gramas

kcal 100g ⁻¹	Quilocalorias por cem gramas
mL	Mililitros
g	Gramas
nm	Nanômetros
μmol	Micromolar
μM	Micromols
mg mL ⁻¹	Miligrama por mililitros
μL	Microlitros
mg L ⁻¹	Miligramas por litro
mL min ⁻¹	Mililitros por minutos

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	28
1	INTRODUÇÃO	28
2	OBJETIVOS	30
2.1	Objetivo geral.....	30
2.2	Objetivos específicos.....	30
3	REFERENCIAL TEÓRICO	31
3.1	O Cerrado brasileiro	31
3.2	Pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.)	33
3.3	Gabiroba (<i>Campomanesia xantocarpa</i> O. Berg).....	35
3.4	Frutos do Cerrado e o desenvolvimento de novos produtos.....	37
3.5	O pão.....	39
3.5.1	Pão: Uma perspectiva histórica.....	39
3.5.2	O consumo de pães no Brasil e no mundo	41
3.5.3	O mercado de panificação no Brasil e a merenda escolar	42
3.5.4	O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).....	42
3.6	Denominação e legislação dos pães	43
3.6.1	Principais ingredientes que influenciam a qualidade dos pães	44
3.6.1.1	Farinha de trigo	44
3.6.1.2	Água	45
3.6.1.3	Fermento biológico	45
3.6.1.4	Sal.....	46
3.6.2	Ingredientes complementares.....	46
3.6.2.1	Açúcar.....	47
3.6.2.2	Gorduras.....	47
3.6.2.3	Ovos.....	47
3.6.2.4	Leite.....	48
3.6.3	As etapas do processamento dos pães	48
3.7	Qualidade tecnológica da farinha de trigo panificável.....	52
3.8	Substitutos da farinha de trigo e o enriquecimento de pães	54
3.9	Avaliação da qualidade das massas e dos pães elaborados.....	55
3.9.1	Análises tecnológicas das massas e dos pães	55
3.9.2	Análises físicas.....	56

3.9.2.1	Coloração.....	56
3.9.2.2	Análise do perfil de textura (TPA)	57
3.9.3	Análises químicas.....	57
3.9.3.1	Composição centesimal	57
3.9.3.2	Métodos analíticos utilizados para a determinação antioxidante dos pães ...	58
3.9.3.2.1	Atividade sequestradora do radical DPPH	58
3.9.3.2.2	Atividade Sequestradora do Radical ABTS ⁺	59
3.9.3.2.3	Branqueamento do β -caroteno	60
3.9.3.2.4	Método FRAP (<i>Ferric Ion Reducing Antioxidant Power</i>).....	61
3.9.4	Demais análises químicas	62
3.9.4.1	Vitamina C	62
3.9.4.2	Carotenoides.....	62
3.9.4.3	Métodos para determinação de compostos fenólicos totais	63
3.9.5	Análise sensorial	63
	REFERÊNCIAS.....	65
	ANEXO A - Certificado de Análise da farinha utilizada na elaboração dos pães.....	89
	ANEXO B -Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE.....	90
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	93
	MANUSCRIPT 1 - USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO EVALUATE THE EFFECT OF PEQUI FLOUR, PULP AND BY-PRODUCT ON SWEET BREAD DEVELOPMENT.....	93
	MANUSCRIPT 2 - PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY IMPLICATIONS OF PEQUI (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) SWEET BREAD MADE WITH FLOUR, PULP AND FRUIT BY-PRODUCT	116
	MANUSCRIPT 3 - PEQUI FRUIT (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) BY-PRODUCTS ADD FUNCTIONAL POTENTIAL TO SWEET BREAD ...	153
	ARTIGO 4 - UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA OBTER UMA CONCENTRAÇÃO IDEAL DE SUBSTITUIÇÃO DA POLPA E FARINHAS DE GABIROBA E SUBPRODUTOS DO PEQUI NO DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES	184
	ARTIGO 5 - GABIROBA (<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. BERG) E CASCA DE PEQUI (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) AGREGAM VALOR	

NUTRICIONAL E FUNCIONAL A PÃES DOCES SEM ALTERAR SUA ACEITAÇÃO SENSORIAL.....	206
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	240
APÊNDICE A – CARTILHAS.....	242

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca pela extraordinária diversidade de espécies frutíferas, ainda pouco conhecidas, mas que apresentam alto valor nutricional e características sensoriais bem peculiares. O Cerrado brasileiro é um bioma que apresenta grande número de espécies de frutos nativos e exóticos, com grande potencial a ser explorado. Nos últimos anos, houve avanços no número de pesquisas que visam a explorar o potencial dessas frutas, buscando analisar, basicamente, seu valor nutricional, funcional e sensorial (DAMIANI *et al.*, 2009, 2011, 2013; GONÇALVES *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016, 2017).

Dentre a ampla variedade de espécies de frutas nativas do Cerrado brasileiro, destacam-se o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg). O pequi é uma fruta tradicional desse bioma e apresenta alto valor nutricional e funcional por ser rico em compostos bioativos com propriedades antioxidantes, como carotenoides e a vitamina C (GONÇALVES *et al.*, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2009, 2015). Já a gabioba se destaca por apresentar importantes componentes nutricionais, tais como minerais (ferro, potássio e cálcio) e altos níveis de compostos antioxidantes (ácido ascórbico e compostos fenólicos) (MORZELLE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009, 2013a).

Dentre as partes do fruto do pequi, o exocarpo mais o mesocarpo externo representam aproximadamente 80% do fruto, sendo constituído basicamente por fibras alimentares. No entanto, apesar do potencial funcional desse subproduto, essa parte do fruto é descartada. Uma alternativa que vem ganhando destaque é o aproveitamento de subprodutos como matéria-prima para a produção de alimentos diferenciados e que estejam incluídos na alimentação humana. Dessa forma, agregar valor a esses subprodutos é de grande interesse, pois eles são fontes de nutrientes e fibras. Entretanto, poucos estudos relatam o aproveitamento do exocarpo e mesocarpo externo do pequi no desenvolvimento de novas formulações para produtos de panificação (COUTO, 2007; SANTOS *et al.*, 2018; SOARES JUNIOR *et al.*, 2009).

O pão é uma das principais fontes calóricas da humanidade e um dos alimentos mais difundidos no mundo. Uma maneira tradicional de melhorar aspectos nutricionais e funcionais em produtos de panificação é enriquecê-los, nutricionalmente, por meio da substituição

parcial da farinha de trigo pelo uso de farinhas mistas de diversas fontes alimentícias (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001; EL-DASH *et al.*, 1994). A secagem e/ou desidratação de frutas e seus subprodutos e sua transformação em farinhas promove a redução do teor de água livre e, assim, impede reações químicas e microbiológicas, aumentando a vida-útil e a segurança alimentar. Ainda, pode concentrar compostos bioativos e fibras alimentares no produto final (LEÃO *et al.*, 2017; SOQUETTA *et al.*, 2015).

Na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos que estudaram a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação, seja para a melhoria da qualidade nutricional, seja para atender um público específico de portadores de doenças nutricionais, ou para proporcionar saudabilidade e bem-estar a um público que busca produtos atrativos e saudáveis (AQUINO *et al.*, 2010; CERON *et al.*, 2011; COUTO, 2007; KOOPER *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2016; PEREZ; GERMANI, 2007; SANTANA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2017a; VIEIRA *et al.*, 2015).

Em vista do exposto, este trabalho foi dividido em três seções. Na primeira, é apresentado o referencial teórico, embasado nos temas referentes aos frutos do Cerrado estudados neste projeto; o que já foi desenvolvido com esses frutos nativos e o motivo de aplicá-los em produtos de panificação, além de todo o conteúdo referente aos produtos de panificação, desde a perspectiva histórica até sua relação com a merenda escolar. Na segunda seção são apresentados os artigos. No primeiro e no quarto artigo, objetivou-se desenvolver pães com a utilização de polpa e farinha de frutos do Cerrado (pequi e gabioba) e seu subproduto do pequi (farinha do exocarpo + mesocarpo externo do pequi), em substituição parcial à farinha de trigo e água, de forma a obter uma faixa de concentração ideal para cada substituinte, a fim de desenvolver um produto de panificação com qualidades tecnológicas comparadas à formulação padrão. Já no segundo, terceiro e quinto artigo, logo após definida a faixa de substituição ideal para as matérias-primas alvo de estudo, objetivou-se analisar o potencial nutricional, funcional e sensorial dos pães enriquecidos com a farinha e polpa desses frutos do Cerrado, utilizando integralmente o pequi e a gabioba. Por fim, a terceira seção (APÊNDICE A) é composta pelas cartilhas que detalham, de modo acessível e simples, todo o processo de elaboração das matérias-primas utilizadas na elaboração dos pães, juntamente com as melhores formulações definidas a partir desses estudos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivou-se, neste trabalho, buscar o desenvolvimento de pão enriquecido com a polpa e farinha de frutos do Cerrado, especificamente o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), agregando valor funcional e nutricional ao produto final.

2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar as propriedades físicas e químicas da farinha dos frutos, das polpas e da farinha do subproduto do pequi, com o objetivo de avaliar seu aproveitamento e potencialidade, como ingrediente funcional nas formulações de pães doces;
- b) Elaborar os pães, utilizando a farinha do exocarpo e mesocarpo externo do pequi e a farinha da polpa do pequi, bem como a farinha de gabioba, em substituição parcial à farinha de trigo utilizada tradicionalmente na elaboração de pães;
- c) Elaborar os pães, utilizando a polpa dos frutos do Cerrado já mencionados, em substituição à água utilizada na formulação tradicional de pães;
- d) Comparar as formulações em que serão utilizadas as polpas com as formulações nas quais serão utilizadas as farinhas dos frutos do Cerrado, considerando-se o mesmo fruto;
- e) Verificar a influência dos ingredientes no processo tecnológico de fabricação dos pães, por meio de análises tecnológicas da área de panificação;
- f) Verificar a influência dos ingredientes utilizados no processo tecnológico de elaboração dos pães, quanto ao conteúdo nutricional e funcional;
- g) Avaliar a aceitação dos pães enriquecidos, por meio de testes de aceitação sensorial com crianças de seis a dez anos, regularmente matriculadas no ensino fundamental da escola municipal “Álvaro Botelho” localizada em Lavras, Minas Gerais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Cerrado brasileiro

Considerando-se, atualmente, a savana mais rica do mundo em biodiversidade, o Cerrado brasileiro é caracterizado por ser o segundo maior em área no país, ocupando cerca de 2.039.386 km², o que equivale a aproximadamente 25% do território nacional, localizado, basicamente, no planalto central e considerado um complexo vegetacional de grande heterogeneidade fitofisionômica, composto por três formações: florestais, savânicas e campestres (EMBRAPA, 2012; KLINK; MACHADO, 2005; MACHADO *et al.*, 2004; SANO *et al.*, 2007).

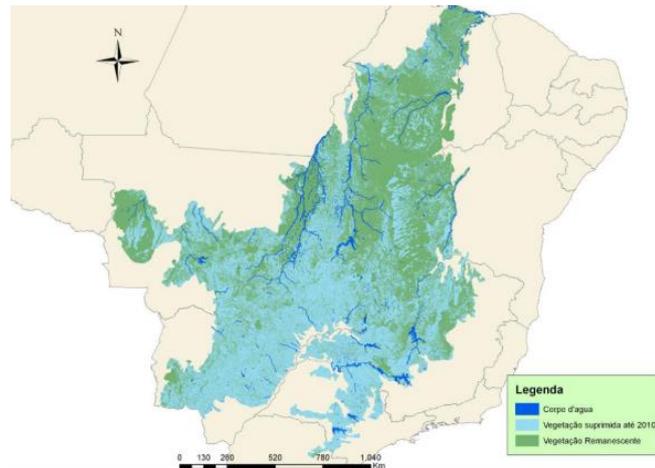
O Cerrado, por ocupar a região Central do Brasil, conecta-se com quatro dos seis biomas brasileiros, dentre eles a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Ademais, no espaço territorial que abrange o bioma, encontram-se as principais nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), resultando em um elevado potencial aquífero, o que favorece a sua biodiversidade (ARRUDA; ALMEIDA, 2015).

Nesta região, apresenta-se um clima com períodos anuais bem marcados por chuvas (outubro a abril) e secas (maio a setembro), com precipitação anual média de 1.500 a 2.000 mm e a temperatura se mantém estável, durante todo o ano, variando entre 22 a 27 °C (ARRUDA; ALMEIDA, 2015; EMBRAPA, 2012).

Os solos são antigos, profundos, bem drenados e com baixa fertilidade, já que dispõe de baixa disponibilidade de nutrientes, por apresentar elevada concentração de alumínio. A vegetação é descrita como uma savana, composta por árvores de pequenos portes e retorcidas, entremeadas de matas ciliares. Enquanto que, sua fauna é constituída, na sua maioria, por insetos, aves, roedores, répteis e mamíferos (ARRUDA; ALMEIDA, 2015; ÁVILA; OLIVEIRA; ASCHERI, 2010; EMBRAPA, 2012).

O bioma está representado em 11 estados da federação brasileira, destacando-se: os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Tocantins, Bahia, Piauí e Maranhão, mais o Distrito Federal (FIGURA 1) (BRASIL, 2011; SANO *et al.*, 2007).

Figura 1 - Localização geográfica do bioma Cerrado no Brasil.



Fonte: Brasil (2011).

O Cerrado abriga também, muitas gerações de uma variedade de povos que utilizam seus recursos naturais, tais como: indígenas, quilombolas, geraizeiros, sertanejos, vazanteiros e ribeirinhos. No entanto, apesar de deter tanta riqueza e biodiversidade, as baixas percentagens de extensão protegidas por lei e as altas taxas de desmatamento, sendo apenas 2,85% da área do Cerrado encontram-se legalmente protegidas por unidades de conservação. Dessa forma, o Cerrado é considerado um *hotspot* mundial, ou seja, uma área de conservação prioritária (ARRUDA; ALMEIDA, 2015; KLINK; MACHADO, 2005; MACHADO *et al.*, 2004; ROCHA *et al.*, 2011).

Dentre as principais ameaças à biodiversidade do Cerrado, destacam-se: abertura de áreas virgens para criação de pastagens, na pecuária extensiva e no avanço da agricultura mecanizada, na expansão de monoculturas de soja, milho, feijão, café, algodão e cana-de-açúcar. Esses fatores contribuíram para acelerar a destruição da vegetação natural e estima-se que 40% do Cerrado já tenham sido desmatados (ARRUDA; ALMEIDA, 2015; MACHADO *et al.*, 2004; ROESLER *et al.*, 2008).

Assim, estimular e valorizar o uso sustentável da sociobiodiversidade do Cerrado constitui, portanto, uma estratégia fundamental. O Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado (BRASIL, 2006) que se dedica em apoiar iniciativas de conservação voltadas para o desenvolvimento de meios de vida sustentáveis no bioma que compreende as formas de produção e geração de renda, capazes de conciliar a conservação ambiental, o desenvolvimento social e a revalorização cultural, estimulando a permanência dos pequenos produtores agroextrativistas e seus povoados nas regiões de ocorrência do bioma.

Dentre a biodiversidade encontrada no Cerrado, destacam-se as espécies frutíferas com interesse para o aproveitamento alimentar. Estima-se que existam mais de 58 espécies de frutas nativas conhecidas e utilizadas pela população local. Essas frutas podem servir como fonte de exploração econômica, desde que, as pesquisas voltadas na área de pós-colheita e a aplicação e/ou desenvolvimento de novas tecnologias viabilizem seu aproveitamento (AVIDOS; FERREIRA, 2003; CARDOSO *et al.*, 2011; MARTINOTTO *et al.*, 2008).

Dentre as espécies frutíferas que apresentam grande potencial a ser explorado, destacam-se: o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg).

3.2 Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)

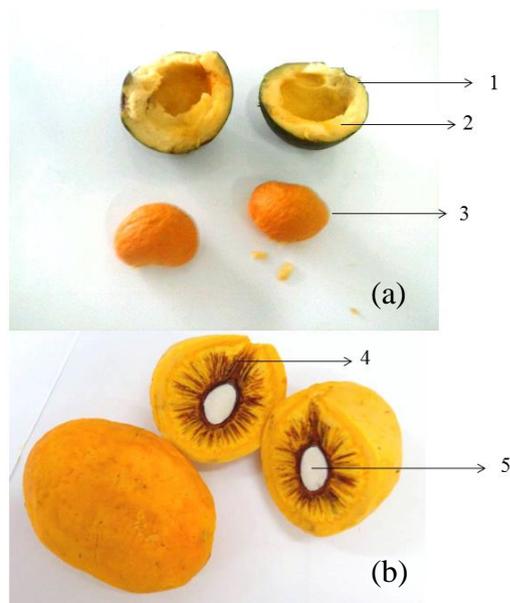
O pequi é uma árvore frondosa, podendo ultrapassar 10 m de altura. Já o fruto pertence à família *Caryocaraceae* e ao gênero *Caryocar*, o que inclui cerca de 20 espécies, sendo considerada uma das frutas típicas do Cerrado brasileiro e uma opção de alimento para as populações que vivem nessa região, por isso, é amplamente utilizado pela população local, em razão de seu potencial nutricional, medicinal e oleaginoso (GEÓCZE *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2015; ROESLER *et al.*, 2008).

A espécie *C. brasiliense* é amplamente disseminada em todo o território brasileiro e encontra-se em uma vasta área que inclui os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia, Pará, Piauí e Ceará. Em 2016, a produção do pequi no país, correspondeu a aproximadamente 20.000 toneladas do fruto, sendo o Estado de Minas Gerais responsável por 64,19% do total dessa produção (CONAB, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2015).

O pequi é geralmente comercializado como um todo ou na forma de polpa em conserva. No processamento do fruto, o exocarpo e mesocarpo do pequi correspondem a aproximadamente 80% do total do fruto e, geralmente, é descartado, após a separação do endocarpo. Quanto a sua composição química, alguns estudos afirmam que esse subproduto apresenta alto teor de fibras dietéticas (aproximadamente 45%), além de uma grande quantidade de pectinas (aproximadamente 56%) (LEÃO *et al.*, 2017, 2018). No entanto, informações presentes na literatura sobre a composição química da casca do pequi são escassas e sua caracterização pode fornecer informações que permitirão explorar de forma adequada esse subproduto.

Quanto a aspectos anatômicos, o pequi é considerado um fruto globoso, com cerca de 10 cm de diâmetro e, aproximadamente, 120 g, recoberto com uma fina casca de coloração verde-acinzentada, que constitui o exocarpo que envolve normalmente, de um a três pirênios. O mesocarpo externo (parte interna da casca) é de coloração branca a amarelo-claro e rico em taninos e fibras alimentares. Os pirênios são formados pelo mesocarpo interno, denominado de polpa e/ou porção comestível de coloração amarelo-alaranjado, apresenta uma textura dura e lenhosa. No interior do mesocarpo interno, apresenta-se uma semente oleaginosa (amêndoa) de coloração branca, adocicada e protegida por uma película, coberta por uma camada fina de espinhos (DAMIANI *et al.*, 2008; LEÃO *et al.*, 2017; VILAS BOAS *et al.*, 2012), como é apresentado a Figura 2.

Figura 2 - Visão geral do fruto do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb). (a) - Fruto partido ao meio. 1. Casca: Exocarpo; 2. Casca: Mesocarpo externo; 3. Mesocarpo interno ou pirênios; (b) Pirênios inteiros e partido ao meio; 4. Endocarpo espinhoso; 5. Semente ou amêndoa branca.



Fonte: Do grupo de pesquisa (2020).

O mesocarpo interno do pequi (parte comestível) apresenta polpa carnosa com coloração amarelo-alaranjado, contém teores nutricionais significantes, o que favorece o seu potencial de utilização. O fruto, portanto, é altamente calórico, com elevado valor proteico, rico em carotenoides (α e β -caroteno, β -criptoxantina e zeaxantina), ácido ascórbico (vitamina C) e contém ácidos graxos, como o ácido oleico (54%) e ácido palmítico (39%), além de apresentar altos níveis de compostos fenólicos associados à alta capacidade antioxidante

(GONÇALVES *et al.*, 2010; HANDRO; BARRADAS, 1971; MACHADO; MELLO; HUBINGER, 2015; RODRIGUES *et al.*, 2007).

A amêndoa do pequi, segundo alguns estudos, é rica em vitaminas, especificamente, riboflavina e tiamina, como também, apresenta alto teor proteico (24% a 54%) e oleaginoso (42,2% a 47%), além de macrominerais (Ca, Mg, P e K) e microminerais (Fe, Mn, Zn, Cu, S e Se) (CORREA *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Diversos estudos já demonstraram o potencial uso da parte comestível do pequi fresco e pouco processado (VILAS BOAS *et al.*, 2012; DAMIANI *et al.*, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2011). Ademais, vários estudos têm demonstrado e enfatizado sobre o potencial do pequi, como alimento funcional, por apresentar propriedades antioxidantes (BAPTISTA *et al.*, 2018), antimicrobiana (MOREIRA *et al.*, 2019), anti-inflamatória (MIRANDA-VILELA *et al.*, 2009) e antitumoral (MIRANDA-VILELA *et al.*, 2014).

3.3 Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg)

A gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) (FIGURA 3) é uma árvore que pertence à família *Myrtaceae*, gênero *Campomanesia* e que apresenta aproximadamente 40 espécies, distribuídas exclusivamente pela América tropical e subtropical e de ampla distribuição no Cerrado brasileiro e ambientes florestais da Mata Atlântica, podendo ser encontrada nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste (LANDRUM, 1986). É considerada uma frutífera nativa e não cultivada, sendo que, a espécie *Campomanesia xanthocaropa* O. Berg é uma árvore de médio porte, com grande capacidade de adaptação ao meio ambiente e seu florescimento ocorre de agosto a novembro e a frutificação de setembro a dezembro (ALMEIDA; NAVES; XIMENES, 2000; ALVES *et al.*, 2013; DRESCH *et al.*, 2013; FREITAS; CÂNDIDO; SILVA, 2008; OLIVEIRA; ROSSI; BARROS, 2011; SILVA *et al.*, 2009).

A gabiropa (FIGURA 3) caracteriza-se por ser um fruto tipo baga, globoso e arredondado variando de 1 a 2 cm de diâmetro, de epicarpo liso e fino, de aroma cítrico e sua coloração varia de verde escuro a amarelo-esverdeada. O endocarpo é suculento, de coloração amarelada, contendo em média de duas a seis sementes. As sementes são amareladas, verrugosas, de formato cilíndrico, cobertas pelo endocarpo (ALVES *et al.*, 2013; FREITAS; CÂNDIDO; SILVA, 2008; GODOY *et al.*, 2015; VALLILO *et al.*, 2006).

Figura 3 - (a) Gabirobeira e (b) gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg).



Fonte: Fotos disponibilizadas pelo Sítio do Bello - Paraibuna, São Paulo (2020).

Os frutos da gabiroba apresentam padrão de crescimento sigmoidal simples, no final do período de amadurecimento, sendo assim, apresentam um comportamento respiratório típico de frutas climatéricas e sua frutificação pode ocorrer entre os meses de setembro a dezembro, com um pico de frutificação em janeiro, podendo, eventualmente, estender até fevereiro (ALMEIDA; NAVES; XIMENES, 2000; SILVA *et al.*, 2009).

Quanto às características nutricionais e químicas da gabiroba, segundo Silva *et al.* (2008) e Freitas, Cândido e Silva (2008), este fruto apresenta baixo valor calórico (47,36 kcal 100 g⁻¹), em decorrência da baixa concentração de lipídeos (0,12 g 100 g⁻¹). Morzelle *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2009) confirmaram que a gabiroba apresenta elevados teores de vitamina C (>390 mg 100 g⁻¹). Assim como, em alguns estudos realizados por Fernandes *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2008), destacaram que essa fruta apresenta importantes elementos nutricionais, tais como ferro (0,24 mg 100 g⁻¹), zinco (0,62 mg 100 g⁻¹) e cálcio (8,0 mg 100 g⁻¹), como também, uma quantidade razoável de fibras (1,54 g 100 g⁻¹) e elevados níveis de compostos fenólicos, principalmente flavonoides e chalconas.

Em razão das propriedades nutricionais do fruto, a gabiroba torna-se adequada para ser consumida tanto na forma *in natura* ou como matéria-prima utilizada na fabricação de bebidas, sorvetes e geleias. No entanto, apesar da potencial aplicação, a polpa de gabiroba não é utilizada comercialmente (BARBIERI *et al.*, 2018; DUARTE *et al.*, 2010).

Vários estudos têm demonstrado o potencial da gabiroba, decorrente de suas propriedades antioxidantes (MALTA *et al.*, 2013; MORZELLE *et al.*, 2015), antimicrobiana

(CARDOSO *et al.*, 2010), propriedades antígenotóxicas e antimutagênicas (MALTA *et al.*, 2012) e utilizada para disfunções metabólicas (CARDOZO *et al.*, 2018).

3.4 Frutos do Cerrado e o desenvolvimento de novos produtos

De acordo com dados do *Brazil Food Trends 2020* (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2010), dentre as tendências de mercado, destaca-se a preferência por produtos com qualidades sensoriais e nutricionais que proporcionem saudabilidade e bem-estar. Cabe às indústrias de alimentos se adaptarem a esses segmentos, buscando novas formulações e produtos alimentícios inovadores (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2016).

Com a utilização da tecnologia de alimentos, a elaboração de novos produtos torna-se uma alternativa viável para o processamento, aproveitamento e o consumo desses frutos nativos da região do Cerrado brasileiro, proporcionando maior oferta, aumento na vida de prateleira e contribuindo para a valorização de suas potencialidades funcionais e nutricionais (REIS; SCHMIELE, 2019).

Os frutos do Cerrado, de forma geral, apresentam características sensoriais únicas, como coloração atraente, sabor intenso e aroma exótico, além de alto valor nutricional e funcional, sendo consumidos na forma *in natura* ou processados (sucos, licores, sorvetes, iogurtes, doces e geleias) (DAMIANI *et al.*, 2011, 2013; MORZELLE *et al.*, 2015).

Dentre as informações disponíveis na literatura, destaca-se a aplicabilidade tecnológica desses frutos no desenvolvimento de vários outros tipos de produtos, entre eles, destacam-se: desenvolvimento de aguardente, bebida fermentada, sorvetes, picolés, iogurtes, néctares, geleias, doce em massa, compota, biscoitos, cookies, bolos, pães doces e pastas alimentícias (TABELA 1).

Tabela 1 - Estudos encontrados na literatura referente ao desenvolvimento de novos produtos alimentícios com a utilização de alguns dos frutos nativos do Cerrado brasileiro.

Fruto	Nome científico	Produto	Referência
Araçá	<i>Psidium guineensis</i> Sw	Geleia	Damiani <i>et al.</i> (2012).
Araçá-boi	<i>Eugenia stiptata</i>	Licor	Andrade <i>et al.</i> (1997).
Araçá-pêra	<i>Psidium acutangulum</i>	Doce em massa	Wille <i>et al.</i> (2004).
Buriti	<i>Mauritia vinifera</i>	Geleia, biscoitos e néctar	Garcia, Becker e Damiani (2015); Gonçalves <i>et al.</i> (2017) e Santos <i>et al.</i> (2011).
Baru	<i>Dypterix alata</i>	Barra de cereal, bolo, pastas alimentícias, biscoitos, cookies, sorvete, barras de chocolate e sobremesa láctea	Louredo <i>et al.</i> (2014); Silva <i>et al.</i> (2015); Lubas <i>et al.</i> (2016); Pinho <i>et al.</i> (2015); Campidelli <i>et al.</i> (2020); Cruz e Pertuzatti (2014); Rocha e Santiago (2009) e Soares Júnior <i>et al.</i> (2007).
Cajuzinho do cerrado	<i>Spondia cf. lutea</i> L.	Aguardente	Carvalho <i>et al.</i> (2009).
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>	Refresco, geleia e néctar	Arruda <i>et al.</i> (2016); Bedetti <i>et al.</i> (2013) e Santos <i>et al.</i> (2012b).
Curriola	<i>Pouteria ramiflora</i>	Geleia	Cunha <i>et al.</i> (2020a,b).
Gabirola	<i>Campomanesia</i> spp.	Barra de cereal, geleia e bebida fermentada	Duarte (2008); Duarte <i>et al.</i> (2010); Freitas, Cândido e Silva (2008); Godoy <i>et al.</i> (2015) e Santos <i>et al.</i> (2013).
Jatobá	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Biscoitos e cookies	Pereira <i>et al.</i> (2016); Silva, Borges e Ferreira (1999); Silva <i>et al.</i> (2001) e Soares <i>et al.</i> (2017a).
Macaúba	<i>Acrocomia aculeata</i>	Biscoitos, cookies e shakes	Ferreira <i>et al.</i> (2013); Kooper <i>et al.</i> (2009).
Mangaba	<i>Hancornia speciosa</i>	Geleia, néctar e pães	Assumpção <i>et al.</i> (2013); Perfeito <i>et al.</i> (2016); Rodrigues (2020); Zitha (2016); Zitha <i>et al.</i> (2020).
Maracujá-doce	<i>Passiflora alata</i>	Geleia	Brandão <i>et al.</i> (2015).
Marmelada-de-cachorro	<i>Alibertia sessillis</i>	Néctar, doce em massa, geleia e compota	Silva <i>et al.</i> (2013b).
Marolo	<i>Annona crassiflora</i>	Geleia, pães doces, doce de leite, barras de cereal e pães	Arévalo-Pinedo <i>et al.</i> (2013); Arruda <i>et al.</i> (2016); Damiani <i>et al.</i> (2017); Lago (2018) e Silva <i>et al.</i> (2016).
Murici	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Geleia	Cunha (2016) e Cunha <i>et al.</i> (2019).
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Pães	Assis <i>et al.</i> (2019).
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	Pasta alimentícia e pães	Arévalo-Pinedo <i>et al.</i> (2010); Couto (2007).

Fonte: Do autor (2020).

Em vista dos dados levantados, há de se pensar em alternativas na elaboração de novos produtos, bem como melhorar a qualidade dos alimentos consumidos pelos brasileiros. Sendo assim, o pão tem um papel significativo na dieta da população mundial, principalmente para pessoas de menor poder aquisitivo e crianças em idade escolar. É um dos alimentos mais consumidos e uma das principais fontes calóricas e proteica da dieta da população de muitos países e, por esse motivo, vem sendo alvo de muitos estudos de enriquecimento, com o propósito de reforçar o valor nutricional (COELHO, 2014).

O enriquecimento nutricional de pães, por meio da substituição parcial de alguns ingredientes, no caso, a farinha de trigo e a água, pela farinha e polpa de frutos do Cerrado, passa a ser uma maneira de melhorar os aspectos nutricionais e funcionais, principalmente em produtos de confeitaria e panificação. Como também, em decorrência do amplo consumo, o pão mostra-se como alternativa interessante para a utilização de subprodutos do processamento de frutas, visando aumentar sua composição nutricional e funcional (MAIA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018).

Dentre os frutos do Cerrado utilizados na elaboração de novos produtos, de acordo com a Tabela 1, apenas a amêndoa de baru (LOUREDO *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015), o jatobá (PEREIRA *et al.*, 2016; SILVA; SILVA; CHANG, 1999, 2001; SOARES *et al.*, 2017a), macaúba (KOOPER *et al.*, 2009), a mutamba (ASSIS *et al.*, 2019), a mangaba (RODRIGUES, 2020) e o marolo (LAGO, 2018), apresentaram aplicabilidade tecnológica na elaboração de produtos de confeitaria e panificação. Ademais, alguns estudos já mostraram aplicabilidade de utilização da farinha da casca do pequi, como fonte de fibras, na elaboração de pães e biscoitos (COUTO, 2007; SOARES JUNIOR *et al.*, 2007).

3.5 O pão

3.5.1 Pão: Uma perspectiva histórica

O pão em todas as suas formas é um alimento básico na dieta de milhões de pessoas em todo o mundo, sendo consumido, desde a pré-história. Está relacionado à vida do homem, tanto como alimento quanto como símbolo econômico, político, religioso, artístico e cultural. Enquanto que, os gostos alimentares mudaram ao longo dos séculos, o pão, de uma forma ou de outra, permaneceu fiel à sua herança ancestral, sendo, praticamente o único alimento conhecido quase universalmente em todo o mundo (ABIP, 2018a; BOCK; WRIGLEY; WALKER, 2016; GIBSON; NEWSHAM, 2018).

Essa perspectiva histórica começa há, aproximadamente, 10.000 anos a.C., no período Neolítico, quando o homem primitivo descobriu que as sementes de algumas gramíneas podiam ser esmagadas, misturadas com água e aquecidas no fogo e, assim, o pão primitivo apresentava aspecto de mingau cozido (BATISTA, 2016; BOCK; WRIGLEY; WALKER, 2016; MOORE, 2016).

No período que data de 8.000 a.C, o pão já era elaborado nos vales dos rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia, em uma região chamada de Crescente Fértil, onde está localizada, nos dias atuais, a região do Egito, Israel, Líbano, Síria, Jordânia, Iraque e Kuwait. O pão primitivo apresentava formato oval e achatado e era feito com grãos selvagens, entre eles: a aveia, a cevada, o sorgo e o trigo que eram triturados rústicamente e, então, eram assados, envoltos ou cobertos de brasas, sobre pedras quentes ou debaixo de cinzas (ABIP, 2018a; BRASIL, 2009; SINGER, 2006).

Esses pães de formato estendido ou achatado, denominados de *flatbreads*, foram os únicos conhecidos pelas civilizações, durante milênios e, ainda hoje, são produzidos e consumidos, largamente, em todo mundo, principalmente na região onde se localiza o Iraque (BRASIL, 2009).

Já o início da produção de pão de massa fermentada é atribuído aos egípcios, também por volta de 8.000 a.C., por meio do desenvolvimento de modelos primários de pedras moedoras, como também do cultivo das variedades de trigos mais duros e a descoberta ocasional do processo fermentativo da massa, tornando-a leve e macia (BRASIL, 2009; GIBSON; NEWSHAM, 2018; SINGER, 2006).

Segundo Brasil (2009) e Canella-Rawls (2009), a descoberta de que a massa de pão poderia fermentar aconteceu por mero acaso: onde um pedaço de massa contendo apenas água e farinha foi esquecido a céu aberto e, naturalmente foi inoculado por bactérias presentes no ambiente, dando início ao processo fermentativo que forneceu volume a essa massa. Já a propagação do fermento também deu-se ocasionalmente, após a mistura da massa fermentada a uma nova massa.

Com a introdução do fermento houve um marco do conceito de pão que conhecemos hoje e o eventual uso da farinha de trigo refinada resultou em um produto mais palatável. Mais tarde, os gregos contribuíram para os avanços que envolveram o aperfeiçoamento da produção, trazendo novas variedades do produto, mas foram os romanos que difundiram ainda mais o hábito de produzir e consumir esse alimento. Foi em Roma que surgiram as primeiras padarias e o seu conceito está relacionado a um local projetado para produção eficiente de

pães, com a criação dos primeiros comércios (BATISTA, 2016; BOCK; WRIGLEY; WALKER, 2016; MOORE, 2016).

No Brasil, o princípio da panificação ocorreu em 1534, com a vinda de Martim Afonso de Souza, um dos donatários que trouxe as primeiras sementes de trigo à colônia. Antes do pão, o que se usava, era o biju de mandioca e massa de farinha de mandioca. Logo, com a chegada da família real portuguesa, os pães passaram a ser produzidos e amplamente consumidos. No entanto, somente no século XIX, a produção comercial de pães foi implementada definitivamente a partir da vinda dos imigrantes italianos que difundiram o uso do trigo para a elaboração desse alimento (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MATOS, 2009; SOUKI; REIS; MOURA, 2016).

3.5.2 O consumo de pães no Brasil e no mundo

O padrão de consumo de pão e produtos de panificação difere amplamente entre os diferentes continentes, sendo que, as previsões sobre o consumo baseiam-se no consumo médio por pessoa por ano. De acordo com *The International Association of Plant Bakers*, observa-se que o consumo *per capita* desse alimento é muito divergente entre as diferentes culturas. Em 2013, o país com o maior consumo *per capita* de pão foi relatado na Turquia (104 kg/ano) (COLLAR, 2016; EGLITE; KUNKULBERGA, 2017).

Com base no relatório *World: Bread and Bakery* (2018), os países de maior consumo de pão *per capita* foram: Reino Unido (96 kg/ano), Espanha (77 kg/ano), Itália (65 kg/ano), Alemanha (65 kg/ano), Rússia (61 kg/ano) e França (52 kg/ano). Conforme o relatório, o consumo *per capita* dos Estados Unidos foi estimado em um nível ligeiramente inferior de 46 kg/ano. Enquanto que, o consumo de pão na América do Sul é bem diferente entre os principais consumidores desse alimento no mundo. De acordo com Collar (2016), dos países latinos que mais consomem pão, destacam-se apenas o Chile (93 kg/ano) e Argentina (73 kg/ano).

O recomendável seria que cada pessoa consumisse no mínimo 60 kg de pão por ano, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (PROPAN, 2015). Segundo dados disponibilizados pela Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria ABIP (2018), o brasileiro consome 33,5 kg por ano, valor bem abaixo do recomendável pela Organização Mundial da Saúde (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; CUNHA, 2012; MATTOS, 2010).

3.5.3 O mercado de panificação no Brasil e a merenda escolar

De acordo com as informações da Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2018), a panificação está entre os seis maiores segmentos da indústria brasileira. Aproximadamente, 63,2 mil panificadoras fazem parte do mercado de panificação no país, destas, 96,3% são micro e pequenas empresas, sendo responsáveis por produzir 79% dos produtos do setor (SEBRAE, 2017a).

O mercado de panificação atual é dinâmico e sempre atento a todas as variáveis que podem influenciar no ramo dessa atividade, uma delas, reflete, principalmente, as mudanças de hábito dos consumidores, destacando-se a preferência por produtos de qualidade sensorial e nutricional que proporcionem saudabilidade e bem-estar. Assim, com a necessidade de inovar e manter-se competitivo, o mercado vem buscando novas formulações e inserindo novas linhas de produtos (REIS; SCHMIELE, 2019; SEBRAE; 2017b).

Dessa forma, se esse mercado explorar as principais características dos frutos do Cerrado, o seu potencial uso no processamento de alimentos e estimular à diversificação da produção e inserção de novos produtos alimentícios, passa também a difundir o consumo de frutos exóticos, valorizando os alimentos locais e garantindo o desenvolvimento sustentável da região (ARRUDA; ALMEIDA, 2015; MONEGO *et al.*, 2013).

A proposta de incluir itens de panificação na merenda escolar foi aprovada pelo Projeto de Lei 7.745/2017, conforme a Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria, Comércio e Serviço da Câmara Federal, que obriga que os Estados e Municípios apliquem parte dos recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar, na compra de produtos de panificação. O Projeto de Lei aprovado cria um percentual adicional – além dos 30% proposto na Lei anterior (11.947/2009) – de 5% dos recursos repassados, para compra de produtos panificáveis fabricados por micro e pequenos empreendedores, estimulando um importante setor da economia, contribuindo para o fortalecimento dos mercados para os agricultores familiares e o desenvolvimento regional (ABIP, 2018b; BRASIL, 2018; SCHNEIDER *et al.*, 2016).

3.5.4 O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)

Os Programas de Alimentação Escolar estão presentes em diferentes países e alimentam, aproximadamente, 368 milhões de crianças, diariamente, no mundo. No Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) é um dos maiores e mais bem sucedidos

programas de alimentação escolar no mundo, responsável por fornecer refeições gratuitas para mais de 40 milhões de estudante (LOCATELLI *et al.*, 2018; SOARES *et al.*, 2017b).

Criado em meados de 1950, esse programa é um dos mais antigos promovidos pelo governo brasileiro, na área de alimentação escolar que objetiva fornecer alimentação adequada e saudável e ações de educação nutricional a todos os alunos matriculados na educação básica das escolas públicas do país (FNDE, 2014; SANTOS; COSTA; BANDEIRA, 2016).

Essa política pública, gerenciada pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que é uma autarquia do Ministério da Educação (MEC), apresenta como princípios a universalidade e a garantia do direito aos estudantes à alimentação escolar. Suas diretrizes seguem os princípios do emprego da alimentação saudável e adequada, compreendendo o uso de alimentos variados, seguros, que respeitem a cultura, as tradições e os hábitos alimentares saudáveis (FNDE, 2014; LOCATELLI *et al.*, 2018; SANTOS; COSTA; BANDEIRA, 2016).

Dentre os objetivos do programa, destacam-se: i) contribuir para o crescimento e o desenvolvimento biopsicossocial e para a melhoria do rendimento escolar; ii) a garantia da segurança alimentar; iii) a oferta de refeições que cubram as suas necessidades nutricionais (mínimo de 20%), durante o período em que os estudantes permanecem na escola e iv) incentivo para a aquisição de gêneros alimentícios diversificados (FNDE, 2014; FRANÇA *et al.*, 2018).

O maior avanço do programa veio com a publicação da Lei nº 11.947/2009 que universalizou o PNAE para toda a educação básica, ou seja, da educação infantil ao ensino médio, com a obrigatoriedade da aquisição, mínimo de, 30% do valor repassado pelo programa seja investido na compra direta de produtos da agricultura familiar, medida que estimula o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades. Além do atual projeto de Lei 7.745/2017, já mencionado no item anterior, que obriga que o adicional do valor repassado seja destinado à compra de produtos de panificação fabricados por micro e pequenos empreendedores locais (FNDE, 2017; SANTOS; COSTA; BANDEIRA, 2016).

3.6 Denominação e legislação dos pães

Segundo a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005a) o pão pode ser definido como o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada a partir da farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham,

naturalmente, proteínas formadoras de glúten, fermento biológico, água e sal, podendo conter outros ingredientes para produzir novos formatos e sabores.

Entretanto, outros componentes que também podem ser adicionados à massa, podem mudar as características tecnológicas dos pães, tais como, melhorar o volume, a maciez ou a durabilidade e também, para conferir ao pão outras características desejadas (EL-DASH *et al.*, 1994).

Dessa forma, o pão pode ser classificado, de acordo com o ingrediente que o caracterize e/ou processo de fabricação e/ou formato. No caso específico, deste trabalho, o produto foi elaborado com uma mistura de farinhas (farinha da polpa – pequi e gabirola – e farinha do exocarpo e mesocarpo do pequi), como também, o produto terá um sabor doce, pois será preparado com a adição de açúcar e gordura (BRASIL, 2005a).

De acordo com as características gerais do produto, segundo a legislação vigente (BRASIL, 2005), o pão deve ser fabricado com matérias-primas de qualidade, isentos de matéria terrosa, parasitos e em perfeito estado de conservação, sendo permitida a sua preparação com outras farinhas, desde que, tragam a designação de sua origem. No caso específico deste trabalho, o produto designado denomina-se como “pão doce de pequi” e “pão doce de gabirola”.

Referente às características sensoriais, o pão deve apresentar duas crostas, uma interior e a outra mais consistente e aderente ao miolo. O miolo deve ser poroso, leve, homogêneo, elástico e não devem apresentar grumos duros, pontos negros, pardos ou avermelhados. Quanto à coloração, a parte externa deve ser amarelada, amarelo-pardacenta, ou de acordo com o tipo e no miolo deve ser de cor branca, branco-parda ou de acordo com o tipo (BRASIL, 2005a).

3.6.1 Principais ingredientes que influenciam a qualidade dos pães

A composição mínima do pão, ou seja, os ingredientes essenciais utilizados para a elaboração do pão são: farinha de trigo, água, fermento biológico e sal.

3.6.1.1 Farinha de trigo

De acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo (BRASIL, 2005b), a farinha de trigo é o produto obtido do

endosperma amiláceo de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) por moagem ou outros processos a partir do processamento completo do grão.

Segundo a legislação vigente, farinha de trigo deve ser fabricada a partir de grãos são e limpos, isentos de matéria terrosa, não podendo estar úmida, fermentada e nem rançosa. Além disso, a farinha de trigo deve ser da cor branca, com leves tons de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem, além de não exceder 15% de umidade (BRASIL, 2005b).

A farinha de trigo é o componente estrutural da massa e constitui o ingrediente fundamental para a obtenção do pão, sendo responsável por fornecer as proteínas formadoras da rede de glúten. O glúten é formado quando a farinha de trigo e a água são misturados com a ação de trabalho mecânico, formam uma estrutura viscoelástica capaz de reter o dióxido de carbono produzido durante o processo fermentativo, promovendo o aumento do volume da massa (EL-DASH *et al.*, 1994; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MOORE, 2016; QUAGLIA, 1991).

3.6.1.2 Água

A água é também um ingrediente imprescindível na formação da massa, dentre suas principais funções, destacam-se: i) possibilita a formação do glúten, por hidratar as proteínas da farinha de trigo, tornando possível a formação da rede proteica; ii) controla a consistência e a temperatura da massa, promovendo a formação de um meio favorável às atividades fermentativas e enzimáticas; iii) atua como solvente, dissolvendo sais e agregando os demais ingredientes e iv) permite que ocorra o fenômeno de gelatinização do amido, contribuindo para a maciez e textura do pão (AQUINO, 2012; EL-DASH *et al.*, 1994; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MATTOS, 2010; MOORE, 2016).

3.6.1.3 Fermento biológico

O fermento biológico refere-se a uma levedura selecionada denominada de *Saccharomices cerevisiae* e dentre outras espécies de leveduras. Este desempenha o papel fundamental de fazer a conversão de açúcares fermentáveis presentes na massa. Além disso, também exerce influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MOORE, 2016).

De acordo com Cauvain (2000) e Mondal e Datta (2008), na panificação, a fermentação é responsável pela produção de dióxido de carbono e álcool etílico, em

decorrência da respiração anaeróbia do fermento. O álcool etílico é evaporado da massa, durante a etapa de forneamento, enquanto que, a liberação de gás carbônico é responsável pelo crescimento da massa, textura do miolo, peso do pão e desenvolvimento de sabores e aromas agradáveis e característicos de produtos panificados.

Segundo a Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, nº 38 de 1977 (BRASIL, 1977), normalmente utiliza-se na panificação o fermento biológico que pode ser: fresco ou seco. O fermento biológico fresco contém 75% de umidade máxima permitida (p/p), apresentando uma forma de massa prensada, homogênea e de consistência firme, de coloração característica, cheiro e sabor próprio. Enquanto que, o fermento biológico seco deve apresentar umidade máxima de 12% (p/p), formato de grânulos, de coloração branca ao castanho claro, cheiro e sabor próprio. Geralmente, é comercializado prensado a vácuo, podendo ser mantido à temperatura ambiente.

3.6.1.4 Sal

O sal é indispensável em qualquer formulação de pães e, além disso, exerce grande influência nos principais aspectos tecnológicos da panificação, destacando-se: i) melhora e realça o sabor do produto final, pois o pão feito sem sal é insosso e insípido; ii) relaciona-se com as propriedades reológicas da massa, contribuindo para o fortalecimento da rede de glúten e iii) controla o processo fermentativo, diminuindo a produção de dióxido de carbono e assim, diminui a porosidade e expansão do produto final. O excesso de sal pode resultar em pães com baixo volume (BRANDÃO; LIRA, 2011; EL-DASH *et al.*, 1994; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MOORE, 2016; KENT; EVERS, 1994; QUAGLIA, 1991).

3.6.2 Ingredientes complementares

Entre os principais ingredientes enriquecedores para a elaboração de pães, destacam-se: o açúcar, a gordura, os ovos e o leite. De modo geral, os ingredientes complementares melhoram o aspecto de textura, alteram o sabor, o valor nutricional e aumentam o prazo de validade do produto.

3.6.2.1 Açúcar

O açúcar empregado na elaboração dos pães é a sacarose, provinda da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), capaz de desempenhar funções específicas de maneira controlada, quando utilizada na panificação. Dentre as funções desse ingrediente, destacam-se: i) serve como substrato para o processo fermentativo, além de aumentar a eficácia do fermento; ii) age no desenvolvimento de sabor e aroma desejáveis ao produto final; iii) contribui para a coloração da crosta, por meio de processos químicos como a reação de *Maillard* que ocorrem durante a etapa do forneamento; iv) atua como amaciador e desintensifica o desenvolvimento do glúten, gerando uma massa menos rígida e obtendo um produto final de textura e volume ideal e v) contribui para aumentar a validade estimada do produto (BRANDÃO; LIRA, 2011; EL-DASH *et al.*, 1994; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MONDAL; DATTA, 2008; MOORE, 2016; QUAGLIA, 1991).

3.6.2.2 Gorduras

Considera-se que os óleos e as gorduras são ingredientes importantes que podem ser utilizados em diversos produtos de panificação. Na elaboração de produtos panificados, esses ingredientes auxiliam: i) incorporando e retendo os gases produzidos durante o processo fermentativo; ii) agem como lubrificantes resultando na maior extensibilidade da massa; iii) auxiliar reduzindo a aderência durante a mistura, preparo e manipulação da massa; iv) melhora a textura do miolo e contribui para retardar o envelhecimento do pão e/ou a retrogradação do amido e v) evitar o esfarelamento durante a etapa de fatiamento do produto final (BRANDÃO; LIRA, 2011; COELHO, 2014; EL-DASH *et al.*, 1994; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017; MARANGONI, 2014; MATTOS, 2010).

3.6.2.3 Ovos

Os ovos são largamente utilizados em produtos de panificação, em decorrência de suas funcionalidades que proporcionam à massa, dentre elas, destacam-se: i) a capacidade emulsificante, fazendo com que haja melhor distribuição de água e de gordura por toda massa; ii) a contribuição nutricional, fornecendo ácidos graxos saturados e insaturados, proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais; iii) atua como agente ligante entre os demais ingredientes

adicionados à massa; iv) apresenta propriedades funcionais de coloração, viscosidade e emulsificação (BRANDÃO; LIRA, 2011; EL-DASH *et al.*, 1994; PEREIRA *et al.*, 2004).

3.6.2.4 Leite

O leite utilizado em panificação é geralmente desengordurado e desidratado. Dentre as funções do leite na panificação, destacam-se: i) favorecer as propriedades físicas das massas, acelerando a sua formação, aumentando sua extensibilidade; ii) retardar a ação fermentativa da massa; iii) melhorar a coloração da crosta, a estrutura do miolo e a textura dos pães e iv) aumentar o valor nutricional do produto final (BENASSI; WATANABE, 1997; BRANDÃO; LIRA, 2011; EL-DASH *et al.*, 1994).

3.6.3 As etapas do processamento dos pães

O processamento envolve diversas etapas (FIGURA 4), porém, a produção da maioria dos pães apresenta características em comum. Dentre essas etapas, sequencialmente, o processo de panificação inclui a mistura dos ingredientes, a divisão e o boleamento, a moldagem, a fermentação, o forneamento e o resfriamento (EL-DASH *et al.*, 1994).

Inicialmente, recomenda-se homogeneizar a farinha de trigo com os demais ingredientes secos. A etapa de mistura ocorre, durante o amassamento e a adição da água, até que a massa atinja o ponto ideal de desenvolvimento. O batimento da massa é comumente feito em duas etapas: no primeiro, em velocidade baixa, a água é incorporada pela farinha de trigo e, no segundo batimento, em velocidade alta até o desenvolvimento da rede de glúten. Portanto, a aparência da massa promove alterações visíveis nessa etapa, inicialmente, de úmida e pegajosa até apresentar aspecto firme, liso e homogêneo (AQUINO, 2012; BENASSI; WATANABE, 1997; CAUVAIN, 2016; MATTOS, 2010).

Durante o amassamento, a farinha tende a absorver a água. A quantidade de água absorvida é dependente de diversos fatores relacionados à qualidade da farinha, como exemplo: a granulometria, o conteúdo proteico, o teor de amido, a umidade da matéria-prima e o grau desejável da consistência final da massa (BENASSI; WATANABE, 1997; QUAGLIA, 1991).

Outra função da mistura, além do desenvolvimento do glúten, é a incorporação de ar na massa, na forma de bolhas pequenas e bem distribuídas, condição importante para obter

uma boa estrutura do miolo no produto final (BENASSI; WATANABE, 1997; BRANDÃO; LIRA, 2011; CAUVAIN, 2016).

Ao final da etapa de mistura, a temperatura adequada da massa é determinada pela temperatura da água que foi adicionada durante esse processo. Logo, a temperatura deve estar entre 26 – 28 °C, ideal para inibir o processo fermentativo e, conseqüentemente, a produção excessiva de gases nessa etapa inicial (BRANDÃO; LIRA, 2011; COELHO, 2014).

A divisão, o boleamento e a modelagem têm por objetivo, respectivamente: i) obter frações de massa de peso determinado; ii) formar uma superfície contínua na massa, facilitando o manuseio posterior e iii) garantir uma forma apropriada à massa, pela utilização de um conjunto de rolos ou modeladores que são projetados com o objetivo de desgaseificar, achatá-la, enrolá-la e selá-la (AQUINO, 2012; BRANDÃO; LIRA, 2011).

A etapa de descanso ou repouso da massa, após os impactos mecânicos ocasionados nas etapas anteriores, ocorre, durante o processo de fermentação. Essa etapa do processo de panificação é responsável por modificações físicas e químicas na massa, além do desenvolvimento da textura, sabor e aroma do pão (AQUINO, 2012; BENASSI, WATANABE, 1997; BRANDÃO; LIRA, 2011).

No início da fermentação, os açúcares transformados na massa são os açúcares provenientes da farinha de trigo, produzidos pela ação das enzimas, como a *alfa*-amilase - que assegura o constante fornecimento de substrato, a partir da liberação de unidades de maltose - além dos açúcares adicionados à massa como ingrediente (BRANDÃO; LIRA, 2011). Durante essa etapa, a levedura adicionada à massa promove metabolismo anaeróbico, por meio do consumo de fontes de carbono - proveniente da farinha ou adicionado na formulação - produzindo etanol e dióxido de carbono, no qual expande a massa e a torna mais aerada e leve. Outros produtos advindos da atividade metabólica do fermento - principalmente ácidos orgânicos - também são formados nessa etapa e podem contribuir para o intumescimento da rede de glúten e desenvolvimento de sabor e aroma no produto final (AQUINO, 2012; BENASSI; WATANABE, 1997; BRANDÃO; LIRA, 2011; COELHO, 2014).

De acordo com Matsuda (2007) e Coelho (2014), o tempo de fermentação é dependente dos ingredientes, além da quantidade de levedura adicionada, da temperatura e umidade da câmara de fermentação. Segundo esses autores, a temperatura ótima para que ocorra o processo fermentativo varia de 26 a 30°C e umidade relativa em torno de 75 – 85%, enquanto que, o tempo de fermentação pode levar de 40 a 180 minutos, dependendo do tipo de pão, formulação e qualidade da farinha.

Durante o processo de forneamento, ocorrem as principais mudanças que transformam a massa em pão. Nessa etapa, ocorre uma série de modificações físicas e químicas – em decorrência da ação do calor – e que irá resultar num produto com características bem específicas. Segundo os autores Benassi e Watanabe (1997), Brandão e Lira (2011), Mondal e Datta (2008) e Nunes (2008), as principais modificações que ocorrem, durante o assamento, dentre elas: i) a evaporação de parte da água contida no produto; ii) o aumento no volume do pão, decorrente da dilatação dos gases e ao aumento da tensão do vapor de água e da temperatura do forno; iii) gelatinização do amido e desnaturação proteica; iii) a inativação enzimática; iv) a volatilização de substâncias aromáticas que se formam, durante a fermentação e durante a cocção e v) favorecimento da reação de *Maillard* que implica na produção de cor e aroma característico de pão assado. Nunes (2008) relata também que as condições mais empregadas, durante o processo de forneamento de pães abrangem temperaturas de 180 a 230°C por tempos variáveis, de acordo com o tipo e o tamanho da massa.

Após a saída do forno, é necessário o resfriamento à temperatura ambiente, antes do fatiamento e embalagem, evitando-se, dessa forma, a deformação do pão e possível contaminação – principalmente a partir do desenvolvimento de fungos filamentosos, em decorrência da condensação da água na embalagem. Além disso, é uma etapa onde ocorre o fenômeno de retrogradação do amido que contribui para a estabilidade da estrutura final do produto (AQUINO, 2012; BENASSI; WATANABE, 1997; BRANDÃO; LIRA, 2011; NUNES, 2008).

Figura 4 - Etapas do processo de fabricação dos pães doces de pequi e de gabioba. (a) etapa de mistura dos ingredientes, (b) divisão e boleamento da massa, (c) modelagem da massa; (d) massa após a etapa de fermentação; (e) etapa de forneamento; (f) resfriamento a temperatura ambiente; (g) etapa de fatiamento dos pães.



Fonte: Do autor (2020).

3.7 Qualidade tecnológica da farinha de trigo panificável

A qualidade tecnológica da farinha de trigo é o fator determinante nas características do produto final. Além disso, fatores que podem influenciar na qualidade dessa matéria-prima, o que ocasiona interferência direta das condições de cultivo, colheita, secagem e armazenamento dos grãos de trigo (COSTA *et al.*, 2008).

A farinha de trigo possui variadas aplicações na indústria de alimentos e os produtos elaborados a partir dela - como pães, biscoitos, bolos e massas alimentícias - apresentam características bem diferentes entre si e, em razão disso, necessitam de uma matéria-prima tipificada para cada elaboração. Para a obtenção de diferentes tipos de farinha depende do destino de sua elaboração - para panificação ou para a produção de massas. Geralmente, os moinhos armazenam e separam os trigos semelhantes em variedade e qualidade. Além disso, determinam analiticamente diversos atributos em função do tipo de produto a que se destina utilizar (ICTA, 2013).

Para a verificação da qualidade tecnológica/industrial da farinha de trigo é, normalmente, realizada através de atributos físicos e químicos (coloração, umidade, cinzas, glúten), parâmetros reológicos (análises que medem a extensibilidade e a resistência a extensão, como a farinografia) e enzimáticos (*falling number*) (BALHMANN; LANZARINI, 2013; BELTRÃO, 2015; ICTA, 2013; SILVA, 2015). Em anexo, segue o Certificado de Análise da farinha utilizada nos planejamentos experimentais disponibilizado pelo Moinho Sul Mineiro, Varginha, Minas Gerais (ANEXO A).

A cor da farinha se deve, principalmente, ao teor de carotenoides, de proteínas, de fibras e da presença de impurezas, durante o processo de moagem do trigo. Conforme a Instrução Normativa n° 8, de 02 de junho de 2005, estabelece que a farinha de trigo deve apresentar cor branca, com tons levemente amarelado, conforme o trigo de origem (BRASIL, 2005; ICTA, 2013).

O controle do teor de umidade da farinha deve ser padronizado, em decorrência de sua importância no processamento, devendo encontrar-se em torno de 13%. De acordo com a legislação vigente, para melhor conservação, a umidade da farinha de trigo não deve exceder a 15% de umidade (BRASIL, 2005; ICTA, 2013).

O teor de cinzas representa o percentual geral de matéria mineral presente no produto. Assim, sua importância está relacionada com a extração da farinha, durante o processo de moagem (BALHMANN; LANZARINI, 2013; ICTA, 2013). Segundo a legislação, o teor

máximo permitido de resíduo mineral presente na farinha comum equivale a 1,4% (BRASIL, 2005).

A determinação do glúten permite estimar a quantidade e a qualidade das proteínas de uma determinada farinha. As proteínas formadoras da rede de glúten possuem duas funcionalidades bem distintas. No caso, a gliadina é uma molécula de cadeia única, de estrutura globular - rica em aminoácidos sulfurados, podendo associar-se entre si ou com as gluteninas - é responsável por fornecer alta extensibilidade à massa. Enquanto que, as gluteninas possuem composição similar a gliadina, porém é uma molécula de cadeia múltipla, de estrutura fibrosa, sendo capaz de fornecer elasticidade à massa. Logo, a formação dessa rede proteica é responsável pela viscoelasticidade da massa, retenção de gás carbônico e a consequente expansão do volume dos pães (EL-DASH *et al.*, 1994; OWENS, 2001).

Os teores de gluteninas e gliadinas são fatores importantes para a qualidade panificável da farinha, ademais, a relação entre a proporção dessas proteínas determina as diferentes características do glúten dos diversos tipos de farinhas. No entanto, um elevado conteúdo de proteínas não é por si só, um indicativo de boa qualidade, visto que a qualidade panificável da farinha é resultante do somatório de vários fatores, principalmente, entre a composição e a interação entre essas proteínas (MANDARINO, 1993).

Em relação à quantidade, a proporção entre gliadina/glutenina apresenta uma relação direta com a viscoelasticidade da massa, sendo que, menor quantidade de gliadina proporciona massa muito dura. Em relação à qualidade, acredita-se que a composição química e a distribuição das gluteninas - que conferem elasticidade à massa - impactam diretamente para a melhor qualidade panificável da farinha, em decorrência a característica de elasticidade é própria de farinhas panificáveis e que não ocorrem em farinhas elaboradas com trigo denominados “duros”, que são próprios para a elaboração de massas e pastas alimentícias (GOESAERT *et al.*, 2005; MANDARINO, 1993; SILVA *et al.*, 2004).

A farinografia é um teste aplicado para indicar as propriedades de mistura e processamento da massa de farinha de trigo, ou seja, serve para determinar a quantidade de água utilizada na elaboração das massas e dos pães. O método permite avaliar a resistência oferecida pela massa quando submetida a uma ação mecânica (mistura) constante sob condições experimentais. Nesse procedimento, por meio da interpretação do farinograma, é permitido avaliar as propriedades da farinha, quanto: i) absorção de água (em percentual); ii) tempo de desenvolvimento da massa (em minutos) e iii) estabilidade (em minutos) (COSTA *et al.*, 2008; COUTO, 2007; LIMA, 2015; MATSUDA, 2007).

Por fim, o *falling number* ou número de queda é um dos principais métodos analíticos utilizado para determinar a atividade da enzima *alfa*-amilase na farinha de trigo. O método mede a liquefação do amido gelificado de uma suspensão de farinha que é aquecida em banho de água fervente. A *alfa*-amilase liquefaz esse amido gelificado, de acordo com a atividade que possui. As condições em que o método é realizado são similares às condições de forneamento dos pães (COSTA *et al.*, 2008; ICTA, 2013; SILVA, 2015).

3.8 Substitutos da farinha de trigo e o enriquecimento de pães

De acordo com Benassi e Watanabe (1997), Mareti, Grossmann e Toledo (2010) e Rahaie *et al.* (2014), a substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas é uma alternativa viável e que pode ser adequada, desde que não ocasione prejuízo à qualidade dos produtos elaborados. Dentre as principais modificações da qualidade do pão produzido em substituição parcial a outros tipos de farinhas, destacam: i) a diminuição do volume do pão, com o aumento do nível de substituição; ii) alteração na coloração da crosta e miolo; iii) enfraquecimento da rede de glúten; iv) alterações na textura do miolo e v) alterações no sabor e aroma.

Segundo os mesmos autores, para se determinar o limite de substituição, consideram que, o primeiro fator é a qualidade da própria farinha de trigo – onde quanto maior a quantidade e qualidade do glúten, mais tolerante será essa farinha à substituição, o que permitirá empregar níveis mais altos de substituição. Em relação aos métodos de panificação, deve-se optar pelo método mais tolerante à adição de outros tipos de farinha. Além disso, o tipo de pão produzido e a formulação também influenciam, sendo que, quanto maior proporção em açúcar, gordura, leite e ovos, maior será a tolerância à substituição (BENASSI; WATANABE, 1997; MARETI; GROSSMANN; TOLEDO, 2010; RAHAIE *et al.*, 2014).

Portanto, o nível de substituição máximo da farinha de trigo por outros tipos de farinhas é definido em função das alterações tecnológicas que a substituição de um determinado tipo de farinha pode ocasionar ao produto final. Logo, essas alterações citadas anteriormente são aceitáveis até um determinado nível e/ou limite de substituição (BENASSI; WATANABE, 1997; MARETI; GROSSMANN; TOLEDO, 2010; RAHAIE *et al.*, 2014).

Na literatura, existem estudos recentes que avaliaram a possibilidade de substituição parcial da farinha de trigo, utilizando-se farinhas de diferentes fontes vegetais, além de seus subprodutos, proporcionando uma reformulação do processo de elaboração dos pães e agregando uma série de melhorias quanto a aspectos nutricionais e funcionais. Dentre estas

pesquisas, na Tabela 2 destaca-se a produção de pães feitos a partir da substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas de fontes vegetais.

Tabela 2 - Estudos disponíveis na literatura referente à produção de pães feitos a partir da substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas de fontes vegetais.

Tipo de substituto	Referência
Farinha de goiaba	Alves e Perrone (2015).
Farinha e sementes de chia	Steffolani <i>et al.</i> (2014).
Farinha de alfarroba	Turfani <i>et al.</i> (2017).
Farinha de pimentão amarelo	Danza <i>et al.</i> (2014).
Farinha de alfarroba e amido resistente	Tsatsaragkou <i>et al.</i> (2014).
Farinhas de grão de bico, ervilha isolada, gérmen de alfarroba e farinha de soja	Miñarro <i>et al.</i> (2012).
Farinha de caroço de jaca	Santos <i>et al.</i> (2012a).
Farinha de bagaço de maçã	Coelho e Wosiacki (2010).
Farinha do mesocarpo de babaçu	Couri e Giada (2016).
Farinha de banana verde	Silva <i>et al.</i> (2014).

Fonte: Do autor (2020).

3.9 Avaliação da qualidade das massas e dos pães elaborados

3.9.1 Análises tecnológicas das massas e dos pães

A avaliação da qualidade dos pães pode ser medida, por meio de análises que determinam a qualidade do processo fermentativo e da ação do forneamento na massa, através: i) volume da massa; ii) índice de expansão; iii) volume específico e iv) densidade.

O volume de massa é determinado por meio da medição da expansão da massa, durante o processo fermentativo controlado. Para determinar, utiliza-se a subtração entre o volume final produzido e o volume inicial das massas antes do tempo decorrido de fermentação. Já o índice de expansão é avaliado a partir das medições do diâmetro e da altura das massas antes e após o processo fermentativo. Enquanto que, o volume específico e a densidade são medidos pelo deslocamento das sementes de painço (AACC, 2000; MACHADO; PEREIRA, 2010).

No caso, se verificado um volume excessivo da massa, isto pode ser decorrente de muitas variáveis, a saber: do próprio processo fermentativo; pouca quantidade de sal; farinha com baixo teor de glúten, ou com baixo teor de maltose ou, até mesmo, decorrente da baixa hidratação da massa. Enquanto que, uma baixa expansão da massa pode ser ocasionada, em decorrência da inadequada proporção entre os ingredientes substituídos; alta quantidade de

sal; utilização de uma farinha com alto teor de glúten ou o processo fermentativo insuficiente. É importante ressaltar que, as avaliações do volume específico e densidade devem ocorrer entre duas a vinte horas após a etapa de forneamento (FERREIRA *et al.*, 2001).

3.9.2 Análises físicas

3.9.2.1 Coloração

O sistema CIE (*Comission International de L'Eclairage* ou Comissão Internacional de Iluminação) define que a descrição da cor é baseada em três elementos: a claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Os espaços de cores comuns utilizados para a definição das cores são CIE XYZ; CIE L*a*b*; CIE LCH; Hunter L a b e RGB (*Red, Green and Blue*), dentre outros. A diferença desses sistemas está relacionada à simetria da distribuição da cor e no sistema de coordenadas utilizado (CIE, 2018; LEÓN *et al.*, 2006).

O conceito, portanto, da CIE parte do princípio que o ser humano possui três tipos de cores receptoras - vermelho, verde e azul e que todas as cores são combinações destas. Para o sistema CIE, existem três condições que definem a existência da cor: i) o objeto - depende do tamanho da amostra, textura e cores do seu entorno; ii) o iluminante - trata-se de uma incidência de energia luminosa especificada pela sua distribuição espectral, tomando a luz solar como iluminante padrão, no caso do iluminante D₆₅ representa a distribuição espectral da luz do dia e iii) o observador - que possui a área do campo de visão (CIE, 2018; LEÓN *et al.*, 2006).

No caso do sistema CIE L*a*b* fornece diferenciação das cores mais precisa em relação à percepção humana, definindo em três eixos perpendiculares – L* eixo principal, representa a claridade com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco), onde altos valores de L* representam cores mais claras e o oposto, indica cores mais escuras. A coordenada a* pode assumir valores de -80 a + 100, no qual os extremos correspondem, respectivamente, ao verde e ao vermelho. Já a coordenada b* pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo. As leituras dos parâmetros L*, a* e b* permitem calcular o ângulo hue (°hue) que corresponde à tonalidade ou matiz e identifica a cor num ângulo de 360° e o Croma (C*) ou saturação e/ou intensidade da cor, conforme McGuire (1992).

3.9.2.2 Análise do perfil de textura (TPA)

Vários métodos instrumentais foram desenvolvidos para determinar as propriedades de textura dos alimentos, dentre eles, destaca-se a Análise do Perfil de Textura (TPA) que vem sendo aplicado com eficiência em uma gama de alimentos (BOURBE, 2002; PONS; FISZMAN, 1996).

Nessa análise instrumental, são aplicadas sucessivas forças deformantes, simulando o processo de mastigação. A partir dessa simulação, obtém-se conhecimento sobre a dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade de um determinado produto (LI; CARPENTER; CHENEY, 1998; TEIXEIRA, 2009).

De acordo com Civille e Szczesniak (1973) e Teixeira (2009), a dureza pode ser definida como a força necessária para produzir certa deformação no alimento. Já, a elasticidade mede a velocidade na qual o alimento deformado volta a sua forma original (condição não deformada). A coesividade mede a força que pode deformar o alimento, antes da ruptura, durante o processo mastigatório e, por fim, a mastigabilidade mede a energia requerida para mastigar um alimento até a sua deglutição.

3.9.3 Análises químicas

3.9.3.1 Composição centesimal

De acordo com Vilas Boas (1999, 2000), os alimentos constituem-se de veículos de aquisição de vários componentes nutricionais, baseando-se no seu valor energético, proteico, mineral e vitamínico. Portanto, a composição nutricional desses alimentos pode variar em função da espécie, variedade e em decorrência do processamento do alimento. Logo, concebe-se que o conhecimento da composição química dos alimentos seja de fundamental importância para se estabelecer informações nutricionais que atendam às necessidades metabólicas e energéticas de cada indivíduo.

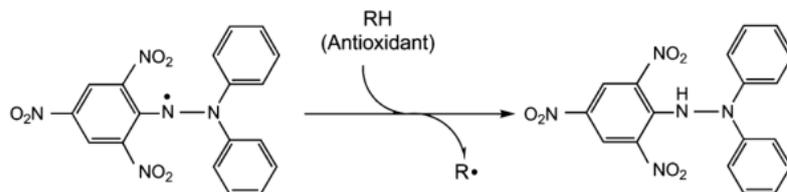
3.9.3.2 Métodos analíticos utilizados para a determinação antioxidante dos pães

3.9.3.2.1 Atividade sequestradora do radical DPPH

Segundo Roginsky e Lissi (2005) e Tiveron (2010), o método DPPH é uma das metodologias mais antigas para a determinação indireta da atividade antioxidante em alimentos. Foi originalmente proposto, em meados da década de 1950 e está fundamentado em avaliar a atividade sequestradora do radical livre e estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).

De acordo com Alves *et al.* (2010) e Tiveron (2010), a estabilidade do radical é decorrente da deslocalização do elétron desemparelhado por toda a molécula, proporcionando uma coloração violeta intensa em solução metanólica, com espectro de absorção de UV/Vis máxima em 515 nm (FIGURA 5).

Figura 5 - Representação esquemática da estrutura química do DPPH e sua redução a radical DPPH[•].



Fonte: Moon e Shibamoto (2009).

O mecanismo da reação é baseado na transferência de elétrons e a reação é baseada na redução do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, por um agente antioxidante, a difenil-picril-hidrazina, sendo que o resultado é observado espectrofotometricamente, pela mudança da coloração violeta, característica do radical DPPH, a coloração amarela, característica da difenil-picril-hidrazina, a partir do decréscimo da absorbância. A redução da absorbância é proporcional à concentração e atividade antioxidante da amostra (ALVES *et al.*, 2010; BORGES *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2008). O método é considerado fácil e útil para análises de substâncias puras e amostras complexas (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Entre as diferentes maneiras de expressão dos resultados, o parâmetro mais adequado para tal é a concentração inibitória, denominada de EC₅₀ ou IC₅₀, definida como a quantidade de antioxidante requerida para o decréscimo de 50% na concentração inicial do radical DPPH. Esse parâmetro independe da concentração da amostra e quanto maior for o consumo

de DPPH, menor será a sua concentração inibitória e, conseqüentemente, maior será sua atividade antioxidante (LOCATELLI *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2007).

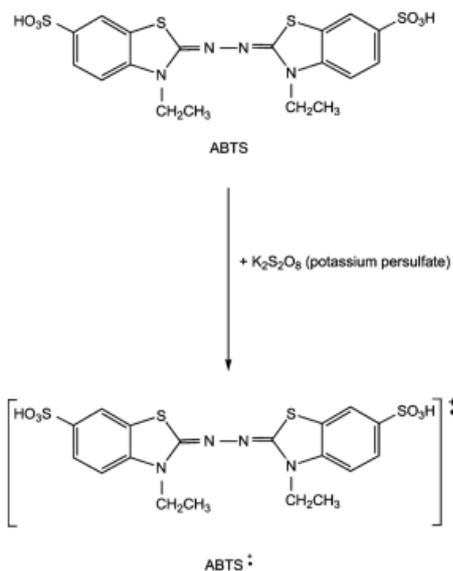
Dentre as limitações e desvantagens do método, segundo Oliveira (2015), o método teve muitas modificações e, conseqüentemente, diferentes protocolos têm sido utilizados, tornando complicado fazer comparações com resultados dessa avaliação antioxidante. De acordo com Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), os resultados obtidos por esse método só devem ser comparados com as medições que foram realizadas pelo mesmo procedimento analítico.

3.9.3.2.2 Atividade Sequestradora do Radical ABTS^{•+}

De acordo com Kuskoski *et al.* (2005), Pereira (2009) e Pérez-Jiménez e Saura-Calixto (2006), o método do ABTS (2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) é caracterizado pelo sequestro de radicais catiônicos (ABTS^{•+}) por antioxidantes presentes no sistema.

Nesse ensaio, o ABTS é oxidado por oxidantes (geralmente persulfato de potássio - K₂S₂O₈) à sua correspondente forma radical cátion (ABTS^{•+}), que absorve a um comprimento de onda de 734 nm (coloração verde-azulado), por meio da perda de um elétron pelo átomo de nitrogênio do ABTS. Na presença de qualquer antioxidante doador de hidrogênio, o átomo de nitrogênio sequestra um átomo de hidrogênio, promovendo descoloração da solução, acompanhado pelo decréscimo da absorbância, sendo proporcional à concentração de antioxidantes e/ou sequestradores de radicais adicionados à solução reagente de ABTS (GÜLÇİN, 2012; THATOI; PATRA; DAS, 2014) (FIGURA 6).

Figura 6 - Estabilização do radical $ABTS^{\cdot+}$ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.



Fonte: Moon e Shibamoto (2009).

Os resultados da atividade antioxidante são expressos como equivalentes a uma solução de trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico), por meio da construção de uma curva de calibração com concentrações conhecidas do padrão utilizado. Além disso, o reagente apresenta vantagem em relação ao DPPH, por ser solúvel tanto em solventes aquosos quanto em solventes orgânicos, podendo ser aplicado na determinação da capacidade antioxidante de extratos e fluidos corpóreos, hidrofílicos e lipofílicos (KUSKOSKI *et al.*, 2005; MAGALHÃES *et al.*, 2008).

3.9.3.2.3 Branqueamento do β -caroteno

O método de oxidação do β -caroteno/ácido linoleico avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados, durante a peroxidação do ácido linoleico ou em prevenir a oxidação do β -caroteno. O método fundamenta-se em medidas espectrofotométricas a descoloração (oxidação) do β -caroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico, onde os produtos gerados são formados, por diferentes indutores (presença de temperatura e oxigênio no meio reacional) (DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006; SILVA; SILVA; CHANG, 1999).

A descoloração do sistema β -caroteno/ácido linoleico, caracteristicamente alaranjado, é monitorada espectrofotometricamente a 470 nm. A descoloração do β -caroteno ocorre em

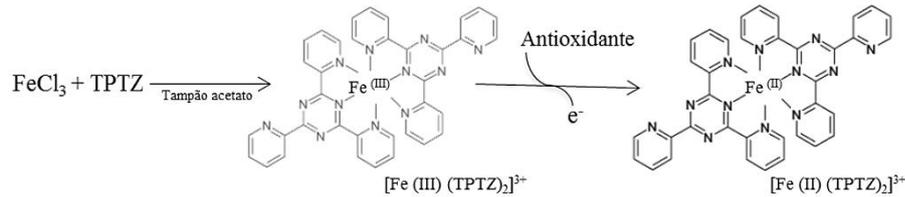
função das estruturas radiculares formadas pela oxidação do ácido linoleico, com a formação de radicais peroxila, que atacam as duplas ligações do β -caroteno, que perde seu cromóforo, resultando na descoloração do pigmento alaranjado (HUANG *et al.*, 2005). Logo, esse processo pode ser diminuído ou prevenido por antioxidantes que doam átomos de hidrogênio para estabilizar os radicais livres formados a partir da peroxidação do ácido linoleico, retardando a descoloração do meio. Dessa forma, alta absorbância indica elevada atividade antioxidante. Portanto, esse método determina o potencial de uma amostra ou composto em proteger um substrato lipídico da oxidação (MOON; SHIBAMOTO, 2009; PRIOR; WU; SCHAICH, 2005).

Assim como em outros métodos, essa metodologia utiliza quantidade significativa de reagentes, padrões e amostras. Apresenta limitações em relação ao número de análises simultâneas que podem ser realizadas, sendo necessário o controle do meio reacional, através da temperatura (DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006).

3.9.3.2.4 Método FRAP (*Ferric Ion Reducing Antioxidant Power*)

O método antioxidante de determinação do poder de redução do íon ferro ou método FRAP tem tido diversas adaptações (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005; PULIDO; BRAVO; SAURA-CALIXTO, 2000; RUFINO *et al.*, 2006). Esse ensaio mede a habilidade de antioxidantes em reduzir o complexo férrico 2,4,6-tripiridil-s-triazina $[\text{Fe}^{3+} (\text{TPTZ})_2]^{3+}$ ao complexo ferroso de coloração azul intenso $[\text{Fe}^{2+} (\text{TPTZ})_2]^{2+}$ em meio ácido. Quando a redução ocorre, há alteração na tonalidade da mistura reacional, passando de roxo-claro a uma tonalidade mais intensa. A atividade antioxidante é determinada, medindo-se o aumento da absorbância a 593 nm que é proporcional à concentração de antioxidantes presentes na amostra (FIGURA 7) (ANTALOVICH *et al.*, 2002; BENZIE; STRIAN, 1996; SOMOGYI *et al.*, 2007).

Figura 7 - Reação química que descreve a produção de Fe^{2+} (forma ferrosa) a partir da redução do Fe^{3+} (forma férrica) presente no complexo com TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina).



Fonte: Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000) e Rufino *et al.* (2006).

3.9.4 Demais análises químicas

3.9.4.1 Vitamina C

Existem diversos métodos de determinação de vitamina C em alimentos. Dentre os métodos, os espectrofotométricos são os mais usuais e com custo acessível para determinar o teor de ácido ascórbico em diversas amostras. É um método vantajoso, pois fornece valores de vitamina C total, mesmo em quantidades mínimas (OLIVEIRA; GODOY; PRADO, 2010; ROSA *et al.*, 2007; SPÍNOLA, 2011).

O método de determinação colorimétrica utilizando 2,4-dinitrofenilhidrazina foi descrito por Strohecker e Henning (1967). Baseia-se na condensação do ácido dehidroascórbico - sua formação é baseada na oxidação do ácido ascórbico utilizando o reagente 2,6-diclorofenolindofenol (DFI). Quando o ácido dehidroascórbico reage com 2,4-dinitrofenilhidrazina na presença de tiouréia – utilizada para evitar a decomposição da forma oxidada do ácido ascórbico – forma a 2,4-nitrofenilhidrazina. Esse último composto formado se solubiliza em ácido sulfúrico, originando-se uma coloração avermelhada, diretamente proporcional à concentração de ácido ascórbico total.

Esse método possibilita aumentar a velocidade da reação de condensação, utilizando-se banho-maria fervente por 15 minutos, ou sob banho-maria a temperatura de 37°C , durante 3 horas (STROHECKER; HENNING, 1967).

3.9.4.2 Carotenoides

Os carotenoides são um grupo de pigmentos lipossolúveis, amplamente disseminados na natureza, responsáveis pela coloração amarelada, alaranjada e avermelhada de fontes

vegetais (EGGERSDORFER; WYSS, 2018) – a exemplo de frutas pigmentadas, como o pequi.

A técnica mais comumente aplicada para a extração desses compostos é a extração sólido-líquido, descrito por Rodriguez-Amaya (2001). Segundo Saini e Keum (2018), esse tipo de processo de extração é simples, de baixo custo e que contribui para a eficiência do processo de extração com solventes. Logo, em razão da sua natureza hidrofóbica, os carotenoides são convencionalmente extraídos com solventes orgânicos, geralmente solventes não polares, como hexano ou éter de petróleo - para extração de carotenos não polares ou xantofilas esterificadas - enquanto que, o emprego de solventes polares como acetona, etanol e acetato de etila são mais apropriados para a extração de carotenoides polares.

A partir dessa técnica, para se obter o teor de cada carotenoide (α - caroteno; β -caroteno; δ -caroteno; γ -caroteno e licopeno), deve-se levar em consideração a absorvância da solução no comprimento de onda específico; o volume final da solução; a tomada de ensaio e o coeficiente de absorvância molar de cada pigmento (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

3.9.4.3 Métodos para determinação de compostos fenólicos totais

O método de Folin-Ciocalteu, cujo mecanismo de reação baseia-se na transferência de um elétron em meio alcalino através do reativo complexo ácidofosfomolibdico / fosfotungstênico que reduz os polifenóis, para formar cromógenos de coloração azul que podem ser detectados espectrofotometricamente (PRIOR; WU; SCHAICH, 2005). No entanto, existem substâncias que interferem na especificidade do método, tais como, o ácido ascórbico, açúcares (frutose e sacarose), aminas aromáticas e ácidos orgânicos (LESTER *et al.*, 2012; MEDINA, 2011), que podem superestimar o resultado final.

O método de determinação utilizando o reagente Fast Blue BB é baseado no acoplamento dos polifenóis, resultando na formação de complexos azos – pois o reativo contém um grupo de sal diazônico (-N=N-) – onde o nitrogênio complexa na posição *para* do anel dos polifenóis, formando o cromógeno (MEDINA, 2011), sendo um método mais preciso e específico para a quantificação de compostos fenólicos.

3.9.5 Análise sensorial

A análise sensorial é definida por Amarine *et al.* (1965), como uma disciplina científica utilizada para medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas

características sensoriais dos alimentos e como elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição.

A análise sensorial pode ser realizada por uma equipe de provadores treinados ou pode ser realizada com um público de consumidores não treinados, incluindo crianças em idade escolar. Diversos trabalhos têm mostrado a importância de desenvolver produtos alimentícios específicos para atender a esse público, destacando-se: elaboração de biscoitos adicionados de óleo de buriti e sua aceitação entre crianças em idade escolar (AQUINO *et al.*, 2012); pão caseiro de cenoura adicionado de inulina e sua aceitação entre crianças de sete a dez anos (FRANCO *et al.*, 2014); elaboração de pães utilizando casca de berinjela para crianças de seis a dez anos (TEIXEIRA *et al.*, 2018) e elaboração de pães, utilizando farinhas e polpas de frutos do Cerrado e a aceitação entre crianças da escola municipal de Lavras, Minas Gerais (LAGO, 2018).

Sendo assim, os métodos e protocolos sensoriais devem ser empregados de forma que possa fornecer informações precisas sobre a preferência entre os produtos desenvolvidos e avaliados. Para tanto, deve-se levar em consideração que as crianças em idade escolar apresentam percepção limitada em relação às habilidades verbais e de escrita, além da dificuldade de compreensão das tarefas a serem cumpridas nos testes sensoriais. No caso, o uso de escalas para testes com crianças é bastante relevante, pois as crianças respondem com maior precisão, por meio de expressões faciais e que também ajudam a aumentar o interesse e a atenção durante a avaliação sensorial (MOURA *et al.*, 2010).

Em anexo, segue a ficha de aceitação, utilizando a escala hedônica facial e o termo de livre consentimento (TCLE) da pesquisa (ANEXO B).

REFERÊNCIAS

ABIP - Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. **Indicadores da panificação e confeitaria**. Brasília, 2018. 12 p.

ABIP - Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. **Proposta que inclui itens de panificação na merenda escolar em todas as escolas do Brasil avança na Câmara dos Deputados**. 2018a. Disponível em: <http://www.abip.org.br/site/proposta-que-inclui-itens-de-panificacao-na-merenda-escolar-em-todas-as-escolas-do-brasil-avanca-na-camara-dos-deputados/>. Acesso em: 27 jul. 2019.

ABIP - Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. **Qual a origem das padarias**. 2018b. Disponível em: <http://www.abip.org.br/site/qual-a-origem-das-padarias/>. Acesso em: 25 jul. 2019.

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists** (11th edition). St. Paul, Minnessota: American Association of Cereal Chemists. Disponível em: <http://methods.aaccnet.org/about.aspx>. Acesso em: 03 jan. 2021.

ALMEIDA, M. J. O. F.; NAVES, R. V.; XIMENES, P. A. Influência das abelhas (*Apis mellifera*) na polinização da gabioba (*Campomanesia* sp.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [Goiânia], v. 30, n. 2, p. 25-28, ago. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/47753426_INFLUENCIA_DAS_ABELHAS_Apis_mellifera_NA_POLINIZACAO_DA_GABIROBA_Campomanesia_spp_INFLUENCE_OF_THE_BEES_Apis_mellifera_IN_THE_POLLINATION_OF_GABIROBA_Campomanesia_spp. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALVES, A. M. *et al.* Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 837-844, set. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452013000300021&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 25 jan. 2019.

ALVES, C. Q. *et al.* Métodos para determinação antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010001000033. Acesso em: 17 maio 2019.

ALVES, G.; PERRONE, D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. **Food Chemistry**, [England], v. 185, p. 65-74, Oct. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615004823>. Acesso em: 17 fev. 2019.

AMARINE, M. A. *et al.* **Principles of sensory evaluation of food**. 1. ed. New York: Academic, 1965. 612 p.

ANDRADE, J. DE S. *et al.* Adequação tecnológica de frutos da amazônia: Licor de araçá-boi (*Eugenia stiptata*) McVaugh. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 27, n. 4, p. 273-278, dez. 1997. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671997000400273. Acesso em: 13 ago. 2019.

ANTALOVICH, M. *et al.* Methods for testing antioxidant activity. **Analyst**, [United Kingdom], v. 127, p. 183-198, Jan. 2002. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2002/an/b009171p#!divAbstract>. Acesso em: 23 ago. 2019.

AQUINO, A. C. M. DE S. *et al.* Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [São Paulo,], v. 69, n. 3, p. 379-86, jul./set. 2010. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/pt/lil-583069>. Acesso em: 12 jun. 2019.

AQUINO, J. DE S. *et al.* Processamento de biscoitos adicionados de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.): uma alternativa para o consumo de alimentos fontes de vitamina A na merenda escolar. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 25, n. 6, p. 765-774, dez. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-52732012000600008&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 13 jul. 2019.

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. 2012. 87 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ARÉVALO-PINEDO, A. *et al.* Alterações físico-químicas e colorimétricas de geleias de araticum (*Annona crassiflora*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 397-403, dez. 2013. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev154/Art15410.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

ARÉVALO-PINEDO, A. *et al.* Processamento e estudo da estabilidade de pasta de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 664-668, jul./set. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000300015. Acesso em: 28 jul. 2019.

ARRUDA, H. S.; ALMEIDA, M. E. F. **Frutos do Cerrado: panorama, resgate cultural e aproveitamento culinário**. 1. ed. Saarücken: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 132 p.

ARRUDA, H. S. *et al.* Development and sensory evaluation of products containing the Brazilian Savannah fruits araticum (*Annona crassiflora* Mart.) and cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 19, n. e2015105, p. 1-7, Sept. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232016000100420&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 fev. 2019.

ASSIS, R. Q. *et al.* Characterization of mutamba (*Guazuma ulmifolia* LAM.) fruit flour and development of bread. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [Netherlands], v. 19, n. 101120, May 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818118308193?via%3Dihub>.

Acesso em: 20 ago. 2019.

ASSUMPÇÃO, C. F. *et al.* Néctar misto de mangaba (*Hancoria speciosa* Gomes) e cagaita (*Eugenia dysenterica*): Perfil sensorial e características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 219-224, set. 2013. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev153/Art1532.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados: preservação gera muitos frutos.** 2003. Disponível em:

<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/frutos%20do%20Cerrado.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ÁVILA, R.; OLIVEIRA, L. F.; ASCHERI, D. P. R. Caracterização dos frutos nativos dos cerrados: araticum, baru e jatobá. **Revista Agrotecnologia**, [Ipameri], v. 1, n. 1, p. 53-69, dez. 2010. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/121-agrotec/v01n01/232-v01n01a04.html>. Acesso em: 19 ago. 2019.

BALHMANN, C. L.; LANZARINI, D. P. **Estudo reológico e físico-químico das farinhas de trigo destinadas à panificação produzidas em moinhos da região de Francisco Beltrão.** 2013. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2013.

BAPTISTA, A. *et al.* Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts and fractions of cashew (*Anacardium occidentale* L.), cajui (*Anacardium microcarpum*), and pequi (*Caryocar brasiliense* C.): A systematic review. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [United States], v. 2018, n. 4, p. 1-13, Apr. 2018. Disponível em:

<http://www.posnutricao.ufv.br/wp-content/uploads/2018/03/3753562.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2019.

BARBIERI, S. F. *et al.* Pulp and jam of gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and rheological properties. **Food Chemistry**, [England], v. 263, p. 292-299, Oct. 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618307945>. Acesso em: 12 jan. 2019.

BATISTA, D. F. **O mercado de panificação e o desenvolvimento sustentável.** 2016. 90 p. Dissertação (Mestrado em Educação, Ambiente e Sociedade) - Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino UNIFAE, São João da Boa Vista, 2016.

BEDETTI, S. F. *et al.* Néctar de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): Desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [Curitiba], v. 31, n. 1, p. 125-138, jul. 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/32709>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BELTRÃO, F. **Controle de qualidade aplicado a farinha de trigo panificável produzida em moinhos do estado do Paraná**. 2015. 25 p. Monografia (Curso de Especialização em Gestão da Qualidade na Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.

BENASSI, V. T.; WATANABE, D.; LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [Curitiba], v. 19, n. 2, p. 225-242, jan./jun. 2001. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1235>. Acesso em: 27 jan. 2019.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos, 1997. 60 p.

BENZIE, I. F. F.; STRIAN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, [United States], v. 239, n. 1, p. 70-76, July 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003269796902924>. Acesso em: 17 fev. 2019.

BOCK, J. E.; WRIGLEY, C. W.; WALKER, C. E. Bakeries: The source of our unique wheat-based food, bread. **Reference Module in Food Science**. 2016. 8 p.

BORGES, G. S. C. *et al.* Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, [United States], v. 44, n. 7, p. 2128-2133, Aug. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996910004746>. Acesso em: 18 maio 2019.

BOURBE, M. C. **Food texture and viscosity: Concept and measurement**. 2nd ed. New York: Academic Press, 2002. 416 p.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. L. **Tecnologia de Panificação e Confeitaria**. Recife: e-Tec brasil - Escola Técnica Aberta do Brasil, 2011. 150 p.

BRANDÃO, T. M. *et al.* Desenvolvimento e aceitabilidade de geleia de maracujá-doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2015. 7 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para fixação de Identidade e Qualidade de pão. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2005a. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_90_2000_COMP.pdf/32c39bc4-04a1-4de8-967c-183a4acda7d5. Acesso em: 08 ago. 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Comissão aprova percentual mínimo de pães de microindústrias locais na merenda escolar**. 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/546421-COMISSAO-APROVA-PERCENTUAL-MINIMO-DE-PAES-DE-MICROINDUSTRIAS-LOCAIS-NA-MERENDA-ESCOLAR>. Acesso em: 19 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 8 de 3 de junho de 2005 - Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da farinha de trigo. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2005b. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=803790937>. Acesso em: 15 jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite**: Centro do Informação, documentação ambiental e editoração Luíz Eduardo Magalhães, Brasília - DF, 2011. 65 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Núcleo dos Biomas do Cerrado e Pantanal. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado**: Programa do Cerrado Sustentável. Brasília - DF, 2006. 56 p.

BRASIL. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA) nº 38 de 27 de dezembro de 1977. Coadjuvantes da tecnologia de fabricação destinadas ao fabrico de produtos forneados. **Diário [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, 1977. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/RESOLUCAO_CNNPA_38_1977.pdf/fedc31c9-811f-4f43-a90d-58f5f4d72bad. Acesso em: 15 jul. 2019.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão**: Arte e ciência. 3. ed. São Paulo: SENAC São Paulo, 2009. 320 p.

CAMPIDELLI, M. L. L. *et al.* Study of the nutritional, sensory and microbiological properties of food pastes made with baru almonds (*Dipteryx alata* vog.). **Research, Society and Development**, [Vargem Grande Paulista], v. 9, p. 19985612-18, Jun. 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5612/4662>. Acesso em: 10 dez. 2020.

CARDOSO, C. A. L. *et al.* Antimicrobial activity of the extracts and fractions of hexanic fruits of *Campomanesia* species (*Myrtaceae*). **Journal of Medicinal Food**, [New Rochelle], v. 13, n. 5, p. 1273-1276, Oct. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20828322/>. Acesso em: 16 jul. 2019.

CARDOSO, L. M. *et al.* Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, [United States], v. 44, n. 7, p. 2151-2154, Aug. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996911001621>. Acesso em: 23 maio 2019.

CARDOZO, C. M. L. *et al.* Therapeutic potential of Brazilian Cerrado *Campomanesia* species on metabolic dysfunctions. **Molecules**, [Switzerland], v. 23, n. 9, p. 2-17, Sept. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30216974/>. Acesso em: 27 abr. 2019.

CARVALHO, W. R. *et al.* Aguardente de cajuzinho do Cerrado: Produção e análises físicas e químicas. **Revista Processos Químicos**, [Anápolis], v. 3, n. 6, p. 31-35, jan. 2009. Disponível em: http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/29. Acesso em: 22 abr. 2019.

CAUVAIN, S. P. Breadmaking. *In*: OWENS, G. (ed.). **Cereal processing technology**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. 248 p.

CAUVAIN, S. P. **Bread:** Breadmaking Processes. Encyclopedia of Food and Health., 2016. p. 478-483. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472000878>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CERON, A. F. *et al.* Estudio de la formulación de la harina de papa de variedade parda pastusa (*Solanum tuberosum*) como substituto parcial de la harina de trigo em panadería. **Biotechnologia en el Setor Agropecuario y Agroindustrial**, [Colombia], v. 9, n. 1, p. 106-111, enero/jun. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n1/v9n1a13.pdf> . Acesso em: 15 abr. 2019.

CIE - Comission International de L'Eclairage. **Colorimetria**. 4.ªed. Disponível em: <http://www.cie.co.at/publications/colorimetry-4th-edition>. Acesso em: 14 ago. 2019.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, [United States], v. 4, n. 2, p. 204-223, June 1973. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4603.1973.tb00665.x>. Acesso em: 17 ago. 2019.

COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 582-588, jul./set. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612010000300003&script=sci_arttext. Acesso em: 23 fev. 2019.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (*Salvia hispanica* L.):** Desenvolvimento de um produto funcional. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

COLLAR, C. **Bread:** Types of Bread. Encyclopedia of Food and Health, 2016. p. 500-507. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472000854>. Acesso em: 22 maio 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, n. 7, p. 1-116, 2017.

CORREA, G. C. *et al.* Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 42-47, out./dez. 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6628>. Acesso em: 22 fev. 2019.

COSTA, M. G. *et al.* Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 220-225, jan./mar. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n1/30.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

COURI, M. H. S.; GIADA, M. L. R. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): Avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 297-304, jun. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2016000300297&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 maio 2019.

COUTO, E. M. **Utilização da farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CRUZ, P. N.; PERTUZATTI, P. B. Sobremesas lácteas sabor chocolate e baru (*Dipteryx alata* Vogel): Desenvolvimento e caracterização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2014.

CUNHA, A. O. **Cadeia produtiva do pão: Fontes informacionais utilizadas no planejamento de novos produtos**. 2012. 90 f. Monografia (Graduação em Biblioteconomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CUNHA, M. C. *et al.* Impact of processing and packaging on the quality of murici jelly [*Byrsonima crassifolia* (L.) rich] during storage. **Nutrition and Food Science**, [Melbourne], v. 50, n. 5, p. 871-883, Nov. 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/NFS-09-2019-0293/full/html>. Acesso em: 13 jan. 2020.

CUNHA, M. C. *et al.* Effects of processing and packaging on bioactive compounds of curriola jelly [*Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk.] during storage. **Food Science and Technology**, [Campinas], ahead of print, Epub Jun. 2020a. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612020005012212&tlng=en. Acesso em 15 ago. 2020.

CUNHA, M. C. *et al.* Effect of processing, storage and type of glass packaging on the quality of jelly produced from Brazilian Cerrado fruit. **Food Science and Technology**, [Campinas], ahead of print, Epub Jul. 2020b. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612020005016214&tlng=en. Acesso em 15 set. 2020.

CUNHA, M. C. **Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia* L. Rich)**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

DAMIANI, C. *et al.* Antioxidant potential of marolo jam (*Annona crassiflora* Mart) during storage. **Open Access Library Journal**, [United States], v. 4, n. e3158, p. 2-12, May 2017. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=76051>. Acesso em: 22 jun. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Characterization of fruits from the savanna: Araça (*Psidium guinnensis* Sw.) and Marolo (*Annona crassiflora* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 723-729, July/ Sept. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612011000300026. Acesso em: 23 abr. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 32, n. 1, p. 203-212, jan./fev. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000100030. Acesso em: 17 ago. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Stability of frozen marolo pulp during storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 713-721, Oct./Dec. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612013000400017. Acesso em: 15 fev. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Study of the shelf-life of a mixed araçá (*Psidium guineensis* Sw.) and marolo (*Annona crassiflora* Mart.) jam. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 334-343, Apr./June 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612012000200020. Acesso em: 18 fev. 2019.

DAMIANI, C. *et al.* Volatile compounds profile of fresh-cut peki fruit stored under different temperatures. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 435-439, Apr./June 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000200032. Acesso em: 17 maio 2019.

DANZA, A. *et al.* Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour. **LWT-Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 59, n. 1, p. 479-485, Nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814003533>. Acesso em: 22 ago. 2019.

DRESCH, D. M. *et al.* Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e semente. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 262-271, jul./set. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632013000300006. Acesso em: 16 jul. 2019.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema betacaroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, jun. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0101-20612006000200031&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 23 jul. 2019.

DUARTE, W. F. *et al.* Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 43, n. 10, p. 1564-1572, Dec. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643810001064>. Acesso em: 22 maio 2019.

DUARTE, W. F. **Fermentação espontânea e inoculada com *Saccharomyces cerevisiae* UFLA CA 1162 da polpa de gabioba para elaboração de bebida fermentada**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

EGGERSDORFER, M.; WYSS, A. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [United States], v. 652, p. 18-26, Aug. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29885291/>. Acesso em: 22 jul. 2019.

EGLITE, A.; KUNKULBERGA, D. Bread choice and consumption trends. **Foodbalt**, p. 178-182, Apr. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316525329_Bread_choice_and_consumption_trend. Acesso em: 16 maio 2019.

EL-DASH, A. *et al.* **Tecnologia de Farinhas Mistas**: Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. 3. ed. Brasília: EMBRAPA e CTAA, 1994. 89 p.

EMBRAPA Cerrados - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O Cerrado**. Planaltina, DF, 2012. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/>. Acesso em: 18 jun. 2019.

FERNANDES, T. O. *et al.* Campomanesia adamantium (*Myrtaceae*) fruits protect HEPG2 cells against carbon tetrachloride-induced toxicity. **Toxicology Reports**, [London], v. 2, p. 184-193, Jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475001400153X>. Acesso em: 18 abr. 2019.

FERREIRA, A. N. *et al.* Utilização do extrato de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*) como um alimento funcional do tipo “shake”. **Interbio**, [Dourados], v. 7, n. 1, p. 61-71, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3544670-Utilizacao-do-extrato-de-bocaiuva-acrocomia-aculeata-como-um-alimento-funcional-do-tipo-shake.html>. Acesso em: 22 maio 2019.

FERREIRA, S. M. R. *et al.* Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 301-318, 2001. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1240>. Acesso em: 18 jul. 2019.

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Ministério da Educação. **Cartilha Nacional da Alimentação Escolar**. Brasília, 2014. 87 p.

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Ministério da Educação. **Sobre o PNAE - Programa Nacional de Alimentação Escolar**. 2017. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/pnae/pnae-sobre-o-programa/pnae-sobre-o-pnae>. Acesso em: 27 jul. 2019.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Ingredientes enriquecedores para panificação. **Revista-fi**, n. 42, p. 30-32, 2017. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201711/2017110916886001512043790.pdf. Acesso em: 27 ago. 2019.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Panificação: Os ingredientes enriquecedores. **Revista-fi**, n. 10, p. 22-27, 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/16464251-Panificacao-os-ingredientes-enriquecedores.html>. Acesso em: 25 jun. 2019.

FRANÇA, F. C. O. *et al.* School meals centesimal and mineral composition and their nutritional value for Brazilian children. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, [Jena], v. 48, p. 97-104, July 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X17309756>. Acesso em: 25 maio 2019.

FRANCO, F. *et al.* Qualidade físico-química e sensorial de pão caseiro de cenoura adicionado de inulina e sua aceitação entre crianças. **Revista UNIABEU**, Belford Roxo, v. 7, n. 15, p. 20-35, mar. 2014. Disponível em: <https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/1339>. Acesso em: 18 jul. 2019.

FREITAS, J. B.; CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R. Geleia de gabirola: Avaliação da aceitabilidade e características físicas e químicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 87-94, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/4172>. Acesso em: 11 jan. 2019.

GARCIA, L. G. C.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Néctar de buriti (*Mauritia flexuosa*): a bebida funcional do Cerrado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [Paraíba], v. 10, n. 1, p. 263-268, nov. 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2778>. Acesso em: 22 abr. 2019.

GEÓCZE, K. C. *et al.* Essential oils from pequi fruits from the Brazilian Cerrado ecosystem. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 54, n. 1, p. 1-8, Nov. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996913003323>. Acesso em: 17 fev. 2019.

GIBSON, M.; NEWSHAM, P. Bread. *In*: GIBSON, M. (ed.). **Food Science and the Culinary Arts**. 1st ed. New York: Academic Press, 2018. p. 121-131.

GODOY, R. C. B. *et al.* **Geleia de gabirola - um produto de simples elaboração e boa aceitação**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2015. 8 p.

GOESAERT, H. *et al.* Wheat flour constituents: how they impact bread quality and how to impact their functionality. **Trends in Food Science and Technology**, [Netherlands], v. 16, n. 1-3, p. 12-30, Jan./Mar. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224404001906>. Acesso em: 17 abr. 2019.

GONÇALVES, G. A. S. *et al.* Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 581-588, out. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2010000500003&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 29 abr. 2019.

GONÇALVES, L. *et al.* Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do Cerrado brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, [Campinas], v. 20, n. e2016043, p. 1-5, jul. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232017000100501&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 14 fev. 2019.

GÜLÇİN, I. Antioxidant activity of food constituents: An overview. **Archives of Toxicology**, [New York], v. 86, n. 3, p. 345-391, Mar. 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22102161/>. Acesso em: 14 mar. 2019.

HANDRO, W.; BARRADAS, M. M. **Sobre os óleos do fruto e da semente de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 1971. p.110-113.

HUANG, D. *et al.* The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 53, n. 6, p. 1841-1856, Feb. 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf030723c>. Acesso em: 18 jun. 2019.

ICTA - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - **Avaliação da qualidade tecnológica/industrial da farinha de trigo**. 2013. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/napead/projetos/avaliacao-farinha-trigo/index.php>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Brasil Food Trends 2020**. FIESP/ITAL, São Paulo:Gráfica Ideal, 2010.176 p.

KENT, N. L.; EVERS, A. D. **Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture**. 4. ed. Oxford: Pergamon, 1994. 334 p.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [Belo Horizonte], v. 1, n. 1, p. 147-155, jul. 2005. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Texto_Adicional_ConservacaoID-xNOKMLsupY.pdf. Acesso em: 26 fev. 2019.

KOOPER, A. C. *et al.* Utilização tecnológica da farinha de bociuiva na elaboração de biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 463-469, jul./set. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49600180_Utilizacao_tecnologica_da_farinha_de_bocaiuva_na_elaboracao_de_biscoitos_tipo_cookie. Acesso em: 21 abr. 2019.

KUSKOSKI, E. M. *et al.* Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, oct./dic. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000400016. Acesso em: 12 ago. 2019.

LAGO, R. C. **Frutos do Cerrado como agregadores de valor nutricional e funcional em pães**. 2018. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

LANDRUM, L. R. **Campomanesia, Pimenta, Blepharocalyx, Legrandia, Acca, Myrrhinium and Luma (Myrtaceae)**. New York: New York Botanical Garden Press, 1986.

LEÃO, D. P. *et al.* Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, [England], v. 225, p. 146-153, June 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617300262>. Acesso em: 18 jun. 2019.

LEÃO, D. P. *et al.* Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 87, p. 575-580, Jan. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817307120>. Acesso em: 18 ago. 2019.

LEÓN, K. *et al.* Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 39, n. 10, p. 1084-1091, Dec. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996906000470>. Acesso em: 14 abr. 2019.

LESTER, G. E. *et al.* Comparative analysis of strawberry total phenolics via Fast Blue BB vs. Folin-Ciocalteu: Assay interference by ascorbic acid. **Journal of Food Composition and Analysis**, [San Diego], v. 27, n. 1, p. 102-107, Aug. 2012. Disponível em: <https://europepmc.org/article/agr/ind44720976>. Acesso em: 19 jul. 2019.

LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, [Malden], v. 63, n. 5, p. 923-929, Aug. 1998. Disponível em: <https://europepmc.org/article/agr/ind21995225>. Acesso em: 27 maio 2019.

LIMA, S. G. **Utilização de Pleurotus sajor-caju em pó como enriquecedor nutricional da farinha de trigo tipo 1**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2015.

LOCATELLI, M. *et al.* Study of the DPPH scavenging activity: Development of a free software for the correct interpretation of data. **Food Chemistry**, [England], v. 114, n. 3, p. 889-897, June 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608012508>. Acesso em: 19 ago. 2019.

LOCATELLI, N. T. *et al.* Positive influence of school meals on food consumption in Brazil. **Nutrition**, [New York], v. 53, p. 140-144, Sept. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0899900718300893>. Acesso em: 23 maio 2019.

LOUREDO, E. G. *et al.* Biscoito tipo cookie enriquecido com baru. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, [São Luís de Montes Belos], v. 7, n. 4, p. 16-25, 2014. Disponível em: <http://revista.fmb.edu.br/index.php/fmb/article/view/140/134>. Acesso em: 21 jun. 2019.

LUBAS, C. C. S. *et al.* Qualidade nutricional de barras de chocolate adicionadas de castanha de baru. **Multitemas**, Campo Grande, v. 21, n. 49, p. 181-192, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://www.multitemas.ucdb.br/multitemas/article/view/812>. Acesso em: 27 ago. 2019.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, mar./abr. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000200021. Acesso em: 03 jan. 2021.

MACHADO, M. T. C.; MELLO, B. C. B. S.; HUBINGER, M. D. Evaluation of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) aqueous extract quality processed by membranes. **Food and Bioproducts Processing**, [England], v. 95, p. 304-312, July 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308514001345>. Acesso em: 21 jul. 2019.

MACHADO, R. B *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional, 2004. 26 p.

MAGALHÃES, L. M. *et al.* Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, [Amsterdam], v. 613, n. 1, p. 1-19, Apr. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18374697/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MAIA, J. D. *et al.* Estudo da aceitabilidade do pão de forma enriquecido com farinha de resíduo da polpa de coco. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 1-9, mar. 2015. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev171/Art1711.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

MALTA, L. G. *et al.* Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 53, n. 1, p. 417-425, Aug. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913002627>. Acesso em: 22 abr. 2019.

MALTA, L. G. *et al.* In vivo analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 49, n. 1, p. 604-611, Nov. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996912002992>. Acesso em: 19 jul. 2019.

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), 1993. 32 p. (EMBRAPA-CNPSo, Documentos n° 60).

MARANGONI, A. L. **Pão de forma “zero trans”**: estudo do efeito de diferentes óleos e gorduras na qualidade tecnológica dos pães. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MARETI, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; TOLEDO, B. M. T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 878-883, dez. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-20612010000400007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 27 maio 2019.

MARTINOTTO, C. *et al.* **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras: UFLA, 2008. 21 p. (Boletim Técnico, n° 78).

MATOS, M. I. S. Portugueses e experiências políticas: A luta e o pão. São Paulo 1870-1945. **História**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 415-443, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90742009000100015. Acesso em: 12 fev. 2019.

MATSUDA, L. Y. **Concentração de amido resistente em pão francês pré-assado congelado**: Aspectos tecnológicos. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte**. 2010. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, [United States], v. 27, n. 12, p. 1254-1255, Dec. 1992. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/27/12/article-p1254.xml>. Acesso em: 21 abr. 2019.

MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of Functional Foods**, [Netherlands], v. 3, n. 2, p. 79-87, Apr. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464611000120>. Acesso em: 16 jul. 2019.

MENDONÇA, K. S. *et al.* Influences of convective and vacuum drying on the quality attributes of osmo-dried pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) slices. **Food Chemistry**, [England], v. 224, p. 212-218, June 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320611>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MIÑARRO, B. *et al.* Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, [London], v. 56, n. 2, p. 476-481, Sept. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073352101200094X>. Acesso em: 22 abr. 2019.

MIRANDA-VILELA, A. L. *et al.* Oil rich in carotenoids instead of vitamins C and E as a better option to reduce doxorubicin-induced damage to normal cells of Ehrlich tumor-bearing mice: hematological, toxicological and histopathological evaluations. **Journal of Nutritional Biochemistry**, [New York], v. 25, n. 11, p. 1161-1176, Nov. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25127291/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MIRANDA-VILELA, A. L. *et al.* Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners. **Nutrition Research**, [United States], v. 29, n. 12, p. 850-858, Dec. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19963158/>. Acesso em: 19 abr. 2019.

MONDAL, A.; DATTA, A. K. Bread baking - A review. **Journal of Food Engineering**, [England], v. 86, n. 4, p. 465-474, June 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877407005869>. Acesso em: 22 jun. 2019.

MONEGO, E. T. *et al.* Produção e potencial agrícolas de alimentos destinados à alimentação escolar em Goiás e no Distrito Federal na Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 233-241, abr. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-52732013000200011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 13 abr. 2019.

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant assays for plant and food components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 57, n. 5, p. 1655-1666, Jan. 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf803537k>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MOORE, T. R. Breads. **Reference Module in Food Science**, 2016. 11 p.

MOREIRA, R. V. *et al.* Short communication: Antimicrobial activity of pequi (*Caryocar brasiliense*) waste extract on goat Minas Frescal cheese presenting sodium reduction. **Journal of Dairy Science**, [United States], v. 102, n. 4, p. 2966-2972, Apr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219300955>. Acesso em: 22 jan. 2019.

MORZELLE, M. C. *et al.* Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [Jaboticabal], v. 37, n. 1, p. 96-103, mar. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-29452015000100096&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2019.

MOURA, D. B. *et al.* Desenvolvimento de produtos para crianças: percepção de mães e filhos. **Brazilian Journal of Food Technology**, [Campinas], p. 72-78, ago. 2010. Disponível em: http://bjft.ital.sp.gov.br/especiais/2011/bjft_v14ne01/09_bjft_v14ne_140110.pdf. Acesso em: 24 ago. 2019.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: Impacto na qualidade**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300013. Acesso em: 22 maio 2019.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método DPPH: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 36-44, mar. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722015000100036&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 14 maio 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. M. *et al.* Avaliação de diferentes modelos de secagem para liofilização de mangabas maduras com diferentes diâmetros, através de indicadores de desempenho. **Scientia Plena**, [Sergipe], v. 12, n. 5, p. 1-6, maio 2016. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3015/0>. Acesso em: 22 jul. 2019.

OLIVEIRA, M. E. B. *et al.* **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2008. 32 p.

OLIVEIRA, R. G.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 244-249, jan./mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v30n1/v30n1a36.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

- OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum - Technology**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 31-37, mar. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226530012>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- OWENS, G. **Cereal processing technology**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. 248 p.
- PEREIRA, A. C. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- PEREIRA, J. *et al.* Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, out./dez. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612004000400003. Acesso em: 15 fev. 2019.
- PEREIRA, M. M. *et al.* Processamento e caracterização físico-química de biscoitos amanteigados elaborados com farinha de jatobá. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 2137-2149, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/3905>. Acesso em: 21 jul. 2019.
- PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, [Amsterdam], v. 39, n. 7, p. 791-800, Aug. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096399690600038X>. Acesso em: 19 ago. 2019.
- PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de beringela (*Solanum melongena* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 186-192, mar. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612007000100033&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 27 maio 2019.
- PERFEITO, D. G. A. *et al.* Estabilidade física do néctar de mangaba. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 13-20, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/153>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- PINHO, L. *et al.* Enriquecimento de sorvete com amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel) e aceitabilidade por consumidores. **Revista Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 17, n. 1, p. 39-49, abr. 2015. Disponível em: <http://www.ruc.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/379>. Acesso em: 14 jan. 2019.
- PONS, M.; FISZMAN, S. M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**, [Malden], v. 27, n. 6, p. 597-624, Dec. 1996. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00996.x>. Acesso em: 22 fev. 2019.

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in food and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 53, n. 10, p. 4290-4302, Apr. 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0502698>. Acesso em: 11 mar. 2019.

PROPAN - Programa de Desenvolvimento da Alimentação, Confeitaria e Panificação. **O pão nosso de cada dia**. 2015. Disponível em: http://www.propan.com.br/?pagina=mostra_noticia&codnoticia=309. Acesso em: 30 jul. 2019.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [Washington], v. 48, n. 8, p. 3396-3402, Aug. 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10956123/>. Acesso em: 24 abr. 2019.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificacion**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1991. 485 p.

RAHAIE, S. *et al.* Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. **Journal of Food Science and Technology**, [India], v. 51, n. 11, p. 2896-2906, Nov. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-012-0833-6>. Acesso em: 10 jun. 2019.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the food industry. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, p. 1-12, May 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v22/1981-6723-bjft-22-e2017150.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2019.

RIBEIRO, M. C. *et al.* Influence of the extraction method and storage time on the physicochemical properties and carotenoid levels of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 386-392, Apr./June 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612012000200027. Acesso em: 17 abr. 2019.

ROCHA, G. F. *et al.* Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, [Monte Carmelo], v. 63, n. 3, p. 341-349, out. 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43744>. Acesso em: 17 fev. 2019.

ROCHA, L. S.; SANTIAGO, R. A. C. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix alata* vog.) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 820-825, out./dez. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v29n4/19>. Acesso em: 17 abr. 2019.

RODRIGUES, L. F. **Desenvolvimento de pães doces com valor nutricional e funcional agregado a partir de polpa e farinha de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) e de farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2019. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

RODRIGUES, L. J. *et al.* Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 260-265, jul./set. 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/4024>. Acesso em: 22 maio 2019.

RODRIGUES, L. J. *et al.* Efeito do tipo de corte e sanificantes no amaciamento de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1793-1799, dez. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542007000600028&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 28 ago. 2019.

RODRIGUES, L. J. *et al.* Efeito do tipo de corte e de sanificantes no escurecimento de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 560-567, jun. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000300018&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 25 jul. 2019.

RODRIGUES, L. J. *et al.* Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian cerrado. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 11-17, Jan./Mar. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612015000100011&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 19 jul. 2019.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, D. C.: Internacional Life Sciences Institute Press, 2001. 71 p.

ROESLER, R. *et al.* Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, [England], v. 110, n. 3, p. 711-717, Oct. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814608002008>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, [England], v. 92, n. 2, p. 235-254, Sept. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814604005904>. Acesso em: 13 ago. 2019.

ROSA, J. S. *et al.* Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 837-846, out./dez. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000400025. Acesso em: 27 ago. 2019.

RUFINO, M. S. M. *et al.* **Metodologia Científica**: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). Fortaleza: EMBRAPA, 2006. (Comunicado Técnico).

SAINI, R. K.; KEUM, Y.-S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. **Food Chemistry**, [England], v. 240, p. 90-103, Feb. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617312529>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SANO, E. E. *et al.* **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: Estratégias e resultados.** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2007. 33 p.

SANTANA, F. C. *et al.* Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa) e fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 3, p. 391-399, jul./set. 2011. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewArticle/1646>. Acesso em: 14 jun. 2019.

SANTOS, C. A. *et al.* Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, [Curitiba], v. 5, n. 1, p. 262-273, ago. 2011. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/632>. Acesso em: 24 fev. 2019.

SANTOS, C. M. *et al.* Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-9, fev. 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1981-67232018000100428&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 mar. 2019.

SANTOS, D. B. *et al.* Desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.). **Enciclopédia Biofesra**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 597-602, nov. 2012a. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/desenvolvimento%20de%20pao.pdf>. Acesso em: 29 maio 2019.

SANTOS, M. S. *et al.* Caracterização química e avaliação do potencial antioxidante do doce em massa de gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg). **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 73-82, mar. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86212013000100009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 21 jul. 2019.

SANTOS, P. R. G. *et al.* Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 281-290, abr./jun. 2012b. Disponível em: http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552012000200009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 26 ago. 2019.

SANTOS, S. R.; COSTA, M. B. S.; BANDEIRA, G. T. P. As formas de gestão do programa nacional de alimentação escolar (PNAE). **Revista Salud Pública**, Bogotá, v. 18, n. 2, p. 311-322, abr. 2016. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2016.v18n2/311-320>. Acesso em: 21 ago. 2019.

SCHNEIDER, S. *et al.* Chapter Three - Potential of public purchases as markets for family farming: An analysis of Brazilian School Feeding Program between 2011 and 2014. **Advances in Food Security and Sustainability**, Burlington: Academic Press, 2016. p. 69-95.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Estudo de mercado: Indústria de panificação.** SEBRAE/BA, 2017a. 45 p.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Estudo de Tendências - Perspectiva para panificação e confeitaria**. Convênio SEBRAI/ABIP, 2017b. 68 p.

SILVA, E. P. *et al.* Caracterização física, química e fisiológica de gabioba (*Campomanesia* sp.) durante o desenvolvimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 803-809, dez. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000400016&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 17 abr. 2019.

SILVA, E. P. *et al.* Characterization of chemical and mineral composition of marolo (*Annona crassiflora* Mart) during physiological development. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 13-18, Jan./Mar. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612017000100013. Acesso em: 23 jul. 2019.

SILVA, E. P. *et al.* Effect of adding flours from marolo fruit (*Annona crassiflora* Mart) and jervá fruit (*Syagrus romanzoffiana* Cham Glassm) on the physicals and sensory characteristics of food bars. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 140-144, Jan./Mar. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612016000100140. Acesso em: 17 fev. 2019.

SILVA, E. P. *et al.* Effect of postharvest temperature on the shelf life of gabioba fruit (*Campomanesia* sp.). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 33, n. 4, p. 632-637, Oct./Dec. 2013a. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612013000400006&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 19 maio 2019.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, jan./fev. 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000100016. Acesso em: 17 abr. 2019.

SILVA, J. P. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, [Curitiba], v. 5, n. 3, p. 1-7, nov. 2014. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/3433/pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

SILVA, L. M. S. F. E *et al.* Bolo sem glúten a base de farinha de arroz e farinha de baru. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 7, n. 2, p. 23-28, nov. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2838>. Acesso em: 29 jul. 2019.

SILVA, M. R. *et al.* Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1790-1793, set. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782008000600051&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 fev. 2019.

- SILVA, M. R. *et al.* Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176-182, maio/ago. 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612001000200010&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 13 maio 2019.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Uso de farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em biscoitos tipos “cookies”. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 10, p. 7-22, jun. 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/49600031_Uso_de_farinha_de_jatoba_Hymenaea_s_tigonocarpa_Mart_em_biscoitos_tipo_cookie. Acesso em: 13 jul. 2019.
- SILVA, S. A. *et al.* Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) em trigos portadores do caráter “stay-green”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 679-683, jun. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-84782004000300005&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 17 ago. 2019.
- SILVA, T. L. L. E. *et al.* Aplicabilidade tecnológica da marmelada-de-cachorro (*Alibertia sessilis* Schum.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 263-271, set. 2013b. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev153/Art1538.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- SILVA, V. M. **Análises laboratoriais para o controle de qualidade da farinha de trigo**. 2015. 31 f. Relatório de Estágio Curricular - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- SINGER, C. S. **Propriedades físico-químicas, reológicas, entálpicas e de panificação da farinha obtida de trigo irradiado**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SOARES, J. M. *et al.* Cookies adicionados de farinha de jatobá: composição química e análise sensorial entre crianças. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, Vitória, v. 18, n. 3, p. 74-82, jul./set. 2017a. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/rbps/article/view/15746/10892>. Acesso em: 11 maio 2019.
- SOARES JUNIOR, M. S. *et al.* Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 51-56, jan./mar. 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1869>. Acesso em: 26 jul. 2019.
- SOARES JUNIOR, M. S. S. *et al.* Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha da casca de pequi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 98-104, abr./jun. 2009. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/5188>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- SOARES, P. *et al.* The effect of new purchase criteria on food procurement for the Brazilian school feeding program. **Appetite**, [London], v. 108, p. 288-294, Jan. 2017b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195666316305645>. Acesso em: 15 maio 2019.

SOMOGYI, A. *et al.* Antioxidant measurements. **Physiological Measurement**, [Bristol], v. 28, n. 4, p. 41-55, Apr. 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17395989/>. Acesso em: 14 fev. 2019.

SOQUETTA, M. B. *et al.* Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, [England], v. 199, p. 471-478, Dec. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615303009>. Acesso em: 27 fev. 2019.

SOUKI, G. Q.; REIS, V. C.; MOURA, L. R. C. The behavior of bakery consumers. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 1-12, Jan. 2016. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/265430/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SOUSA, C. M. M. *et al.* Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, mar./abr. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000200021&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 18 jul. 2019.

SPÍNOLA, V. A. R. **Novas metodologias para determinação do conteúdo de ácido ascórbico em alimentos frescos**. 2011. 181 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Aplicada) - Universidade da Madeira, Funchal, 2011.

STEFFOLANI, E. *et al.* Effect of chia (*Salvia hispanica* L) addition on the quality of gluten-free bread. **Journal of Food Quality**, [Malden], v. 37, n. 5, p. 309-317, Sept. 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfq.12098>. Acesso em: 17 abr. 2019.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: metodos comprobados**. Madrid: Paz Montolvo, 1967. 428 p.

TEIXEIRA, F. *et al.* Farinha da casca de berinjela em pão: análise físico-química e sensorial entre crianças. **Ciência & Saúde**, [Rio Grande do Sul], v. 11, n. 2, p. 128, ago. 2018. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/faenfi/article/view/26275>. Acesso em: 25 jan. 2019.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [Juiz de Fora], v. 64, n. 366, p. 12-21, jan./fev. 2009. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/70>. Acesso em: 22 maio 2019.

THATOI, H. N.; PATRA, J. K.; DAS, S. K. Free radical scavenging and antioxidant potential of mangrove plants: a review. **Acta Physiologiae Plantarum**, [Heidelberg], v. 36, n. 3, p. 561-579, Mar. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-013-1438-z>. Acesso em: 28 jan. 2019.

TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

TSATSARAGKOU, K.; GOUNAROPOULOS, G.; MANDALA, I. Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. **LWT - Food Science and Technology** [Amsterdam], v. 58, n. 1, p. 124-129, Sept. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814001194>. Acesso em: 26 jul. 2019.

TURFANI, V. *et al.* Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. **LWT - Food Science and Technology**, [Amsterdam], v. 78, p. 361-366, May 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816308076>. Acesso em: 15 jan. 2019.

VALLILO, M. I. *et al.* Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambessédes) O. Berg. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 805-810, out./dez. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000400015. Acesso em: 26 jul. 2019.

VIEIRA, T. S. *et al.* Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 285-292, out./dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v18n4/1981-6723-bjft-18-4-285.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2019.

VILAS BOAS, B. M. *et al.* Qualidade de pequis fatiados e inteiros submetidos ao congelamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 904-910, maio, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782012005000016&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 25 jan. 2019.

VILAS BOAS, E. V. B. **Alimentos e nutrientes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 70 p.

VILAS BOAS, E. V. B. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 47 p.

WILLE, G. M. F. C. *et al.* Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidium acutangulum* D. C.) para o pequeno produtor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1360-1366, dez. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542004000600019&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2019.

WORLD: BREAD AND BAKERY. **Global bread and bakery consumption continue to experience modest growth**. Analysis and Forecast to 2025. Market Report. 2018. Disponível em: <https://www.bizcommunity.com/PDF/PDF.aspx?l=1&c=162&ct=1&ci=176273>. Acesso em: 30 jun. 2019.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de uma metodologia de glazamento para massa congeladas de pães tipo forma**. 2015. 280 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

ZITHA, E. Z. M. **Impacto do processamento, embalagem e tempo de armazenamento sobre a qualidade da geleia de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. 2016. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

ZITHA, E. Z. M. *et al.* Impact of processing, packages, and storage on quality of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) jelly. **Journal of Food Processing and Preservation** [Malden], v. 44, n. 2, p. e14814, July 2020. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.14814>. Acesso em: 10 dez. 2020.

ANEXO A - CERTIFICADO DE ANÁLISE DA FARINHA UTILIZADA NA ELABORAÇÃO DOS PÃES

 MOINHO SUL MINEIRO	<h1 style="margin: 0;">CERTIFICADO DE ANÁLISE</h1>		
CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº 00/18			
Produto:	Farinha Moinho Sul Mineiro sem fermento		
Cliente:	-	Nota Fiscal (nº):	-
Data de Fabricação:	-	Quantidade:	-
Validade:	-	Peso Bruto Total:	-
Lotes:	-	Data de Emissão:	sábado, 17 de agosto de 2019
Farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico (vitamina B9). Conforme RDC 150/17: Ferro 4mg/100g a 9mg/100g e Ácido fólico 140mcg/100g a 220mcg/100g.			
ALÉRGICOS: CONTÉM DERIVADOS DE TRIGO. PODE CONTER SOJA, CENTEIO, CEVADA E AVEIA - Conforme RDC nº 26/15 CONTÉM GLÚTEN - Conforme LEI Nº 10.674, DE 16/05/2003			
Análises Sensoriais			
Sabor:	Característico		
Odor:	Característico		
Aspecto:	Pó fino e claro, livre de grumos e isento de materiais estranhos		
Análises Físico-Químicas			
Análise	Metodologia	Especificação	Resultado
Umidade (%):	Infravermelho - AACC 44-15.02	13,5 a 15,0	14,64
Cinzas (%) (B.S.):	ICC 104/4	0,59 a 0,80	0,75
Glúten úmido (%):	Físico	25,0 a 33,0	26,11
Falling Number (s):	AACC 56-81.03	240 a 370	342
Colorimetria			
Análise	Metodologia	Especificação	
		Min	Alvo
Cor Minolta L*	Colorímetro Konica Minolta - CR 410	92,00	92,50
Cor Minolta a*		-0,20	-0,40
Cor Minolta b*		9,60	10,00
		10,50	10,5
Análises Reológicas			
Farinografia - Metodologia AACC Nº 54-21		Alveografia - Metodologia AACC Nº 54-30	
Análise	Especificação	Resultado	Análise
Absorção (%):	55,5 a 62,0	59,3	W
Desenvolvimento (min):	1,5 a 4,0	2,7	P/L
Estabilidade (min):	5,0 a 15,0	7,4	0,40 a 1,80
ITM (FU):	10 a 60	18	-
Análises Microbiológicas			
Análise	Especificação - Referência: RDC Nº 12/01	Validação do método	Resultado
Coliformes 45°C:	<10 ² UFC/g	MicroVal 2011-LR41	<1x10 ¹ UFC/g
Bacillus cereus:	< 3x10 ³ UFC/g	AOAC-RI 110402	<1x10 ¹ UFC/g
Salmonella (em 25 g):	Ausência	-	Ausência
Método: Ensaio microbiológico pronto (Compact dry)			
Análises de Micotoxinas			
Análise	Especificação - Referência: RDC 07/2011 e RDC 138/2017		Resultado
Aflatoxinas B1,B2,G1,G2 ² (µg/kg):	Máx. 5		< Limite de Quantificação
Zearalenona ² (µg/kg):	Máx. 100		< Limite de Quantificação
Ocratoxina A ² (µg/kg):	Máx.10		< Limite de Quantificação
Desoxinivalenol ¹ (µg/kg):	Máx. 750		< Limite de Quantificação
Método Elisa			
OBSERVAÇÕES: Ensacado em embalagem de papel.			
CONCLUSÕES: De acordo com as especificações, os resultados obtidos estão dentro dos parâmetros normais.			
Importante: Os resultados apresentados neste relatório tem significância restrita e se aplicam tão somente ao pedido relacionado. As amostras relativas aos ensaios estão disponíveis por um período de 5 meses.			
 Mirela Araújo Machado - Engenheira Química - CRQ: 02301473			
Moinho Sul Mineiro – CNPJ: 25.860.305/0001-02 – Insc. Est.: 707.035.338.0092 Rua Tiradentes, 933 - Vila Mendes - 37002 - 200 Varginha MG Laboratório: (35) 3219-5974 Tel: (35) 3219-5900 Fax: (35) 3219-5928			

ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO TCLE

I - TÍTULO DO TRABALHO EXPERIMENTAL: DESENVOLVIMENTO DE PÃES COM VALOR NUTRICIONAL E FUNCIONAL AGREGADO POR FRUTOS DO CERRADO

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Equipes: Prof^a. Dr^a. Elisângela Elena Nunes Carvalho, Prof^a. Dr^a Joelma Pereira, Prof^a. Dr^a. Ana Carla Marques Pinheiro, Lucas Ferreira Rodrigues, Mariana Crivelari da Cunha, Rafael Carvalho do Lago e Rafaela da Silva Melo.

II - OBJETIVOS

Objetivo geral: agregação de valores a quatro frutas do cerrado, mangaba, marolo, pequi e gabirola, por meio da elaboração de um pão, enriquecido com a polpa e farinha destes frutos, com valor nutricional e funcional agregado.

Objetivos específicos: substituir parte da água da receita original do pão por polpa de frutos do cerrado (mangaba, marolo, pequi e gabirola); substituir parte da farinha de trigo da receita original do pão por farinha de frutos do cerrado (mangaba, marolo, pequi e gabirola); elaborar os pães com e sem adição de farinha de mesocarpo externo de pequi, como fonte de fibras; comparar as formulações que usaram polpa com as formulações que usaram farinha de frutos do cerrado, considerando-se o mesmo fruto; avaliar a aceitação dos produtos de panificação, por meio de análises sensoriais; contribuir para a agregação de valores aos frutos do Cerrado e valorização do pequeno produtor; melhorar a qualidade nutricional da merenda escolar.

III - JUSTIFICATIVA

O consumo de frutas e hortaliças é uma maneira de prevenir doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes, hipertensão e obesidade, pois esses alimentos possuem nutrientes importantes, como vitaminas, fibras e compostos antioxidantes. Os pequenos produtores são fornecedores importantes de frutas e hortaliças.

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) foi criado pelo governo para melhorar a alimentação escolar, tornando a merenda mais saudável. Uma das recomendações do PNAE é que o cardápio da semana ofereça, pelo menos, 3 porções de frutas e verduras. Essas frutas e verduras podem ser consumidas frescas ou podem ser utilizadas para o preparo de bolos, vitaminas, entre outras preparações. Além disso, 30% da verba repassada pelo governo para a merenda escolar devem ser utilizados para a compra de produtos de agricultura familiar e pequenos produtores.

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e possui muitos frutos, que são ricos em vários nutrientes, como fibras, vitaminas e antioxidantes. Esses frutos correm risco de extinção, por causa do desmatamento. O uso dos frutos do Cerrado na preparação de alimentos é uma maneira de fazer com que a população conheça esses frutos e aumente o interesse pelo consumo dos mesmos. Além disso, muitos dos pequenos produtores produzem e vendem frutos do Cerrado, como forma de sustento. Exemplos de frutos do Cerrado são: gabirola, mangaba, marolo e pequi.

O pão é um dos alimentos mais consumidos pela população, possui boa aceitação e é um produto barato. Adicionar frutas na formulação do pão, sob a forma de polpa ou farinha, o torna um produto mais saudável.

Adicionar farinha e polpa de frutos do Cerrado em pães e oferecê-los na alimentação escolar é uma maneira de deixar a merenda mais nutritiva, além de ajudar a preservar os frutos do Cerrado e valorizar o trabalho dos pequenos produtores.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Produção das polpas e farinhas

Os frutos (gabiroba, mangaba, marolo e pequi) serão adquiridos em regiões do Cerrado, em Minas Gerais, nas cidades de Montes Claros, Curvelo, Ijaci e Ingaí. Serão coletados e/ou comprados frutos maduros, sem defeitos e/ou doenças. Após a coleta e/ou compra, os frutos serão colocados em sacos de polietileno e levados para o Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras. Imediatamente após a chegada, os frutos serão selecionados, descartando-se aqueles que tiverem defeitos ou pragas. Depois, serão lavados com água corrente para retirada de sujeiras vindas do campo e sanitizados a 50 mg L^{-1} de solução de hipoclorito de sódio.

Para o preparo das polpas, os frutos serão descascados e processados em despulpadeira elétrica. As polpas obtidas serão armazenadas, em sacos plásticos, em freezer a $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Uma parte das polpas será seca em estufa, a $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por aproximadamente 48h, para a obtenção das farinhas. As amostras secas serão trituradas, peneiradas e armazenadas em frascos de vidro fechados, em local seco e arejado, a temperatura ambiente ($\pm 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$). No caso do pequi, além da farinha da polpa, será feita, ainda, uma farinha a partir do mesocarpo externo + exocarpo (casca), que será utilizada para aumentar o teor de fibra dos pães.

Produção dos pães

Para o preparo dos pães, será seguida uma receita padrão, com os seguintes ingredientes: 1 kg de farinha de trigo; 250 mL de água; 250 mL de leite; 250 g de açúcar; 250 mL de óleo de soja; 3 ovos e 75 g de fermento biológico.

Serão feitas as seguintes substituições, quanto aos ingredientes: substituição de até 20% da farinha de trigo por farinha da polpa dos frutos (mangaba, gabiroba, marolo ou pequi); substituição de até 40% da água por polpa dos frutos (mangaba, gabiroba, marolo ou pequi); substituição de até 10% da farinha de trigo por farinha de mesocarpo externo + exocarpo de pequi.

Os ingredientes serão misturados e homogeneizados para a formação da massa. Os pães formados serão assados em forno rotativo de vapor, a $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por, aproximadamente, 35 minutos.

Avaliação sensorial dos pães

O estudo será realizado na Escola Municipal Álvaro Botelho, da cidade de Lavras - MG. Participarão cerca de trezentos estudantes, regularmente matriculados, com idades entre 6 a 10 anos. As amostras de pães, com diferentes concentrações de farinha e polpa de frutos do Cerrado, serão oferecidas, em fatias de, aproximadamente, 10g, aos estudantes. Os alunos irão provar as diferentes amostras e atribuir notas a elas, de acordo com a sua aceitação.

Para a avaliação sensorial dos pães, será utilizada a escala hedônica facial de 5 pontos (Figura 1). Os alunos irão marcar a expressão facial que mais condiz com a sua aceitação. Além disso, haverá um espaço para que o aluno escreva o que mais gostou e o que menos gostou na preparação.

TESTE DE ACEITAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO ESCOLAR				
Nome _____		Série _____		Data _____
Marque a carinha que mais represente o que você achou do _____				
				
1	2	3	4	5
Diga o que você mais gostou na preparação: _____				
Diga o que você menos gostou na preparação: _____				

Figura 1 - Ficha de escala hedônica facial de 5 pontos para crianças do 1º ao 5º ano.

Divulgação dos resultados

Os resultados obtidos serão divulgados aos participantes do projeto, por meio da apresentação de banners, slides e/ou outros recursos instrucionais.

V - RISCOS ESPERADOS

As concentrações dos ingredientes utilizados, bem como as boas práticas de fabricação, estão de acordo com a legislação vigente, logo não há riscos potenciais.

VI - BENEFÍCIOS

Disponibilização ao consumidor de um novo produto, que poderá contribuir para a melhoria da qualidade nutricional da merenda escolar e para a valorização do pequeno produtor.

VII - RETIRADA DO CONSENTIMENTO

O próprio sujeito (ou responsável) tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo ao atendimento a que está sendo ou será submetido.

VIII - CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

Como não há previsão de riscos significativos, a pesquisa possivelmente será encerrada ao final dos experimentos.

IX - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

PACIENTE MENOR DE IDADE

Eu _____, responsável pelo menor _____, certifico que, tendo lido as informações acima e suficientemente esclarecido (a) de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento. Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, ____ de _____ de 20__.

NOME _____ RG _____

ASSINATURA _____

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**MANUSCRIPT 1 - USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO
EVALUATE THE EFFECT OF PEQUI FLOUR, PULP AND BY-PRODUCT ON
SWEET BREAD DEVELOPMENT**

Journal Standards: Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1807-8664 (on-line)

(Accepted version: April 18th 2020)

Mariana Crivelari da Cunha^a; Marília Crivelari da Cunha^b; Rafael Carvalho do Lago^a; Rafaela da Silva Melo^a; Letícia Casarine Almeida^a; Joelma Pereira^a; José Guilherme Lembi Ferreira Alves^a; Elisângela Elena Nunes de Carvalho^a; Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{a*}.

^a Department of Food Science, Federal University of Lavras, Lavras – Minas Gerais, Brazil.

^b Department of Food Science, School of Food Engineering, State University of Campinas, Campinas, Campinas – São Paulo, Brazil.

*Corresponding author: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

E-mail: evbvboas@ufla.br

(Publication forecast: 1st semester of 2021)

Authors:

Mariana Crivelari da Cunha

PhD student in Food Science, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: mariana.crivelari@gmail.com

Marília Crivelari da Cunha

PhD student in Food Science, Department of Food Science, School of Food Engineering, State University of Campinas, 13083-970, Campinas – São Paulo, Brazil.

E-mail: marilia.crivelari@gmail.com

Rafael Carvalho do Lago

PhD student in Food Science, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: rcarvalholago@gmail.com

Rafaela da Silva Melo

Food Engineering student, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: rafamelo_95@live.com

Letícia Casarine Almeida

Food Engineering student, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: leticiacasarine01@gmail.com

Joelma Pereira

PhD in Food Science, Titular Professor, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: joper@ufla.br

José Guilherme Lembi Ferreira Alves

PhD in Food Engineering, Assistant Professor, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: jlembi@ufla.br

Elisângela Elena Nunes Carvalho

PhD in Food Science, Assistant Professor, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037, 37200-900, Lavras – MG, Brazil.

E-mail: elisangelacarvalho@ufla.br

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

PhD in Food Science, Postharvest Physiology and Technology of Fruit and Vegetables, Titular Professor, Department of Food Science, Federal University of Lavras, Mailbox 3037,

37200-900, Lavras – MG, Brazil. Phone: + 55 (35) 3829-1655 and Fax: + 55 (35) 3829-1401.
Corresponding author: evbvboas@ufla.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0252-695X>

1 **Using Response Surface Methodology to evaluate the effect of pequi flour, pulp and by-**
2 **product on sweet bread development**

3 **Short title: Optimal replacement level for preparing sweet bread**

4 **ABSTRACT.** In this work, the effect of wheat flour and water replacement by pequi pulp and
5 flour on the bread development and preparation enriched with this fruit was studied. Two
6 experimental designs were used for two independent variables, the first evaluating the wheat
7 flour partial replacement by pequi husk flour (x_1) and pequi pulp flour (x_2). The second design
8 evaluated the wheat flour and water partial replacement by pequi husk flour (x_1) and pequi
9 pulp (x_2), respectively. At the same time, a control test was conducted (without the addition of
10 pequi flour and pulp) for comparison. The evaluated dependent variables of the bread quality
11 characteristics were: dough volume; expansion rate; specific volume and density; texture
12 profile and gluten content. It was possible to verify that only the gluten content was
13 influenced by the replacement of wheat flour by pequi husk flour, whereas, only the specific
14 volume was influenced by the replacement of water by pequi pulp. In general, the best
15 replacement range was obtained with the formulation using between 0.75% to 2.5% pequi
16 husk flour; up to 20% pequi pulp flour and between 5% and 35% of pequi pulp.

17 **Keywords:** *Caryocar brasiliense* Camb.; Bakery Technology; New Product Development;
18 Quality; Food processing; Substitution of ingredients.

19 **Utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta para avaliar o efeito da substituição**
20 **da farinha, polpa e subproduto do pequi no desenvolvimento de pães doces**

21 **Título resumido: Nível de substituição ideal na elaboração de pães doces**

22 **RESUMO.** Neste trabalho, estudou-se o efeito da substituição da farinha de trigo e da água
23 pelas farinhas e polpa de pequi no desenvolvimento e preparo de pães enriquecidos com este
24 fruto. Foram utilizados dois delineamentos experimentais com duas variáveis independentes.
25 O primeiro avaliou a substituição de parte da farinha de trigo pela farinha de casca de pequi
26 (x_1) e farinha de polpa de pequi (x_2). O segundo delineamento avaliou o efeito da substituição
27 de parte da farinha de trigo e água por farinha de casca de pequi (x_1) e polpa de pequi (x_2),
28 respectivamente. Ao mesmo tempo, foi realizada a formulação padrão (sem adição de farinha
29 e polpa de pequi) para comparação. As variáveis dependentes utilizadas para avaliar as
30 características da qualidade dos pães foram: volume de massa; índice de expansão; volume

31 específico e densidade; perfil de textura e teor de glúten. Foi possível verificar que apenas o
32 teor de glúten foi influenciado pela substituição da farinha de trigo pela farinha de casca de
33 pequi, enquanto que apenas o volume específico foi influenciado pela substituição de água
34 pela polpa de pequi. De maneira geral, a melhor faixa de substituição foi obtida com a
35 formulação utilizando entre 0,75% a 2,5% de farinha de casca de pequi; até 20% de farinha de
36 polpa de pequi e entre 5% e 35% de polpa de pequi.

37 **Palavras-chaves:** *Caryocar brasiliense* Camb.; Tecnologia da Panificação; Desenvolvimento
38 de Novos Produtos; Qualidade; Processamento de alimentos; Substituição de ingredientes.

39 INTRODUCTION

40 The Brazilian Cerrado stands out for the biodiversity of fruit species that have great
41 potential for food use. Among these species, we highlight the “pequizeiro” (*Caryocar*
42 *brasiliense* Camb.), family *Caryocaraceae*, widely spread throughout the Brazilian territory,
43 mainly in the states of Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Bahia and Ceará. This
44 tree produces typical fruit which is considered by locals as “gold of the Cerrado” (Rodrigues,
45 Vilas Boas, Paula & Alcântara, 2009; Rodrigues, Paula, Pinto & Vilas Boas, 2015).

46 Referring to the anatomical aspects, pequi is considered a drupe fruit, globose,
47 consisting of the husk that usually involves one to three pyrenes. The husk consists of a fine
48 gray-green exocarp and a white or light yellow external mesocarp. Pyrenes are formed by the
49 internal mesocarp, called pulp, with a golden yellow color much appreciated in culinary, the
50 spinous endocarp and the seed (Vilas Boas et al., 2012; Leão, Franca, Oliveira, Bastos &
51 Coimbra, 2017; Rodrigues et al., 2009, 2011 e 2015).

52 Predominantly the pequi internal mesocarp and eventually its seed are used, although
53 its husk (exocarp + external mesocarp), which is discarded in culinary preparations, makes up
54 about 80% of the fruit and has high exploitable functional and nutritional potential. One way
55 to add value to pequi would be its full use, including its husk, in human food (Leão, Franca,
56 Oliveira, Bastos & Coimbra, 2017; Santos et al., 2018). Thus, stimulating the use of pequi
57 husk and pulp in the formulation of well-known and consumed foods – such as bakery
58 products – can be a way of spreading and increasing the consumption of this exotic fruit
59 throughout the world.

60 Bread is a staple food and is related to human life, both as food and as an economic,
61 political, religious and cultural symbol. The product is obtained by cooking, under
62 technologically appropriate conditions, a fermented dough prepared with wheat flour and / or

63 other flours naturally containing gluten-forming proteins with addition of water and may also
64 contain other ingredients (Brasil, 2005; Bock, Weigley & Walker, 2016).

65 The nutritional and functional enrichment of bread, one of the most consumed foods in
66 the world, with pequi, can be an effective way to spread the use of this fruit with great
67 potential. However, it is unknown and unexplored throughout the world, except for some
68 locations in Brazil, where it is consumed in foods that involve rice and chicken. Moreover,
69 adding value to pequi can contribute to the conservation of the Cerrado biome, whose
70 biodiversity has been decreasing due to its unsustainable exploitation, by replacing native
71 species with pastures and monocultures.

72 Partial substitution of wheat flour and water by other types of flour and pulp,
73 respectively, becomes a viable alternative as long as the substitution level does not negatively
74 affect the quality attributes of breads. According to Rahaie, Gharibzahedi, Razavi & Jafari
75 (2014), the main changes in the quality of bread produced with substitution of other types of
76 flour, involve the decrease in volume, gluten network weakening and changes in bread crumb
77 texture.

78 The adequacy of experimental planning, aiming to predict the influence of certain
79 variables on the performance of a given process, is fundamental for the determination of
80 optimal replacement ranges. Among the several types of planning, the factorial systems stand
81 out because they allow to evaluate two or more variables simultaneously, from a small
82 number of experimental trials (Rodrigues & Iemma, 2014).

83 Response Surface Methodology (RSM) is a collection of statistical and mathematical
84 techniques for constructing empirical models. This method is used to estimate, observe and
85 optimize a response (output) influenced by several independent variables (inputs). The main
86 applications includes: i) selection of independent variables through an experimental design
87 according to the selected matrix; ii) mathematical-statistical treatment of the experimental
88 results by adjusting a polynomial function; iii) evaluation of the adequacy of the model and
89 iv) obtaining optimal values for each study (Bezerra, Santelli, Oliveira, Villar & Escaleira,
90 2008; Ghellab, Mu, Li & Han, 2019).

91 Hence, the purpose of this study was to develop breads with the use of pequi husk and
92 pulp flours, in partial replacement of wheat flour, as well as pequi pulp, in partial replacement
93 of water and to obtain an ideal concentration range for each substituent using the response
94 surface methodology aiming to develop a bakery product with technological qualities
95 compared to a conventional sweet bread.

96 **MATERIALS AND METHODS**

97 **Obtaining the raw material**

98 The pequi fruit was obtained in the city of Montes Claros – Minas Gerais, Brazil and
99 transported to the Fruit and Vegetable Postharvest Laboratory of the Federal University of
100 Lavras, Lavras – Minas Gerais, Brazil, where it was used to obtain the husk (exocarp + outer
101 mesocarp) flour, pulp (inner mesocarp) flour and pulp. The fruit were selected and prewashed
102 in running water to remove coarse dirt, sanitized in a solution containing 100 ppm sodium
103 hypochlorite for 15 minutes, split in halves and the pits (pyrenes) were separated from the
104 husk. Husks and pits were placed in polyethylene plastic bags and stored at -18 °C, until
105 processing. The pulp was separated from the spinous endocarp and seed using a household
106 grater. The husk and pulp of pequi fruit were then subjected to a steam bleaching process for
107 12 minutes to inhibit the darkening enzymes. Part of the bleached pulp was vacuum-sealed
108 and frozen. The other part of bleached pulp and the bleached husk were dried in an oven at
109 65 °C for 24 hours. Subsequently, to obtain the flour, the dried material was ground in a knife
110 mill, sieved using a No. 9 Mesh sieve and homogenized to obtain a uniformly granular
111 product. The flours were vacuum-sealed and stored at room temperature until bread
112 processing.

113 **Bread processing**

114 The control breads were made from the following basic formulation (percentage of
115 backer): wheat flour (100%), water (45%), crystal sugar (15%), eggs (15%), milk powder
116 (6%), soybean oil (5%), yeast (2.5%) and salt (2%). The enriched breads presented the same
117 formulation, except for the partial replacement of wheat flour, by husk and pequi pulp flours,
118 and water by pequi pulp.

119 The direct fermentation method was used, where all dried ingredients were mixed:
120 wheat flour, crystal sugar, eggs, yeast and milk powder. Once homogenized, the wet
121 ingredients were added: water and oil. Finally, salt was added until the development of the
122 gluten or “veil point”. The batter was mixed in a Wallita[®] mixer at top speed for five minutes.
123 Subsequently, the dough was weighed, divided, rounded and shaped in the G.Painz[®] bread
124 curler and brought to the Klimaquip[®] fermentation chamber (30 °C and 90% RH) for 90
125 minutes. Soon after, the fermented dough was baked in a semi-industrial Practical
126 Technicook[®] electric oven at 150 °C for 20 minutes.

127 **Technological assessment of dough and bread**

128 **Dough volume**

129 Portions of dough of approximately 15 g were placed in 100 mL beakers to measure
 130 the dough volumes during the fermentation process which was conducted in a fermentation
 131 chamber set at 30 °C and 90% RH for 90 minutes. To calculate the volume produced (ΔV),
 132 the difference between the final volume produced and the initial volume of the dough in the
 133 beakers was used (Equation 1). Measurements for each assay were performed in quadruplicate
 134 and results expressed in mL (Zambelli, 2015).

$$135 \quad \Delta V = V_f - V_i \quad \text{(Equation 1)}$$

136 **Expansion index**

137 To calculate the expansion index an adapted Zambelli (2015) methodology was used.
 138 The dough rolls modeled using the G.Painz[®] modeler were arranged in a form and
 139 measurements were taken of the diameter and height using a millimeter ruler and a digital
 140 caliper. The bread expansion index (EI) was calculated using Equation (2) and the results
 141 expressed in cm².

$$142 \quad \text{Expansion index (EI)} = \frac{\left(\frac{D_P + H_P}{2}\right)}{\left(\frac{D_M + H_M}{2}\right)} \quad \text{(Equation 2)}$$

143 Where: D_P and H_P = Bread diameter and height after baking (cm); D_M and H_M =
 144 Diameter and height of molded doughs (cm).

145 **Specific volume and density**

146 The specific volume of breads was measured according to method No. 72-10,
 147 described by (AACC, 2000), by filling a known volume container with millet seeds. The
 148 specific volume was calculated by dividing the volume of bread displaced (mL) by its dough
 149 (g) and the results expressed in mL g⁻¹. Density was calculated by the inverse relationship
 150 between displaced volume (mL) and baked sample weight (g) and results expressed in g mL⁻¹.

151 **Texture profile**

152 Texture parameters were determined according to Garzón, Rosell, Malvar & Revilla
 153 (2017) in a texture analyzer (TA – XT2i model, Stable Micro Systems, UK) using a texture
 154 profile analysis (TPA) double compression test. The bread slices, 1 cm, were compressed to
 155 50% of original height at a test speed of 2 mm s⁻¹ and compression distance of 5.0 mm;
 156 interval between cycles of 10 s using a 36 mm cylindrical probe. For the test two slices of
 157 bread were placed overlapping and analysis of each test was carried out in quadruplicate.

158 From the TPA curve, the variables analyzed were: hardness, springiness, cohesiveness,
159 chewiness and resiliency.

160 **Moist gluten content**

161 The percentage of moist gluten was determined by washing the samples with distilled
162 water, according to methodology No. 38-10, described by AACC (2000). The analysis was
163 performed in quadruplicate from a formulation of wheat flour 20 g.

164 **Production of pequi sweet breads using the response surface methodology**

165 The methodology of an experimental Central Composite Rotational Design (CCRD)
166 for two variables was used to determine the optimal conditions for the development of pequi
167 bread with technical parameters similar to those of conventional sweet bread (control).

168 Two experimental designs were conducted. The first experimental design was
169 performed to evaluate the effect of two independent variables: pequi husk flour (0% to 5%)
170 and pequi pulp flour (10% to 20%). The second experimental design was performed to also
171 evaluate the effect of two independent variables: pequi husk flour (0% to 5%) and pequi pulp
172 (0% to 40%).

173 The levels of pequi pulp and pequi pulp flour were determined from preliminary tests,
174 whereas those from pequi husk flour were based on previous studies conducted by Lago
175 (2018) that demonstrated the presence of anti-nutritional compounds, mainly tannins and
176 nitrates, thus justifying the limited replacement range studied. The complete design consisted
177 of 11 experiments including four factor (-1 and +1 levels) four axial points ($\pm \alpha$ levels) and
178 three central points (Table 1). The response variables were considered the technological
179 parameters to evaluate the quality of dough and bread.

180 **Table 1.** Coded levels of the two variables used to determine the optimal substitution level of
181 pequi flour and pequi pulp used in the preparation of sweet bread from the central
182 composite planning.

1 st Experimental Planning					
Variables	Levels				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Pequi husk flour (x_1)	0	0.73	2.5	4.27	5.00
Pequi pulp flour (x_2)	10	11.46	15	18.54	20.0
2 nd Experimental Planning					
Variables	Levels				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Pequi husk flour (x_1)	0	0.73	2.5	4.27	5.00
Pequi pulp (x_2)	0	5.86	20	34.14	40.0

183 **Notes:** $\pm \alpha$ value corresponds to 1.41.

184 To evaluate the effects of the variables on the quality parameters of dough and bread,
185 multivariate regression analysis was used, given by Equation (3).

$$186 \quad y = \beta'_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad (\text{Equation 3})$$

187 Where, Y = dependent variable; β'_0 the interception term, β_1 and β_2 are the linear
188 coefficients; β_{11} and β_{22} are the quadratic coefficients; β_{12} refers to the interaction between
189 the coefficients and x_1 and x_2 are the coded variables. The coefficient of determination R^2 (R^2
190 > 0.7) and the F test ($F_{\text{cal}} > F_{\text{tab}}$) were used to verify the quality of the second order model of
191 the fit equation.

192 According to Rodrigues & Iemma (2014), after obtaining the models adjusted
193 according to the second-order multivariate regression, the response surfaces and contour
194 curves were determined, while the validation of the models was performed by repeating the
195 test that most closely approximates the value obtained by the control, the test being performed
196 in quadruplicate. The predicted parameters related to the technological analyzes were
197 compared, by a means test (Tukey at 5% probability) with the experimental data obtained.

198 **Statistical analysis**

199 Statistical analyzes were performed using Statistica[®] version 8.0 (Stat. Soft. Inc.,
200 Tulsa, USA). The Tukey test was applied to the results of the Central Composite Rotational
201 Design (CCRD) matrix for comparative effect between the tests and standard formulation, as
202 well as in the validation model. To perform this test, Minitab[®] version 19 software (Minitab
203 Inc., State College, Pennsylvania, USA) was used.

204 **RESULTS AND DISCUSSIONS**

205 **Experimental planning 1**

206 Experimental responses to the effect of partial substitution of wheat flour by pequi
207 husk and pulp flours on the technological properties of dough and bread are shown in Table 2.

208 **Table 2.** CCRD with real and coded values and all responses and Tukey test to compare with control bread.

Essay	Pequi husk flour (x ₁)	Pequi pulp flour (x ₂)	Mass volume (mL)	Expansion Index	Specific volume (mL g ⁻¹)	Density (g.mL ⁻¹)	Hardness (g.f)	Springiness (g.f)	Cohesiveness (g.sec)	Chewiness	Resilience	Moist gluten content (%)
1	-1 (0.73)	-1 (11.45)	30.00 ± 5.23 ^{ab}	0.43 ± 0.01 ^b	3.02 ± 0.20 ^a	0.33 ± 0.02 ^d	1108.77 ± 303.24 ^b	0.92 ± 0.02 ^{abc}	0.72 ± 0.02 ^{abc}	732.59 ± 204.65 ^b	0.32 ± 0.02 ^b	17.98 ± 1.81 ^b
2	+1 (4.27)	-1 (11.45)	22.00 ± 1.15 ^c	0.40 ± 0.01 ^c	2.44 ± 0.19 ^b	0.41 ± 0.03 ^c	1292.65 ± 160.19 ^{ab}	0.90 ± 0.03 ^{abc}	0.72 ± 0.03 ^{ab}	840.02 ± 85.75 ^b	0.33 ± 0.02 ^b	5.28 ± 0.82 ^e
3	-1 (0.73)	+1 (18.55)	23.50 ± 1.29 ^{bc}	0.37 ± 0.01 ^d	2.42 ± 0.12 ^b	0.41 ± 0.02 ^c	1116.73 ± 143.73 ^b	0.88 ± 0.03 ^{bc}	0.71 ± 0.01 ^{abcd}	695.17 ± 76.72 ^b	0.31 ± 0.01 ^{bc}	16.03 ± 0.40 ^{bcd}
4	+1 (4.27)	+1 (18.55)	22.75 ± 3.30 ^c	0.38 ± 0.01 ^{cd}	1.76 ± 0.06 ^d	0.57 ± 0.02 ^a	1312.60 ± 222.43 ^{ab}	0.84 ± 0.04 ^c	0.67 ± 0.01 ^{cd}	736.83 ± 104.41 ^b	0.28 ± 0.01 ^d	2.18 ± 1.50 ^f
5	-1.41 (0)	0 (15)	25.00 ± 2.16 ^{bc}	0.40 ± 0.01 ^c	2.25 ± 0.25 ^{bc}	0.45 ± 0.05 ^{bc}	1141.82 ± 121.63 ^b	0.89 ± 0.04 ^{abc}	0.67 ± 0.01 ^{cd}	677.82 ± 98.98 ^b	0.27 ± 0.01 ^d	13.28 ± 0.73 ^d
6	+1.41 (5)	0 (15)	26.00 ± 4.76 ^{abc}	0.39 ± 0.01 ^c	2.07 ± 0.12 ^{cd}	0.49 ± 0.03 ^b	1352.59 ± 134.84 ^{ab}	0.85 ± 0.04 ^{bc}	0.67 ± 0.02 ^{cd}	772.14 ± 97.51 ^b	0.28 ± 0.01 ^d	2.51 ± 2.45 ^{ef}
7	0 (2.5)	-1.41 (10)	27.50 ± 3.32 ^{abc}	0.40 ± 0.00 ^c	2.25 ± 0.07 ^{bc}	0.44 ± 0.01 ^{bc}	1071.30 ± 66.02 ^b	0.92 ± 0.03 ^{abc}	0.67 ± 0.01 ^{bcd}	665.23 ± 25.84 ^b	0.29 ± 0.01 ^{cd}	15.62 ± 0.28 ^{bcd}
8	0 (2.5)	+1.41 (20)	23.75 ± 1.71 ^{bc}	0.38 ± 0.00 ^{cd}	2.09 ± 0.08 ^c	0.48 ± 0.02 ^b	1084.38 ± 160.77 ^b	0.85 ± 0.06 ^c	0.67 ± 0.01 ^{bcd}	497.60 ± 319.49 ^b	0.28 ± 0.01 ^d	18.38 ± 0.84 ^b
9	0 (2.5)	0 (15)	23.00 ± 1.15 ^c	0.39 ± 0.01 ^c	2.09 ± 0.07 ^c	0.48 ± 0.02 ^b	1339.03 ± 221.44 ^{ab}	0.90 ± 0.01 ^{abc}	0.68 ± 0.01 ^{bcd}	812.99 ± 121.59 ^b	0.28 ± 0.01 ^{cd}	14.47 ± 0.00 ^{bcd}
10	0 (2.5)	0 (15)	22.88 ± 1.18 ^c	0.39 ± 0.01 ^c	2.00 ± 0.05 ^{cd}	0.50 ± 0.01 ^b	1428.35 ± 96.96 ^{ab}	0.86 ± 0.03 ^{bc}	0.69 ± 0.01 ^{bcd}	849.20 ± 79.41 ^b	0.29 ± 0.01 ^{bcd}	16.83 ± 1.73 ^{bc}
11	0 (2.5)	0 (15)	21.63 ± 2.98 ^c	0.38 ± 0.00 ^{cd}	2.01 ± 0.13 ^{cd}	0.50 ± 0.03 ^b	1074.48 ± 402.93 ^b	0.93 ± 0.03 ^{ab}	0.66 ± 0.04 ^d	664.01 ± 252.01 ^b	0.27 ± 0.02 ^d	17.82 ± 0.20 ^b
Control bread	-	-	32.75 ± 1.50 ^a	0.46 ± 0.00 ^a	2.57 ± 0.06 ^b	0.39 ± 0.01 ^{cd}	1758.80 ± 326.93 ^a	0.96 ± 0.03 ^a	0.76 ± 0.02 ^a	1273.49 ± 188.92 ^a	0.39 ± 0.01 ^a	26.31 ± 0.28 ^a

209 **Notes:** Values are mean (n=4) ± standard deviation (SD), including standard formulation. Different letters in the same column present significant differences at the level of
210 5% of significance (p < 0.05).

211 The elaboration of the standard bread was used as a reference to determine the ideal
 212 substitution ranges, that is, the closer the enriched bread results were to the control breads, the
 213 closer to the ideal the substitution levels were considered.

214 According to Table 2, the results obtained at the central points showed good
 215 repeatability. In accord to the Tukey test ($p < 0.05$), in a general way, all evaluated
 216 technological variables were affected by the formulation substitutions. However, from the
 217 analysis of the effect estimation (data not shown), the independent variables used in the bread
 218 formulations, under the conditions studied in the tests, had no significant effect in relation to
 219 the response variables. Thus, it was also not possible to establish mathematical models in
 220 function of these variables, considering the p-value (> 0.05) and the coefficient of
 221 determination ($R^2 < 0.70$), except for the dough moist gluten content.

222 It was possible to verify a variation of 2.18% to 18.38% in moist gluten content of
 223 dough among the tests and, therefore, a significant effect ($p < 0.05$) of the pequi husk flour
 224 variable (x_1), making it possible to establish a mathematical model (for use with coded
 225 variables) within the conditions studied (Equation 4). Model repair was adopted to obtain
 226 good normality of the function.

$$227 \text{ *Moist gluten* } = 16.17882 - 5.22264x_1 - 4.69838x_1^2; R^2 = 89.56\% \quad (\text{Equation 4})$$

228 By regression analysis, a negative effect can be observed in the linear and quadratic
 229 term of the pequi husk flour variable, indicating that the lowest substitution level of variable
 230 x_1 provides the highest moist gluten percentage during the dough formation process. It is
 231 possible to verify that the gluten content presented very varied responses (Table 2), whereas
 232 the control presented values within the required standards ($> 26\%$) to obtain a good quality
 233 bread dough (ICTA, 2013). Therefore, this is an expected result, and it can be inferred that the
 234 gluten content is inversely proportional to the level of substitution of wheat flour by pequi
 235 husk flour, since it has no such viscoelastic protein formation properties.

236 Based on the regression analysis, the validity of the model for moist gluten content
 237 was verified by analysis of variance (ANOVA) (Table 3).

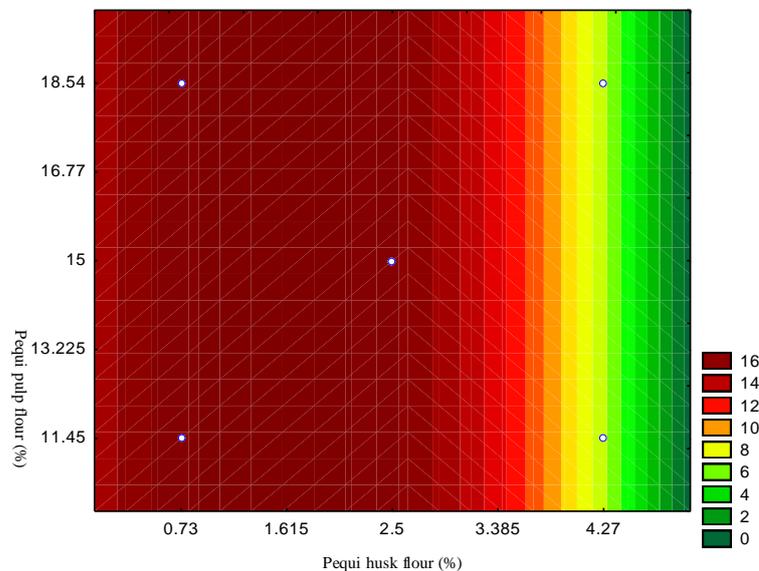
238

239 **Table 3.** Regression ANOVA for moist gluten content response.

Source of variation	SS	df	MS	F calculated	F tabulated (5%; 2; 8)
Regression	354.66	2	177.33	34.31	4.46
Residue	41.34	8	5.16		
Total	396.01	10			

240 **Notes:** ^{SS} Sum of squares; ^{df} Degrees of freedom; ^{MS} Mean square.

241 According to Table 3, the analysis of variance (ANOVA) results revealed that the
 242 model for moist gluten content was significant ($p < 0.05$), according to the analysis of the F
 243 test ($F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$) and a good coefficient of determination ($R^2 = 0.89$). The variation in the
 244 moist gluten content of the sweet breads, as a function of the pequi husk and pulp flours
 245 concentrations used is shown in Figure 1.



246

247 **Figure 1.** Contour curve of moist gluten content, as a function of variables: pequi husk flour
 248 and pequi pulp flour. **Legend:** Moist gluten: 0 to 16%. Average results obtained
 249 from the variable responses obtained from the different experimental tests.

250 From the generated surface (Figure 1), it appears that the range between 0.75 and
 251 2.5% replacement of wheat flour by pequi husk flour is ideal for obtaining a product that most
 252 resembles the pattern. The ideal replacement range for pequi pulp flour (x_2) is up to 20%,
 253 since no significant effects were found for this variable.

254 According to Coelho & Salas-Mellado (2015), Turfani, Narducci, Durazzo, Galli &
 255 Carcea (2017) and Yamsaengsung, Schoenlechner & Berghofer (2010) the higher the
 256 proportion of flour replacement by that from different vegetables sources, the higher the

257 negative effects on the technological attributes of dough and bread quality, mainly due to the
258 weakening of the gluten.

259 According to Leão, Botelho, Oliveira & Franca (2018), the pequi exocarp + mesocarp
260 flour composition has a high total dietary fiber content corresponding to approximately 45 g
261 100 g⁻¹, which contributes to the decrease in gluten content. According to Borges, Pirozi,
262 Chaves, Germani & Paula (2011), Vilhalva et al. (2011), Föste et al. (2014, 2019) and
263 Tsatsaragkou, Gounaropoulos & Mandala (2014), the higher the fiber content present in the
264 composition of flours from different plant sources, the greater the effect on viscoelastic
265 protein formation, due to the high water absorption capacity.

266 Demirkesen, Mert, Sumnu & Sahin (2010) report, in their studies using chestnut flour
267 in gluten-free formulation, that the water absorption process occurs from the interaction
268 between the hydroxyl groups present in the fiber structure with the water used as an ingredient
269 for bread formulation.

270 For the moist gluten content, the factorial tests (1 and 3), the axial tests (7 and 8) and
271 the tests carried out at the central point (9, 10 and 11), do not differ statistically from each
272 other, through the test of means. Their average values were those that most approached the
273 standard formulation (> 26%) (Table 2). Model validation was performed by repeating a
274 quadruplicate test (test 8) under the conditions of highest percentage of moist gluten content.
275 Thus, the predicted moist gluten content was then compared with a Tukey test at 5%
276 significance with the data resulting from the experiment (Table 4).

277 **Table 4.** The levels of variables used for the experimental validation test of the model.

Pequi husk flour (x_1)	Pequi pulp flour (x_2)	Predicted result	Experimental result	Error (%)
0 (2.5)	+1.41 (20)	16.17 ^a	18.49 ± 1.39 ^a	12.54

278 **Notes:** The results are presented as mean (n=4) ± SD. The results with the same letters are not significantly
279 different as determined by Tukey's test, with $p < 0.05$.

280 As shown in Table 4, the relative error for the moist gluten content was low. This
281 indicates that the results obtained in the validation test were satisfactory in relation to the
282 response variable and the obtained model was validated (Equation 4).

283 **Experimental planning 2**

284 Experimental responses of the effect of partial replacement of wheat flour by pequi
285 husk flour and water by pequi pulp in the preparation of sweet breads on technological
286 variables studied are shown in Table 5.

287

288 **Table 5.** CCRD with real and coded values for pequi husk flour (x_1) and pequi pulp (x_2), all responses and Tukey test to compare with control
 289 bread.

Essay	Pequi husk flour (x_1)	Pequi pulp (x_2)	Mass volume (mL)	Expansion Index	Specific volume (mL g ⁻¹)	Density (g.mL ⁻¹)	Hardness (g.f)	Springiness (g.f)	Cohesiveness (g.sec)	Chewiness	Resilience
1	-1 (0.73)	-1 (5.86)	26.25 ± 1.26 ^{ab}	0.46 ± 0.01 ^a	3.00 ± 0.13 ^c	0.33 ± 0.01 ^c	1171.47 ± 111.74 ^c	0.96 ± 0.02 ^a	0.73 ± 0.02 ^a	819.85 ± 100.34 ^{bc}	0.34 ± 0.01 ^a
2	+1 (4.27)	-1 (5.86)	25.25 ± 2.99 ^b	0.42 ± 0.01 ^{cd}	2.58 ± 0.04 ^{de}	0.39 ± 0.01 ^b	1297.35 ± 196.32 ^{bc}	0.93 ± 0.04 ^{ab}	0.73 ± 0.03 ^a	881.39 ± 164.08 ^{abc}	0.34 ± 0.01 ^a
3	-1 (0.73)	+1 (34.18)	21.00 ± 1.83 ^{cd}	0.41 ± 0.01 ^{cd}	2.36 ± 0.12 ^{ef}	0.43 ± 0.02 ^{ab}	1679.45 ± 191.36 ^{abc}	0.90 ± 0.02 ^{ab}	0.72 ± 0.03 ^a	1083.41 ± 126.55 ^{abc}	0.32 ± 0.03 ^a
4	+1 (4.27)	+1 (34.18)	20.25 ± 0.96 ^d	0.40 ± 0.01 ^d	2.23 ± 0.19 ^f	0.45 ± 0.04 ^a	1248.31 ± 230.34 ^{bc}	0.90 ± 0.02 ^{ab}	0.71 ± 0.05 ^a	801.65 ± 183.62 ^c	0.30 ± 0.03 ^a
5	-1.41 (0)	0 (20)	29.50 ± 0.58 ^a	0.46 ± 0.01 ^{ab}	3.88 ± 0.08 ^b	0.26 ± 0.01 ^c	1446.21 ± 294.95 ^{abc}	0.95 ± 0.03 ^{ab}	0.73 ± 0.02 ^a	1003.48 ± 191.10 ^{abc}	0.29 ± 0.04 ^a
6	+1.41 (5)	0 (20)	26.38 ± 1.80 ^{ab}	0.42 ± 0.01 ^{cd}	3.82 ± 0.11 ^b	0.26 ± 0.01 ^c	1333.26 ± 142.27 ^{abc}	0.94 ± 0.03 ^{ab}	0.74 ± 0.03 ^a	923.36 ± 62.70 ^{abc}	0.33 ± 0.02 ^a
7	0 (2.5)	-1.41 (0)	26.75 ± 1.50 ^{ab}	0.43 ± 0.01 ^{bcd}	2.64 ± 0.16 ^d	0.38 ± 0.02 ^b	1946.25 ± 598.57 ^a	0.93 ± 0.03 ^{ab}	0.70 ± 0.01 ^a	1252.74 ± 323.90 ^a	0.32 ± 0.02 ^a
8	0 (2.5)	+1.41 (40)	20.00 ± 0.00 ^d	0.43 ± 0.01 ^{bcd}	2.43 ± 0.11 ^{def}	0.41 ± 0.02 ^{ab}	1380.70 ± 172.00 ^{abc}	0.90 ± 0.05 ^{ab}	0.72 ± 0.01 ^a	893.34 ± 105.25 ^{abc}	0.30 ± 0.01 ^a
9	0 (2.5)	0 (20)	24.00 ± 0.82 ^{bc}	0.44 ± 0.03 ^{abc}	4.21 ± 0.11 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	1841.51 ± 171.01 ^{ab}	0.93 ± 0.03 ^{ab}	0.71 ± 0.02 ^a	1216.44 ± 137.39 ^{ab}	0.31 ± 0.01 ^a
10	0 (2.5)	0 (20)	24.00 ± 1.41 ^{bc}	0.42 ± 0.01 ^{cd}	4.17 ± 0.08 ^a	0.24 ± 0.00 ^c	1619.50 ± 180.96 ^{abc}	0.89 ± 0.02 ^b	0.70 ± 0.01 ^a	1003.58 ± 131.53 ^{abc}	0.32 ± 0.01 ^a
11	0 (2.5)	0 (20)	27.25 ± 0.96 ^{ab}	0.43 ± 0.01 ^{bcd}	4.16 ± 0.09 ^a	0.24 ± 0.01 ^c	1573.95 ± 273.14 ^{abc}	0.93 ± 0.02 ^{ab}	0.70 ± 0.01 ^a	1021.96 ± 157.30 ^{abc}	0.31 ± 0.01 ^a
Control bread	-	-	26.50 ± 1.29 ^{ab}	0.44 ± 0.01 ^{abc}	3.01 ± 0.04 ^c	0.39 ± 0.01 ^b	1667.33 ± 234.03 ^{abc}	0.95 ± 0.03 ^{ab}	0.71 ± 0.01 ^a	1131.86 ± 167.56 ^{abc}	0.32 ± 0.01 ^a

290 **Notes:** Values are mean (n=4) ± standard deviation (SD), including standard formulation. Different letters in the same column present significant differences at the level of
 291 5% of significance (p < 0.05).

292 According to analysis of the effect estimation (data not shown), pequi husk flour and
293 pequi pulp did not affect the dependent variables studied (p -value > 0.05 ; $R^2 < 0.70$), except
294 for specific volume of breads. Hence, it was possible establish a mathematical model only for
295 that variable specific volume.

296 It was found that the values obtained for the specific volume ranged from 2.23 mL g^{-1}
297 to 4.21 mL g^{-1} (Table 5). The lack of use of improvers justifies the low values for the specific
298 volume found in this study. These results are similar to those found by Gandra, Del Bianchi,
299 Godoy, Queiroz & Steel (2008) who obtained values of 3.77 mL g^{-1} and 4.40 mL g^{-1} in breads
300 enriched with fiber and added with lipases and monoglycerides and by Katina et al. (2006)
301 who reported a value of 4.1 mL g^{-1} for the specific volume of high-fiber bread added of
302 enzyme mixture.

303 From the results through the design matrix (Table 5) it was possible to estimate a
304 significant effect ($p < 0.05$) only for the pequi pulp variable (x_2), making it possible to
305 establish a reparametrized mathematical model, under the studied conditions (Equation 5).

306 *Specific volume* = $3.871765 - 0.888676x_2^2$; $R^2 = 72.87\%$ (Equation 5)

307 According to Equation 4, the partial replacement of water by pequi pulp has a negative
308 effect on the specific volume of breads, indicating that the lower the level of substitution, the
309 higher the specific volume. The results showed, through the adequacy of the model, that the
310 pequi pulp variable was the main factor that affected the specific bread volume. Miñarro,
311 Albanell, Aguilar, Guamis & Capellas (2012) show that the specific volume of bread is
312 considered one of the most important criteria in assessing the quality of the baking process, by
313 providing quantitative measures of cooking performance and to exercise strong influence on
314 consumer preference.

315 According to Table 5, extreme substitution levels ($< 5\%$ and $> 35\%$) determined the
316 lowest specific volume values – around 2.70 mL g^{-1} – however, the results are close to the
317 standard formulation (3.01 mL g^{-1}). Such observation corroborates the results found by
318 Amaya, Pinheiro, Brasil, Goes & Zambelli (2013_a), Amaya, Pinheiro, Brasil, Melo &
319 Zambelli (2013_b), Brasil (2017) and Zambelli (2015), that, from the increase of the
320 percentage of guava and mango juice and pulp used for bread enrichment, a significant
321 reduction in the specific volume was verified. According to the authors cited, such
322 observation is based on the high fiber content present in juices and pulps.

323 Several studies emphasize the nutritional value of pequi pulp, because the fruit is
324 highly caloric (250 kcal 100 g⁻¹ to 350 kcal 100 g⁻¹), rich in lipids (27 g 100 g⁻¹ to 35 g 100 g⁻¹)
325 and proteins (3 g 100 g⁻¹ to 6 g 100 g⁻¹). It is also a source of carotenoids (7.25 mg 100 g⁻¹
326 to 14.80 mg 100 g⁻¹) and vitamin C (50 mg 100 g⁻¹ to 105 mg 100 g⁻¹), besides having a high
327 fiber content (6.8 g 100 g⁻¹ to 10.02 g 100 g⁻¹) (Alves et al. 2014; Arruda, Cruz & Almeida,
328 2012; Vilas Boas et al., 2012; Gonçalves et al., 2010; Gonçalves et al., 2011; Ribeiro et al.,
329 2012; Rodrigues et al., 2009; Rodrigues et al., 2015).

330 From analyzes on the proximal composition of pequi pulp (data not shown), the pulp
331 presented a high fiber content, corresponding to 5.21 g 100 g⁻¹. The result obtained is very
332 close to results found in the literature. Thus, it is predictable that the amount of fiber present
333 in pequi pulp will have a negative effect on the specific volume of breads (< 2.70 mL g⁻¹,
334 Table 5).

335 According to Borges, Pirozi, Chaves, Germani & Paula (2011), Vilhalva et al. (2011),
336 Föste et al. (2014, 2019), Tsatsaragkou, Gounaropoulo & Mandala (2014) and Stoll, Flôres &
337 Thys (2015) in the case of breads, the presence of fiber may promote volume reduction due to
338 the high absorption capacity of part of the water available for gluten formation and the lower
339 tolerance to the fermentation process. According to Brasil (2017), the structural conformation
340 of the fibers can cause negative effects in relation to the carbon dioxide entrapment, leading to
341 lower mass development and, consequently, the lower bread specific volume.

342 The substitution of up to 20% of the water by pequi pulp helped in the incorporation of
343 ingredients and retention of gases produced during the fermentation process, resulting in
344 higher dough extensibility and consequently higher bread volume (Table 5). Such observation
345 occurs due to the characteristics of pequi pulp, especially its high lipid content.

346 According to Borges, Pirozi, Paula, Ramos & Chaves (2011), the enrichment of salt
347 bread with whole-grain having high fat concentration contributes to the formation of
348 complexes with the forming of gluten proteins during the dough mixing process while
349 improving the rheological characteristics and functional gluten properties. This positively
350 influences the gas retention capacity in the dough and bread volume. Therefore, dough
351 expansion is predictable at some degree of substitution (up to 20%), which results in a higher
352 specific volume of the bread (> 4.10 mL g⁻¹, Table 5).

353 Based on the regression analysis, the validity of the model for specific volume was
354 verified by analysis of variance (ANOVA) (Table 6).

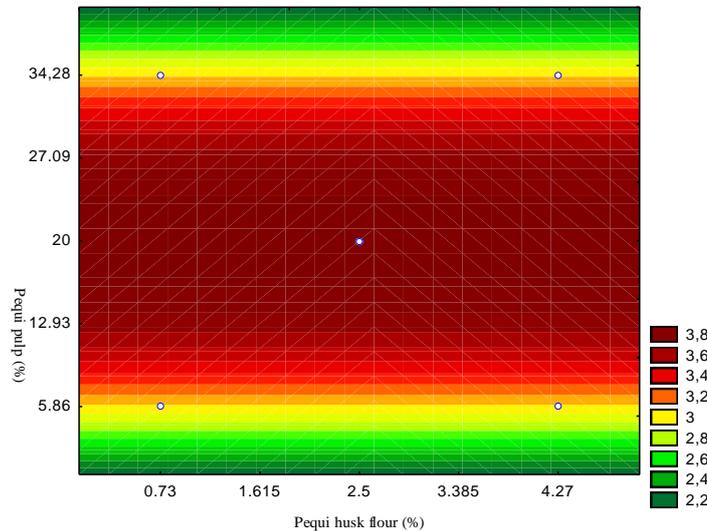
355

356 **Table 6.** Regression ANOVA for response by specific volume.

Source of variation	SS	df	MS	F calculated	F tabulated (5%; 1; 9)
Regression	4.88	1	4.88	24.17	5.12
Residue	1.81	9	0.20		
Total	6.69	10			

357 **Notes:** ^{SS} Sum of squares; ^{df} Degrees of freedom; ^{MS} Mean square.

358 The result of analysis of variance (ANOVA) revealed that the model obtained for
 359 specific volume was significant ($p < 0.05$), according to the analysis of the F test ($F_{\text{calc}} < F_{\text{tab}}$),
 360 with the determination coefficient $R^2 > 0.70$. As it is presented in Figure 2 the variation in the
 361 specific volume of sweet breads, as a function of the replacement levels of wheat flour by
 362 pequi husk flour and water by pequi pulp.



363

364 **Figure 2.** Contour curve of specific volume as a function of variables: pequi husk flour and
 365 pequi pulp. **Legend:** Specific volume: 2.2 to 3.8 mL g⁻¹. Average results obtained
 366 from the variable responses obtained from the different experimental tests.

367 The effects and optimum levels of independent variables were determined by plotting
 368 the contour curves. Figure 2 represents the specific volume of pequi sweet breads due to the
 369 partial replacement of water by pequi pulp. In this case, in order to obtain a product that
 370 resembles the standard, one alternative would be the replacement of 5.9% or 34% of pequi
 371 pulp and 5% of pequi husk flour to make better use of pequi waste.

372 Model validation was performed using the conditions for obtaining the largest specific
 373 volume of breads from the central point tests performed in quadruplicate. Thus, the validation

374 of results related to the predicted specific volume was then compared to the standard (Tukey
375 test at 5% significance level), with the results observed experimentally (Table 7).

376 **Table 7.** The levels of variables used for the experimental validation test of the model.

Pequi husk flour (x_1)	Pequi pulp (x_2)	Predicted result	Experimental result	Error (%)
0 (2.5)	0 (20)	3.87 ^a	4.17 ± 0.08 ^a	7.19

377 **Notes:** The results are presented as mean (n=4) ± SD. The results with the same letters are not significantly
378 different as determined by Tukey's test, with $p < 0.05$.

379 As shown in Table 7, comparing predicted and observed experimental values, the
380 results of the validation test were satisfactory with respect to variable response and the model
381 obtained (Equation 5), since the relative error was low.

382 **Conclusions**

383 The partial replacement of wheat flour by pequi husk and pulp flour do not affect the
384 variables analyzed in dough and bread, except the moist gluten of dough - the lower the level
385 of replacement of wheat flour by pequi husk flour, the higher the percentage of moist gluten
386 of dough.

387 The partial replacement of water by pequi pulp do not affect the variables analyzed in
388 dough and bread, except the specific volume of breads - the lower the level of replacement of
389 water by pulp, the greater the specific volume of breads.

390 The ideal replacement ranges for obtaining pequi sweet breads with the same
391 technological quality compared to the standard formulation were obtained from the
392 formulations using between 0.75% to 2.5% pequi husk flour; up to 20% pequi pulp flour and
393 between 5% and 35% pequi pulp.

394 **Acknowledgments**

395 The authors acknowledge the Brazilian sponsors, Coordination for the Improvement of
396 Higher Education Personnel (CAPES) (PROCAD 88881.068456/2014-01), National Council
397 for Scientific and Technological Development (CNPq) (PQ304413/2016-0) and Foundation
398 for Research Support of the State of Minas Gerais (FAPEMIG) (PPM-00355-17) for the
399 financial contribution.

400 **References**

401 AACC (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (10th
402 edition). St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

- 403 Alves, A. M., Fernandes, D. C., Sousa, A. G. O., Naves, R. V., & Naves, M. M. V. (2014).
404 Physical and nutritional characteristics of pequi fruits from Tocantins, Goiás and Minas
405 Gerais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(3), 198–203.
406 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.6013>
- 407 Amaya, D. A. D., Pinheiro, G. K., Brasil, D. L., Goes, T. S., & Zambelli, R. A. (2013).
408 Influência do suco de goiaba na capacidade de expansão das massas para produção de
409 pães tipo forma. *Revista Magistra*, 26, 1886–1890.
- 410 Amaya, D. A. D., Pinheiro, G. K., Brasil, D. L., Melo, P. E. F., & Zambelli, R. A. (2013).
411 Incorporação de suco de manga em formulações de pães tipo forma: avaliação das
412 características físicas. *Revista Magistra*, 26, 1825–1828.
- 413 Arruda, H., Gonçalves C., R., & Almeida, M. E. F. (2012). Caracterização química,
414 funcionalidade e toxicidade do pequi. *Nutrição Brasil*, 11(5), 314–317.
- 415 Bezerra, M. A., Santelli, R. E., Oliveira, E. P., Villar, L. S., & Escalera, L. A. (2008).
416 Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry.
417 *Talanta*, 76, 965–977. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.05.019>
- 418 Bock, J. E., Wrigley, C. W., & Walker, C. E. (2016). Bakeries: The Source of Our Unique
419 Wheat-Based Food, Bread. In *Reference Module in Food Science* (p. 8).
420 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00152-9>
- 421 Borges, J. T. S., Pirozi, M. R., Chaves, J. B. P., Germani, R., & Paula, C. D. (2011).
422 Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. *Boletim*
423 *Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(2), 159–172.
- 424 Borges, J. T. S., Pirozi, M. R., Paula, C. D., Ramos, D. L., & Chaves, J. B. P. (2011).
425 Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral
426 de linhaça. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(1), 83–96.
- 427 Brasil, D. L. (2017). *Pão de forma adicionado de polpa de manga ubá e sem adição de*
428 *sacarose: Análises físicas, químicas e reológicas*. Dissertação (Mestrado em Ciência e
429 Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa.
- 430 Brasil. Ministério da Saúde. (2005). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da
431 Diretoria Colegiada n° 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para
432 produtos cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário da República Federativa do Brasil.
- 433 Coelho, M. S., & Salas-Mellado, M. M. (2015). Effects of substituting chia (*Salvia hispanica*
434 L.) flour or seeds for wheat flour on the quality of the bread. *LWT - Food Science and*
435 *Technology*, 60(2), 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.033>

- 436 Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Utilization of chestnut flour in
437 gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, *101*, 329–336.
438 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.017>
- 439 Föste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, D., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T.
440 (2014). Impact of quinoa bran on gluten free dough and bread characteristics. *European*
441 *Food Research and Technology*, *239*, 767–775. [http://doi.org/10.1007/s00217-014-2269-](http://doi.org/10.1007/s00217-014-2269-x)
442 [x](http://doi.org/10.1007/s00217-014-2269-x)
- 443 Gandra, K. M., Del Bianchi, M., Godoy, V. P., Queiroz, F. P. Q., & Steel, C. J. (2008).
444 Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras. *Ciência*
445 *e Tecnologia de Alimentos*, *28*(1), 182–192.
- 446 Garzón, R., Rosell, C. M., Malvar, R. A., & Revilla, P. (2017). Diversity among maize
447 populations from Spain and the United States for dough rheology and gluten-free
448 breadmaking performance. *International Journal of Food Science and Technology*,
449 *52*(4), 1000–1008. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13364>
- 450 Ghellab, S. E., Mu, W., Li, Q., & Han, X. (2019). Prediction of the size of electroformed giant
451 unilamellar vesicle using response surface methodology. *Biophysical Chemistry*, *253*,
452 e106217. <https://doi.org/10.1016/j.bpc.2019.106217>
- 453 Gonçalves, G. A., Vilas Boas, E. V. B., Resende, J. V., Machado, A. L. L., & Vilas Boas, B.
454 M. (2010). Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por
455 diferentes métodos e tempos de armazenamento. *Revista Ceres*, *57*(5), 581–588.
- 456 Gonçalves, G. A., Vilas Boas, E. V. B., Resende, J. V., Machado, A. L. L., & Vilas Boas, B.
457 M. (2011). Qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de
458 cozimento. *Ciência e Agrotecnologia*, *35*(2), 377–385. [https://doi.org/10.1590/S1413-](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200020)
459 [70542011000200020](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200020)
- 460 ICTA - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. (2013). Avaliação da qualidade
461 tecnológica/industrial da farinha de trigo. Retrieved August 9, 2019. From
462 <https://www.ufrgs.br/napead/projetos/avaliacao-farinha-trigo/index.php>
- 463 Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P., & Autio, K. (2006). Effects
464 of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT - Food Science and*
465 *Technology*, *39*, 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.013>
- 466 Lago, R. C. (2018). *Frutos do Cerrado como agregadores de valor nutricional e funcional em*
467 *pães*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de
468 Lavras.

- 469 Leão, D. P., Botelho, B. G., Oliveira, L. S., & Franca, A. S. (2018). Potential of pequi
470 (Caryocar brasiliense Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by
471 microwave assisted extraction. *LWT - Food Science and Technology*, *87*, 575–580.
472 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.037>
- 473 Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017).
474 Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and
475 proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (Caryocar brasiliense Camb.)
476 fruit by-products. *Food Chemistry*, *225*, 146–153. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.027
- 477 Mareti, M. C.; Grossmann, M. V. E., & Benassi, M. T. (2010). Características físicas e
478 sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. *Ciência e Tecnologia de*
479 *Alimentos*, *30*(4), 878–883.
- 480 Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume
481 flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, *56*, 476–
482 481. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.012>
- 483 Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H., & Jafari, S. M. (2014). Recent
484 developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the
485 production of healthy-functional bread: a review. *Journal of Food Science and*
486 *Technology*, *51*(11), 2896–2906. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0833-6>
- 487 Ribeiro, M. C., Vilas Boas, E. V. B., Riul, T. R., Pantoja, L., Marinho, H. A., & Santos, A. S.
488 (2012). Influence of the extraction method and storage time on the physicochemical
489 properties and carotenoid levels of pequi (Caryocar brasiliense Camb.) oil. *Ciência e*
490 *Tecnologia de Alimentos*, *32*(2), 386–392. [https://doi.org/10.1590/S0101-](https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000053)
491 [20612012005000053](https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000053)
- 492 Rodrigues, L. J., Vilas Boas, E. V. B., Paula, N. R. F., & Alcântara, E. M. (2009).
493 Caracterização do desenvolvimento de pequi (Caryocar brasiliense) temporão do Sul de
494 Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *39*(3), 260–265.
- 495 Rodrigues, L. J., Vilas Boas, E. V. B., Paula, N. R. F., Pinto, D. M., & Piccoli, R. H. (2011).
496 Efeito do tipo de corte e de sanificantes no escurecimento de pequi minimamente
497 processado. *Ciência e Agrotecnologia*, *35*(3), 560–567.
- 498 Rodrigues, L. J., Paula, N. R. F., Pinto, D. M., & Vilas Boas, E. V. B. (2015). Growth and
499 maturation of pequi fruit of the Brazilian cerrado. *Food Science and Technology*, *35*(1),
500 11–17. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6378>
- 501 Rodrigues, M. I., & Iemma, A. F. (2014). *Experimental Design and Process Optimization* (C.

- 502 Press, Ed.). Campinas.
- 503 Santos, C. M., Rocha, D. A., Madeira, R. A. V., Queiroz, E. R., Mendonça, M. M., Pereira, J.,
504 & Abreu, C. M. P. (2018). Preparação, caracterização e análise sensorial de pão integral
505 enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. *Brazilian Journal of Food
506 Technology*, 21, e2017120. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12017>
- 507 Steffolani, E., De, E., Hera, L. A., Pérez, G., & Gómez, M. (2014). Effect of chia (*Salvia
508 hispanica* L) addition on the quality of gluten-free bread. *Journal of Food Quality*, 37,
509 309–317. <https://doi.org/10.1111/jfq.12098>
- 510 Stoll, L., Flôres, S. H., & Thys, R. C. S. (2015). Fibra de casca de laranja como substituto de
511 gordura em pão de forma. *Ciência Rural*, 45(3), 567–573. [https://doi.org/10.1590/0103-
512 8478cr20131503](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131503)
- 513 Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., & Mandala, I. (2014). Development of gluten free
514 bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*,
515 58, 124–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.043>
- 516 Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., & Carcea, M. (2017). Technological,
517 nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours.
518 *LWT - Food Science and Technology*, 78, 361–366.
519 <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.030>
- 520 Vilas Boas, B. M., Gonçalves, G. A., Alves, J. A., Valério, J. M., Alves, T. C., Rodrigues, L.
521 J., Piccoli, R. H., & Vilas Boas, E. V. B. (2012). Qualidade de pequis fatiados e inteiros
522 submetidos ao congelamento. *Ciência Rural*, 42(5), 904–910.
- 523 Vilhalva, D. A. A., Júnior, M. S., Moura, C. M. A., Caliari, M., Souza, T. A. C., & Silva, F.
524 A. (2011). Aproveitamento da farinha da casca de mandioca na elaboração de pão de
525 forma. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 70(4), 514–535.
- 526 Yamsaengsung, R., Schoenlechner, R., & Berghofer, E. (2010). The effects of chickpea on the
527 functional properties of white and whole wheat bread. *International Journal of Food
528 Science and Technology*, 45, 610–620. [http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-
529 2621.2009.02174.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02174.x)
- 530 Zambelli, R.A. (2015). *Desenvolvimento de uma metodologia de glazeamento para massa
531 congeladas de pães tipo forma*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
532 - Universidade Federal do Ceará.

1 **MANUSCRIPT 2 - PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY IMPLICATIONS OF**
2 **PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) SWEET BREAD MADE WITH FLOUR, PULP**
3 **AND FRUIT BY-PRODUCT**

4 **(VERSÃO PRELIMINAR)**

5 Journal Standards: Anais da Academia Brasileira de Ciências

6 ISSN: 1678-2690 (on-line)

7
8 Mariana Crivelari da Cunha¹, Laila Hostalácio Terra¹, Piêtra Campos e Sousa², Daiana
9 Ribeiro Vilela¹, Ana Lázara Matos Oliveira¹, Jéssyca Santos Silva¹, Sérgio Domingos Simão³,
10 Joelma Pereira¹, José Guilherme Lembi Ferreira Alves¹, Elisângela Elena Nunes de
11 Carvalho¹, and Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{1*}.

12
13 ¹ Department of Food Science, Federal University of Lavras, Post Office Box 3037, 37200-
14 900, Lavras – Minas Gerais, Brazil.

15 ² Department of Nutrition, Federal University of Lavras, Post Office Box 3037, 37200-900,
16 Lavras – Minas Gerais, Brazil.

17 ³ Department of Animal Science, Federal University of Lavras, Post Office Box 3037, 37200-
18 900, Lavras – Minas Gerais, Brazil.

19
20 **Keywords:** Bakery Technology; Quality; Brazilian fruit; Sensory acceptance; School meals.

21
22 **Pequi sweet bread & children´s sensory perception**

23
24 **Academy Section:** Ciências Agrárias (Agrarian Sciences)

25

26 *Corresponding author:

27 Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

28 E-mail adress: evbvboas@ufla.br

29 Phone: +55 (35) 3829-1655 and Fax: +55 (35) 3829-1401

30 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0252-695X>

31

32 **Abstract**

33 This study aimed to elaborate and develop bread with the use of pulp and flours of pequi, in
34 partial replacement of wheat flour and water, to develop a bakery product with good
35 technological, nutritional and sensorial qualities. The raw materials used to prepare bread
36 have nutritional components that allow their applicability in the preparation, following the
37 current legislation, for the enrichment of bread. Besides, the dehydration process caused
38 significant changes ($p < 0.05$) in the L^* value and chromaticity (C^*), mainly of the flours (husk
39 and pequi pulp), such changes are due to non-enzymatic oxidative processes and pigment
40 degradation, especially carotenoids. The effect of the substitution of ingredients (wheat flour
41 and water) by husk and pulp flours and pequi pulp contributed to the increase in lipid, crude
42 fiber, nitrogen-free extract and energy value content. However, the substitution promoted
43 changes in the attributes of color and textural properties, such as increased hardness,
44 chewiness and cohesiveness. Nevertheless, all formulations showed good sensory acceptance
45 and thus, pequi sweet breads can be implemented in school meals for contributing and
46 meeting the nutritional recommendations established by the School Feeding Brazilian
47 Program (PNAE).

48

INTRODUCTION

49

50 Brazil has wide biodiversity of natural resources including many fruits species with
51 nutritional, functional and economic potential. The Cerrado is the second largest Brazilian
52 biome accounting for approximately 25% of its territory. Among its native fruit species, is the
53 “pequizeiro” (*Caryocar brasiliense* Camb., *Caryocaraceae* family), with fruits known as
54 pequi (Geöcze et al., 2013; Mendonça et al., 2016; Rodrigues et al., 2015).

55

The pequi is popularly known as “gold of the Cerrado” and is widely disseminated
56 throughout Brazil. The fruit is covered with a thin shell, called the exocarp of gray-green
57 color. The light yellow colored outer mesocarp (inner shell) represents, together with the
58 exocarp, about 80% of the weight of the fruit and both involve one to four pyrenes, consisting
59 of the inner mesocarp, the most appreciated portion of the fruit for consumption and the
60 woody endocarp, full of thin and sharp thorns. Inside the fruit is a large fleshy seed (Leão et
61 al., 2017; Rodrigues et al., 2015; Vilas Boas et al., 2012).

62

Some studies have reported that the constitution of pequi exocarp + external mesocarp
63 is an important source of antioxidants (Roesler et al., 2007), as well as fiber and minerals
64 (Junior et al., 2009). However, despite the technological potential of this by-product, this part
65 of the fruit is discarded (Leão et al., 2018). Besides, several studies have demonstrated and
66 emphasized the nutritional and functional value of the fruit, as it is highly caloric (150 kcal
67 100 g^{-1} to $308.95\text{ kcal } 100\text{ g}^{-1}$), rich in lipids ($27\text{ g } 100\text{ g}^{-1}$ to $35\text{ g } 100\text{ g}^{-1}$), total carotenoids
68 ($7.25\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $14.80\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$), phenolic compounds ($60.27\text{ mg EAG } 100\text{ g}^{-1}$ to 194.52
69 $\text{mg EAG } 100\text{ g}^{-1}$), vitamin C ($50\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $105\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$) and minerals, especially iron
70 ($1.01\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $1.40\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$), zinc ($2.81\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $3.51\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$), phosphorus
71 ($136.62\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $294.24\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$) and calcium ($51.70\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ to $107.01\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$)
72 ¹) (Alves et al., 2014; Arruda et al., 2012; Gonçalves et al., 2011; Ribeiro et al., 2012;
73 Rodrigues et al., 2009; Rodrigues et al., 2015; Roesler et al., 2007).

74 Pequi, therefore, has technological applicability for the elaboration and insertion of
75 new food products in the market and it can be used in the nutritional and functional
76 enrichment of food products of wide consumption, especially bakery products. Therefore, one
77 of the ways to promote the increase in the consumption of bread and improve its nutritional
78 and functional potential would be the incorporation of these fruits and their by-products in
79 bakery products. This can be done through the partial substitution of some ingredients used in
80 the formulation, to meet nutritional and metabolic needs, especially of school-age children.

81 School Feeding Programs are present in different countries and feed approximately
82 368 million children daily worldwide (Lara et al., 2013). In Brazil, the National School
83 Feeding Program (PNAE) is one of the largest and most successful school feeding programs
84 in the world, which aims to provide adequate and healthy food to all students enrolled in basic
85 education in public schools in the country. Created in the mid-1950s, its scope was expanded
86 through Law No. 11.947/2009, which guarantees the State's obligation to acquire at least 30%
87 of the value and pass on the direct purchase of family farming products (Brazil, 2014;
88 Locatelli et al., 2018; Santos et al., 2016; Soares et al., 2017).

89 Recently, the proposal to include bakery items in school lunches was passed in
90 7.745/2017 from Brazilian government creating an additional percentage of 5% of the
91 resources transferred on the purchase of bread products produced by micro and small local
92 entrepreneurs (Brazil, 2018; Schneider et al., 2016). Thus, with the development and insertion
93 of bakery products enriched with fruits of the Cerrado and its by-products, the bakery market
94 stimulates the diversification of production and spreads the consumption of exotic fruits and
95 the valorization of regional foods, with possible nutritional and functional gains (Arruda &
96 Almeida, 2015; Monego et al., 2013).

97 Given the above, the present work aimed to develop bread with the use of pulp and
98 flour of this Cerrado fruit, in partial replacement of wheat flour and water, to develop a
99 bakery product with good technological, nutritional and sensory qualities.

100

101

MATERIALS AND METHODS

OBTAINING THE RAW MATERIAL

103 The pequi was collected and purchased in the city of Montes Claros – Minas Gerais
104 and transported to the Laboratory of Fruits and Vegetables Postharvest of the Federal
105 University of Lavras, Lavras – Minas Gerais, Brazil, where it was used to obtain flour from
106 the husk (exocarp + external mesocarp), pulp flour (internal mesocarp) and pequi pulp in the
107 preparation of sweet breads. The fruits were selected and subjected to pre-washing in running
108 water, for removal of coarser dirt. They were then sanitized in a solution containing sodium
109 hypochlorite at 100 ppm for 15 minutes and then halved. The shell was separated from the
110 pyrenes, which were placed in polyethylene plastic bags and stored at -18 °C in a freezer,
111 until the pulp was processed, and the flour was prepared.

112

OBTAINING FLOUR AND PULP

114 To obtain the pequi husk flour, steam bleaching was performed for 12 minutes, and
115 then the blanched husks were placed in forms and over-dried at 65 °C for 24 hours in an oven.
116 In the case of obtaining the pequi and its flour, steam bleaching was also performed in the
117 pyrenes for 12 minutes and subsequent pulping, using a household grater to separate only the
118 inner mesocarp, called pulp. Subsequently, to obtain the flours, the pulp was submitted to
119 over-drying at 65 °C for 24 hours in an oven. It was then necessary to grind the dry material
120 in a knife mill, sieve it using a No. 9 mesh sieve with 2.2 mm and homogenize the material to

121 obtain a uniformly granular product. The flours obtained were packed in polyethylene plastic
122 films, vacuum-sealed and kept in a dry and airy place until the bread was prepared.

123

124 BREAD PROCESSING

125 The control breads were made from the following basic formulation (percentage of
126 backer): wheat flour (100%), water (45%), crystal sugar (15%), eggs (15%), milk powder
127 (6%), soybean oil (5%), yeast (2.5%) and salt (2%). The enriched bread presented the same
128 formulation, except for the partial replacement of wheat flour by husk flours and pequi pulp
129 flours and water by pequi pulp. The direct method of fermentation was used for the bread
130 formulation, in which all dry ingredients are mixed: wheat flour, crystal sugar, yeast, and milk
131 powder. Once homogenized, the wet ingredients were added: eggs, water and oil. Finally, salt
132 was added until the development of the gluten or “veil point” network. The batter was mixed
133 in Wallita[®], with five speeds and 250W of power, mixer at top speed for five minutes.
134 Subsequently, the dough was weighed, divided, rounded and shaped in the G.Painz[®] bread
135 machine and taken to the Klimaquip[®] fermentation chamber (30 °C and ± 90% RH) for one
136 hour and thirty minutes. Soon after, the fermented dough was baked in a Practical Techicook[®]
137 semi-industrial electric oven at 150 °C for 20 minutes. The bread was then cooled to room
138 temperature and sliced. Right after cooling, the bread was frozen, using liquid nitrogen and
139 packed in polyethylene bags and finally, stored at -18 °C in a freezer. After 24 hours of
140 cooling, the physical and chemical analyses were performed, while the sensory analyses were
141 performed on the same day as bread preparation.

142

143 ANALYSIS

144 COLOUR

145 Measurements of bread crust and crumb color were performed using the Konica
146 Minolta CR-400 colorimeter (Minolta, São Paulo, Brazil) calibrated according to the CIE
147 system with measurement of L*, C* and °hue (D₆₅ illuminant). The results of each color
148 variables were obtained from the average of five bread replicates for each repetition.

149

150 TEXTURE PROFILE (TPA)

151 TPA was performed according to Garzón et al. (2017) and Jekle et al. (2018) using the
152 texture analyzer (model TA – XT2i, Stable Micro Systems, United Kingdom) with a 36 mm
153 cylindrical probe programmed for two cycles. Measurements were performed under the
154 following conditions: pre and posttest velocity of 5 mm s⁻¹; 2 mm s⁻¹ test speed; compression
155 distance 5.0 mm; an interval between cycles of 10 second. For the test, two overlapping slices
156 of 1 cm each were placed. The samples were compressed to about 50% of their original
157 height. The variables: hardness, elasticity, cohesiveness and chewiness were evaluated from
158 the average of five bread replicates for each repetition.

159

160 PROXIMAL COMPOSITION

161 Moisture (method No. 967.08), lipids (methods No. 2003.06), protein (method No.
162 988.05), ash (method No. 942.05), and crude fiber (method 958.06) were performed
163 according to the methodology described by the Association of Official Analytical Chemists
164 (2012) and the nitrogen-free extract was obtained by subtracting the values obtained from
165 previous analysis of 100 g of sample, in the whole matter. The results were expressed as a
166 percentage of fresh matter (g 100 g⁻¹). The total energy value was estimated using the Atwater
167 conversion values, described by Zou et al. (2007) and the result expressed in kilocalories (kcal
168 100 g⁻¹).

169

170 SENSORY

171 The sensory analysis was performed with the approval of the Research Ethics
172 Committee of the Federal University of Lavras under process No. 2.227.875, held at the
173 municipal school “Álvaro Botelho” located in Lavras – Minas Gerais, Brazil, with the
174 participation of ninety tasters, of both sexes, aged six to ten years. The bread samples were
175 served in balanced and monadic order, coded in three digits of random numbers, divided into
176 two separate sessions, with four samples offered for each session. The tasters evaluated the
177 acceptance of the product through a five-point facial scale (5 = “I loved it” to 1 = “I hated it”),
178 according to Stone et al. (2012).

179

180 STATISTIC

181 The statistical analysis of the physical and chemical analysis were performed using the
182 Statistical Analysis of Variance System – SISVAR version 5.4 (Ferreira, 2011). The data
183 were subjected to analyses of variance and averages compared by the Scott-Knott test with a
184 significant level at 5% probability. The statistical analysis to estimate the acceptability index
185 between the different samples was performed by the statistical program R version 3.6.3
186 (TEAM., 2020), using the ordinal and emmeans packages. With the data of sensory
187 acceptance, multivariate statistical analysis was performed using internal mapping. As well
188 as, Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA) were
189 carried out to understand the similarity between the physical and chemical analyzes carried
190 out on the different sweet bread formulations, using the SENSOMAKER version 1.91
191 (Pineiro et al., 2013). To understand the composition of each Principal Component (PCs)
192 concerning physical and chemical variables, loadings were calculated using the PCA function
193 of the MVar.pt package of the statistical program R version 3.6.3 (TEAM, 2020).

194

195 EXPERIMENTAL DESIGN

196 The selection of different pequi flour and pulp substitution levels were obtained from
197 an experimental design previously performed. For the experimental design (Figure I), a
198 Completely Randomized Design (CRD) was used, in a 2 x 2 x 2 factorial design, with 2 levels
199 of the 'pequi husk flour', partially replacing the wheat flour (0% and 2.5%), 2 levels of the
200 'pequi pulp flour' factor, partially replacing wheat flour (0% and 20%) and 2 levels of the
201 'pequi pulp' factor, partially replacing water (0% and 35%), with three repetitions and the
202 experimental portion consisted of 4 bread with approximately 70 g each.

203 Figure I

204

205 RESULTS AND DISCUSSIONS

206 PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF PULP AND FLOURS OF HUSK 207 AND PEQUI PULP

208 The variables related to color, proximal composition and energy value of pulp and
209 flours of husk and pequi pulp are presented in Table I.

210 Table I

211 Significant differences ($p < 0.05$) were found in the color-related variables among the
212 study target raw materials used in the preparation of the bread (Table I). Based on the L^*
213 value, it appears that the pequi husk flour has a darker shade than the other raw materials and
214 that the transformation of the pequi pulp into flour promoted it is darkening. This darkening is
215 probably due to non-enzymatic oxidation processes that result in the formation of dark
216 compounds in the husk and pulp flours from the Maillard reaction and ascorbic oxidative
217 process (Hoffmann et al., 2017; Jaeger et al., 2010), resulting from the drying process
218 (temperature above 60°C).

219 The chromaticity variable (C^*) indicates color saturation, thus, the higher the results,
220 the more attractive certain foods are considered (Gonçalves et al., 2011; Vilas Boas et al.,
221 2012). The pequi pulp presented a more intense color (56.03 ± 0.49) concerning the pulp flour
222 (42.87 ± 0.84) (Table I). Thus, the reduction in pulp flour chromaticity suggests a decrease in
223 color intensity, probably due to the dehydration process, which caused the degradation of
224 carotenoid pigments. Comparing the flours, the pulp flour has a higher C^* than the husk flour,
225 suggesting a more attractive product from the point of view of tone. There was also a
226 significant reduction ($p < 0.05$) of $^\circ\text{hue}$ between pequi pulp and pulp flour, indicating changes
227 in the color hue from pequi pulp to orange in pequi pulp flour. The value found is similar to
228 that reported by Gonçalves et al. (2011), corresponding to the angle of 71.65. The pulp and
229 husk flour did not differ in terms of $^\circ\text{hue}$.

230 The proximate composition and energy value also varied significantly ($p < 0.05$) as a
231 function of the target raw materials of this study (Table I). The husk flour presented higher
232 moisture content than the pequi pulp flour. According to the current legislation (Brazil, 2005),
233 the maximum moisture content of flour and meal corresponds to 15%. Thus, fruit flours used
234 as substitutes are within the standard required by the legislation (Table I). The low moisture
235 content contributes to the better conservation of the product, as it reduces the water available
236 for microorganism proliferation and chemical reactions (Soquetta et al., 2016). The moisture
237 content observed in the pulp is higher than that reported in studies by Alves et al. (2014) of
238 $54.78 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ and by Arruda et al. (2012), corresponding to $41.50 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

239 The drying process used to transform pequi pulp into flour concentrated the centesimal
240 components, as a function of moisture reduction ($p < 0.05$, Table I). Pequi pulp flour presented
241 a higher lipid and protein contents and lower ash, fiber and glycid contents than pequi husk
242 flour (Table I). The lipid contents observed in pequi husk flour are similar to those reported
243 by Siqueira et al. (2013) when working with the same product. Pequi pulp has a higher protein

244 content than most fruits, although fruits are usually considered sources of carbohydrates and
245 other centesimal constituents, except for protein content (Soares et al., 2017). While the
246 protein content of pequi husk flour was lower than that of wheat flour and pequi pulp flour
247 had a protein content similar to corn and rice (Dors et al., 2006; Giacomelli et al., 2012). The
248 average protein levels observed in pequi husk and pulp flours are higher than those reported in
249 the literature, which records values of up to 3.48 g 100 g⁻¹ for pequi husk flour and 1.03 g 100
250 g⁻¹ to 3.73 g 100 g⁻¹ for pequi pulp flour (Alves et al., 2014; Berto et al., 2015; Monteiro et al.,
251 2015; Siqueira et al., 2013).

252 The ash content observed in pequi husk flour is similar to that found by Siqueira et al.
253 (2013), which corresponds to 2.09 g 100 g⁻¹, while observed in pequi pulp, is within the value
254 reported by Alves et al. (2014), which corresponds to 0.67 g 100 g⁻¹.

255 The crude fiber content observed in pequi husk flour is similar to that reported by
256 Couto (2007) and in their studies, the average value for crude fiber corresponds to 11.74 g
257 100 g⁻¹ (whole matter). Leão et al. (2017), when evaluating the profile of monosaccharides
258 present in pequi husk flour, revealed the presence of a large number of pectin polysaccharides
259 ($\pm 56\%$), which corresponds to high content, consisting mainly of soluble fibers.

260 Regarding the glycidic content and energy value among the target raw materials of this
261 study, the pequi husk flour presented the highest content related to the nitrogen-free extract,
262 while, the pulp flour has the highest energy value and the pulp has the lowest content for both
263 centesimal composition variables (Table I). The nitrogen-free extract result for pequi husk
264 flour is lower than that reported by Couto (2007), when studying the use of pequi husk flour
265 in the preparation of loaf bread, a value that corresponds to 72.96 g 100 g⁻¹ (whole matter).
266 While the high caloric value of pequi pulp flour is mainly due to the high lipid content found
267 and the low content relative to the glycemic fraction in the pulp is directly related to the high
268 moisture content found.

269 In general, the pequi pulp and flours of its husk and pulp have nutritional and
270 functional components that allow its applicability in the preparation and enrichment of bread.

271 PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BREAD

272 The variables related to the physical and chemical characteristics of the sweet breads
273 made with pequi flours and pulp are presented in Table II.

274 Table II

275 Regarding the bread crust, L* value, the formulations T₃ (20% pequi pulp flour), T₄
276 (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp flour) and T₈ (2.5% pequi husk flour + 20% pequi
277 pulp flour + 35% pequi pulp) did not differ statistically from each other and presented a
278 darker shade compared to control bread (T₁) and other treatments (p<0.05) (Table II). These
279 treatments (T₃, T₄ and T₈) have the partial substitution of wheat flour by 20% pequi pulp flour
280 and the darker coloration observed in the fruit flour in common. Furthermore, the protein
281 content (Table I) and sugars contained in this raw material studied, may have favored the
282 darkening of the hue in the crust indicating, a more pigmented region compared to the other
283 treatments. According to Ahrneá et al. (2007), this change in bread crust color can be
284 attributed to non-enzymatic brownings, such as seen in the Maillard reaction and
285 caramelization reactions. Thus, the pigments formed in the crust are influenced by the quality
286 and quantity of precursors, such as reducing sugars and proteins from flour and pulp used as
287 ingredients, leading to the formation of polymerized proteins and brown pigments (Jusoh et
288 al., 2009; Martins et al., 2001).

289 Regarding the chromaticity (C*) in the bread crust, it was observed that the values
290 ranged from 34.92 (T₂: 2.5% pequi pulp flour) to 41.46 (T₇: 20% pequi pulp flour + 35%
291 pequi pulp), classifying them statistically (p<0.05) as follows, in ascending order: T₁, T₂, T₃ <
292 T₄, T₅, T₆, T₈ < T₇ and treatment T₇ (20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp) presented the
293 highest chromaticity (Table II). The result is consistent with the higher chromaticity values
294 for pulp flour and pequi pulp concerning pequi husk flour (Table I). The authors Sant'anna et

295 al. (2013) and Mau et al. (2019) describe that chromaticity provides information on the
296 vividness of a color, so the higher the results found, the more attractive the food becomes.

297 In the case of bread crust °hue, the treatments are statistically classified ($p < 0.05$) in the
298 following ascending order: $T_1, T_2, T_3, T_4 < T_5, T_6, T_7$ and T_8 (Table II). The hue progression
299 occurred in the crust, since the treatment T_5 (35% pequi pulp), T_6 (2.5% pequi husk flour +
300 35% pequi pulp), T_7 (20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp) and T_8 (2.5% pequi husk flour
301 + 20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp) have, in common, the partial replacement of part
302 of the water by 35% pequi pulp. This raw material studied stands out significantly ($p < 0.05$)
303 from the others for presenting the highest °hue value (Table I). Thus, the bread crust generally
304 ranges from reddish-orange to yellow-orange shades.

305 Regarding the crumb color, referring to the L^* value, the formulations T_4 (2.5% pequi
306 husk flour + 20% pequi pulp flour) and T_8 (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp flour +
307 35% pequi pulp) did not differ statistically and were darker, whereas the standard formulation
308 and T_5 (35% pequi pulp) were similar to each other and were lighter ($p < 0.05$) (Table II). Thus,
309 the color of the crumb is strongly influenced by the use of flours and pulp, because of the
310 predominant color and characteristic of these ingredients used in the manufacture of bread.
311 According to Dhen et al. (2018), since the temperature during baking does not exceed 150°C
312 inside the bread, it can be predicted that may modify the original color of the raw materials
313 studied and used as ingredients.

314 Regarding the chromaticity (C^*) of the bread crumbs, the T_7 treatment (20% pequi
315 pulp flour + 35% pequi pulp) differed statistically ($p < 0.05$) from the standard formulation and
316 the other treatments presenting the highest chromaticity value (Table II), the same condition
317 observed regarding the chromaticity in the bread crust with this formulation. This result is
318 consistent with the higher average chromaticity value referring mainly to pequi pulp (Table I).

319 From the °hue results of the bread crumbs, color progressions were observed ranging
320 from 68.93 (T₂: 2.5% pequi husk flour) to 81.69 (T₅: 35% pequi pulp) (Table II). Regarding
321 the color of the crumb, only the T₅ treatment (35% pequi pulp) was statistically different from
322 the others (p<0.05) with a predominantly yellowish coloration, in line with the higher color
323 angle observed in the pequi pulp (Table I).

324 In this study the effect of partial replacement of wheat flour by pequi pulp and husk
325 flours and water by pequi pulp generally led to significant changes (p<0.05) in the textural
326 properties of the sweet breads, especially the replacements referring to pequi pulp, leading to
327 decrease of elasticity and increase in hardness, chewiness and cohesiveness values. A similar
328 result was reported by Torbica et al. (2019), from studies carried out through the substitution
329 of food by-products used in the enrichment of whole-grain bread.

330 Bread hardness, chewiness and cohesiveness increased in treatments T₅ (35% pequi
331 pulp), T₆ (2.5% pequi husk flour + 35% pequi pulp), T₇ (20% pequi pulp flour + 35% pequi
332 pulp) and T₈ (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp), from the
333 increment of 35% pequi pulp in partial replacement with water (Table II). Thus, the high
334 levels of fiber present in the raw materials studied and used in the substitution of ingredients
335 (Table I), as well as the reduction of part of the water used as an ingredient, made the crumb
336 firmer due to the increase in hardness, with lower crumbling tendency due to high
337 cohesiveness but requiring higher chewiness energy, as already reviewed by Ktenioudaki &
338 Gallagher (2012).

339 Using the Principal Component Analysis (PCA) (Figure IIA), it is possible to observe
340 that the first Principal Component (PC₁) describes 99.65% of the total variance, as well as, the
341 variables hardness and chewiness are positively correlated and indicate a strong loading effect
342 on that component. Regarding the second Principal Component (PC₂), despite describing only
343 0.32% of the total variance, it is observed that the variables C* crumb and hardness are

344 negatively correlated and indicate a strong loading effect on this component (Figure IIC).
345 Thus, considering PC₁ and hierarchical cluster analysis (HCA) it is possible to observe the
346 formation of three distinct groups (Figure IIB). The first group is represented by the
347 treatments 1, 2 and 7; the second group by treatments 3 and 4 and the third group by
348 treatments 5, 6 and 8, with the first two groups (T₁, T₂, T₃, T₄, and T₇) having in common,
349 greater brightness (L*), chromaticity (C*), tint angle (°hue), greater elasticity and
350 cohesiveness, compared to the third group (T₅, T₆ and T₈), which are close to other physical
351 variables, especially the hardness and chewiness of the crumb (Figure II).

352 Figure II

353 According to current Brazilian legislation (Brazil, 2005), the maximum moisture
354 content for bread should be 38%. Thus, the moisture levels for the different sweet bread
355 formulations do not exceed the maximum standard required by the legislation. As shown in
356 Table II, the treatments T₅ (35% pequi pulp), T₆ (2.5% pequi husk flour + 35% pequi pulp), T₇
357 (20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp) and T₈ (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp
358 flour + 35% pequi pulp), all with 35% water substitution by pequi pulp, had the lowest
359 moisture results, differing significantly ($p < 0.05$) from the standard formulation (T₁) and other
360 treatments. The reduction in moisture content is mainly due to the reduction in the amount of
361 water used in the formulations, due to its partial replacement by pequi pulp.

362 Regarding the lipid contents, the treatments that had the replacement of wheat flour by
363 pequi pulp flour (treatments T₃, T₄, T₇, and T₈) presented the highest averages, when
364 compared to the other treatments, with the replacement of water by pequi pulp (treatments T₇
365 and T₈), the highest averages were determined ($p < 0.05$, Table II). This significant increase
366 refers mainly to the high levels of lipid content found in pequi flour and pequi pulp (Table I).
367 However, treatments T₅ (35% pequi pulp), T₆ (2.5% pequi husk flour + 35% pequi pulp)
368 showed significantly higher lipid content ($p < 0.05$) compared to the standard formulation (T₁)

369 and treatment T₂ (2.5% pequi husk flour), since pequi pulp also has a significantly higher lipid
370 content ($p < 0.05$) compared to pequi husk flour (Table I).

371 Table II indicates that the substitution of pequi husk and pulp flours, and pequi pulp
372 had no significant influence ($p > 0.05$) on the protein content of bread. The non-significance is
373 directly related to the low percentage of protein present in the studied raw materials, since
374 fruits, in general, are not vehicles of this nutritional constituent. The ash content observed for
375 pequi husk flour and pequi pulp flour, although following the values observed and reported by
376 different studies, such as Siqueira et al. (2013) and Alves et al. (2014), also did not exert
377 significant influence ($p > 0.05$) on the fixed mineral content of the different sweet bread
378 formulations (Table II).

379 Regarding crude fiber, differences between treatments were observed, statistically
380 classifying them ($p < 0.05$) in the following ascending order: T₁ < T₂, T₅ < T₃, T₆ < T₄, T₇ < T₈
381 (Table II). As for T₈ treatment (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp flour + 35% pequi
382 pulp) showed a significant contribution ($p < 0.05$) in fiber increment, since, pequi husk and
383 pulp flours contribute significantly with a higher fiber content ($p < 0.05$) compared to the pulp
384 (Table I).

385 Sweet breads related to treatments T₃ (20% pequi pulp flour), T₄ (2.5% pequi husk
386 flour + 20% pequi pulp flour), T₇ (20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp), and T₈ (2.5%
387 pequi husk flour + 20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp) have, in common, the presence
388 the pequi pulp flour in their formulation and presented the lowest levels of nitrogen-free
389 extract compared to the control formulation (T₁) and other treatments that did not differ from
390 each other (Table II). The contribution of the reduction in the glycidic fraction of these
391 treatments is mainly due to the proximal constitution present in the pequi pulp flour, since it
392 presents a lower glycidic fraction (23.36 g 100 g⁻¹) compared to the pequi husk flour and

393 contributes significantly with a higher fiber content ($11.27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) compared to the pulp
394 (Table I).

395 By analyzing the main components (Figure IIIA), the first principal component (PC_1)
396 describes 99.31% of the total variation between the proximal components of the different
397 formulations of pequi sweet breads, however, it appears that only the content of lipids and the
398 energy value has a positive correlation and is highly loaded in this component. Besides,
399 although the second principal component (PC_2) explains only 0.61% of the total variation, it is
400 observed that the moisture and lipid content have a positive load, while the non-nitrogen
401 extract and the energy value have a negative load (Figure IIIC). Thus, considering the PC_1 and
402 the hierarchical analysis of clusters, it is possible to observe the formation of two groups and
403 two distinct subgroups, among them (Figure IIIB). Thus, the first group is represented by
404 treatments T_3 , T_4 , T_7 , and T_8 , with the formation of two subgroups, the first through
405 treatments T_3 and T_4 - they have in common, high moisture content and lipid content - and the
406 second, represented by treatments T_7 and T_8 - they also have in common a high lipid content
407 and caloric value. The second group is formed by treatments T_1 , T_2 , T_5 , and T_6 , divided into
408 two subgroups. The first formed by treatments T_1 and T_2 - have high moisture content in
409 common - while the second group is formed by treatments T_5 and T_6 - have elevated
410 carbohydrate content. It is observed that the levels of protein, ash and fiber are equidistant
411 between both groups formed (Figure III).

412 Figure III

413 According to the guidelines National School Feeding Program (PNAE) (Brazil, 2014;
414 França et al., 2018), school meals must meet at least 20% of the nutritional needs of students
415 aged six to ten years, that is, provide a minimum recommendation of macronutrients. Among
416 these recommendations, a meal should provide $7.50 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ lipids; $9.40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ protein;
417 $48.80 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ carbohydrate and caloric value of $300 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$ (França et al., 2018).

418 Considering a portion of 50 g of sweet bread, offered as part of a meal, the treatments
419 with the highest substitution levels and which have in common the presence of pequi pulp
420 flour in their formulation, for example: T₃ (20% pequi pulp flour), T₄ (2.5% pequi husk flour
421 + 20% pequi pulp flour), T₇ (20% pequi pulp flour and 35% pequi pulp), and T₈ (2.5% pequi
422 husk flour + 20% pequi pulp flour + 35% pequi pulp), meet a range ranging from 71% to 84%
423 of the established recommendations regarding lipid content, and provide 54% to 57% in
424 energy content, based on a meal of 100 g. As for protein content, all formulations meet a
425 range of 38% to 48% of the recommendations established by the program. Thus, all
426 formulations may be offered as part of a meal and may be supplemented with other foods to
427 meet the minimum requirements of the National School Feeding Program (PNAE).

428

429 SENSORY EVALUATION OF BREAD

430 The averages of the assigned scores, despite the sensory variables, ranged from 4.23 to
431 4.62, indicating a range of acceptance, in hedonic terms between “liked” and “loved”. Among
432 the 90 children interviewed, there as a predominance of children enrolled in the 1st and 2nd
433 grades (34.44%), followed by those enrolled in the 3rd grade (25.55%), 5th grade (23.33%) and
434 4th grade of elementary school (16.66%).

435 The bread that presented, in common, the substitution of 20% wheat flour by pequi
436 pulp flour, combined or not with the replacement of pequi husk flour and water by pequi pulp
437 (T₃, T₄, T₇, and T₈), did not differ statistically from each other and received the lowest sensory
438 acceptance scores ($p < 0.05$) when compared to standard formulation and treatments combined
439 or not with husk flour and/or pequi pulp (T₁, T₂, T₅, and T₆). It is emphasized that all enriched
440 bread, regardless of the formulation, had a sensory acceptance score higher than or equal to
441 the control (T₁), as shown in Figure IVA.

442 Figure IV

443 Referring to Figure IVB, both main components (PC_1 and PC_2) explain 42.82% of the
444 variance between samples, regarding acceptance. The spatial separation of the bread samples
445 suggests that the tasters gave different scores for the samples and the lower scores are due to
446 the treatment T_3 , T_4 , T_7 , and T_8 , more distant from the vectors, represented by the tasters, thus
447 confirming the analysis of variance and the acceptability index (Table III). Thus, it can be
448 inferred that all formulations of pequi bread were sensorially well accepted and therefore, can
449 be implemented in school meals, especially the formulation with pequi husk flour and pequi
450 pulp (T_6) which obtained the highest percentage of acceptance (Table III). These results are
451 following the PNAE guidelines in which the level of acceptance, by the beneficiaries, of a
452 new product must be higher than 85% (Muniz & Carvalho, 2007).

453 Table III

454

455

CONCLUSION

456 The partial substitution of wheat flour, for pequi husk flour and pequi pulp flour and
457 water for pequi pulp, promotes changes in the color of the bread crust and crumb and in the
458 textural properties. However, the substitutions promoted significant differences in the bread's
459 proximate composition, with the exception of protein and ash content. In addition, all
460 formulations developed were sensorially well accepted, with emphasis on the substitution
461 involving pequi husk combined to pequi pulp.

462

463

ACKNOWLEDGMENTS

464 The authors thank CAPES (PROCAD 88881.068456/2014-01), CNPq
465 (PQ304413/2016-0) and FAPEMIG (PPM-00355-17) for the financial contribution, as well
466 as, the authors would like to thank the municipal school 'Alvaro Botelho' for their
467 partnership, and also the families, children and the teachers involved in the project.

468

469

AUTHOR CONTRIBUTIONS

470

471

472

473

474

475

476

477

478

REFERENCES

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

All authors conceived and planned the experiments. Mariana Crivelari da Cunha, Laila Hostalácio Terra and Piêtra Campos e Sousa, conduted the experiments and collected the data; Daiana Ribeiro Vilela and Ana Lázara Matos Oliveira, conduted the experiments; Jéssyca Santos Silva and Sérgio Domingos Simão, conduted the estatistical analysis; Joelma Pereira, José Guilherme Lembi Ferreira Alves, Elisângela Elena Nunes de Carvalho, and Eduardo Valério de Barros Vilas Boas was involved in manuscript preparation and supervised the research project.

AHRNEÁ L, ANDERSSON C-G, FLORBERG P, ROSÉN J & LINGNERT H. 2007. Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking. *LWT-Food Sci Technol* 40: 1708–1715.

ALVES A M, FERNANDES D C, SOUSA A G O, NAVES R V & NAVES M M V. 2014. Physical and nutritional characteristics of pequi fruits from Tocantins, Goiás and Minas Gerais. *Brazilian J Food Technol* 17: 198–203.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. 2012. Official methods of analysis, 19th ed. Washington: AOAC.

ARRUDA H S, CRUZ R G & ALMEIDA M E F. 2012. Caracterização química, funcionalidade e toxicidade do pequi. *Nutri Brasil* 11: 314–317.

ARRUDA H S & ALMEIDA M E F. 2015. Frutos do Cerrado: Panorama, resgate cultural e

- 493 aproveitamento culinário, 1st ed. Saarücken: Novas Edições Acadêmicas.
494
- 495 BERTO A, FIORI A, VERGILIO J, MATSUSHITA M, EVELÁZIO N & SOUZA D. 2015.
496 Proximate compositions , mineral contents and fatty acid compositions of native Amazonian
497 fruits. Food Res Int 77: 441–449.
498
- 499 BRASIL. 2018. Câmara dos Deputados. Comissão aprova percentual mínimo de pães de
500 microindústrias locais na merenda escolar. [https://www.camara.leg.br/noticias/546421-](https://www.camara.leg.br/noticias/546421-comissao-aprova-percentual-minimo-de-paes-de-microindustrias-locais-na-merenda-escolar/)
501 [comissao-aprova-percentual-minimo-de-paes-de-microindustrias-locais-na-merenda-escolar/](https://www.camara.leg.br/noticias/546421-comissao-aprova-percentual-minimo-de-paes-de-microindustrias-locais-na-merenda-escolar/)
502
- 503 BRASIL. 2014. Ministério da Educação. Cartilha Nacional da Alimentação Escolar. Brasília,
504 DF, 87 p. <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/960.pdf>
505
- 506 CHEN Y, ZHAO L, HE T, OU Z, HU Z & WANG K. 2019. Effects of mango peel powder on
507 starch digestion and quality characteristics of bread. Int J Biol Macromol 140: 647–652.
508
- 509 COUTO E M. 2007. Utilização da farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na
510 elaboração de pão de forma. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)
511 Universidade Federal de Lavras.
512
- 513 DAMIANI C, VILAS BOAS E V B, FERRI P H, PINTO D M & RODRIGUES L J. 2009.
514 Volatile compouds profile of freh-cut peki fruit stored under different temperatures. Ciênc
515 Tecnol Aliment 29: 435–439.
516
- 517 DHEN N, REJEB I B, BOUKHRIS H, DAMERGI C & GARGOURI M. 2018.

- 518 Physicochemical and sensory properties of wheat-Apricot kernels composite bread. *LWT-*
519 *Food Sci Technol* 95: 262–267.
520
- 521 DORS G C, CASTIGLIONI G L & AUGUSTO-RUIZ W. 2006. Utilização da farinha de
522 arroz na elaboração de sobremesa. *Vetor* 16: 63–67.
523
- 524 FERREIRA D F. 2011. SISVAR: A computer statistical analysis system. *Ciênc Agrotec* 35:
525 1039–1042.
526
- 527 FRANÇA F C O, ANDRADE I S, SILVA M V L, LORDÊLO M S, COSTA R G &
528 MENEZES-FILHO J A. 2018. School meals' centesimal and mineral composition and their
529 nutritional value for Brazilian children. *J Trace Elem Med Biol* 48: 97–104.
530
- 531 GARZÓN R, ROSELL C M, MALVAR R A & REVILLA P. 2017. Diversity among maize
532 populations from Spain and the United States for dough rheology and gluten-free
533 breadmaking performance. *Int J Food Sci Technol* 52:1000–1008.
534
- 535 GEÖCZE K C, BARBOSA L C A, FIDÊNCIO P H, SILVÉRIO F O, LIMA C F, BARBOSA
536 M C A & ISMAIL F M D. 2013. Essential oils from pequi fruits from the Brazilian Cerrado
537 ecosystem. *Food Res Int* 54: 1–8.
538
- 539 GIACOMELLI D, MONEGO B, DELAGUSTIN M G, BORBA M M DE, RICALDE S R,
540 FACCO E M P & SIVIERO J. 2012. Composição nutricional das farinhas de milho pré-
541 cozida, moída à pedra e da preparação culinária “polenta”. *Alim Nutr* 23: 415–420.
542

- 543 GONÇALVES G A S, VILAS BOAS E V B, RESENDE J V, MACHADO A L L & VILAS
544 BOAS B M. 2010. Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por
545 diferentes métodos e tempos de armazenamento. *Rev Ceres* 57: 581–588.
546
- 547 GONÇALVES G A S, VILAS BOAS E V B, RESENDE J V, MACHADO A L L & VILAS
548 BOAS B M. 2011. Qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de
549 cozimento. *Ciênc Agrotec* 35: 377–385.
550
- 551 HOFFMANN J F, ZANDONÁ G P, DOS SANTOS P S, DALLMANN C M, MADRUGA F
552 B, ROMBALDI C V & CHAVES F C. 2017. Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia*
553 *odorata*) fruit pulp and nectar. *Food Chem* 237: 638–644.
554
- 555 JAEGER H, JANOSITZ A & KNORR D. 2010. La réaction de Maillard et son contrôle
556 pendant la fabrication des aliments. Le potentiel des nouvelles technologies. *Pathol Biol* 58:
557 207–213.
558
- 559 JEKLE M, FUCHS A & BECKER T. 2018. A normalized texture profile analysis approach to
560 evaluate firming kinetics of bread crumbs independent from its initial texture. *J Cereal Sci* 81:
561 147–152.
562
- 563 JUNIOR M S S, REIS R C, BASSINELLO P Z, LACERDA D B C, KOAKUZU S N &
564 CALIARI M. 2009. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha da
565 casca de pequi. *Pesq Agropec Trop* 39: 98–104.
566
- 567 JUSOH Y M M, CHIN N L, YUSOF Y A & RAHMAN R A. 2009. Bread crust thickness

- 568 measurement using digital imaging and L a b colour system. J Food Eng 94: 366–371.
569
- 570 K TENIOUDAKI A & GALLAGHER E. 2012. Recent advances in the development of high-
571 fibre baked products. Trend Food Sci Tech 28: 4–14.
572
- 573 LARA C B, BUNDY D, DRAKE L & GELLI A. 2013. State of school feeding worldwide
574 2013. Rome: World Food Programme.
575
- 576 LEÃO D P, BOTELHO B G, OLIVEIRA L S & FRANCA A S. 2018. Potential of pequi
577 (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by
578 microwave assisted extraction. LWT-Food Sci Technol 87: 575–580.
579
- 580 LEÃO D P, FRANCA A S, OLIVEIRA L S, BASTOS R & COIMBRA M A. 2017.
581 Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin
582 content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. Food
583 Chem 225: 146–153.
584
- 585 LOCATELLI N T, CANELLA D S & BANDONI D H. 2018. Positive influence of school
586 meals on food consumption in Brazil. Nutr 53: 140–144.
587
- 588 MARTINS S I F S, JONGEN W M F & BOEKEL M A J S V. 2001. A review of Maillard
589 reaction in food and implications to kinetic modelling. Trends Food Sci Tech 11: 364–373.
590
- 591 MAU J-L, LEE C-C, YANG C-W, CHEN R-W, ZHANG Q-F & LIN S-D. 2019.
592 Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of bread partially substituted with

593 aerial parts of sweet potato. LWT-Food Sci Technol 117: 108602.

594

595 MENDONÇA K S, CORREA J L G, JUNQUEIRA J R J, CIRILLO M A, FIGUEIRA F V &
596 CARVALHO E E N. 2016. Influences of convective and vacuum drying on the quality
597 attributes of osmo-dried pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) slices. Food Chem 224: 212–
598 218.

599

600 MONEGO E T, ALEXANDRE V P, SOUSA L M, MARTINS K A, ROSA J Q S, SOUZA P
601 L C & ASSIS J N. 2013. Produção e potencial agrícolas de alimentos destinados à
602 alimentação escolar em Goiás e no Distrito Federal na Região Centro-Oeste do Brasil. Rev
603 Nutri 26: 233–241.

604

605 MONTEIRO S S, DA SILVA R R, MARTINS S C DA S, BARIN J S & DA ROSA C S.
606 2015. Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of pequi peel (*Caryocar*
607 *brasiliense* Camb.). Int Food Res J 22: 1985–1992.

608

609 MUNIZ V M & CARVALHO A T. 2007. O Programa Nacional de Alimentação Escolar em
610 município do estado da Paraíba: Um estudo sob o olhar dos beneficiários do Programa. Rev
611 de Nutr 20: 285–296.

612

613 PINHEIRO A C M, NUNES C A & VIETORIS V. 2013. Sensomaker: A tool for sensorial
614 characterization of food products. Ciênc Agrotec 37: 199–201.

615

616 RIBEIRO M C, VILAS BOAS E V B, RIUL T R, PANTOJA L, MARINHO H A &
617 SANTOS A S 2012. Influence of the extraction method and storage time on the

- 618 physicochemical properties and carotenoid levels of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oil.
619 Ciênc Tecnol Aliment 32: 386–392.
620
- 621 RODRIGUES L J, VILAS BOAS E V B, PAULA N R F & ALCÂNTARA E M. 2009.
622 Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de
623 Minas Gerais. Pesq Agropec Trop 39: 260–265.
624
- 625 RODRIGUES L J, PAULA N R F, PINTO D M, VILAS BOAS E V B, PAULA N R F,
626 PINTO D M & VILAS BOAS E V B. 2015. Growth and maturation of pequi fruit of the
627 Brazilian cerrado. Food Sci Technol 35: 11–17.
628
- 629 ROESLER R, MALTA L G, CARRASCO L C, HOLANDA R B, SOUSA C A S &
630 PASTORE G M. 2007. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. Ciênc Tecnol Aliment
631 27: 53–60.
632
- 633 SANT’ANNA V, DEYSE GURAK P, DAMASCENO L, MARCZAK F & TESSARO I C.
634 2013. Tracking bioactive compounds with colour changes in foods - A review. Dyes Pigm
635 98: 601–608.
636
- 637 SANTOS S R, COSTA M B S & BANDEIRA G T P. 2016. As formas de gestão do
638 programa nacional de alimentação escolar (PNAE). Rev Salud Pública 18: 311–322.
- 639 SCHNEIDER S, THIES V F, GRISA C & BELIK W. 2016. Potential of public purchases as
640 markets for family farming: An analysis of Brazilian School Feeding Program between 2011
641 and 2014. In: ADVANCES IN FOOD SECURITY AND SUSTAINABILITY, 3. Burlington:
642 Academic Press, p. 69–95.

643

644 SIQUEIRA B S, SOARES JÚNIOR M S, FERNANDES K F, CALIARI M & DAMIANI C.
645 2013. Effect of soaking on the nutritional quality of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel
646 flour. *Food Sci Technol* 33: 500–506.

647

648 SOARES P, DAV O-BLANES M C, MARTINELLI S S, MELGAREJO L & CAVALLI S.
649 B. 2017. The effect of new purchase criteria on food procurement for the Brazilian school
650 feeding program. *Appetite* 108: 288–294.

651

652 SOQUETTA M B, STEFANELLO F S, HUERTA K D M, MONTEIRO S S, DA ROSA C S
653 & TERRA N N. 2016. Characterization of physiochemical and microbiological properties,
654 and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia*
655 *deliciosa*). *Food Chem* 199: 471–478.

656

657 STONE H, BLEIBAUM R & THOMAS H A. 2012. *Sensory evaluation practices*. New York:
658 American Press Ed.

659

660 TEAM. 2020. *RC. R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R
661 Foundation for Statistical Computing.

662

663 TORBICA A, ŠKROBOT D, JANIĆ HAJNAL E, BELOVIĆ M & ZHANG N. 2019. Sensory
664 and physico-chemical properties of wholegrain wheat bread prepared with selected food by-
665 products. *LWT-Food Sci Technol* 114: 108414.

666

667 VILAS BOAS B M, GONÇALVES G A S, ALVES J A, VALÉRIO J M, ALVES T C,

- 668 RODRIGUES L J & VILAS BOAS E V B. 2012. Qualidade de pequis fatiados e inteiros
669 submetidos ao congelamento. Cienc Rural 42: 904–910.
670
- 671 ZOU M L, MOUGHAN P J, AWATI A & LIVESEY G. 2007. Accuracy of the Atwater
672 factors and related food energy conversion factors with low-fat, high-fiber diets when energy
673 intake is reduced spontaneously. Am J Clin Nutr 86: 1649–1656.

674 **Tables**

675 **Table I** Physical and chemical characteristics of the quality of the raw materials used in bread preparation.

Quality features	Pequi peel flour	Pequi pulp flour	Pequi pulp
	Coloring		
L*	56.23 ± 0.21 ^c	57.27 ± 0.20 ^b	59.67 ± 0.75 ^a
C*	21.73 ± 0.15 ^c	42.87 ± 0.84 ^b	56.03 ± 0.49 ^a
°hue	66.07 ± 0.23 ^b	65.80 ± 0.26 ^b	74.27 ± 0.15 ^a
	Proximal composition		
Moisture	14.76 ± 0.02 ^b	2.42 ± 0.12 ^c	63.85 ± 0.01 ^a
Lipids content	1.32 ± 0.17 ^c	55.55 ± 0.41 ^a	23.79 ± 2.03 ^b
Protein	4.27 ± 0.88 ^b	6.03 ± 0.20 ^a	3.56 ± 0.37 ^b
Ash	2.19 ± 0.02 ^a	1.36 ± 0.16 ^b	0.62 ± 0.04 ^c
Crude fiber	12.88 ± 0.01 ^a	11.27 ± 0.15 ^b	5.21 ± 0.07 ^c
Nitrogen-free extract	64.60 ± 1.05 ^a	23.36 ± 0.21 ^b	2.96 ± 1.92 ^c
Total energy value	287.31 ± 0.82 ^b	617.52 ± 3.71 ^a	240.21 ± 10.04 ^c

676 **Notes:** Values are means ± standard deviation (n=3); Proximal composition calculated in the whole matter and expressed in g 100 g⁻¹ and kcal
 677 100 g⁻¹. Means followed by the same letters do not differ from each other by the Scott-Knott test at 5% probability.

678 **Table II** Physical and chemical characteristics of bread quality.

Quality features	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Bread crust coloring								
L*	46.03 ^a	46.93 ^a	41.00 ^b	43.09 ^b	49.23 ^a	47.24 ^a	45.37 ^a	42.96 ^b
C*	35.50 ^c	34.92 ^c	35.66 ^c	38.46 ^b	37.81 ^b	37.59 ^b	41.46 ^a	38.57 ^b
°hue	51.77 ^b	53.03 ^b	50.48 ^b	53.28 ^b	58.07 ^a	57.05 ^a	56.73 ^a	54.89 ^a
Bread crumb coloring								
L*	72.75 ^a	62.05 ^c	60.83 ^c	57.22 ^e	71.77 ^a	63.97 ^b	59.73 ^d	57.34 ^e
C*	20.63 ^g	22.18 ^g	52.37 ^c	49.79 ^d	39.27 ^e	34.48 ^f	56.59 ^a	54.93 ^b
°hue	78.80 ^b	68.93 ^d	78.93 ^b	75.53 ^c	81.69 ^a	76.06 ^c	77.29 ^c	76.23 ^c
Texture profile								
Hardness	2.561.85 ^b	2.593.70 ^b	2.012.49 ^b	2.167.44 ^b	3.502.31 ^a	3.194.38 ^a	2.730.25 ^a	3.169.52 ^a
Elasticity	0.95 ^a	0.94 ^a	0.90 ^b	0.90 ^b	0.94 ^a	0.92 ^b	0.88 ^b	0.89 ^b
Cohesiveness	0.65 ^b	0.65 ^b	0.64 ^b	0.66 ^b	0.67 ^a	0.69 ^a	0.67 ^a	0.68 ^a
Chewiness	1.584.11 ^b	1.571.23 ^b	1.162.69 ^c	1.273.37 ^c	2.216.12 ^a	2.026.03 ^a	1.610.16 ^a	1.898.69 ^a
Proximal composition								
Moisture	29.98 ^a	30.02 ^a	30.05 ^a	30.09 ^a	28.20 ^c	28.96 ^b	27.80 ^c	27.45 ^c
Lipids content	1.43 ^d	1.89 ^d	10.61 ^b	10.42 ^b	3.32 ^c	3.62 ^c	12.37 ^a	12.70 ^a
Protein	9.71 ^a	8.07 ^a	7.10 ^a	7.40 ^a	8.21 ^a	7.91 ^a	7.45 ^a	8.23 ^a
Ash	1.95 ^a	1.52 ^a	1.62 ^a	1.61 ^a	1.52 ^a	1.91 ^a	1.73 ^a	1.65 ^a
Crude fiber	0.45 ^e	0.61 ^d	0.76 ^c	1.15 ^b	0.59 ^d	0.78 ^c	1.14 ^b	1.69 ^a
Nitrogen-free extract	57.65 ^a	58.77 ^a	50.07 ^b	50.30 ^b	59.21 ^a	57.38 ^a	50.80 ^b	49.64 ^b
Total energy value	280.32 ^d	282.85 ^d	327.06 ^b	326.58 ^b	301.51 ^c	295.77 ^c	344.78 ^a	347.29 ^a

679 **Notes:** Values are means ± standard deviation (n=3); Proximal composition calculated in whole matter and expressed in g 100 g⁻¹ and kcal 100 g⁻¹.
680 ¹. Means followed by the same letters do not differ from each other by Scott-Knott test at 5% probability. Subtitle: T₁: standard formulation; T₂:
681 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% PHF + 20% PPF; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% PHF + 35% PP; T₇: 20% PPF + 35% PP; T₈: 2.5% PHF + 20% PPF +
682 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp.

683 **Table III** Acceptability index (percentage) for each formulation of pequi sweet breads offered
 684 to the children (n = 90) interviewed at the municipal elementary school located in Lavras –
 685 Minas Gerais, Brazil.

Scores and hedonic scale	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1 “I hated”	2.20	1.10	4.40	2.20	2.20	1.10	5.50	3.30
2 “I did not like”	-	2.22	5.60	7.80	3.30	3.30	2.20	3.30
3 “Indifferent”	8.90	10.00	6.70	11.10	5.60	4.40	12.20	13.30
4 “I liked it”	18.90	13.30	16.70	22.20	20.00	14.40	17.80	16.70
5 “I loved it”	70.00	73.30	66.70	56.70	68.90	76.70	62.20	63.30
∑ 4 “I liked it” and 5 “I loved it”	88.89 ^b	86.67 ^b	83.33 ^b	78.89 ^c	88.89 ^b	91.11 ^a	80.00 ^b	80.00 ^b

686 **Notes:** T₁: standard formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% PHF + 20% PPF; T₅:
 687 35% PP; T₆: 2.5% PHF + 35% PP; T₇: 20% PPF + 35% PP; T₈: 2.5% PHF + 20% PPF + 35%
 688 PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. The sum
 689 followed by the same letters do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability.

690 **Figure Legends**

691 **Figure I** Cross sections of bread made from the partial replacement of wheat flour by pequi
692 pulp and husk flours and water by pequi pulp. Treatments, from left to right: T₁: standard
693 formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% PHF + 20% PPF; T₅: 35% PP; T₆: 2.5%
694 PHF + 35% PP; T₇: 20% PPF + 35% PP; T₈: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations:
695 PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp.

696

697 **Figure II** (A) Analysis of the main components (PCA) between the physical analyses
698 performed on sweet breads; (B) Dendogram of the different variables analyzed between the
699 physical parameters of color and texture profile [L*, C* and °hue of the crust; L*, C* and
700 °hue; hardness, elasticity, cohesiveness and chewiness] of sweet breads made with pequi husk
701 flour, pequi pulp flour and pequi pulp and (C) Loadings of each main component (PCs) in
702 relation to physical variables. Subtitle: (•) 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF;
703 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5: 35% PP; 6: 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8:
704 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp
705 flour and PP: pequi pulp. (•) 1: L* crust; 2: C* crust; 3: °hue crust; 4: L* crumb; 5: C* crumb;
706 6: °hue crumb; 7: hardness; 8: elasticity; 9: cohesiveness and 10: chewiness.

707

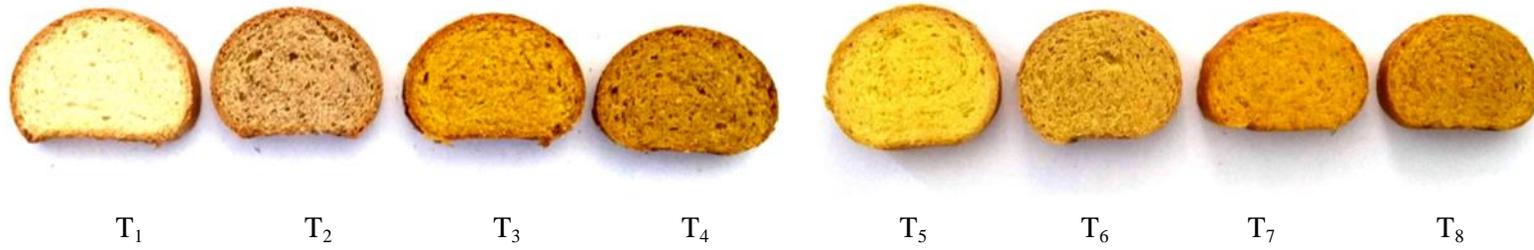
708 **Figure III** (A) Analysis of the main components (PCA) between proximal analyses
709 performed on sweet breads; (B) Dendogram of the different variables analyzed between the
710 chemical parameters [moisture, lipids, proteins, ash, fiber, glycidic fraction and energy value]
711 of the breads sweets made with pequi husk flour, pequi pulp flour and pequi pulp and (C)
712 Loadings of each main component (PCs) in relation to proximal composition variables.
713 Subtitle: (•) 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF; 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5:
714 35% PP; 6: 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP.

715 Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp. (·) 1:
716 Moisture; 2: Lipids; 3: Crude protein; 4: Fixed mineral residue (ash); 5: Crude fiber; 6: Non-
717 nitrogen extract (glycidic fraction); 7: Energy value.

718

719 **Figure IV** (A) Radar graph of hedonic quality characteristics of bread made from the partial
720 replacement of wheat flour by pequi pulp and husk flours and water by pequi pulp. Of which
721 1: standard formulation; 2: 2.5% PHF; 3: 20% PPF; 4: 2.5% PHF + 20% PPF; 5: 35% PP; 6:
722 2.5% PHF + 35% PP; 7: 20% PPF + 35% PP; 8: 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. (B)
723 Preferred two-way internal map acceptance of pequi sweet bread. Consumers are represented
724 by vectors and treatments by squares. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp
725 flour and PP: pequi pulp. The means (n = 90) followed by the same letters do not differ from
726 each other by the Scott-Knott test at 5% probability.

727 **Figures**



728

729 **Figure I**

730

731

732

733

734

735

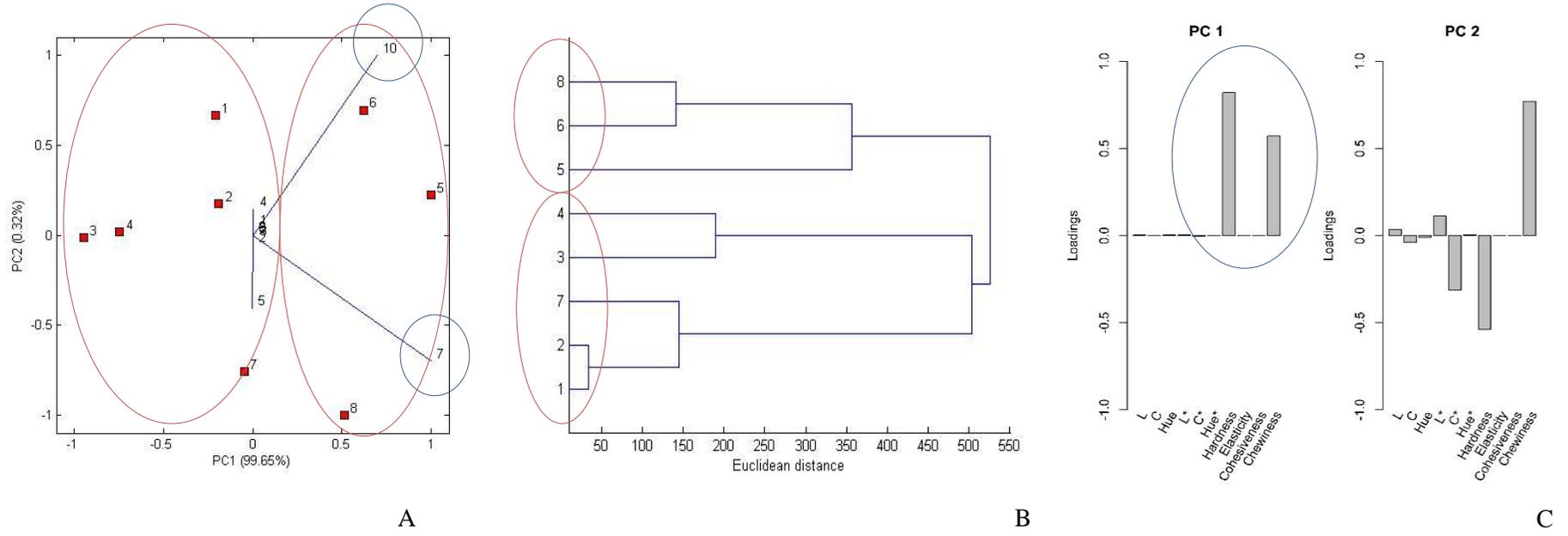
736

737

738

739

740 **Figure II**



741

742

743

744

745

746

747

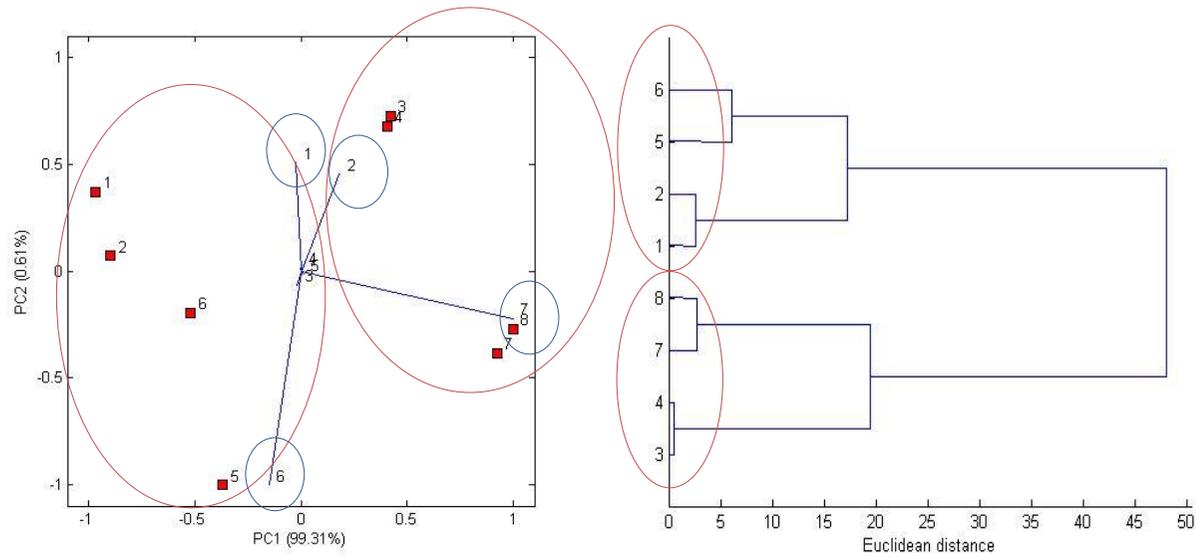
748

749

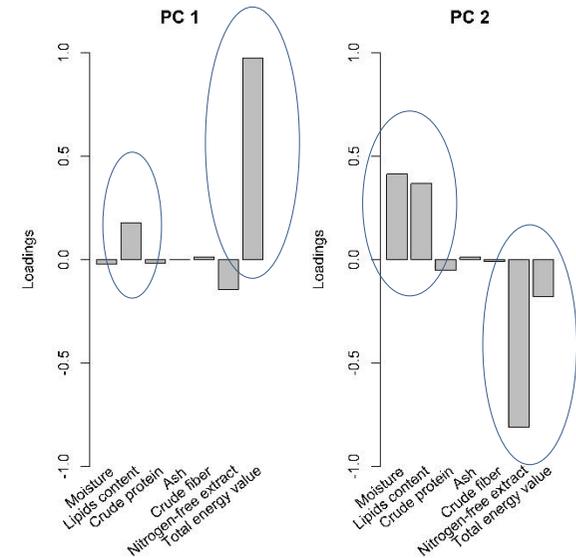
750

751

752



A



B

C

Figure III

753

754

755

756

757

758

759

760

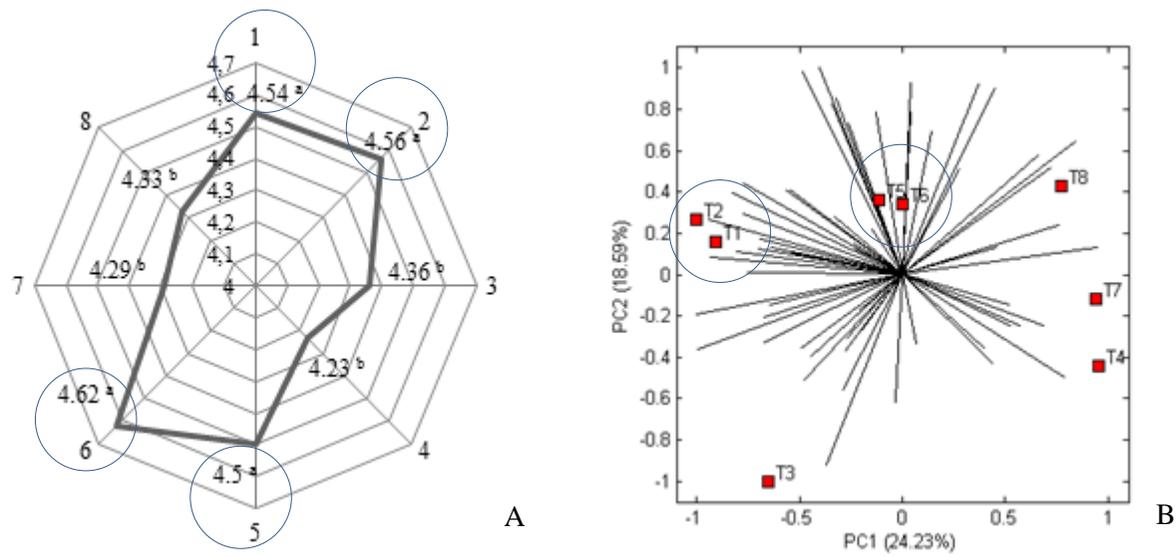
761

762

763 **Figure IV**

764

765



Note: in printed version of paper, please do not use color printing

1 **MANUSCRIPT 3 - PEQUI FRUIT (*Caryocar brasiliense* Camb.) BY-PRODUCTS ADD**

2 **FUNCTIONAL POTENTIAL TO SWEET BREAD**

3
4 **(VERSÃO PRELIMINAR)**

5 Journal Standards: Food Chemistry

6 ISSN: 0308-8146
7

8 Mariana Crivelari da Cunha^a, Laila Hostalácio Terra^a, Daiana Ribeiro Vilela^a, Lidiany
9 Mendonça Zacaroni Lima^b, Sérgio Domingos Simão^c, Joelma Pereira^a, Elisângela Elena
10 Nunes Carvalho^a and Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{a*}

11
12 ^aFederal University of Lavras, Food Science Department, Lavras, MG, 37200-900, Brazil.

13 ^bFederal University of Lavras, Chemistry Department, Lavras, MG, 37200-900, Brazil.

14 ^cFederal University of Lavras, Department of Animal Science, Lavras, MG, 37200-900,
15 Brazil.

16
17 E-mails: Cunha (mariana.crivelari@gmail.com), Terra (laila.terra@estudante.ufla.br), Vilela
18 (daiana-rv@hotmail.com), Lima (zlidy@ufla.br), Simão
19 (sergiodomingos12@zootecnista.com.br), Pereira (joper@dca.ufla.br), Carvalho
20 (elisangelacarvalho@ufla.br) and Vilas Boas (evbvboas@ufla.br)

21
22 ^{*}Corresponding author: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

23 University Campus, Food Science Department, Post Office Box 3037, 37200-900, Lavras,
24 MG, Brazil. Email: evbvboas@ufla.br

25 Phone: +55 (35) 3829-1655 and Fax: +55 (35) 3829-1401.
26

27 **Abstract**

28 This study aimed to elaborate and develop a sweet bread, partially replacing wheat flour by
29 pequi husk and pulp flours and water by pequi pulp. The pequi fruit by-products studied
30 presented functional potential, based to their chemical composition and antioxidant activity,
31 with emphasis to pequi husk flour. The breads that had in common husk flour, in spite of any
32 combination, as well those formulated with pequi pulp combined with pequi pulp flour
33 presented higher levels of total phenolic, vitamin C and carotenoids, as well higher
34 antioxidant activity. All phenolic compounds identified in pequi by-products were also
35 identified in the breads formulate with it. The majority phenolic compounds founds in pequi
36 husk flour and its bread were catechin, gallic acid and resveratrol. The results obtained
37 suggest that the pequi fruit by-products add functional potential to the sweet bread.

38

39 **Keywords:** Brazilian fruit; Bioactive compounds; Phenolic compounds; Liquid
40 chromatography; Principal Component Analysis.

41

42 **Introduction**

43 The Brazilian Cerrado is considered one of the most important savanna biomes in the
44 world, due to its biodiversity in fauna and flora (Silva & Junior, 2019). Among the various
45 native fruit species of this biome, one of the most representative is the pequizeiro (*Caryocar*
46 *brasiliense* Camb.), whose fruit are popularly known as pequi, piqui, piquiá or even “Gold of
47 Cerrado”.

48 The fructification of the *C. brasiliense* normally extends from November to February,
49 depending on the region, although extemporaneous fructification may also occur (Rodrigues,
50 Vilas Boas, Paula, & Alcântara, 2009). The fruit can exceed 10 cm in diameter and consists of
51 a husk (thin exocarp, adhered to the external mesocarp), normally discarded, which involve
52 from one to four pyrenes. The pyrene consists of a yellow-orange fleshy internal mesocarp, a

53 portion of the fruit much appreciated in culinary preparations, woody endocarp of the same
54 color, interspersed with thin thorn-like structures, and seed (Leão, Franca, Oliveira, Bastos, &
55 Coimbra, 2017). The pequi is widely used by the local population, for its nutritional,
56 functional, ornamental and oilseed potential, being consumed in natura or prepared in the
57 form of juices, ice creams, preserves, liqueurs and regional foods accompanied with rice and
58 chicken (Geócze et al., 2013; Machado, Mello, & Hubinger, 2013a).

59 Pequi has the potential to be used in the development of new food products
60 worldwide. With the purpose of functional enrichment of food products that have a wide
61 consumption, the highlights are the bakery products.

62 The bread, one of the most widespread and consumed foods in the world, is considered
63 one of the most important caloric sources of mankind. Based on the World report: Bread and
64 Bakery (2018), the countries with the highest consumption of bread per capita were: United
65 Kingdom (96 kg/year), Spain (77 kg/year), Italy (65 kg/year), Germany (65 kg/year), Russia
66 (61 kg/year) and France (52 kg/year). In Brazil, the consumption of this food is below of that
67 recommended by the World Health Organization (60 kg of bread per year) and corresponds to
68 33.5 kg/year (ABIP, 2018). Therefore, with the development of bakery products using the
69 Cerrado fruits and their by-products, the bakery market starts to stimulate the diversification
70 of the production, expand and disseminate the consumption of bread and fruits, valuing
71 mainly regional foods.

72 To the best of our knowledge this is the first time in that the replacement of wheat
73 flour and water by pequi fruit co-products is studied, as well as the impact of this replacement
74 on the functional potential of sweet breads.

75 Given the exposed above, the purpose of this study was the development of sweet
76 bread using the flours of the husk and pulp of the pequi, in partial replacement of wheat flour,

77 as well as the pulp of pequi, in partial replacement of water, aiming an enriched bakery
78 product that has a functional potential.

79

80 **Materials and Methods**

81 **Obtaining the raw material**

82 Pequi fruit, from Montes Claros, Minas Gerais, Brazil, were purchased fresh and ripe,
83 in local stores. The fruit were submitted to a prewashing in running water to remove coarse
84 dirt, then they were sanitized in a solution of sodium hypochlorite at 100 ppm for 15 min and
85 split in half, separating the husk (exocarp + external mesocarp) of the pyrenes. Both parts of
86 the fruit were packed in plastic polyethylene bags and stored at -18 °C in a freezer, until the
87 pulp was processed and the flour was prepared.

88

89 **Obtaining pulp and flour**

90 The husks and pyrenes of the pequi were subjected to a previous steam bleaching, for
91 12 min, to avoid the enzymatic browning. The pyrenes were pulped, using a manual
92 household grater, taking care to extract only the internal mesocarp, avoiding the spiny
93 endocarp. Part of the pulp (internal mesocarp) was frozen, for later use in bread and part was
94 transformed into flour. Husks and pulps, previously bleached, were disposed in forms, dried
95 in an oven at 65 °C for 24 hours, crushed in a knife mill, sieved using a sieve Mesh No. 9 with
96 2.2 mm and homogenized separately to obtain the flours, with uniform granularity. The flours
97 obtained were vacuum sealed and kept in a dry, dark and ventilated place until the bread was
98 prepared.

99

100 **Bread processing**

101 The control breads were made from the following basic formulation (percentage of
102 backer): wheat flour (100%), water (45%), crystal sugar (15%), eggs (15%), milk powder
103 (6%), soybean oil (5%), yeast (2.5%) and salt (2%). The enriched bread presented the same
104 formulation, except for the partial replacement of wheat flour by husk and pulp flours and
105 water by pequi pulp.

106 For the bread formulation, the direct fermentation method was carried out, initially
107 homogenizing wheat flour, crystal sugar, eggs, yeast and powdered milk. After homogenizing
108 these ingredients, water and oil were added. Finally, the salt was added until the development
109 of the gluten network or “veil point”. The dough was mixed in a Wallita[®] mixer with five
110 speeds and 250W of power, at maximum speed, for five minutes. Subsequently, the dough
111 was weighed, divided, rounded and modeled in the bread painter G. Painz[®] and taken to the
112 Klimaquip[®] fermentation chamber (30 °C and ± 90% RH) for 1 hr and 30 min. Right after, the
113 fermented dough was submitted to baking in a semi-industrial electric oven Prática
114 Techicook[®], at 150 °C for 20 minutes. Then, the bread was cooled to room temperature. Right
115 after cooling, the bread was frozen, using liquid nitrogen and packed in polyethylene bags and
116 finally, stored at -18 °C until the extracts were obtained for the determination of chemical
117 analyzes.

118

119 **Extracts for the determination of total phenolics and antioxidant activity**

120 To obtain the antioxidant extracts, the methodology described by Larrauri, Rupérez,
121 and Saura-Calixto (1997) was used. 2.5 g portions of each sample, together with 20 mL of
122 50% (v/v) methyl alcohol, were homogenized and left to rest for one hour at room
123 temperature and protected from light. After that period, the homogenate was centrifuged at
124 8.832 x g, for 10 minutes and the supernatant transferred to a 50 mL flask. To the residue
125 were added 20 mL of 70% acetone (v/v), repeating the extraction procedure. The second

126 supernatant was added to the first, in the volumetric flask, making up the volume with
127 distilled water. The extracts obtained were used to determine the antioxidant activity and total
128 phenolics, despite the methods used.

129

130 **Determination of total phenolics, antioxidant activity, vitamin C and total carotenoids**

131 The total phenolic content was determined according to the method adapted from
132 Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2002) and also by the Fast Blue BB methodology, according
133 to Medina (2011). The results were expressed in mg of gallic acid 100 g⁻¹ sample.

134 The following methods were used to determine the antioxidant activity: i) ABTS^{*+}
135 method: performed according to the methodology described by Re et al. (1999) and the results
136 expressed in μmol of trolox g⁻¹; ii) DPPH method: performed according to the methodology
137 described by Brand-Williams, Cuvelier, and Berset (1995) and the results expressed as IC₅₀ in
138 mg mL⁻¹ of DPPH; iii) β -carotene/linoleic acid method: performed according to the
139 methodology described by Miller (1971), the results being expressed as a percentage of
140 protection; iv) FRAP method: carried out according to the methodology described by Pulido,
141 Bravo, and Saura-Calixto (2000) and the results expressed in μM of ferrous sulfate g⁻¹.

142 The analysis of vitamin C was performed by the colorimetric method using 2,4-
143 dinitrophenylhydrazine (Strohecker & Henning, 1967) and the results were expressed in mg
144 of ascorbic acid 100 g⁻¹.

145 The determination of total carotenoids was performed according to the methodology
146 applied by Rodriguez-Amaya (2001) and the results are expressed in mg β -carotene 100 g⁻¹.

147

148 **Extracts for the determination of the profile of phenolic compounds**

149 The extracts for the identification of phenolic compounds by the chromatographic
150 method were prepared following the methodology described by Ramaiya, Bujang, Zakaria,

151 King, and Shaffiq Sahrir (2013). For the extraction, 2.5 g of sample were used, homogenized
152 in 20 mL of 70% HPLC grade methanol (v/v), for one hour in an ultrasonic bath at room
153 temperature. The obtained extract was centrifuged at 8.832 x g for 15 minutes at 4 °C and
154 filtered through filter paper with 14 µm porosity. For sample injection, the extracts were
155 filtered again using 0.45 µm porous membrane filters.

156

157 **Determination of the profile of phenolic compounds**

158 The quantification and identification of the phenolic compounds were described by
159 Cunha et al. (2020). The phenolic compounds were identified by High-Performance Liquid
160 Chromatograph (HPLC-DAD). The phenolic compounds were identified by comparing the
161 retention times with 11 standards (gallic, chlorogenic, caffeic, ferulic, *trans*-cinnamic, *m*-
162 cumaric, *p*-cumaric, and *o*-cumaric, catechin, vanillin and resveratrol acids). The results were
163 expressed in mg of the phenolic compound 100 g⁻¹ fresh sample for the bread and pequi pulp
164 and dry sample for shell flour and pequi pulp.

165 To guarantee the analytical quality of the results, the chromatographic parameters used
166 to quantify and identify the phenolic compounds were: linearity, the limit of detection, the
167 limit of quantification and precision (Ribani, Bottoli, Collins, Jardim, & Melo, 2004).
168 Linearity corresponds to the method's ability to provide results directly proportional to the
169 concentration of the test substance. The mathematical relationship between the area and the
170 concentrations were expressed through analytical curves and their respective coefficients of
171 determination (R²). The limits of detection and quantification of the methods were estimated
172 using the parameters of analysis of the analytical curves according to the mathematical
173 equations: LD = 3.3 x (s/S) and LQ = 10 x (s/S), in which the 's' is the standard deviation
174 estimate of the linear coefficient of the analytical curve and 'S' is the slope of the analytical
175 curve. Accuracy was assessed using percentage recovery tests (Equation 1), which better

176 measure detection and verify the amount of substance of interest that can be quantified and
177 identified, performed in duplicate, on the samples of the target raw materials studied, fortified
178 with known concentrations of phenolic compound patterns (Ribani, Bottoli, Collins, Jardim,
179 & Melo, 2004). The fortified samples followed the same analytical system for determining the
180 profile of phenolic compounds. To calculate the recovery percentage, the following formula is
181 used:

182

$$183 \quad \% \text{ Recovery} = (C_2 - C_1 / C_3) \times 100 \quad (\text{Equation 1})$$

184 Where: C_1 : concentration of the non-fortified sample; C_2 : concentration of the fortified
185 sample and C_3 : concentration added.

186

187 **Experimental delimitation**

188 A completely randomized experimental design (DIC) was used, in a 2 x 2 x 2 factorial,
189 with 2 levels of different factors: 0% and 2.5% of “pequi husk flour”; 0% and 20% of “pequi
190 pulp flour”, both in partial replacement to the wheat flour; 0% and 35% of “pequi pulp”, in
191 partial replacement to the water, with three repetitions. The experimental unit consisted of
192 four loaves of approximately 70 g each. The selection of different levels of substitution of
193 flour and pequi pulp were obtained from an experimental planning carried out previously.

194 The following abbreviations were adopted: T_1 : standard formulation; T_2 : 2.5% PHF;
195 T_3 : 20% PPF; T_4 : 2.5% PHF + 20% PPF; T_5 : 35% PP; T_6 : 2.5% PHF + 35% PP; T_7 : 20% PPF
196 + 35% PP; T_8 : 2.5% PHF + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF:
197 pequi pulp flour and PP: pequi pulp.

198

199 **Statistical analysis**

200 The statistical analyzes were performed using the System of Statistical Analysis of
201 Variance - SISVAR version 5.6 (Ferreira, 2011). The data were submitted to analysis of
202 variance and the means compared by the Scott-Knott test with a significance level of 5%
203 probability. The Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis
204 (HCA) were performed to understand the similarity between the antioxidant tests, using the
205 SENSOMAKER software version 1.91 (Pinheiro, Nunes, & Vietoris, 2013). To understand
206 the variation of each main component (PCs) concerning the chemical variables studied,
207 loadings were calculated using the PCA function of the Mvar.pt package of the statistical
208 program R version 3.6.3 (Team, 2020).

209

210 **Results and Discussions**

211 **Bioactive compounds and antioxidant activity of pequi fruit by-products**

212 Figure 1 illustrates the bread elaborated and analyzed in this work. The results for total
213 phenolic compounds, vitamin C, carotenoids, and antioxidant activity of the raw materials
214 used in the preparation of bread are shown in Table 1.

215 The levels of ascorbic acid (dry matter) ranged from 12.78 (pequi pulp flour) to 191.35
216 mg 100 g⁻¹ (pequi husk flour). Several studies have shown that the vitamin C value found in
217 pequi can vary from 50 mg 100 g⁻¹ to 105 mg 100 g⁻¹ (Gonçalves, Vilas Boas, Resende,
218 Machado, & Vilas Boas, 2010; Reis & Schmiele, 2017). According to the fruit classification
219 by Ramful et al. (2011), only the pequi husk flour and pequi pulp has a high content of
220 ascorbic acid (>50 mg 100 g⁻¹). The pequi pulp flour had a low content (<30 mg 100 g⁻¹)
221 (Table 1). Thus, the low values found in the pequi pulp flour in this study, probably resulted
222 from the previous bleaching process applied to avoid the enzymatic browning. Besides, the
223 lower vitamin C content observed in pequi pulp flour in comparison to the pulp may be

224 associated degradation of this compound by the heat used in the preparation of the flour, since
225 the vitamin C is thermolabil.

226 The pequi husk flour had the lowest carotenoid content ($3.59 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), compared to
227 pulp and pulp flour (Table 1, $P < 0.05$). The carotenoid content observed is similar to the
228 found by Leão, Franca, Oliveira, Bastos, and Coimbra (2017) in pequi husk flour,
229 corresponding to $3.49 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. The pequi pulp flour presented higher level of carotenoids
230 than pequi pulp and it may be associated to the dehydration process (Table 1, $P < 0.05$).

231 The pequi husk flour presented the highest averages of total phenolics, determined by
232 both methods, Folin-Ciocalteu and Fast blue, followed by the pequi pulp flour. The higher
233 level of total phenolic in pulp flour in comparison to the pulp may be associated to drying
234 process used to the flour production. According to the classification of the content of phenolic
235 compounds for fruits proposed by Vasco, Ruales, and Kamal-Eldin (2008), pequi pulp is
236 classified with low phenolic content ($<100 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$), flour of pequi pulp has an
237 intermediate value ($100 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} - 500 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$), while pequi husk flour has a
238 high content of phenolic compounds ($>500 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$) (Table 1).

239 The pequi husk flour also stood out for its antioxidant activity ($P < 0.05$), despite the
240 method of determination, noting that the lower the means of DPPH IC_{50} , the greater the
241 antioxidant activity (Table 1). The pequi pulp flour showed greater antioxidant activity than
242 the pulp, using the DPPH and FRAP methods, although no difference had been noted by the
243 ABTS and β -carotene/linoleic acid methods ($P < 0.05$).

244 The higher antioxidant activity observed in the pequi husk flour ($P < 0.05$) may
245 associated to the higher levels of bioactive compounds with antioxidant capacity, such as
246 phenolic and vitamin C, in this part of the fruit. Besides, the higher antioxidant activity of the
247 pulp flour compared to the pulp can be associated with the already reported concentration of

248 phenolic and carotenoid, by the drying process used in obtaining flour, as also found by
249 Machado, Pereira and Marcon (2013b) and Raupp et al. (2011).

250

251 **Profile of phenolic compounds of pequi fruit by-products**

252 The phenolic compounds identified and quantified in the raw materials used to make
253 the bread are shown in Table 1, while the chromatograms relating to the patterns and
254 compounds identified in the pequi husk flour and the T₈ formulation of the sweet bread are
255 shown in Fig. 2. The chromatographic parameters used in the detection and quantification of
256 phenolic compounds in the raw materials and pequi sweet bread are presented in the Table 3.

257 Of the 11 phenolics studied, the catechin flavonoid, the phenolic acids gallic,
258 chlorogenic, *p*-coumaric and *m*-coumaric and stilbene resveratrol were identified and
259 quantified in the pequi husk flour, while only the gallic and *p*-coumaric acids were identified
260 and quantified in the pequi pulp and its flour (Table 1; Fig. 2). Vanillin and caffeic, ferulic,
261 *trans*-cinnamic and *o*-cumáric acids were not identified in the pequi pulp and flour studied.

262 It is observed that there was no significant variation between the levels of phenolics
263 identified in the pequi pulp and its flour, values lower than those observed in the pequi husk
264 flour (Table 1, P < 0.05).

265 Among the compounds identified in the pequi husk flour, catechin was the majority,
266 followed by resveratrol, gallic acid, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid and *m*-coumaric acid
267 (Table 1). Phenolic compounds and phytosterols have already been detected in the exocarp
268 and external mesocarp of pequi fruit. Roesler, Catharino, Malta, Eberlin, and Pastore (2008)
269 reported that the pequi peel has phenolic components such as gallic acid, quinic acid,
270 quercetin and quercetin 3-O-arabinose, detected using electrospray ionization mass
271 spectrometry (ESI-MS). Rocha, Melo, Paula, Nobre, and Abreu (2015) identified gallic acid

272 as the major compound present in the pequi husk flour, in the order of 26.54 mg g^{-1} , a value
273 higher than that found in the present study.

274 The identification of resveratrol ($233 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) in the pequi husk flour is highlighted
275 (Table 1). The percentage of recovery of the sample fortified with resveratrol is in an
276 acceptable range, corresponding to $110.66\% \pm 1.10$. Ribani, Bottoli, Collins, Jardim, and
277 Melo (2004) working with validation of chromatographic methods stipulated a range that
278 varies from 70% to 120%, with an accuracy of up to $\pm 20\%$. Soon, the value found indicates a
279 good precision of the recovery method for the studied matrix.

280 According to studies by Rockenbach et al. (2011), this compound is present in several
281 plant species and their studies, among the phenolic compounds found in grape marc extracts
282 (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.), the levels of resveratrol varied from $1.18 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$
283 to $6.40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, in the varieties Isabel and Merlot, produced in Brazil. On the other hand,
284 according to Bender et al. (2016), the grape peel flour of the cultivar Marselan (*Vitis vinifera*
285 L.), also produced in Brazil, presents resveratrol ($614 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) as a major compound,
286 followed by kaempferol ($301 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), quercetin ($225 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), chlorogenic acid (207
287 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), gallic acid ($115 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), catechin ($110 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), among other flavonoids
288 and phenolic acids. Soon, the levels of resveratrol observed in pequi husk flour is around 38%
289 of that reported in grape peel flour, one of the richest source of this compound ever already
290 studied.

291 In the pequi pulp and its flour only gallic and *p*-coumaric acids were identified, being
292 the first one the majority (Table 1). In the literature, no work reports the identification of
293 phenolic compounds in the pequi pulp flour, while few studies describe the identification of
294 these components in the pequi pulp. According to Chisté and Mercadante (2012), the
295 lyophilized pequiá pulp (*Caryocar villosum*) presents, as main phenolic compounds, gallic
296 acid ($18.24 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) and ellagic acid ($10.4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

297

298 Bioactive compounds and antioxidant activity of pequi sweet bread

299 The results of total phenolics, vitamin C, carotenoids and antioxidant activity of sweet
300 bread made with pequi husk flour, pequi pulp and their flour are shown in Table 2.

301 The bread made from the single replacement of wheat flour by pequi pulp flour or
302 water by pequi pulp did not differ from control bread, while the other substitutions
303 determined an increase in the total phenolic content, regardless of the method of
304 determination ($P < 0.05$). The greatest increase, according to Fast Blue methodology, was
305 observed in the bread of the T₈ treatment (2.5% pequi husk flour + 20% pequi pulp flour +
306 35% pequi pulp), whose formulation allowed all possible replacements. The increase
307 observed is associated with the presence of phenolics in the raw materials used to replace
308 wheat flour and water, especially in pequi husk flour (Table 1).

309 The proposed substitutions promoted an increase in the levels of vitamin C in the
310 bread studied, with emphasis on the formulations T₆ (2.5% husk flour, 35% pulp) and T₈
311 (2.5% husk flour, 20% pulp flour + 35% pulp), which did not differ statistically from each
312 other ($P < 0.05$; Table 2). Thus, the presence of vitamin C in the raw materials used in partial
313 replacement of wheat flour and water was sufficient for the enrichment of the bread, even
314 considering possible losses of vitamin C, due to its heat instability, pH changes and O₂,
315 factors involved in the preparation of bread. The treatments T₆ and T₈, which stood out among
316 the others, have in common the husk flour and pequi pulp which have higher levels of vitamin
317 C ($P < 0.05$) in comparison to the pequi pulp flour (Table 1), which justifies the more positive
318 impact on the vitamin C content of the final product.

319 According to the United States Department of Agricultural (2011), the estimated daily
320 requirement of vitamin C for children of preschool age, corresponds to the intake of 30 mg of
321 ascorbic acid per day and which must be obtained through the intake of foods of origin

322 vegetable and fresh. Thus, a portion of pequi sweet bread (50 g), would correspond to 12.54%
323 of the daily vitamin C intake recommendation for children aged six to ten years, which may
324 come to complement the recommended nutritional needs.

325 As observed for vitamin C, the proposed substitutions increased the levels of
326 carotenoids in the bread studied ($P < 0.05$; Table 2). The formulations T₃ (20% pulp flour), T₇
327 (20% pulp flour + 35% pequi pulp) and T₈ (2.5% husk flour + 20% pulp flour + 35% pequi
328 pulp), which have in common the presence of pequi pulp flour, stood out among the others,
329 which is justified by the greater richness of this raw material in carotenoids. In this way, the
330 bread supplemented with flour and pequi pulp can be used to provide provitamin A, in the
331 form of β -carotene.

332 The antioxidant activity of the bread with pequi pulp flour (T₃), pequi pulp (T₅) and
333 pequi pulp + pequi pulp flour (T₇) did not differ from the antioxidant activity of the control
334 bread, regardless of the method of determination, at the exception of T₇, which stood out in
335 the DPPH IC₅₀ method, emphasizing that the lower the values, the greater the antioxidant
336 activity by this method. The T₈ bread showed greater antioxidant activity compared to all the
337 others, using the ABTS and FRAP methods, and also stood out, together with the bread from
338 the T₂, T₄, T₆ and T₈ treatments, by the DPPH method and the T₂ and T₄ treatments, by β -
339 carotene/linoleic acid method. In general, the three substitutions in a combined way were the
340 most effective in increasing the antioxidant activity of the bread, while the pequi pulp and its
341 flour did not promote changes in this variable, except when associated with the pequi husk
342 flour. Therefore, it is understood that the pequi husk flour was the main factor for increasing
343 the antioxidant activity of the breads.

344 By the analysis of main components (Fig. 3a), it is noted that the first and second
345 components (PC₁ e PC₂) describes 98.74% of the total variance, 94.09% and 4.65%,
346 respectively. All variables, except total carotenoids, presented significant correlation in PC₁,

347 whereas no significant correlation was observed among variables in PC₂. Total phenolic,
348 determined by Folin-Ciocalteu and Fast-Blue, vitamin C and antioxidant activity determined
349 by ABTS, β -carotene and FRAP positively correlated each other, while there was a negative
350 correlation between them and DPPH in PC₁.

351 In accord to the calculated loadings, the variables responsible for the separations in
352 PC₁ include Folin-Ciocalteu, Fast-Blue, ABTS, β -carotene and FRAP, as their loadings are
353 0.798, 0.100, 0.080, -0.456, 0.143 and 0.342, respectively, confirming a positive correlation
354 between these variables, whereas the DPPH variable negatively correlated with them on PC₁.
355 The percentage of data variation explained in the second main component (PC₂) is only 4.65%
356 and will not be discussed, since it would not be useful enough to contribute to conclusions of
357 this work.

358 In accord to the scores of PC₁ it was built up the Figure 3A, while the hierarchical
359 analysis of clusters is presented in Figure 3b. It may be observed clearly the formation of four
360 groups (Fig. 3A, B), with similar treatments occupying close regions in the graph (Fig. 3A).
361 The highest contents of total phenolics and vitamin C, as well as greater antioxidant activity
362 were observed in the group 1, represented by T₈, that assemble the three combinations (flours
363 and pulp), followed by group 2, composed by T₂, T₄, T₆ and T₇, group 3, represented by T₃
364 and T₅ and finally T₁ (control). One more time, it is noteworthy that the lower DPPH IC₅₀
365 values the higher the antioxidant activity. The Figure 3 corroborates the Table 1, proving the
366 most striking effect of pequi husk flour on bioactive compounds and antioxidant activity of
367 the sweet breads, followed by the pequi pulp flour. Anyway, even the pequi pulp had a
368 positive impact on bioactive compounds and antioxidant activity of the breads.

369

370 **Profile of phenolic compounds of pequi sweet bread**

371 The results related to the profile of phenolic compounds in the elaborated sweet
372 breads, partially replacing the wheat flour by pequi pulp and husk flours and the water by
373 pequi pulp are presented in Table 2.

374 Of the 11 phenolics analyzed (gallic, chlorogenic, caffeic, ferulic, *trans*-cinnamic, *m*-
375 coumaric, *p*-coumaric and *o*-coumaric, catechin, vanillin and resveratrol acids), none was
376 observed in the control bread, neither in T₃, T₅ and T₇, which presented only pequi pulp, its
377 flour or the combination of both in the formulation (Table 2). The presence of pequi husk
378 flour in the formulations determined the presence of five to six phenolic compounds in the
379 bread (Table 2), the same already reported for pequi husk flour (Table 1). Catechin was the
380 majority phenolic compound in the pequi breads, followed by galic acid and resveratrol.

381 Significant variations ($P < 0.05$) in the phenolics identified in the treatments that
382 presented in common pequi husk flour, combined or not with pequi pulp and its flour (T₂, T₄,
383 T₆ and T₈) were observed. It is assumed that the lack of a systematic behavior of retention of
384 phenolics in these breads is due to factors, such as the disposition of the doughs in the baking
385 process and environment, since other conditions, during formulation and making of the bread
386 were controlled (mixing time of ingredients, fermentation process and baking
387 temperature/time). Besides, only two of the six phenolics found in the pequi husk flour were
388 also found in the pequi pulp and its flour and, even so, in a low proportion, which minimize
389 any impact of the last two pequi co-products on the phenolic profile of the breads.

390 The incorporation of phenolic compounds in the sweet breads adds, in potential,
391 functional value to them, since the benefic effects of phenolic found on the health are widely
392 reported in the scientific literature. The cardioprotective effects of resveratrol, the third more
393 abundant phenolic in pequi bread, have been studied. Wine and grape extracts, one of the
394 richest food products in resveratrol, have been shown to decrease platelet aggregation,
395 suppress atherosclerosis, reduce lipid peroxidation and improve serum cholesterol and

396 triglyceride concentrations (Baur & Sinclair, 2006). Among the concentrations of *trans*-
397 resveratrol found in grapes, the following stand out: grape skin flour (614 mg 100 g⁻¹ dry
398 weight), red wines (337 mg 100 g⁻¹ dry weight), grape skin (60-75 mg 100 g⁻¹ dry weight),
399 white grape skins (63 mg 100 g⁻¹ dry weight) and grape seed (27 mg 100 g⁻¹ dry weight)
400 (Bender et al., 2016; Casas et al., 2010; Counet, Callemien, & Collin, 2006). As well, this
401 compound has already been identified and quantified in by-products of tropical fruits, such as
402 guava (25.67 µg g⁻¹ dry weight) and pitanga (112.51 µg g⁻¹ dry weight) (Silva et al., 2014) and
403 in Cerrado fruits, such as murici (0.31 mg 100 g⁻¹) (Malta et al., 2012). Although the values of
404 resveratrol found for pequi husk flour are considerable, it is lower than that found in grape
405 peel flour and red wines and higher than the levels found in the peel grape seed and guava by-
406 products and pitanga.

407 According to Lyons et al. (2003), heating to 190 °C for 18 minutes reduces about 17%-
408 46% of *trans*-resveratrol in blueberries. As the bread baking time and temperature (150 °C for
409 20 min) were lower than the time-temperature binomial described, it was possible to identify
410 the presence of this compound in the bread increased with the pequi husk flour, since the
411 reduction of this component in the bread ranged from 35 to 70%. In this way, the ingestion of
412 a portion of sweet bread (50 g), of the treatments combined with the partial substitution of the
413 wheat flour for 2.5% of flour from the peel (T₂, T₄, T₆, and T₈) can provide 0.93 to 1.89 mg of
414 resveratrol per serving. In brief, the results obtained suggest that the pequi fruit by-products
415 add functional potential to the sweet bread.

416

417 **Conclusion**

418 The raw materials targeted in this study and used in the preparation of sweet bread
419 have a high functional potential, considering their chemical composition and antioxidant
420 activity, with emphasis on pequi husk flour.

421 The partial substitution of wheat flour, by peel flour and pequi pulp and water by
422 pequi pulp, promotes an increase in the levels of bioactive compounds and antioxidant
423 activity in sweet bread.

424 The sweet bread that has in common the pequi husk flour, combined or not with the
425 pequi pulp and its flour, stand out for the higher levels of total phenolics and vitamin C, as
426 well as greater antioxidant capacity.

427 The major phenolic compounds in the pequi husk flour and sweet bread enriched with
428 this flour were catechin, gallic acid and resveratrol.

429

430 **Acknowledgements**

431 The authors acknowledge and thank the CAPES (PROCAD 88881.068456/2014-01),
432 CNPq (PQ 304413/2016-0; 302699/2019-8) and FAPEMIG (PPM-0355-17) for the financial
433 support in the execution of the research.

434

435 **Conflict of interest**

436 No potential conflict of interest was reported by the authors.

437

438 **References**

439 ABIP - Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (2018). Indicadores da
440 panificação e confeitaria 2018. <http://www.abip.org.br> Accessed 28 October 2019.

441 Baur, J. A., & Sinclair, D. A. (2006). Therapeutic potential of resveratrol: the vivo evidence.

442 *Nature Reviews Drug Discovery*, 5, 493–501. <https://doi.org/10.1038/nrd2060>

443 Bender, A. B. B., Luvielmo, M. de M., Loureiro, B. B., Speroni, C. S., Boligon, A. A., Silva,

444 L. P. da, & Penna, N. G. (2016). Obtenção e caracterização de farinha de casca de uva e

445 sua utilização em snack extrusado. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19, e2016010.

446 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1016>.

- 447 Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to
448 Evaluate Antioxidant Activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28, 25–30.
449 [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- 450 Casas, L., Mantell, C., Rodríguez, M., Ossa, E. J. M. de La, Roldán, A., Ory, I., ... Blandino,
451 A. (2010). Extraction of resveratrol from the pomace of Palomino fino grapes by
452 supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 96, 304–308.
453 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.002>
- 454 Chisté, R. C., & Mercadante, A. Z. (2012). Identification and quantification, by HPLC-DAD-
455 MS/MS, of carotenoids and phenolic compounds from the Amazonian fruit *Caryocar*
456 *villosum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 5884–5892.
457 <https://doi.org/10.1021/jf301904f>
- 458 Counet, C., Callemien, D., & Collin, S. (2006). Chocolate and cocoa: New sources of trans-
459 resveratrol and trans-piceid. *Food Chemistry*, 98, 649–657.
460 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.030>
- 461 Cunha, M. C., Silva, J. S., Elias, H. H. S., Carvalho, E. E. N., & Vilas Boas, E. V. B. (2020).
462 Effects of processing and packaging on bioactive compounds of curriola jelly [*Pouteria*
463 *ramiflora* (Mart.) Radlk.] during storage. *Food Science and Technology*.
464 <https://doi.org/10.1590/fst.38519>
- 465 Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e*
466 *Agrotecnologia*, 35, 1039–1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- 467 Geócze, K. C., Barbosa, L. C. A., Fidêncio, P. H., Silvério, F. O., Lima, C. F., Barbosa, M. C.
468 A., & Ismail, F. M. D. (2013). Essential oils from pequi fruits from the Brazilian Cerrado
469 ecosystem. *Food Research International*, 54, 1–8.
470 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.005>
- 471 Gonçalves, G. A. S., Vilas Boas, E. V. B., Resende, J. V., Machado, A. L. L., & Vilas Boas,

- 472 B. M. (2010). Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por
473 diferentes métodos e tempos de armazenamento. *Revista Ceres*, 57, 581–588.
474 <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500003>
- 475 Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the
476 stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal*
477 *Agriculture and Food Chemistry*, 45, 1390–1393. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>
- 478 Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017).
479 Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and
480 proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)
481 fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146–153.
482 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027>
- 483 Lyons, M. M., Toma, R. B., Yeon Cho, S., Reiboldt, W., Lee, J., & Van Breemen, R. B.
484 (2003). Resveratrol in raw and baked blueberries and bilberries. *Journal of Agricultural*
485 *and Food Chemistry*, 51, 5867–5870. <https://doi.org/10.1021/jf034150f>.
- 486 Machado, M. T. C., Mello, B. C. B. S., & Hubinger, M. D. (2013a). Study of alcoholic and
487 aqueous extraction of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) natural antioxidant and
488 extracts concentration by nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 117, 450–457.
489 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.007>
- 490 Machado, W. M., Pereira, A. D., & Marcon, M. V. (2013b). Efeito do processamento e
491 armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças. *Ciências*
492 *Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharia*, 19, 17–30. [https://doi.org/](https://doi.org/10.5212/publicatio.v19i1.4802)
493 [10.5212/publicatio.v19i1.4802](https://doi.org/10.5212/publicatio.v19i1.4802)
- 494 Malta, L. G., Ghiraldini, F. G., Reis, R., Oliveira, M. V., Silva, L. B., & Pastore, G. M. G. M.
495 (2012). In vivo analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian
496 Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. *Food Research*

- 497 *International*, 49, 604–611. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.055>
- 498 Medina, M. B. (2011). Simple and rapid method for the analysis of phenolic compounds in
499 beverages and grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 1565–1571.
500 <https://doi.org/10.1021/jf103711c>
- 501 Miller, H. E. (1971). A simplified method for the evaluation of antioxidant. *Journal of the*
502 *American Oil Chemists Society*, 48, 91. <https://doi.org/10.1007/BF02635693>
- 503 Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Viçtoris, V. (2013). SensoMaker: a tool for sensorial
504 characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, 37, 199–201.
505 <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000300001>
- 506 Pulido, R., Bravo, L., & Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols
507 as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal*
508 *Agriculture and Food Chemistry*, 48, 3396–3402. <https://doi.org/10.1021/jf9913458>
- 509 Ramaiya, S. D., Bujang, J. S., Zakaria, M. H., King, W. S., & Shaffiq Sahrir, M. A. (2013).
510 Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit
511 (*Passiflora*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 1198–1205.
512 <https://doi.org/10.1002/jsfa.5876>
- 513 Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O. I., Bourdon, E., & Bahorun, T. (2011). Polyphenol
514 composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps.
515 *Food Research International*, 44, 2088–2099.
516 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.056>
- 517 Raupp, D. da S., Rodrigues, E., Rockenbach, I. I., Carbonar, A., Campos, P. F. de, Borsato, A.
518 V., & Fett, R. (2011). Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics
519 content in beet (*Beta vulgaris* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 688–693.
520 <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000300021>
- 521 Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).

- 522 Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.
523 *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231–1237. <https://doi.org/10.1016/S0891->
524 5849(98)00315-3
- 525 Reis, A. F., & Schmiele, M. (2017). Characteristics and potentialities of Savanna fruits in the
526 food industry. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, 1–12.
527 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>
- 528 Ribani, M., Bottoli, C. B. G., Collins, C. H., Jardim, I. C. S. F., & Melo, L. F. C. (2004).
529 Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, 27, 771–780.
530 <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000500017>
- 531 Rocha, L. B., Melo, A. M., Paula, S. L. A., Nobre, S. A. M., & Abreu, I. N. (2015). Gallic
532 acid as the major antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. *Revista*
533 *Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17, 592–598. <https://doi.org/10.1590/1983->
534 084X/14_062
- 535 Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Valdemiro Gonzaga, L., Caliari, V., Genovese, M. I., De
536 Souza, E., & Fett, R. (2011). Phenolic compounds content and antioxidant activity in
537 pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely
538 produced in Brazil. *Food Chemistry*, 127, 174–179.
539 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.137>
- 540 Rodrigues, L. J., Vilas Boas, E. V. B., Paula, N. R. F., & Alcântara, E. M. (2009).
541 Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de
542 Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39, 260–265.
543 <https://doi.org/10.5216/pat.v39i3.4024>
- 544 Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington: ILST
545 Press.
- 546 Roesler, R., Catharino, R. R., Malta, L. G., Eberlin, M. N., & Pastore, G. G. M. (2008).

- 547 Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components
548 by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, *110*, 711–717.
549 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.048>
- 550 Silva, J. M. C., & Junior, T. E. L. (2019). *Cerrado - South America*. Reference Module in
551 Earth Systems and Environmental Sciences.
- 552 Silva, L. M. R., Figueiredo, E. A. T. de, Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., Figueiredo, R.
553 W. de., Brasil, I. M., & Gomes, C. L. (2014). Quantification of bioactive compounds in
554 pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *143*, 398–404.
555 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.001>
- 556 Strohecker, R., & Henning, H. M. (1967). *Analisis de vitaminas: metodos comprobados*.
557 Madrid: Paz Montolvo. 428p.
- 558 Team, R. C. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation
559 for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/> Accessed 18 January 2020.
- 560 USDA - United States Department of Agriculture (2011). Dietary Reference Intakes: The
561 Essential Guide to Nutrient Requirements.
562 [https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_indi](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf)
563 [viduals.pdf](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf) Accessed 30 December 2019.
- 564 Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant
565 capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, *111*, 816–823. [https://doi.org/](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054)
566 [10.1016/j.foodchem.2008.04.054](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.054)
- 567 Waterhouse, A. L. (2002). Determination of total phenolics. *Current Protocol in Food*
568 *Analytical Chemistry*, *11*, 130–143. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- 569 World: Bread and Bakery – Market Report. (2018). Analysis and Forecast to 2025. Global
570 bread and bakery consumption continue to experience modest growth.

571 <https://www.bizcommunity.com/PDF/PDF.aspx?l=1&c=162&ct=1&ci=176273>

572 Accessed 30 July 2019.

573

574 **Figure captions**

575 **Figure 1** Cross sections of bread elaborated from the partial replacement of wheat flour by
 576 pequi husk and pulp flours and water by pequi pulp. Treatments, from left to right: T₁:
 577 standard formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% FCP + 20% FPP; T₅: 35% PP;
 578 T₆: 2.5% FCP + 35% PP; T₇: 20% FPP + 35% PP; T₈: 2.5% FCP + 20% FPP + 35% PP.
 579 Abbreviations: PHF: pequi bark flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp.

580

581 **Figure 2** Chromatogram of the phenolic compounds profile. (A) Chromatogram of the
 582 patterns of phenolic compounds. Peak identification: (1) gallic acid; (2) catechin; (3)
 583 chlorogenic acid; (4) caffeic acid; (5) vanillin; (6) *p*-coumaric acid; (7) ferulic acid; (8) *m*-
 584 coumaric acid; (9) *o*-coumaric acid; (10) resveratrol; (11) *trans*-cinnamic acid; (B)
 585 Chromatogram of the diluted pequi peel flour (1:100); (C) T₈ chromatogram of bread.

586

587 **Figure 3** (A) Principal component analysis (PCA) and (B) Dendogram of the different
 588 methodologies of antioxidants [ABTS*+, DPPH, antioxidant β -carotene/linoleic acid,
 589 reduction of iron (FRAP)], vitamin C and phenolic compounds (Folin-Ciocalteau and Fast-
 590 Blue) of pequi sweet breads. Legend: (•) T₁: standard formulation; T₂: 2.5% FCP; T₃: 20%
 591 FPP; T₄: 2.5% FCP + 20% FPP; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% FCP + 35% PP; T₇: 20% FPP + 35%
 592 PP; T₈: 2.5% FCP + 20% FPP + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi peel flour; PPF: pequi
 593 pulp flour and PP: pequi pulp. (•) 1: Folin-Ciocalteau; 2: Fast-Blue; 3: ABTS*+; 4: DPPH; 5:
 594 antioxidant β -carotene/linoleic acid; 6: iron reduction (FRAP); 7: Vitamin C and 8: Total
 595 carotenoid content.

596

597

598

Tables

599 **Table 1** Total phenolic, vitamin C, carotenoids, antioxidant activity and phenolic profile of
600 pequi co-products.

Pequi co-products	Pequi husk flour	Pequi pulp flour	Pequi pulp
Folin-Ciocalteau	8668.65 ± 56.28 ^a	182.64 ± 4.06 ^b	51.75 ± 0.84 ^c
Fast-Blue	3333.19 ± 63.01 ^a	76.17 ± 5.32 ^b	35.53 ± 0.10 ^c
Vitamin C	191.35 ± 36.55 ^a	12.78 ± 1.76 ^c	53.07 ± 0.60 ^b
Carotenoids	3.59 ± 0.10 ^c	28.71 ± 1.96 ^a	8.64 ± 1.09 ^b
ABTS ^{*+}	1052.63 ± 0.00 ^a	5.02 ± 2.25 ^b	2.41 ± 1.67 ^b
DPPH IC ₅₀	13.34 ± 6.52 ^c	35.13 ± 2.86 ^b	47.65 ± 0.16 ^a
β-carotene/linoleic acid	80.27 ± 0.86 ^a	24.98 ± 4.00 ^b	21.02 ± 0.97 ^b
FRAP	3758.82 ± 26.92 ^a	19.44 ± 0.26 ^b	3.61 ± 0.08 ^c
Gallic acid	200.02 ± 1.35 ^a	7.22 ± 0.45 ^b	6.53 ± 0.13 ^b
Catechin	538.73 ± 35.04 ^a	nd ^b	nd ^b
Chlorogenic acid	62.84 ± 4.97 ^a	nd ^b	nd ^b
<i>p</i> -coumaric acid	17.14 ± 0.07 ^a	0.37 ± 0.05 ^a	0.31 ± 0.01 ^a
<i>m</i> -coumaric acid	10.18 ± 0.06 ^a	nd ^b	nd ^b
Resveratrol	233.33 ± 11.23 ^a	nd ^b	nd ^b

601 **Notes:** Values are average (n = 3) for total phenolic compounds, antioxidants, vitamin C and carotenoids. The
602 values are average (n = 2) for the profile of phenolic compounds; Folin-Ciocalteau: mg EAG 100 g⁻¹; Fast-Blue:
603 mg of gallic acid 100 g⁻¹; ABTS^{*+}: μM of trolox g⁻¹; DPPH IC₅₀: mg mL⁻¹; β-carotene/linoleic acid: %
604 protection; FRAP: μM of ferrous sulfate g⁻¹; Vitamin C: mg of ascorbic acid 100 g⁻¹ (dry matter); Total
605 carotenoid contents: mg β-carotene 100 g⁻¹. Profile of phenolic compounds: mg 100 g⁻¹.

606 Legend: EAG: equivalent to gallic acid; IC₅₀: The effective concentration at which 2,2-diphenyl-1-pyrylhydryl
607 (DPPH) radicals was reduced by 50%. The IC₅₀ value was obtained by interpolation from the regression analysis.
608 nd: not detected. The means followed by the same letters, between the lines, do not differ by the Scott-Knott Test
609 at 5% probability.

610 **Table 2** Total phenolic, vitamin C, carotenoids, antioxidant activity and phenolic profile of the pequi sweet bread made from pequi husk and
 611 pulp flours and pequi pulp.

Treatments	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Folin-Ciocalteau	103.50 ^b	242.71 ^a	169.15 ^b	228.66 ^a	168.64 ^b	257.71 ^a	236.42 ^a	310.09 ^a
Fast-Blue	19.62 ^e	31.20 ^c	22.96 ^e	40.58 ^b	20.09 ^e	26.73 ^d	25.22 ^d	45.40 ^a
Vitamin C	0.00 ^c	2.94 ^b	3.15 ^b	2.97 ^b	2.03 ^b	7.54 ^a	3.73 ^b	7.51 ^a
Carotenoids	0.07 ^d	1.15 ^c	5.23 ^a	3.80 ^b	1.90 ^c	1.78 ^c	4.91 ^a	5.90 ^a
ABTS ^{*+}	3.21 ^c	14.53 ^b	7.07 ^c	16.43 ^b	4.62 ^c	16.16 ^b	6.18 ^c	21.96 ^a
DPPH IC ₅₀	144.33 ^a	54.87 ^b	110.37 ^a	65.29 ^b	126.13 ^a	63.63 ^b	90.54 ^b	40.31 ^b
β-carotene/linoleic acid	7.35 ^c	35.28 ^a	8.91 ^c	36.65 ^a	13.30 ^c	27.01 ^b	13.19 ^c	37.60 ^a
FRAP	8.68 ^c	54.91 ^b	11.61 ^c	57.02 ^b	8.79 ^c	53.01 ^b	11.68 ^c	87.71 ^a
Gallic acid	nd ^c	5.93 ^b	nd ^c	7.85 ^a	nd ^c	7.55 ^a	nd ^c	6.66 ^b
Catechin	nd ^c	6.94 ^b	nd ^c	14.22 ^a	nd ^c	13.62 ^a	nd ^c	16.49 ^a
Chlorogenic acid	nd ^b	nd ^b	nd ^b	1.73 ^a	nd ^b	1.48 ^a	nd ^b	nd ^b
<i>p</i> -coumaric acid	nd ^c	0.19 ^b	nd ^c	0.20 ^b	nd ^c	0.28 ^b	nd ^c	0.56 ^a
<i>m</i> -coumaric acid	nd ^d	0.06 ^c	nd ^d	0.07 ^b	nd ^d	0.07 ^b	nd ^d	0.08 ^a
Resveratrol	nd ^d	1.85 ^c	nd ^d	3.77 ^a	nd ^d	3.02 ^b	nd ^d	3.36 ^b

612 **Notes:** Values are average (n = 3) for the total phenolic compounds, antioxidants, vitamin C and carotenoids. The values are average (n = 3) for the profile of phenolic
 613 compounds; Folin-Ciocalteau: mg EAG 100 g⁻¹; Fast-Blue: mg of gallic acid 100 g⁻¹; ABTS * +: μM of trolox g⁻¹; DPPH IC₅₀: mg mL⁻¹; β-carotene/linoleic acid:%
 614 protection; FRAP: μM of ferrous sulfate g⁻¹; Vitamin C: mg of ascorbic acid 100 g⁻¹; Total carotenoid contents: mg β-carotene 100 g⁻¹. Profile of phenolic compounds: mg
 615 100 g⁻¹.

616 Legend: EAG: equivalent to gallic acid; IC₅₀: The effective concentration at which the 2,2-diphenyl-1-pyrylhydryl (DPPH) radicals were reduced by 50%. The IC₅₀ value was
 617 obtained by interpolation from regression analysis. nd: not detected. The means followed by the same letters, between the lines, do not differ by the Scott-Knott Test at 5%
 618 probability. T₁: standard formulation; T₂: 2.5% PHF; T₃: 20% PPF; T₄: 2.5% PHF + 20% PPF; T₅: 35% PP; T₆: 2.5% PHF + 35% PP; T₇: 20% PPF + 35% PP; T₈: 2.5% PHF
 619 + 20% PPF + 35% PP. Abbreviations: PHF: pequi husk flour; PPF: pequi pulp flour and PP: pequi pulp.

620 **Table 3** Chromatographic parameters used for the detection and quantification of phenolic compounds present in pequi co-products and pequi
 621 sweet bread.

622 * x represents the concentration in mol L⁻¹ and y represents the peak area.

Phenolic compounds	Detection limit (mg L ⁻¹)	Quantification limit (mg L ⁻¹)	Linearity *	Determination coefficient	Retention time (min)
Gallic acid	0.0002	0.0006	$y = 1 \times 10^{10}x - 4738.2$	0.9906	6.654
Catechin	0.0598	0.1813	$y = 2 \times 10^9x - 1276.2$	0.9906	10.64
Chlorogenic acid	0.0296	0.0897	$y = 1 \times 10^{10}x - 4648.4$	0.9914	12.42
Caffeic acid	0.1012	0.3070	$y = 6 \times 10^9x - 2180.4$	0.9910	14.65
Vanillin	0.0282	0.0857	$y = 8 \times 10^9x - 3354.5$	0.9915	17.13
<i>p</i> -coumaric acid	0.0192	0.0584	$y = 2 \times 10^{10}x - 7818.2$	0.9918	21.16
Ferulic acid	0.3231	0.9792	$y = 1 \times 10^{10}x + 16,749.0$	0.9919	24.33
<i>m</i> -coumaric acid	0.0090	0.0274	$y = 2 \times 10^{11}x - 81,877.0$	0.9916	26.69
<i>o</i> -coumaric acid	0.0187	0.0569	$y = 2 \times 10^{10}x - 10,926.0$	0.9914	33.40
Resveratrol	0.0030	0.0091	$y = 1 \times 10^{10}x - 9,745.8$	0.9911	38.48
<i>Trans</i> -cinnamic acid	0.0029	0.0089	$y = 2 \times 10^{10}x - 11,374.0$	0.9916	51.21

623

Figures



624

625

Figure 1

626

627

628

629

630

631

632

633

634

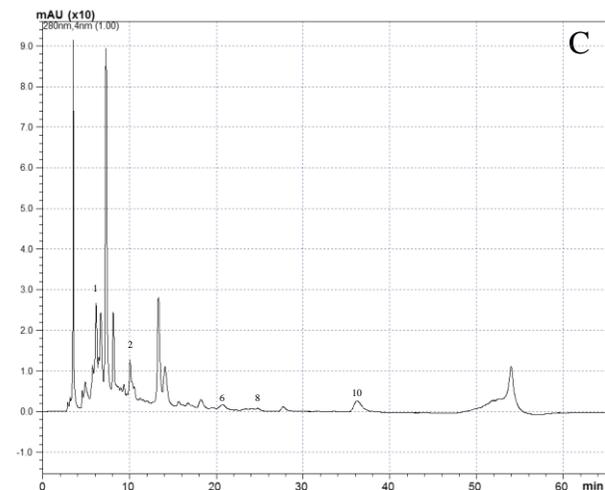
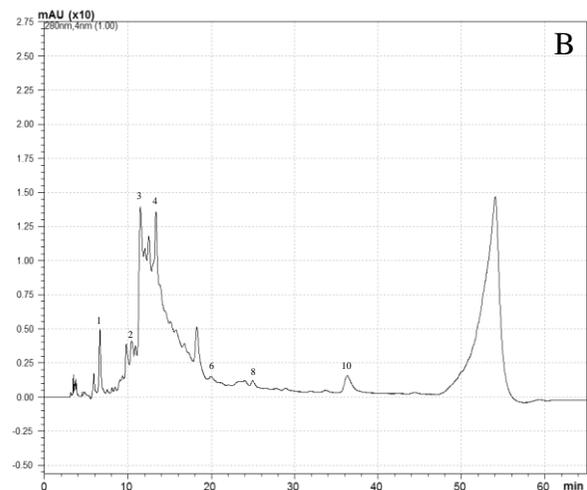
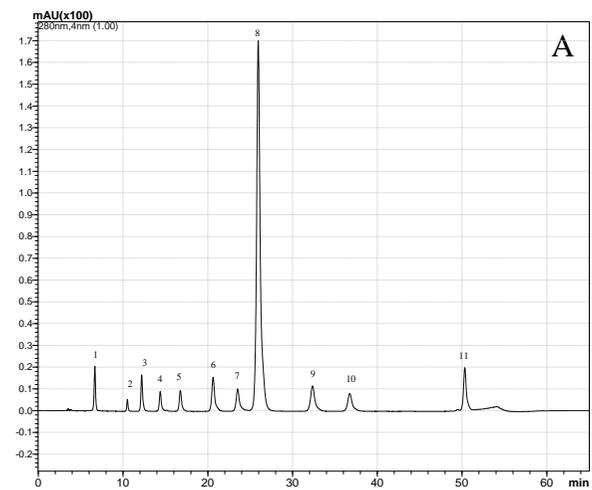
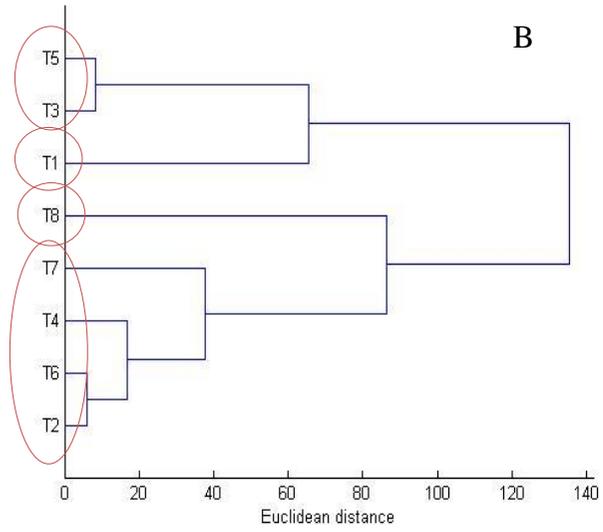
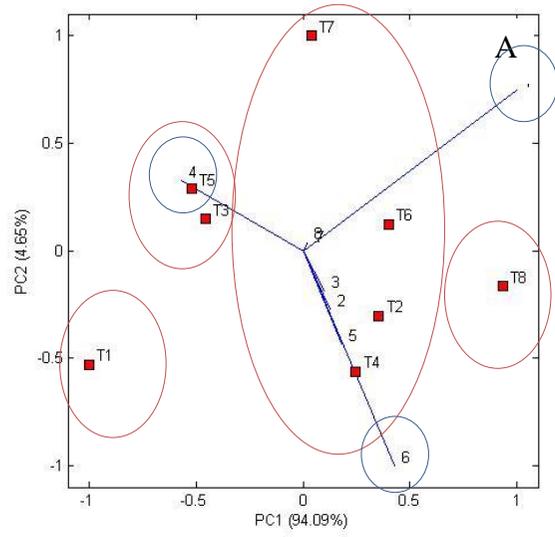


Figure 2

635
636
637
638
639
640
641
642



**ARTIGO 4 - UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA
PARA OBTER UMA CONCENTRAÇÃO IDEAL DE SUBSTITUIÇÃO DA POLPA E
FARINHAS DE GABIROBA E SUBPRODUTOS DO PEQUI NO
DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES**

(VERSÃO PRELIMINAR)

Normas da Revista: Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1807-8664 (on-line)

Mariana Crivelari da Cunha^a; Marília Crivelari da Cunha^b; Rafael Carvalho do Lago^a; Rafaela da Silva Melo^a; Vinícius Botelho^a; Joelma Pereira^a; José Guilherme Lembi Ferreira Alves^a; Sérgio Domigos Simão^c; Elisângela Elena Nunes de Carvalho^a; Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{a*}.

^a Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras – Minas Gerais, Brasil.

^b Departamento de Ciência dos Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – São Paulo, Brasil.

^c Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras – Minas Gerais, Brasil.

*Autor correspondente: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

E-mail: evbvboas@ufla.br

1 **Using Response Surface Methodology to obtain an ideal replacement concentration for**
2 **pulp and gabirola flours and pequi's by-products on sweet bread development**

3 **Short title: Optimal replacement level for preparing sweet bread**

4 **ABSTRACT.** In this study, part of the ingredients used in the preparation of bread (wheat
5 flour and water), were substituted by pequi husk flour (PHF), gabirola pulp flour (GPF) and
6 gabirola pulp (GP). For this, two experimental designs were performed, with two independent
7 variables for each design. First, the effect of replacing part of the wheat flour with pequi husk
8 flour (x_1) and gabirola pulp flour (x_2), was evaluated. The second, consisted of evaluating the
9 effect of partial substitution of the wheat flour by the pequi husk flour (x_1) and of water by
10 gabirola pulp (x_2) in bread formulation. For comparative purposes, the replacement ideal was
11 based on the technological quality of the standard formulation. The dependent variables were:
12 mass volume; expansion index; specific volume; density and texture profile (TPA). The first
13 design, both independent variables (x_1 : PHF and x_2 : GPF) significantly influenced the dough
14 volume, specific volume and density of breads, while in the second design, only a few
15 parameters of TPA, such as hardness and chewiness, were influenced by the substitution
16 between both independent variables (x_1 : PHF and x_2 : GP). In general, the best replacement
17 range was obtained with the formulation using between 1.61% to 5% pequi husk flour;
18 between 10% to 11.5% of gabirola pulp flour and up to 20% of gabirola pulp.

19 **Keywords:** *Caryocar brasiliense* Camb.; *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg; Bakery
20 technology; Substitution of ingredient; Food processing.

21 **Utilização da Metodologia de Superfície de Resposta para obter uma concentração ideal**
22 **de substituição da polpa e farinhas de gabirola e subprodutos do pequi no**
23 **desenvolvimento de pães doces**

24 **Título resumido: Nível de substituição ideal na elaboração de pães doces**

25 **RESUMO.** Neste estudo, parte dos ingredientes utilizados no preparo de pães (farinha de
26 trigo e água) foram substituídos por farinha de casca de pequi (FCP), farinha de polpa de
27 gabirola (FPG) e polpa de gabirola (PG). Para isso, foram utilizados dois delineamentos
28 experimentais, com duas variáveis independentes para cada delineamento. No primeiro, foi
29 avaliado o efeito da substituição de parte da farinha de trigo pela farinha de casca de pequi

30 (x_1) e farinha de polpa de gabirola (x_2). Já o segundo, consistiu em avaliar o efeito da parte da
31 farinha de trigo pela farinha de casca de pequi (x_1) e parte da água utilizada no
32 desenvolvimento dos pães por polpa de gabirola (x_2). Para fins comparativos, o ideal de
33 substituição foi baseado nos resultados obtidos referentes à qualidade tecnológica avaliada na
34 formulação padrão. As variáveis dependentes foram: volume de massa; índice de expansão;
35 volume específico; densidade e perfil de textura (TPA). No primeiro delineamento, ambas as
36 variáveis independentes (x_1 : FCP e x_2 : FPG) influenciaram significativamente no volume de
37 massa, volume específico e densidade dos pães, enquanto que, no segundo delineamento,
38 apenas alguns parâmetros da TPA, como dureza e mastigabilidade, foram influenciados pela
39 substituição entre ambas as variáveis independentes (x_1 : FCP e x_2 : PG). De maneira geral, a
40 melhor faixa de substituição foi obtida com a formulação utilizando entre 1,61% a 5% de
41 farinha da casca de pequi; entre 10% a 11,5% de farinha da polpa de gabirola e até 20% de
42 polpa de gabirola.

43 **Palavras-chaves:** *Caryocar brasiliense* Camb.; *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg;
44 Tecnologia da panificação; Substituição de ingredientes; Processamento de alimentos.

45 INTRODUÇÃO

46 O Cerrado brasileiro reúne uma das maiores biodiversidades do mundo e inclui um
47 grande número de espécies frutíferas com propriedades nutricionais, funcionais e
48 peculiaridades sensoriais (Almeida et al., 2019; Uekane et al., 2017). O bioma Cerrado é o
49 segundo maior no território brasileiro, atrás apenas da floresta Amazônica (Myers et al.,
50 2000). Dentre as espécies frutíferas nativas catalogadas e que são convencionalmente
51 chamadas de “potenciais”, destacam-se a gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) e o
52 pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).

53 A gabirola é um fruto também conhecido como ‘guabirola-do-mato’, ‘guabirola-
54 miúda’, ‘gabirola’, ‘guavirova’ ou ‘guariva’ (Landrum, 1986). Produzida por diferentes
55 espécies do gênero *Campomanesia*, família *Myrtaceae*, caracteriza-se por ser um fruto do tipo
56 baga, globoso e arredondado, de epicarpo liso e fino, de coloração amarelo-esverdeada,
57 constituído por uma casca fina e uma polpa amarela, envolvendo diversas sementes (Alves et
58 al., 2013). A gabirola é apreciada por suas características sensoriais, sendo consumida fresca
59 ou utilizada na produção de sorvetes, geleias e sucos. Várias pesquisas já demonstraram que o

60 fruto apresenta elevado potencial nutricional e funcional (Alves et al., 2013; Embrapa, 2015;
61 Morzelle et al., 2015; Santos et al., 2013; Silva et al., 2009).

62 Já o pequi, popularmente conhecido como “Ouro do Cerrado”, é um fruto da espécie
63 *Caryocar brasiliense* Camb., família *Caryocaraceae*, constituído pelo exocarpo (casca) de
64 coloração verde-acinzentada, mesocarpo externo, de coloração amarelo-claro, que juntos
65 compõe cerca de 80% do fruto, além do mesocarpo interno, porção normalmente consumida,
66 endocarpo espinhoso e semente. Normalmente comercializado como fruto, ao ser processado,
67 visando-se o aproveitamento, principalmente do mesocarpo interno, há a geração de uma
68 quantidade muito grande de resíduos, com potencial de serem aproveitados como
69 subprodutos/coprodutos, ainda pouco explorados. Alguns estudos já mostraram que o
70 exocarpo e o mesocarpo externo do pequi apresentam grande potencial funcional e
71 nutricional, no entanto, estas partes do fruto não são utilizadas na alimentação humana, sendo
72 descartadas nas preparações culinárias (Leão et al., 2018; Leão et al., 2017).

73 Gabiroba e pequi apresentam aplicabilidade tecnológica para a elaboração de novos
74 produtos e podem ser utilizados no enriquecimento nutricional e funcional de alimentos
75 bastante conhecidos e consumidos, com destaque aos produtos de panificação. Dessa forma, a
76 incorporação desses frutos, na forma de farinha e polpa, em produtos panificáveis pode
77 melhorar seu potencial nutricional, funcional e sensorial, como também, passa a ser uma das
78 formas de difundir e ampliar o consumo desses frutos exóticos.

79 O pão é um dos alimentos básicos, mais conhecidos e difundidos no mundo,
80 considerado uma importante fonte calórica, embora veicule pouco mais que amido. Conforme
81 Danza et al. (2014), os pães são produzidos com ingredientes simples, como farinha de trigo,
82 sal, fermento e água, e apesar disso, é um dos alimentos mais consumidos no planeta.
83 Conforme o relatório *World: Bread and Bakery* (2018), os países de maior consumo de pão
84 *per capita* foram: Reino Unido (96 kg/ano), Espanha (77 kg/ano), Itália (65 kg/ano),
85 Alemanha (65 kg/ano), Rússia (61 kg/ano) e França (52 kg/ano). No Brasil, segundo a
86 Associação Brasileira das Indústrias de Panificação (ABIP, 2018), o consumo desse alimento
87 é de 33,5 kg/ano, abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (60 kg de pão
88 por ano).

89 Pela simplicidade de elaboração e versatilidade de consumo, o pão é considerado um
90 produto adequado para ser enriquecido por meio de substituições de ingredientes, com o
91 propósito de trazer benefícios nutricionais e fornecer apelo referente à saudabilidade ao
92 consumidor. Benassi & Watanabe (1997), Mareti et al. (2010) e Rahaie et al. (2014),
93 salientam que a substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas é uma

94 alternativa viável e que pode ser adequada desde que não ocasione alterações nos atributos de
95 qualidade dos produtos elaborados. Além disso, destacam também que o tipo de pão
96 produzido e a formulação influenciam no processo de substituição da farinha de trigo, uma
97 vez que, quanto maior for a proporção de ingredientes complementares (açúcar, gordura, leite
98 e ovos), maior será a tolerância à substituição. Dentre as principais modificações da qualidade
99 de pães elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinhas, os
100 autores destacam: diminuição do volume, alterações na coloração da crosta e miolo,
101 enfraquecimento da rede de glúten, alterações na textura, no sabor e no aroma.

102 Para estudos de otimização de formulação de alimentos, uma das ferramentas
103 estatísticas mais usadas é a Metodologia de Superfície de Resposta, em que através de
104 planejamentos experimentais consegue-se avaliar os efeitos de cada variável independente
105 sobre as variáveis respostas e estabelecer as melhores concentrações dos ingredientes na
106 formulação do alimento (Rodrigues & Iemma, 2014).

107 O enriquecimento nutricional e funcional do pão, um dos alimentos mais consumidos
108 no mundo, com a gabirola e subprodutos/coprodutos do pequi, pode ser uma forma de
109 disseminar o uso destes frutos, de grande potencial, mas ainda desconhecidos e inexplorados.
110 Ainda, a agregação de valores a esses frutos nativos pode contribuir para a conservação do
111 bioma Cerrado.

112 Conforme exposto, o propósito do presente estudo foi obter uma faixa de concentração
113 ideal, utilizando a metodologia de superfície de resposta, para a substituição parcial à farinha
114 de trigo, utilizando a farinha da casca de pequi e a farinha da polpa de gabirola, bem como, a
115 substituição parcial da água por polpa de gabirola, a fim de desenvolver um produto de
116 panificação com qualidades tecnológicas comparadas a formulação padrão de pão doce.

117 **MATERIAL E MÉTODOS**

118 **Obtenção da matéria-prima**

119 Frutos do pequizeiro foram coletados na região de Montes Claros – Minas Gerais,
120 Brasil, enquanto a polpa integral de gabirola, já extraída, embalada e congelada, foi adquirida
121 da empresa Sítio do Bello Frutas Nativas, localizada em Paraibuna – São Paulo, Brasil.

122 Do pequi utilizou-se a casca (exocarpo + mesocarpo externo) e dela obteve-se a farinha,
123 uma das matérias-primas alvo de estudo, utilizada na elaboração dos pães. O processo de
124 elaboração da farinha da casca de pequi foi descrito por Cunha et al. (2021). Para a obtenção

125 da farinha da polpa de gabirola, parte das polpas adquiridas foi disposta em formas de
126 alumínio e submetida à secagem em estufa a temperatura de 65°C, por 24 horas. Em seguida,
127 o material seco obtido foi triturado e peneirado utilizando-se uma peneira de Mesh n° 35, a
128 fim de obter uma farinha com granulidade homogênea. As farinhas obtidas foram seladas a
129 vácuo, enquanto a polpa de gabirola remanescente foi mantida na embalagem original de
130 polietileno e acondicionada a -18°C até a elaboração dos pães.

131 **Processamento dos pães**

132 Os pães controle foram elaborados a partir de uma formulação básica (formulação do
133 padeiro): farinha de trigo (100%), água (45%), açúcar cristal (15%), ovos (15%), leite em pó
134 (6%), óleo de soja (5%), fermento biológico (2,5%) e sal (2%). Os pães enriquecidos
135 apresentaram a mesma formulação, à exceção da substituição parcial da farinha de trigo, por
136 farinhas de casca de pequi e farinha da polpa de gabirola e de água por polpa de gabirola.

137 Para a formulação dos pães foi realizado o método direto de fermentação, onde todos
138 os ingredientes secos foram misturados: farinha de trigo, açúcar cristal, ovos, fermento, leite
139 em pó. Depois de homogeneizados, seguiu-se a adição dos ingredientes úmidos: água e óleo.
140 Por fim, adicionou-se o sal até o desenvolvimento da rede de glúten ou “ponto de véu”. A
141 massa foi misturada em batedeira Wallita[®], com 5 velocidades e 250W de potência, na
142 velocidade máxima por 5 minutos. Posteriormente, a massa foi pesada, dividida, boleada e
143 modelada no modelador de pães G.Painz[®] e levada à câmara de fermentação Klimaquip[®] (30
144 °C e ± 90 % UR) por 1 hora e 30 minutos. Logo após, a massa fermentada foi submetida ao
145 forneamento em forno elétrico semi-industrial Prática Techicook[®], a 150 °C por 20 minutos.

146 **Rendimento das farinhas**

147 O rendimento das farinhas foi determinado de acordo com a Equação 1, descrita por
148 Santos, Silva, Santos & Oliveira (2010).

$$149 \quad R = \frac{F}{P} \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

150 Em que: R: rendimento (%); F = massa de farinha obtida (g); P = massa de polpa e/ou
151 casca (g).

152 **Avaliação tecnológica das massas e dos pães**

153 **Volume das massas**

154 Porções de massa de aproximadamente 15 g foram colocadas em provetas de 100 mL
 155 para medição dos volumes das massas durante o processo de fermentação que foi conduzido
 156 em câmara de fermentação regulada em 30 °C e 90% UR por 1 hora e 30 minutos. Para o
 157 cálculo do volume produzido (ΔV) utilizou-se a subtração entre o volume final produzido e o
 158 volume inicial das massas na proveta, conforme Equação 2. As medidas para cada ensaio
 159 foram realizadas em quadruplicata e os resultados expressos em mL (Zambelli, 2015).

$$160 \quad \Delta V = V_f - V_i \quad \text{(Equação 2)}$$

161 **Índice de expansão**

162 Para o cálculo do índice de expansão (IE) foi utilizada a metodologia descrita por
 163 Zambelli (2015) e Machado & Pereira (2010), com adaptações. As massas modeladas foram
 164 dispostas em uma forma e feitas às medições do diâmetro e altura, utilizando uma régua
 165 milimétrica e um paquímetro digital. A análise foi realizada em quadruplicata. O IE dos pães
 166 foi calculado por meio da Equação (3) e os resultados expressos em cm².

$$167 \quad IE = \frac{\left(\frac{DP + HP}{2}\right)}{\left(\frac{DM + HM}{2}\right)} \quad \text{(Equação 3)}$$

168 Onde: D_P e H_P = Diâmetro e altura dos pães após o forneamento (cm); D_M e H_m =
 169 Diâmetro e altura das massas moldadas (cm).

170 **Volume específico**

171 O volume específico dos pães foi medido segundo o método n° 72-10, descrito pela
 172 AACCC (2000) e Machado & Pereira (2010), por meio do preenchimento de um recipiente de
 173 volume conhecido com sementes de painço. O volume específico foi calculado pela divisão
 174 do volume deslocado do pão (mL) pela sua massa (g) e os resultados expressos em mL g⁻¹.

175 **Densidade**

176 A densidade foi calculada, em quadruplicata, pela relação inversa entre o volume
177 deslocado (mL) e o peso da amostra assada (g) e os resultados expressos em g mL^{-1} (Machado
178 & Pereira, 2010).

179 **Perfil de textura**

180 As variáveis de textura foram determinadas nos pães assados, de acordo com Garzón
181 et al. (2017) e Jekle, Fuchs & Becker (2018), em um analisador de textura (modelo TA –
182 XT2i, Stable Micro Systems, Reino Unido) usando um teste de dupla compressão de análise
183 de perfil de textura (TPA). As fatias de pão com 1 cm de espessura foram comprimidas a 50%
184 da sua altura original a uma velocidade de teste de 2 mm s^{-1} , com distância de compressão de
185 5,0 mm; intervalo entre os ciclos de 10 s, utilizando uma probe cilíndrica de 36 mm. Para a
186 realização do teste foram colocadas duas fatias de pão sobrepostas e a análise de cada ensaio
187 foi realizada em quadruplicata. A partir da curva de TPA, foram analisadas as variáveis:
188 dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência.

189 **Produção dos pães doces utilizando a metodologia de superfície de resposta**

190 Dois Delineamentos Compostos Centrais Rotacionais foram conduzidos com duas
191 variáveis independentes para determinar as condições ótimas para o desenvolvimento de pães
192 doces com parâmetros tecnológicos semelhantes ao pão doce convencional (controle).

193 Os efeitos das variáveis independentes sobre as propriedades da massa e a qualidade
194 dos pães foram estudados utilizando um planejamento completo 2^2 , incluindo quatro fatoriais
195 (níveis -1 e +1), quatro pontos axiais (níveis $\pm \alpha$) e três repetições no ponto central,
196 totalizando 11 ensaios realizados em quadruplicata (Tabela 1).

197 O primeiro planejamento experimental foi realizado para avaliar o efeito de duas
198 variáveis independentes: a farinha da casca do pequi (0 a 5%) e a farinha da polpa de gabioba
199 (10 a 20%). O segundo planejamento experimental foi realizado para avaliar também, o efeito
200 de duas variáveis independentes: a farinha da casca do pequi (0 a 5%) e a polpa de gabioba
201 (0 a 40%). As variáveis respostas foram os os parâmetros tecnológicos de avaliação da
202 qualidade da massa e dos pães, conforme descrito no item 2.4.

203

204 Tabela 1 – Correlação entre níveis codificados e reais das duas variáveis independentes nos
 205 dois Delineamentos Compostos Centrais Rotacionais (DCCR).

1° Planejamento experimental					
Variáveis	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
Farinha da casca do pequi (x_1)	0,00	0,73	2,50	4,27	5,00
Farinha da polpa de gabioba (x_2)	10,00	11,46	15,00	18,54	20,00
2° Planejamento experimental					
Variáveis	Níveis				
	- α	-1	0	+1	+ α
Farinha da casca do pequi (x_1)	0,00	0,73	2,50	4,27	5,00
Polpa de gabioba (x_2)	0,00	5,86	20,00	34,14	40,00

206 Notas: O valor de $\pm \alpha$ corresponde a 1,41.

207 Para avaliar os efeitos das variáveis nos parâmetros de qualidade das massas e dos
 208 pães foi utilizada a análise de regressão multivariada, dado pela Equação 4. Nessa equação
 209 estão apresentadas de forma genérica, as respostas em função dos coeficientes lineares,
 210 quadráticos e de interação entre os efeitos (Rodrigues & Iemma, 2014).

$$211 \quad y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_j X_j + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \sum \beta_{jj} X_j^2 + \sum \beta_{ij} X_{ij} \quad (\text{Equação 4})$$

212 Onde: y são as variáveis respostas, X_i e X_j são as variáveis independentes, β_0 é o
 213 termo constante e β_i e β_j são os coeficientes dos termos lineares, β_{ii} e β_{jj} são os coeficientes
 214 dos termos quadráticos e β_{ij} é o coeficiente dos termos da interação. A significância
 215 estatística dos termos nas equações de regressão foi examinada por análise de variância, sendo
 216 que, o teste F ($F_{\text{cal}} > F_{\text{tab}}$) foi utilizado para verificar a qualidade do modelo a um nível de
 217 significância estabelecido em 5% ($p < 0,05$) e o coeficiente de determinação superior a 0,7
 218 ($R^2 > 0,7$).

219 Após a obtenção dos modelos ajustados conforme a regressão multivariada de segunda
 220 ordem, as curvas de contorno foram determinadas, enquanto a validação dos modelos foi
 221 realizada por meio da repetição do ensaio que mais se aproxima ao valor obtido pelo controle
 222 e os parâmetros previstos referentes às análises tecnológicas foram comparados com os dados
 223 experimentais obtidos. Para o efeito comparativo, foi realizado o teste de Tukey a 5% de
 224 probabilidade.

225 **Análise estatística**

226 As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Statistica[®] versão 8.0
 227 (Statsoft, 2008). O teste de Scott-Knott foi aplicado aos resultados da matriz do Delineamento
 228 Composto Central Rotacional (DCCR) para efeito comparativo entre os diferentes ensaios e a
 229 formulação padrão utilizando o software R versão 3.6.3 (Team, 2020).

230 RESULTADOS E DISCUSSÃO

231 Rendimento das farinhas

232 O rendimento da farinha da polpa de gabioba foi de 10,09%, uma vez que foram
233 obtidos 242,34 g de farinha com a secagem de 2.400 g de polpa. Já o rendimento da farinha da
234 casca de pequi foi de 19,41%, sendo obtidos 220,53 g de farinha a partir da secagem de 1.136
235 g de casca branqueada.

236 1º Planejamento experimental

237 Na Tabela 2 são apresentados os valores das respostas obtidas quanto aos efeitos da
238 substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas da casca de pequi (x_1) e farinha da polpa
239 de gabioba (x_2) sobre as propriedades tecnológicas da massa e dos pães elaborados.

240 De modo geral, a partir das médias apresentadas e seus respectivos desvios padrão,
241 observa-se que os menores níveis de substituição, entre as duas variáveis independentes
242 estudadas, conferem maior volume e índice de expansão, para as massas e maior volume
243 específico e elasticidade e menor densidade, dureza e mastigabilidade aos pães desenvolvidos
244 (Tabela 2). Logo, os menores níveis de substituições entre ambas as variáveis independentes
245 conferem resultados mais próximos aos obtidos na elaboração da formulação padrão.

246 Somente para as variáveis volume de massa, volume específico e densidade dos pães
247 foi possível verificar efeito significativo ($p < 0,05$) das variáveis independentes, com $R^2 > 0,7$
248 (Tabela 4). Embora a dureza e a mastigabilidade tenham sido afetadas, significativamente,
249 pelas farinhas, nenhum ajuste foi aceito, em função do baixo coeficiente de determinação
250 ($R^2 < 0,7$). Depreende-se, portanto, a partir das propriedades tecnológicas avaliadas, que o
251 índice de expansão da massa e a textura dos pães não foram afetados pelos níveis de
252 substituições estudados.

253 Os modelos reparametrizados para as variáveis dependentes volume de massa, volume
254 específico e densidade dos pães, com as variáveis independentes farinha da casca de pequi
255 (x_1) e farinha da polpa de gabioba (x_2), são mostrados nas Equações 5, 6 e 7.

$$256 \text{ Volume de massa} = 12,796 - 2,313x_1 - 3,567x_2 + 2,907x_2^2; R^2 = 87,77\% \quad (\text{Equação 5})$$

$$257 \text{ Volume específico} = 1,759 - 0,114x_1 - 0,188x_2; R^2 = 75,23\% \quad (\text{Equação 6})$$

258 Tabela 2 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais e codificados e teste de Duncan para efeito comparativo entre
 259 os ensaios e a formulação padrão.

Ensaios	Farinha da casca de pequi (x ₁)	Farinha da polpa de gabirola (x ₂)	Volume de massa (mL)	Índice de expansão	Volume específico (mL g ⁻¹)	Densidade (g mL ⁻¹)	Dureza (g.f)	Elasticidade (g.f)	Coesividade (g.sec)	Mastigabilidade	Resiliência
1	-1 (0,73)	-1 (11,45)	20,75 ± 1,89 ^c	0,39 ± 0,01 ^b	2,02 ± 0,03 ^b	0,50 ± 0,01 ^c	2.675 ± 354 ^{cd}	0,90 ± 0,05 ^b	0,71 ± 0,03 ^a	1.719 ± 228 ^{cd}	0,35 ± 0,03 ^{ab}
2	+1 (4,27)	-1 (11,45)	17,00 ± 0,82 ^d	0,37 ± 0,01 ^c	1,64 ± 0,14 ^c	0,61 ± 0,05 ^b	2.902 ± 487 ^{bcd}	0,89 ± 0,04 ^{bc}	0,71 ± 0,03 ^a	1.837 ± 292 ^{bcd}	0,34 ± 0,02 ^{ab}
3	-1 (0,73)	+1 (18,55)	15,25 ± 1,50 ^{de}	0,37 ± 0,01 ^c	1,53 ± 0,16 ^{cd}	0,66 ± 0,08 ^{ab}	4.000 ± 391 ^a	0,89 ± 0,01 ^{bc}	0,70 ± 0,02 ^a	2.497 ± 257 ^a	0,33 ± 0,00 ^{bc}
4	+1 (4,27)	+1 (18,55)	7,75 ± 0,50 ^e	0,37 ± 0,02 ^c	1,39 ± 0,20 ^d	0,73 ± 0,11 ^a	4.023 ± 826 ^a	0,86 ± 0,05 ^{bcd}	0,68 ± 0,03 ^a	2.356 ± 410 ^{ab}	0,32 ± 0,02 ^c
5	-1,41 (0)	0 (15)	15,88 ± 0,85 ^d	0,40 ± 0,02 ^b	1,89 ± 0,12 ^b	0,53 ± 0,03 ^c	3.463 ± 372 ^{abc}	0,89 ± 0,01 ^{bc}	0,69 ± 0,01 ^a	2.125 ± 233 ^{abc}	0,35 ± 0,01 ^{ab}
6	+1,41 (5)	0 (15)	10,75 ± 0,65 ^f	0,38 ± 0,01 ^c	1,61 ± 0,08 ^c	0,62 ± 0,03 ^b	3.606 ± 640 ^{ab}	0,84 ± 0,03 ^{cd}	0,69 ± 0,02 ^a	2.077 ± 303 ^{abc}	0,33 ± 0,02 ^{bc}
7	0 (2,5)	-1,41 (10)	24,00 ± 2,35 ^b	0,40 ± 0,01 ^b	2,06 ± 0,18 ^b	0,49 ± 0,04 ^c	2.400 ± 624 ^d	0,89 ± 0,02 ^{bc}	0,68 ± 0,03 ^a	1.449 ± 369 ^{de}	0,34 ± 0,02 ^{bc}
8	0 (2,5)	+1,41 (20)	14,25 ± 0,65 ^{de}	0,36 ± 0,00 ^c	1,52 ± 0,09 ^{cd}	0,66 ± 0,04 ^{ab}	4.259 ± 218 ^a	0,81 ± 0,01 ^d	0,69 ± 0,02 ^a	2.363 ± 137 ^{ab}	0,34 ± 0,01 ^{bc}
9	0 (2,5)	0 (15)	12,83 ± 2,74 ^{ef}	0,38 ± 0,01 ^c	1,90 ± 0,13 ^b	0,53 ± 0,04 ^c	3.805 ± 765 ^{ab}	0,86 ± 0,05 ^{bcd}	0,71 ± 0,03 ^a	2.296 ± 426 ^{ab}	0,33 ± 0,02 ^{bc}
Pão Controle	-	-	30,25 ± 2,33 ^a	0,42 ± 0,00 ^a	2,77 ± 0,23 ^a	0,36 ± 0,03 ^d	1551,16 ± 560 ^e	0,98 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,02 ^a	1.105 ± 353 ^e	0,37 ± 0,02 ^c

260 Notas: Os valores são médios (n=4) ± desvio padrão de análises realizadas em quadruplicata, incluindo a formulação padrão. Diferentes letras na mesma coluna apresentam
 261 diferenças significativas a um nível de 5% de significância (p<0,05). **Observação:** Volume de massa e índice de expansão foram determinados na massa antes do assamento.

295 enfraquecimento da rede viscoelástica. Dessa forma, conforme descrevem Tsatsaragkou,
 296 Gounaropoulos & Mandala (2014) e Vilhalva et al. (2011), a redução do volume dos pães e o
 297 enfraquecimento da rede de glúten são fenômenos geralmente relatados, tanto maiores quanto
 298 maior for à proporção de substituição por farinhas de diferentes fontes vegetais e quanto
 299 maior for o teor de fibras presentes na composição dessas farinhas.

300 Logo, alguns compostos presentes nas farinhas da casca de pequi e polpa de gabioba
 301 podem estar associados a esse comportamento, a exemplo dos teores de fibras (dados não
 302 mostrados). Conforme visto por Lira (2017), ao aplicar farinhas de cogumelos (shitake e
 303 eryngii) na produção de pães, observou que, os teores de fibras presente nesta matéria-prima
 304 utilizada como ingrediente, proporcionou a ocorrência de efeitos indesejáveis nos pães, a
 305 exemplo, da redução no volume específico – de 2,71 a 1,43 mL g⁻¹ para pães elaborados com
 306 farinha do cogumelo shitake e de 3,12 a 1,78 mL g⁻¹ para pães elaborados com farinha do
 307 cogumelo eryngii – assim como, um aumento na absorção de água e menor tolerância ao
 308 processo fermentativo da massa.

309 Analisando-se o resultado da análise de variância (ANOVA) para os diferentes
 310 modelos de regressão obtidos para volume de massa, volume específico e densidade, verifica-
 311 se que os modelos são significativos ($p < 0,05$), devido ao F_{calc} ser maior que o F_{tab} ($F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$) e
 312 a percentagem de variação explicada pelos modelos apresentarem um bom ajuste ($R^2 > 0,70$),
 313 como apresentado na Tabela 3.

314 Tabela 3 - ANOVA da regressão para a resposta volume de massa, volume específico e
 315 densidade.

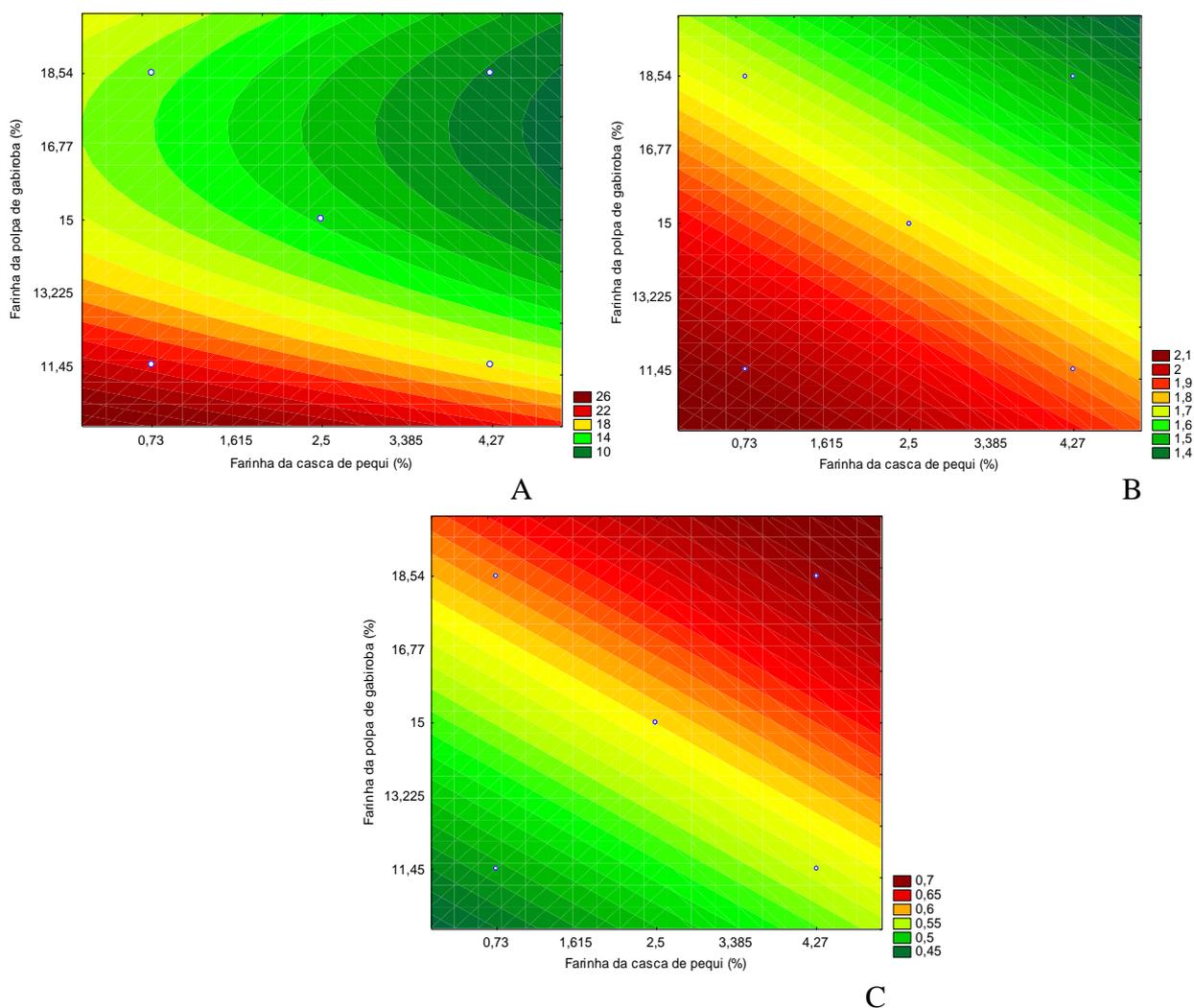
Volume de massa					
FV	SQ	gL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (5\%; 3; 7)$
Regressão	196,85	3	65,62	16,75	4,35
Resíduo	27,43	7	3,92		
Total	224,28	10			
Volume específico					
FV	SQ	gL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (5\%; 2; 8)$
Regressão	0,39	2	0,19	12,15	4,46
Resíduo	0,13	8	0,02		
Total	0,52	10			
Densidade					
FV	SQ	gL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (5\%; 2; 8)$
Regressão	0,05	2	0,02	11,63	4,46
Resíduo	0,02	8	0,00		
Total	0,06	10			

316 Notas: ^{FV} Fonte de variação; ^{SQ} Soma de quadrados; ^{gL} Graus de liberdade; ^{QM} Quadrado médio.

317 Ao analisar-se as curvas de contorno (Figura 1) geradas pelos modelos matemáticos
 318 referentes à variável volume de massa, nota-se que as faixas de substituição de 0,0% a 1,61%
 319 e 10% a 11% de farinha de trigo pelas farinhas da casca de pequi (x_1) e da polpa de gabirola
 320 (x_2), respectivamente, refere-se ao volume de massa > 26 mL, equiparável aos obtidos pela
 321 formulação padrão ($30,25 \pm 2,33$ mL; Tabela 2). Da mesma forma, as mesmas faixas de
 322 substituição determinaram volume específico $> 2,1$ mL g^{-1} , próximo aos resultados referentes
 323 ao volume específico da formulação padrão ($2,77 \pm 0,23$ mL g^{-1} ; Tabela 2), bem como
 324 resultaram nos menores valores relativos à densidade dos pães ($0,45$ g mL^{-1}), próximos aos
 325 encontrados na formulação padrão ($0,36 \pm 0,03$ g mL^{-1} ; Tabela 2). Portanto, para a obtenção
 326 de um produto de panificação com qualidade tecnológica comparada à formulação padrão de
 327 pão doce, pode-se optar em utilizar faixas de substituição que compreendem de 0,0% a 1,61%
 328 de farinha da casca de pequi (x_1) e de 10% a 11,5% de farinha da polpa de gabirola (x_2).

329 Figura 1 - Curva de contorno para (a) volume de massa, (b) volume específico e (c)
 330 densidade, em função das variáveis: farinha da casca de pequi e farinha da polpa de gabirola.
 331 **Legenda:** (a) volume de massa: 10 a 26 mL; (b) volume específico: 1,4 a 2,1 mL g^{-1} ; (c)
 332 densidade: 0,45 a 0,70 g mL^{-1} . Em todos os casos, são os resultados médios das variáveis
 333 respostas obtidas dos diferentes ensaios experimentais realizados.

334



335 Para verificar a validade dos modelos, foi realizado um experimento em quadruplicata
336 com as mesmas condições da realização do ensaio do primeiro ponto fatorial, com base nas
337 condições de obtenção do maior volume de massa, volume específico e menor densidade dos
338 pães. Dentre os resultados obtidos foram: i) volume de massa médio de $20,00 \pm 2,83$ mL
339 (exp.) e um resultado predito de 21,58 mL, com erro relativo de -7,9%; ii) volume específico
340 de $2,00 \pm 0,05$ mL g⁻¹ (exp.) e um resultado predito de 2,06 mL g⁻¹, com erro relativo de -
341 3,0%; iii) densidade de $0,50 \pm 0,01$ g mL⁻¹ (exp.) e um resultado predito de 0,47 g mL⁻¹, com
342 erro relativo de 6,0%. Pode-se observar que o erro relativo para os modelos volume de massa,
343 volume específico e densidade foram baixos, indicando que o modelo foi validado.

344 **2º Planejamento experimental**

345 No segundo experimento foram avaliados os efeitos da substituição parcial da farinha
346 de trigo pela farinha da casca do pequi e da água pela polpa de gabioba. Os resultados
347 referentes à avaliação tecnológica da massa (volume de massa e índice de expansão) e dos
348 pães (volume específico, densidade e perfil de textura) em função das substituições (farinha
349 da casca de pequi = x_1 e polpa de gabioba = x_2) estão demonstrados na Tabela 4. Utilizou-se
350 a mesma formulação padrão adotada no delineamento anterior.

351 De forma geral, as substituições promoveram redução do volume de massa e redução
352 da densidade e aumento do volume específico dos pães. Os tratamentos com 4,27% de farinha
353 de casca de pequi (FCP) e 34,18% de polpa de gabioba (PG) e 2,5% de farinha da casca de
354 pequi (FCP) e 40% de polpa de gabioba (PG) apresentaram maior dureza, embora a
355 mastigabilidade tenha aumentado apenas no tratamento com 4,27% de farinha da casca de
356 pequi (FCP) e 34,18% de polpa de gabioba (PG). Conforme Boz & Murat Karaoğlu (2013), a
357 mastigabilidade é uma variável dependente da dureza e, portanto, ambas, normalmente,
358 seguem um mesmo comportamento.

359 A partir da análise da estimativa dos efeitos (dados não mostrados), verifica-se que as
360 variáveis independentes utilizadas nas formulações dos pães não afetaram significativamente
361 ($p > 0,05$) as variáveis respostas volume e índice de expansão da massa, bem como o volume
362 específico e densidade dos pães, embora as variáveis texturais tenham sido influenciadas.
363 Entretanto, somente os ajustes obtidos para dureza e mastigabilidade foram aceitos, por
364 apresentarem coeficiente de determinação superior a 70%. Logo, os seguintes modelos
365 matemáticos reparametrizados foram obtidos (Equações 8 e 9).

366 Tabela 4 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais e codificados e teste de Duncan para efeito comparativo entre
 367 os ensaios e a formulação padrão.

Ensaio	Farinha da casca de pequi (x ₁)	Polpa de gabioba (x ₂)	Volume de massa (mL)	Índice de expansão	Volume específico (mL g ⁻¹)	Densidade (g mL ⁻¹)	Dureza (g.f)	Elasticidade (g.f)	Coesividade (g.sec)	Mastigabilidade	Resiliência
1	-1 (0,73)	-1 (5,86)	25,63 ± 1,11 ^{bc}	0,40 ± 0,01 ^{bc}	2,41 ± 0,02 ^c	0,41 ± 0,00 ^b	1.847 ± 290 ^{bcd}	0,95 ± 0,03 ^{ab}	0,75 ± 0,02 ^a	1.323 ± 197 ^{abc}	0,37 ± 0,02 ^a
2	+1 (4,27)	-1 (5,86)	22,50 ± 1,29 ^{bcd}	0,40 ± 0,01 ^b	2,36 ± 0,15 ^c	0,43 ± 0,03 ^b	1.637 ± 291 ^{cd}	0,93 ± 0,04 ^b	0,68 ± 0,04 ^a	1.034 ± 173 ^d	0,30 ± 0,02 ^c
3	-1 (0,73)	+1 (34,18)	17,50 ± 0,58 ^d	0,41 ± 0,01 ^{ab}	2,41 ± 0,13 ^c	0,42 ± 0,02 ^b	1.902 ± 241 ^{bc}	0,95 ± 0,01 ^b	0,73 ± 0,03 ^a	1.310 ± 146 ^{abcd}	0,33 ± 0,01 ^{abc}
4	+1 (4,27)	+1 (34,18)	20,38 ± 1,11 ^{cd}	0,38 ± 0,01 ^c	2,02 ± 0,13 ^d	0,50 ± 0,03 ^a	2.362 ± 317 ^a	0,92 ± 0,06 ^b	0,73 ± 0,01 ^a	1.577 ± 125 ^a	0,34 ± 0,01 ^{abc}
5	-1,41 (0)	0 (20)	27,25 ± 1,32 ^{ab}	0,40 ± 0,00 ^b	4,02 ± 0,13 ^b	0,25 ± 0,01 ^{de}	2.115 ± 141 ^{ab}	0,92 ± 0,02 ^b	0,74 ± 0,02 ^a	1.438 ± 45 ^{ab}	0,35 ± 0,02 ^{ab}
6	+1,41 (5)	0 (20)	23,88 ± 1,03 ^{bc}	0,40 ± 0,01 ^{ab}	3,90 ± 0,06 ^b	0,26 ± 0,00 ^d	1.839 ± 261 ^{bcd}	0,89 ± 0,04 ^b	0,70 ± 0,03 ^a	1.148 ± 118 ^{cd}	0,31 ± 0,03 ^{bc}
7	0 (2,5)	-1,41 (0)	32,25 ± 2,22 ^a	0,43 ± 0,01 ^a	4,49 ± 0,12 ^a	0,22 ± 0,01 ^e	1.491 ± 152 ^d	0,97 ± 0,01 ^{ab}	0,71 ± 0,02 ^a	1.033 ± 108 ^d	0,33 ± 0,01 ^{abc}
8	0 (2,5)	+1,41 (40)	21,50 ± 1,00 ^{cd}	0,40 ± 0,02 ^{ab}	4,14 ± 0,08 ^b	0,24 ± 0,00 ^{de}	2.007 ± 339 ^{abc}	0,92 ± 0,04 ^b	0,70 ± 0,02 ^a	1.288 ± 219 ^{bcd}	0,30 ± 0,02 ^c
9	0 (2,5)	0 (20)	30,92 ± 6,13 ^a	0,42 ± 0,02 ^{ab}	4,10 ± 0,29 ^b	0,25 ± 0,02 ^{de}	1.663 ± 268 ^{cd}	0,92 ± 0,03 ^b	0,73 ± 0,03 ^a	1.1113 ± 192 ^{cd}	0,33 ± 0,03 ^{abc}
Pão Controle	-	-	31,50 ± 1,73 ^a	0,40 ± 0,02 ^b	2,60 ± 0,18 ^c	0,39 ± 0,03 ^c	1.827 ± 161 ^{bcd}	1,02 ± 0,14 ^a	0,72 ± 0,09 ^a	1.218 ± 205 ^{abc}	0,33 ± 0,06 ^{bc}

368 Notas: Os valores são médios (n=4) ± desvio padrão de análises realizadas em quadruplicata, incluindo a formulação padrão. Diferentes letras na mesma coluna apresentam
 369 diferenças significativas a um nível de 5% de significância (p<0,05). **Observação:** Volume de massa e índice de expansão foram determinados na massa antes do assamento.

370 Dureza = $1721,156 + 157,320x_1^2 + 188,643x_2 + 167,270x_1x_2$; $R^2 = 84,64\%$ (Equação 8)

371 Mastigabilidade = $1155,307 + 97,877x_1^2 + 111,460x_2 + 138,947x_1x_2$; $R^2 = 75,41\%$ (Equação
372 9)

373 Quanto à dureza do miolo, de fato, os resultados mostraram que a farinha da casca de
374 pequi (x_1) e a polpa de gabioba (x_2) apresentaram um efeito quadrático e linear,
375 respectivamente, significativos ($p < 0,05$), influenciando positivamente essas variáveis
376 texturais. Mesma condição observada para a interação entre os dois fatores analisados (x_1 e
377 x_2) (Equação 6). Dessa forma, pode-se prever que o aumento no nível de substituição entre
378 ambas as variáveis independentes promove um incremento significativo ($p < 0,05$) na textura e
379 mastigabilidade (Equação 7). Esse incremento pode ser relacionado com a redução da
380 quantidade de água utilizada no processo de fabricação dos pães.

381 O volume e índice de expansão da massa e volume específico e densidade dos pães
382 não se alteraram, em comparação ao controle ($p < 0,05$), a despeito das quantidades
383 substituídas de farinha da casca de pequi (x_1) e polpa de gabioba (x_2). No entanto, alguns
384 estudos verificaram que o aumento do percentual de incorporação de suco de manga, de
385 goiaba, suco misto de acerola e manga e polpa de manga Ubá, utilizados para enriquecer
386 nutricionalmente diferentes formulações de pães promoveram uma redução no volume
387 específico desses produtos panificáveis desenvolvidos (Amaya, Pinheiro, Brasil, Goes, &
388 Zambelli, 2013; Amaya, Pinheiro, Brasil, Melo, & Zambelli, 2013; Brasil, 2017; Zambelli et
389 al., 2014). De acordo com Paz et al. (2015), esses resultados são atribuídos à descontinuidade
390 do glúten, sugerindo que a incorporação desses ingredientes restringe o desenvolvimento
391 adequado da rede proteica viscoelástica – assim como a redução de parte da água, conforme
392 visto neste estudo – podendo ocasionar redução no volume da massa e conseqüentemente
393 proporcionar um incremento na dureza e mastigabilidade.

394 A ANOVA (Tabela 5) corresponde aos modelos de regressão ajustados para as
395 variáveis dureza e mastigabilidade, em função das variáveis farinhas da casca de pequi (x_1) e
396 polpa de gabioba (x_2). Verifica-se que os modelos são significativos ($p < 0,05$), devido ao
397 F_{calc} ser maior que F_{tab} ($F_{calc} > F_{tab}$) e a percentagem de variação explicada pelos modelos
398 apresentarem um bom ajuste ($R^2 > 0,70$).

399 Tabela 5 - ANOVA da regressão para a resposta dureza e mastigabilidade.

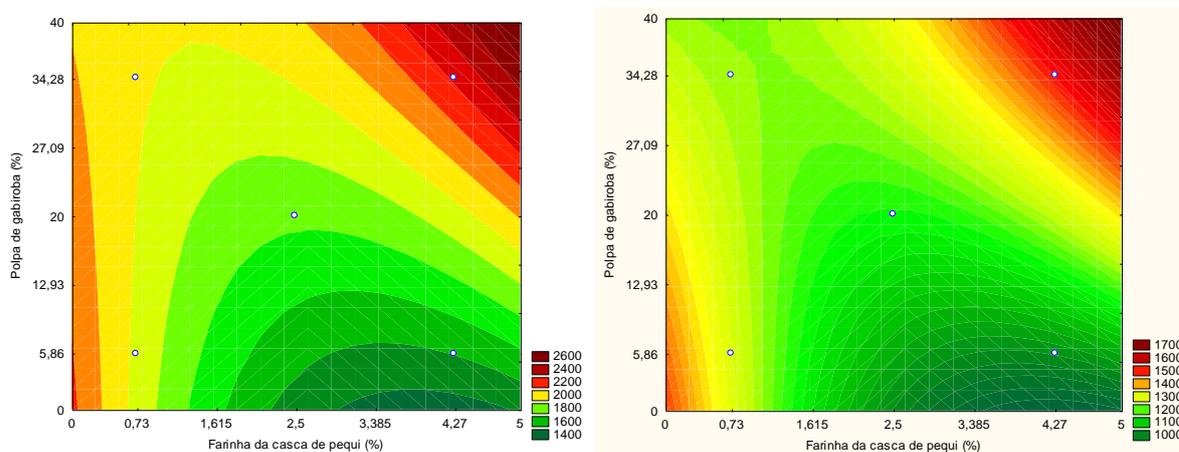
Dureza					
FV	SQ	gL	QM	F _{calc}	F _{tab} (5%; 3; 7)
Regressão	549.604	3	183.201	12,86	4,35
Resíduo	99.743	7	14.249		
Total	649.347	10			
Mastigabilidade					
FV	SQ	gL	QM	F _{calc}	F _{tab} (5%; 2; 8)
Regressão	235.831	2	78.610	7,15	4,46
Resíduo	76.900	8	1.0985		
Total	312.732	10			

400 Notas: ^{FV} Fonte de variação; ^{SQ} Soma de quadrados; ^{gL} Graus de liberdade; ^{QM} Quadrado médio.

401 Pela análise das curvas de contorno (Figura 2), referente ao modelo obtido da variável
 402 resposta dureza, para a obtenção de um produto que se assemelha a formulação padrão (1.827
 403 \pm 161 g.f; Tabela 5), pode-se optar em utilizar as faixas de substituição que compreendem
 404 entre 1,6% a 5,0% de farinha da casca de pequi (x_1) e entre 0% a aproximadamente 18% de
 405 substituição por polpa de gabioba (x_2), uma vez que, tais níveis de substituições
 406 compreendem resultados que equiparam-se a formulação padrão (1.800 g.f; Figura 2). Mesma
 407 condição é observada para a variável referente à mastigabilidade do miolo. Desta forma, os
 408 menores níveis de substituições entre 1,6% a 5,0% de farinha da casca de pequi (x_1) e até 20%
 409 de polpa de gabioba (x_2), determinam mastigabilidade de 1.200,00 (Figura 2) que mais se
 410 aproxima à obtida para formulação padrão (1.212 \pm 205; Tabela 5). Portanto, pode-se optar
 411 em utilizar faixas de substituição que compreendem de 1,6% a 5,0% de farinha da casca de
 412 pequi (x_1), em relação à farinha de trigo e até 20% de polpa de gabioba (x_2), em relação à
 413 água utilizada no processo de elaboração dos pães.

414 Para verificar a validade dos modelos, foram realizadas as mesmas condições do
 415 ensaio do primeiro ponto fatorial (ensaio 1), com base nos resultados obtidos pela formulação
 416 padrão, para as variáveis dureza e mastigabilidade (Tabela 4). Dessa maneira, os resultados
 417 experimentais foram comparados a partir de teste de médias, com os resultados preditos.
 418 Dentre os resultados obtidos foram: i) dureza de 1.627 \pm 152 g.f. (exp.) e um resultado predito
 419 de 1.857 g.f., com erro relativo de -14% e ii) mastigabilidade de 1.247 \pm 153 (exp.) e um
 420 resultado predito de 1.280, com erro relativo de -2,7%. Pode-se observar que o erro relativo
 421 para os modelos dureza e mastigabilidade foram baixos, indicando que o modelo foi validado.

422 Figura 2 - Curva de contorno para (a) dureza e (b) mastigabilidade, em função das variáveis:
 423 farinha da casca de pequi (x_1) e polpa de gabirola (x_2). **Legenda:** (a) dureza: 1.400 a 2.600
 424 g.f; (b) mastigabilidade 1.000 a 1.700 (adimensional). Em ambos os casos, são os resultados
 425 médios das variáveis respostas obtidas dos diferentes ensaios experimentais.



A

B

427 CONCLUSÃO

428 A substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da casca de pequi e farinha da
 429 polpa de gabirola não afeta as variáveis analisadas nas massas e nos pães, com exceção ao
 430 volume de massa, volume específico e densidade dos pães – quanto menor o nível de
 431 substituição da farinha de trigo pelas farinhas desses frutos e seus coprodutos, maior será o
 432 volume da massa e menor será a densidade dos pães doces.

433 A substituição parcial da água pela polpa de gabirola e da farinha de trigo pela farinha
 434 da casca de pequi não afeta as variáveis analisadas nas massas e nos pães, com exceção a
 435 dureza e mastigabilidade dos pães – quanto menor a substituição da água pela polpa, menor a
 436 dureza e mastigabilidade dos pães doces.

437 As faixas ideais de substituição de farinha de trigo por farinha da casca de pequi e
 438 farinha da polpa de gabirola compreendem de 1,61% a 5,0% e 10% a 11,5%,
 439 respectivamente, e a substituição de água por polpa de gabirola, até 20%.

440 AGRADECIMENTOS

441 Os autores agradecem a CAPES (PROCAD 88881.068456/2014-01), ao CNPq
 442 (PQ304413/2016-0) e a FAPEMIG (PPM-00355-17) pelo aporte financeiro.

443 REFERÊNCIAS

- 444 AACC (2000). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists* (11th
445 edition). St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
446
- 447 ABIP. (2018). *Indicadores da panificação e confeitaria 2018*. Disponível em:
448 <<https://www.abip.org.br/site/tendencias-de-mercado-e-indicadores-2018/>>. Acessado
449 dia: 22 de janeiro de 2020.
- 450 Almeida, A. B., Silva, A. K. C., Lodete, A. R., Egea, M. B., Lima, M. C. P. M., & Silva, F. G.
451 (2019). Assessment of chemical and bioactive properties of native fruits from the
452 Brazilian Cerrado. *Nutrition and Food Science*, 403(6772), 853–858.
- 453 Amaya, D. A. D., Pinheiro, G. K., Brasil, D. L., Goes, T. S., & Zambelli, R. A. (2013).
454 Influência do suco de goiaba na capacidade de expansão das massas para produção de
455 pães tipo forma. *Revista Magistra*, 26, 1886–1890.
- 456 Amaya, D. A. D., Pinheiro, G. K., Brasil, D. L., Melo, P. E. F., & Zambelli, R. A. (2013).
457 Incorporação de suco de manga em formulações de pães tipo forma: avaliação das
458 características físicas. *Revista Magistra*, 26, 1825–1828.
- 459 Benassi, V. T., & Watanabe, E. (1997). *Fundamentos da tecnologia de panificação*. Rio de
460 Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de
461 Alimentos, 60p.
- 462 Borges, J. T. S., Pirozi, M. R., de Paula, C. D., Ramos, D. L., & Chaves, J. B. P. (2011).
463 Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral
464 de linhaça. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(1), 83–96.
- 465 Boz, H., & Karaoğlu, M. M. (2013). Improving the quality of whole wheat bread by using
466 various plant origin materials. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(5), 457–466.
- 467 Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Valor nutricional da guariroba. 2015.
468 Colombo - PR, Brasil.
- 469 Brasil, D. L. (2017). *Pão de forma adicionado de polpa de manga ubá e sem adição de*
470 *sacarose: Análises físicas, químicas e reológicas*. Dissertação (Mestrado em Ciência e
471 Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa.
- 472 Chen, Y., Zhao, L., He, T., Ou, Z., Hu, Z., & Wang, K. (2019). Effects of mango peel powder
473 on starch digestion and quality characteristics of bread. *International Journal of*
474 *Biological Macromolecules*, 140, 647–652.
- 475 Cunha, M. C., Cunha, M. C., Lago, R. C., Melo, R. S., Almeida, L. C., Pereira, J., Alves, J. G.
476 F., Carvalho, E. E. N., Vilas Boas, E. V. B. (2021). Using Response Surface
477 Methodology to evaluate of pequi flour and pulp on sweet bread development. *Acta*
478 *Scientiarum. Technology*.
- 479 Danza, A., Mastromatteo, M., Cozzolino, F., Lecce, L., Lampignano, V., Laverse, J., &
480 Nobile, M. A. Del. (2014). Processing and characterization of durum wheat bread
481 enriched with antioxidant from yellow pepper flour. *LWT - Food Science and*

- 482 *Technology*, 59, 479–485.
- 483 Garzón, R., Rosell, C. M., Malvar, R. A., & Revilla, P. (2017). Diversity among maize
484 populations from Spain and the United States for dough rheology and gluten-free
485 breadmaking performance. *International Journal of Food Science and Technology*,
486 52(4), 1000–1008.
- 487 Jekle, M., Fuchs, A., & Becker, T. (2018). A normalized texture profile analysis approach to
488 evaluate firming kinetics of bread crumbs independent from its initial texture. *Journal of*
489 *Cereal Science*, 81, 147–152.
- 490 Landrum, L. R. (1986). *Campomanesia, Pimenta, Blepharocalyx, Legrandia, Acca,*
491 *Myrrhinium and Luma (Myrtaceae)*. New York: New York Botanical Garden Press.
- 492 Leão, D. P., Botelho, B. G., Oliveira, L. S., & Franca, A. S. (2018). Potential of pequi
493 (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by
494 microwave assisted extraction. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 575–580.
- 495 Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017).
496 Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and
497 proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)
498 fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146–153.
- 499 Lira, A. P. (2017). *Aplicação de farinhas de cogumelos na produção de pão e avaliação das*
500 *propriedades tecnológicas e sensoriais*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência
501 de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- 502 Machado, A. V., Pereira, J. (2010). Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e
503 reológicas da massa e do pão de queijo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(2), 421–427.
- 504 Maretí, M. C., Grossmann, M. V. E., & Benassi, M. T. (2010). Características físicas e
505 sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. *Ciência e Tecnologia de*
506 *Alimentos*, 30(4), 878–883.
- 507 Morzelle, M. C., Bachiega, P. P., Souza, E. C., Vilas Boas, E. V. B., & Lamounier, M. L.
508 (2015). Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici
509 provenientes do Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 96–103.
- 510 Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kents, J. (2000).
511 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 16(4), 853–858.
- 512 Paz, M. F., Shumann, R. V. M. C., Corrêa, L. B., & Corrêa, É. K. (2015). Características
513 tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz desengordurado. *Brazilian Journal*
514 *of Food Technology*, 18(2), 128–136.
- 515 Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H., & Jafari, S. M. (2014). Recent
516 developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the
517 production of healthy-functional bread: a review. *Journal of Food Science and*
518 *Technology*, 51(11), 2896–2906.
- 519 Rocha, L. S. (2007). *Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de pães de*
520 *forma elaborados com subprodutos de baru (Dipteryx alata Vog.)*. Dissertação

- 521 (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás.
- 522 Rodrigues, M. I., & Iemma, A. F. (2014). *Experimental Design and Process Optimization* (C.
523 Press, Ed.). Campinas.
- 524 Santos, J., Silva, G., Santos, J., & Oliveira, A. (2010). Processing and evaluation of the
525 stability of the green banana flour. *Exacta*, 8, 219–224.
- 526 Santos, M. S., Lima, J. J., Petkowicz, C. L. O., & Candido, L. M. B. (2013). Caracterização
527 química e avaliação do potencial antioxidante do doce em massa de gabioba
528 (Campomanesia xanthocarpa Berg). *Acta Scientiarum - Agronomy*, 35(1), 73–82.
- 529 Silva, E. P., Vilas Boas, E. V. B., Rodrigues, L. J., Siqueira, H. H. (2009). Caracterização
530 física, química e fisiológica de gabioba (*Campomanesia pubescens*) durante o
531 desenvolvimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(4), 803–809.
- 532 Statsoft (2008). STATISTICA (Data Analysis Software System). Disponível em:
533 <<http://www.statsoft.com>>. Acessado dia: 15 de dezembro de 2020.
- 534 Team, R. C. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation
535 for Statistical Computing. < <http://www.r-project.org/>>. Acessado dia: 18 de janeiro
536 2020.
- 537 Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., & Mandala, I. (2014). Development of gluten free
538 bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*,
539 58, 124–129.
- 540 Uekane, T. M., Nicolotti, L., Griglione, A., Bizzo, H. R., Rubiolo, P., Bicchi, C., Rocha-Leão,
541 M. H., Rezende, C. M. (2017). Studies on the volatile fraction composition of three
542 native Amazonian-Brazilian fruits: Murici (*Byrsonima crassifolia* L., Malpighiaceae),
543 bacuri (*Platonia insignis* M., Clusiaceae), and sapodilla (*Manilkara sapota* L.,
544 Sapotaceae). *Food Chemistry*, 219, 13–22.
- 545 Vilhalva, D. A. A., Júnior, M. S., Moura, C. M. A., Caliari, M., Souza, T. A. C., & Silva, F.
546 A. (2011). Aproveitamento da farinha da casca de mandioca na elaboração de pão de
547 forma. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 70(4), 514–535.
- 548 World: *Bread and Bakery* - Market Report. Analysis and Forecast to 2025. Global bread and
549 bakery consumption continue to experience modest growth. Disponível em:
550 <<https://www.bizcommunity.com/PDF/PDF.aspx?l=1&c=162&ct=1&ci=176273>>.
551 Acessado em: 30 de junho de 2019.
- 552 Zambelli, R. A., Araújo, M. M. N., Melo, S. C. P., Pinto, L. I. F., Melo, P. E. F., & Pontes, D.
553 F. (2014). *Inovação tecnológica no processamento de pães: otimização da incorporação*
554 *de suco de acerola e manga*. ____ In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química,
555 19 a 22 de outubro de 2014. Anais Florianopolis-SC, 2014.
- 556 Zambelli, R.A. (2015). *Desenvolvimento de uma metodologia de glazeamento para massa*
557 *congeladas de pães tipo forma*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
558 - Universidade Federal do Ceará.

ARTIGO 5 - GABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* O. BERG) E CASCA DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) AGREGAM VALOR NUTRICIONAL E FUNCIONAL A PÃES DOCES SEM ALTERAR SUA ACEITAÇÃO SENSORIAL

(VERSÃO PRELIMINAR)

Normas da Revista Journal of the Science of Food and Agriculture

ISSN: 1097-0010

Título abreviado: Qualidade nutricional e funcional de pães doces & percepção sensorial de crianças

Mariana Crivelari da Cunha¹, Piêtra Campos e Sousa¹, Laila Hostalácio Terra¹, Daiana Ribeiro Vilela¹, Ana Lázara Matos Oliveira¹, Nadjla Miranda Vilela Goulart¹, Hanna Elísia Araújo de Barros¹, Jéssyca Santos Silva¹, Sérgio Domingos Simão², Lidiany Mendonça Zacaroni Lima³, Joelma Pereira¹, Elisângela Elena Nunes de Carvalho¹, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^{1*}.

¹ *Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Lavras – Minas Gerais, Brasil.*

² *Universidade Federal de Lavras, Departamento de Estatística, Lavras – Minas Gerais, Brasil.*

³ *Universidade Federal de Lavras, Departamento de Química, Lavras – Minas Gerais, Brasil.*

*Autor correspondente: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

E-mail: evbvboas@ufla.br

1 ABSTRACT

2 **Background:** The incorporation of Brazilian native fruit pulp and flour, in the development
3 of new formulations of flour-based products, such as breads, is an interesting alternative,
4 mainly with the aim of increasing the nutritional and functional content, being able to expand
5 and disseminate the consumption of this product and native fruit, being able to enrich
6 nutritionally part of the meals served in school meals.

7 **Results:** The substitution effect promoted significant changes ($p < 0.05$) between the
8 treatments of the colour variables [L^* , C^* (crumb and crust of breads) and $^{\circ}$ hue (crumb of
9 breads)], such changes can be attributed to non-enzymatic browning in the crust and the
10 predominance of the colour of the ingredients used in the formulations. In addition, there have
11 been significant changes ($p < 0.05$) in the texture properties of sweet breads, such as increased
12 hardness and chewiness. As for nutritional properties, there were significant changes ($p < 0.05$)
13 in the breads due to the reduction of moisture and increase in lipid and ash content. Moreover,
14 the substitutions promoted significant increases ($p < 0.05$) in the levels of total phenolic
15 compounds and vitamin C, as well as in the antioxidant activity of sweet breads. The
16 majoritary phenolic compounds present in the pequi husk flour and in the sweet breads
17 enriched with this flour were: catechin, galic acid and resveratrol. All formulations obtained
18 scores that classify them in hedonic terms as “liked” and “loved”, while, the substitutions
19 performed did not interfere ($p > 0.05$) in the sensory acceptance of the breads and therefore can
20 be implemented in school meals.

21 **Conclusion:** The effect of replacing the ingredients (wheat flour and water) with pequi husk
22 flour, gabioba pulp flour and gabioba pulp, contributed to the increase in lipid and ash
23 contents. As well as in functional enrichment, with the increase of phenolic compounds and
24 vitamin C. However, substitution promoted changes in colour parameters and texture
25 properties, such as increased hardness and chewiness. Moreover, all formulations showed
26 good sensory acceptance and, therefore, sweet breads can be implemented in school meals
27 because they contribute to and comply with the nutritional recommendations established by
28 the Brazilian School Feeding Program (PNAE).

29 **Keywords:** Bakery Technology, Cerrado fruits, School meals, Multivariate analysis.

30 1 INTRODUÇÃO

31 Dos seis biomas brasileiros, o Cerrado é o segundo mais extenso e vem sendo tratado
32 como *hotspot* mundial ¹, devido à sua reconhecida rica biodiversidade ameaçada pela
33 expansão não sustentável do agronegócio, que vem provocando alarmantes taxas de perdas da
34 flora e fauna nativas.

35 Referente à flora, o Cerrado brasileiro destaca-se pelo potencial de suas espécies
36 frutíferas nativas, no entanto, uma pequena fração desse potencial é conhecida e utilizada
37 adequadamente ² em especial o potencial de suas frutas para consumo *in natura* ou na forma
38 processada, que regionalmente fazem parte de diversas preparações culinárias. Dentre as
39 espécies frutíferas que apresentam potencialidades, destacam-se a gabirobeira
40 (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), pertencente à família *Myrtaceae* e o pequizeiro
41 (*Caryocar brasiliense* Camb.), pertencente à família *Caryocaraceae*.

42 Os frutos da gabirobeira, conhecidos popularmente como gabiropa, guabiropa,
43 gabirova, guavirova e guavira, são muito apreciados por suas características sensoriais. Eles
44 apresentam polpa suculenta, agridoce, com pequenas sementes, formato arredondado e casca
45 de coloração amarelada, quando maduros. Normalmente são consumidos na sua totalidade,
46 sem descarte de casca ou sementes. Quanto à composição nutricional, a gabiropa apresenta
47 elevados teores de umidade e fibra alimentar, com baixo valor energético, além de
48 consideráveis concentrações de cálcio, zinco, potássio e ferro ³. Contêm também, quantidades
49 apreciáveis de compostos bioativos, principalmente vitamina C e compostos fenólicos ⁴.

50 Pequi, piqui ou piquiá são nomes dados aos frutos do pequizeiro, que são constituídos
51 pelo exocarpo fino verde acinzentado aderido ao mesocarpo externo amarelo-claro, conjunto
52 normalmente chamado de casca, que recobre de um a três pirênios, constituídos pelo
53 mesocarpo interno, porção mais apreciada do fruto, do endocarpo espinhoso e da semente. A
54 casca, que representa quase 80% da massa total do fruto, é descartada nas preparações
55 culinárias envolvendo o pequi, embora apresente grande potencial funcional e nutricional,
56 com destaque para as fibras, fenólicos e alta atividade antioxidante ^{5,6}. Não obstante, estudos
57 científicos sobre o uso desse resíduo agroindustrial são escassos.

58 Ambos frutos, gabiropa e pequi, apresentam potencial para serem inseridos e
59 enriquecerem nutricional e funcionalmente produtos de amplo consumo, como os de
60 panificação. Dessa forma, a incorporação desses frutos, na forma de farinhas ou polpas na
61 elaboração de produtos panificáveis, estimula a diversificação da produção deste segmento,
62 além de ampliar e difundir o consumo de pães e frutos nativos, podendo atender às

63 necessidades nutricionais de diversas populações, de diversas faixas etárias e com diversos
64 estilos de vida, em especial, crianças em idade escolar. Ainda, pode ser usada como forma de
65 valorização do *hotspot* Cerrado estimulando sua exploração sustentável.

66 Os Programas de Alimentação Escolar estão presentes em diferentes países e
67 alimentam aproximadamente 368 milhões de crianças diariamente em todo o mundo ⁷. No
68 Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) criado no início da década de
69 1950 é um dos maiores e mais bem sucedidos programas de alimentação escolar. Esse
70 programa tem por objetivo fornecer alimentação adequada e saudável a todos os alunos
71 matriculados na educação básica das escolas públicas do país. Suas diretrizes seguem os
72 princípios do emprego da alimentação saudável e adequada, compreendendo o uso de
73 alimentos variados e seguros, cobrindo as necessidades nutricionais (mínimo 20%) durante o
74 período de permanência dos estudantes nas escolas ^{8,9}. Além disso, suas diretrizes tiveram seu
75 escopo ampliado por meio da Lei nº 11.947/2009 que garante a obrigatoriedade do Estado
76 pela aquisição de no mínimo 30% do valor repassado na compra direta de produtos da
77 agricultura familiar ^{8,10}.

78 Recentemente, a proposta de incluir itens de panificação na merenda escolar no Brasil
79 foi aprovada no Projeto de Lei 7.745/2017 criando um percentual adicional de 5% dos
80 recursos repassados na compra de produtos panificáveis produzidos por micro e pequenos
81 empreendedores locais ¹¹. Contudo, o pão, uma das fontes calóricas mais importantes da
82 humanidade, o que sugere a importância de seu enriquecimento nutricional e funcional, que
83 pode ser obtido pela incorporação de farinhas, polpas e subprodutos do processamento de
84 frutas nas formulações tradicionais. Logo, o uso de polpa e farinhas de frutos do Cerrado
85 desponta como uma alternativa viável de agregação de valores a esses frutos, ainda pouco
86 conhecidos e aos produtos da panificação, gerando-lhes o apelo da saudabilidade.

87 Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos desenvolver pães doces
88 utilizando farinhas da polpa de gabioba e casca do pequi, em substituição parcial a farinha de
89 trigo, e polpa de gabioba, em substituição parcial à água, e avaliar a qualidade dos produtos
90 elaborados, por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. No melhor de nosso
91 conhecimento, esta é a primeira vez que em que a gabioba e casca de pequi são estudadas
92 como substituintes em formulações tradicionais de pães.

93 **2 MATERIAL E MÉTODOS**

94 **2.1 Obtenção das matérias-primas**

95 A polpa de gabioba (*Campomanesia xantocarpa* O. Berg) utilizada na elaboração dos
96 pães doces foi adquirida da empresa Sítio do Bello Frutas Nativas, localizada na cidade de
97 Paraibuna – São Paulo, Brasil. A polpa congelada foi transportada em caixas isotérmicas e
98 acondicionada com gelo seco até o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da
99 Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Em seguida, as polpas foram
100 armazenadas a -18 °C, até sua utilização.

101 O pequi foi coletado e adquirido na cidade de Montes Claros – Minas Gerais, Brasil.
102 Os frutos foram selecionados e submetidos à pré-lavagem em água corrente, para a retirada de
103 sujidades mais grosseiras e posteriormente foram sanitizados em solução contendo hipoclorito
104 de sódio a 100 ppm, durante 15 minutos e em seguida partidos ao meio, separando-se a casca
105 (exocarpo + mesocarpo externo) dos pirênios. As cascas foram acondicionadas em sacos
106 plásticos de polietileno e armazenadas a -18 °C até a elaboração da farinha da casca de pequi.

107 **2.2 Obtenção das farinhas da polpa de gabioba e da casca do pequi**

108 Para obtenção da farinha da polpa de gabioba, as polpas congeladas foram dispostas
109 em formas de alumínio e secas em estufa a 65 °C por 24 horas. Posteriormente, foram
110 trituradas em moinho de facas refrigerado, modelo TE-631/3, marca TECNAL[®], peneiradas,
111 utilizando-se peneira de Mesh nº 35 com 0,5 mm e homogeneizadas, para a obtenção de
112 material com granulidade uniforme.

113 Para a obtenção da farinha da casca do pequi foi realizado branqueamento a vapor, por
114 12 minutos, a fim de evitar o escurecimento enzimático do mesocarpo externo. Em seguida, as
115 cascas branqueadas foram dispostas em formas de alumínio e secas a 65 °C por 24 horas. Para
116 obtenção da farinha da casca, o material seco foi triturado em moinho de facas, peneirado em
117 peneira de Mesh nº 9 com 2,2 mm e homogeneizado. As farinhas obtidas foram
118 acondicionadas em embalagens plásticas compostas de cinco camadas (polietileno de baixa
119 densidade, adesivo, poliamida, adesivo e polietileno de baixa densidade), com dimensões de
120 22 cm x 15 cm, seladas a vácuo e mantidas em local seco e arejado até a elaboração dos pães.

121 **2.3 Processamento dos pães doces**

122 Os pães tiveram a formulação de base composta pelos seguintes ingredientes: farinha
123 de trigo, água, leite em pó, açúcar cristal, fermento biológico, ovos, óleo de soja e sal, além da
124 substituição parcial da farinha de trigo por 1,5% de farinha de casca de pequi e 10,5% de

125 farinha da polpa de gabirola e da substituição de 20% de água por polpa de gabirola. As
126 concentrações utilizadas neste estudo, referente às matérias-primas alvo, foram definidas em
127 estudo prévio. Utilizou-se o método direto de fermentação, sendo todos os ingredientes secos
128 e os ovos (farinha de trigo, açúcar cristal, ovos fermento e leite em pó) inicialmente
129 homogeneizados, adicionando-se, em seguida, os ingredientes úmidos (água e óleo). Por fim,
130 adicionou-se o sal até o desenvolvimento da rede de glúten ou “ponto de véu”. A massa foi
131 misturada em batedeira Wallita[®] com cinco velocidades e 250W de potência, na velocidade
132 máxima por cinco minutos. Posteriormente, a massa foi pesada, dividida, boleada e modelada
133 no modelador de pães G.Painz[®] e levada à câmara de fermentação Klimaquip[®] (30 °C e ±
134 90% UR) por uma hora e trinta minutos. Logo após, a massa fermentada foi submetida ao
135 forneamento em forno elétrico semi-industrial Pratical Techicook[®], a 150 °C por 20 minutos.
136 Os pães foram, então, resfriados à temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno
137 e após 180 minutos de resfriamento, procedeu-se as análises físicas (coloração, perfil de
138 textura e umidade) e sensorial. Os pães foram congelados utilizando-se nitrogênio líquido e
139 embalados em sacos de polietileno e por fim acondicionados a -18 °C em freezer, até
140 realização das análises químicas.

141 **2.4 Delineamento experimental**

142 Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 2 x 2 x 2,
143 sendo dois níveis do fator “farinha da casca de pequi”, em substituição parcial à farinha de
144 trigo (0% e 1,5%), 2 níveis do fator “farinha da polpa de gabirola”, em substituição parcial à
145 farinha de trigo (0% e 10,5%) e 2 níveis do fator “polpa de gabirola”, em substituição parcial
146 à água (0% e 20%), com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de quatro
147 pães. A seleção dos diferentes níveis de substituição foi definida a partir de um planejamento
148 experimental realizado previamente.

149 Os tratamentos foram: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5%
150 FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈:
151 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG:
152 farinha da polpa de gabirola; PG: polpa de gabirola.

153 **2.5 Análises**

154 **2.5.1 Coloração**

155 As medições da cor da crosta e do miolo dos pães doces foram realizadas utilizando o
156 colorímetro Konica Minolta CR-400 (Minolta, São Paulo, Brasil) calibrado de acordo com o
157 sistema CIE com medição de L*, C* e h° (iluminante D₆₅).

158 **2.5.2 Perfil de textura**

159 As variáveis de textura foram determinadas de acordo com Garzón et al.¹² e Jekle,
160 Fuchs & Becker¹³ utilizando o analisador de textura (modelo TA – XT2i, Stable Micro
161 Systems, Reino Unido) com probe cilíndrica de 36 mm, programado para execução de dois
162 ciclos. As medições foram realizadas sob as seguintes condições: velocidade de pré e pós-
163 teste de 5 mm s⁻¹; velocidade de teste de 2 mm s⁻¹; distância de compressão de 5,0 mm;
164 intervalo entre os ciclos de 10 s. Para a realização do teste foram colocadas duas fatias de pão
165 doce sobrepostas, de 1 cm cada. As amostras foram comprimidas cerca de 50% da sua altura
166 original. Dureza (g.f), elasticidade (g.f), coesividade (g.sec) e mastigabilidade foram
167 determinadas.

168 **2.5.3 Composição centesimal e valor energético**

169 A composição centesimal foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela
170 *Association of Official Analytical Chemists*¹⁴. Os níveis de extrato não nitrogenado (fração
171 glicídica) foram calculados subtraindo-se os valores obtidos das análises anteriores de 100 g
172 de amostra, na matéria integral. O valor energético total foi estimado utilizando os valores de
173 conversão de Atwater, descrito por Zou et al.¹⁵. Os resultados foram expressos em
174 percentagem de matéria integral (g 100 g⁻¹) e em quilocalorias (kcal 100 g⁻¹), respectivamente.

175 **2.5.4 Fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante**

176 Para a obtenção dos extratos antioxidantes foi utilizada a metodologia descrita por
177 Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto¹⁶. Uma porção de 2,5 g de cada amostra, juntamente com
178 20 mL de álcool metílico 50% (v/v), foi homogeneizada e deixada em repouso por uma hora à
179 temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após esse período, o homegenato foi centrifugado a
180 8.832× g, durante 15 minutos e o sobrenadante transferido para um balão de 50 mL. Ao
181 resíduo foram adicionados 20 mL de acetona 70% (v/v), repetindo-se o procedimento de
182 extração. O segundo sobrenadante foi juntado ao primeiro, no balão volumétrico,

183 completando-se o volume com água destilada. Os extratos obtidos foram utilizados para a
184 determinação da atividade antioxidante e de fenólicos totais.

185 O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-
186 Ciocalteu¹⁷. As leituras de absorvâncias foram medidas espectrofotometricamente a 750 nm.
187 Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de amostra. A análise de
188 vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina¹⁸.
189 As amostras foram analisadas em espectrofotômetro a 520 nm e os resultados foram expressos
190 em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹.

191 Para a determinação da atividade antioxidante foram utilizados os seguintes métodos:

192 i) Método ABTS^{•+}: realizada segundo a metodologia descrita por Re et al.¹⁹, a absorvância foi
193 lida a 734 nm em espectrofotômetro e os resultados expressos em µmol de trolox g⁻¹ de
194 amostra; ii) Método DPPH: realizado segundo a metodologia descrita por Brand-Williams,
195 Cuvelier & Berset²⁰, as leituras de absorvância foram medidas em espectrofotômetro a 515
196 nm e os resultados expressos IC₅₀ em mg mL⁻¹ de DPPH; iii) Método β-caroteno/ácido
197 linoleico: realizada segundo a metodologia descrita por Miller²¹, a absorvância foi lida a 470
198 nm por espectrofotômetro e os resultados expressos em porcentagem de proteção e iv) Método
199 FRAP: realizado de acordo com a metodologia descrita por Pulido, Bravo & Saura-Calixto²²,
200 a absorvância foi lida a 593 nm e os resultados expressos em µM de sulfato ferroso g⁻¹ de
201 amostra.

202 **2.5.5 Perfil de compostos fenólicos**

203 Os extratos para identificação de compostos fenólicos por método cromatográfico
204 foram preparados seguindo-se a metodologia descrita por Ramaiya et al.²³. Para a extração
205 foram utilizados 2,5 g de amostra, homogeneizada em 20 mL de metanol grau HPLC 70%
206 (v/v), durante uma hora em banho ultrassônico UltraCleaner, modelo 1600^a, marca Unique[®] à
207 temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado a 8.832× g durante 15 minutos à 4
208 °C, em centrífuga refrigerada modelo GS-15R, marca Beckman[®] e filtrado em papel de filtro
209 com porosidade 14 µm. Para a injeção das amostras, os extratos foram novamente filtrados
210 utilizando-se filtros de membrana porosa com 0,45 µm (Millipore Corporation, Belford, MA).

211 A quantificação e identificação dos compostos fenólicos foram realizadas conforme
212 descrito por Lima et al.²⁴. Foi utilizado um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC-
213 DAD) modelo Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com quatro
214 bombas de alta pressão (modelo LC-20AT), com um detector de arranjo de diodos (modelo

215 SPD-M20A), desgaseificador (modelo DGU-20A5), interface de CBM-20A, forno CTO-
216 20AC e amostrador automático (modelo SIL-20A). As separações foram realizadas usando
217 uma coluna Shimadzu Shim-pack ODS GVP-C18 (4,6 x 250 mm, 5 mm) ligada a uma pré-
218 coluna (Shimadzu-pack ODS GVP-C18, 4,6 x 10 mm, 5 μ m). A fase móvel consistiu de 2%
219 (v/v) de ácido acético em água deionizada (Fase móvel A) e 70:28:2 (v/v) de
220 metanol/água/ácido acético (Fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL min⁻¹ com
221 programa de eluição de gradiente e tempo de execução de 65 minutos. O volume de injeção
222 foi de 20 μ L. As análises foram realizadas a 15 °C. Os compostos fenólicos foram detectados
223 a 280 nm. As soluções padrão foram diluídas em metanol e as curvas de calibração foram
224 obtidas a partir de injeções de dez concentrações diferentes, em duplicata.

225 Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção
226 com os padrões (ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferúlico,
227 ácido *trans*-cinâmico, vanilina, ácido *m*-cumárico, ácido *p*-cumárico, ácido *o*-cumárico e
228 resveratrol). As amostras das matérias-primas foram fortificadas com o mix dos padrões para
229 garantir e certificar a identificação desses compostos. Os resultados foram expressos em mg
230 do composto fenólico 100 g⁻¹ da amostra. Referente aos parâmetros cromatográficos
231 utilizados para identificar e quantificar os compostos fenólicos, destacam-se a linearidade
232 ($R^2 > 0,99$), os limites de detecção (0,0002 a 0,32 mg L⁻¹) e os limites de quantificação (0,0006
233 a 0,97 mg L⁻¹). Todos esses parâmetros foram calculados conforme Ribani et al. ²⁵.

234 2.5.6 Sensorial

235 A análise sensorial foi realizada na Escola Municipal “Álvaro Botelho” localizada em
236 Lavras – Minas Gerais, Brasil, com a participação de oitenta e seis provadores, de ambos os
237 sexos, com idades variando de seis a dez anos. As amostras de pães foram servidas em ordem
238 balanceada e de forma monódica, codificadas em três dígitos de números aleatórios, divididas
239 em duas sessões distintas, com a oferta de quatro amostras para cada sessão. Os provadores
240 avaliaram a aceitação do produto por meio de escala facial de cinco pontos (5 = “adorei”; 4 =
241 “gostei”; 3 = “indiferente”; 2 = “não gostei” e 1 = “detestei”), conforme Stone, Bleibaum &
242 Thomas ²⁶. A análise foi realizada mediante a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da
243 Universidade Federal de Lavras sob o processo nº 2.227.875.

244 2.5.7 Estatística

245 A análise estatística foi realizada utilizando-se o software SISVAR ²⁷ versão 5.6. Os
246 dados foram submetidos à análise de variância e o teste de Scott-Knott foi utilizado para
247 comparação entre as médias a um nível de significância de 5% de probabilidade. Foram
248 realizadas a Análise dos Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica de
249 Agrupamentos (HCA) para compreender a similaridade entre as análises físicas e químicas
250 realizadas nas diferentes formulações de pães doces e considerando a individualidade de cada
251 provador. Para isso, foi realizada a análise estatística multivariada, a partir dos resultados da
252 aceitação sensorial, utilizando o Mapeamento de Preferência Interno. Em ambos os casos, foi
253 utilizado o software SENSOMAKER ²⁸ versão 1.8. Assim como, para estimar o índice de
254 aceitabilidade entre as amostras e a composição de cada componente principal (PCs) em
255 relação às variáveis físicas e químicas, denominados “loadings”, tais análises foram
256 calculadas utilizando, respectivamente, os pacotes “ordinal”, “emmeans” e “MVar.pt” do
257 programa estatístico R ²⁹ versão 3.6.3.

258 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

259 3.1 Características físicas dos pães

260 As médias das variáveis físicas e químicas avaliadas nos diferentes pães doces são
261 mostradas na Tabela 1.

262 Tabela 1

263 As substituições realizadas não interferiram no h° da crosta dos pães doces, embora
264 tenham afetado o valor L* e C* (Tabela 1). Os tratamentos T₃, T₄ e T₈ apresentaram menor
265 L* (crosta mais escura) e T₅ maior L* (crosta mais clara) que T₁, enquanto T₂, T₆ e T₇ não
266 diferiram do controle (p>0,05). Nota-se que a PG aumentou o L*, enquanto a FPG o reduziu.
267 A FCP não interferiu no L*, exceto quando neutralizou o efeito da PG, observado em T₆. O
268 mesmo comportamento observado para L* foi observado para C*, à exceção do C* de T₆
269 maior que T₁. Assim, de forma geral, a PG promoveu uma crosta mais clara e com coloração
270 mais intensa, enquanto o oposto foi notado para FPG.

271 Todas as variáveis de coloração avaliadas no miolo dos pães doces foram afetadas
272 pelas substituições realizadas (Tabela 1). As substituições promoveram redução de h° e L* do
273 miolo (p<0,05). A FPG teve efeito mais marcante sobre as reduções, seguido pela PG, quanto
274 ao h°, embora PG e FCP não tenham diferido entre si quanto ao L*. Assim as substituições

275 alteraram a coloração do miolo dos pães tornando-os mais amarelo-avermelhados e escuros,
276 impacto maior ditado pela FPG. Os tratamentos T₃, T₄ e T₇ apresentaram menor C*, enquanto
277 T₂, T₅ e T₆ maior C*, em comparação ao T₁, que não diferiu de T₈, quanto ao C* do miolo
278 ($p > 0,05$). De forma geral, a FPG reduziu o C*, ou seja, a intensidade da coloração, enquanto a
279 PG e FCP tiveram impacto positivo sobre esta variável.

280 O escurecimento provocado pela FPG na crosta e miolo dos pães deve-se, a princípio,
281 à coloração mais escura desta matéria-prima ($L^* = 55,10 \pm 0,40$), comparada com a farinha de
282 trigo ($93,40 \pm 0,10$), que foi parcialmente substituída. Embora o L* da FCP também seja
283 inferior ao da farinha de trigo ($57,54 \pm 0,01$), o percentual de substituição não foi alto o
284 suficiente para promover alterações no L* na crosta do produto final, embora tenha reduzido o
285 L* da polpa. A PG apresentou $L^* = 53,62 \pm 0,20$ e determinou aumento do L* da crosta e
286 redução do L* do miolo dos pães doces, visto que a água utilizada na massa, por ser incolor
287 não interfere no L* do produto final. Como o L* da PG é maior que o L* da crosta e menor
288 que do miolo dos pães controle, a tendência é que sua adição aumente o L* da crosta e reduza
289 o do miolo dos pães enriquecidos. A coloração mais escura das matérias-primas FCP e FPG
290 deve-se, principalmente, a reações de escurecimento não enzimático³⁰, que ocorrem durante o
291 processamento conduzido sob altas temperaturas. Assim, a redução do valor L* do miolo está
292 diretamente relacionada ao efeito da inclusão das matérias-primas utilizadas nas formulações
293 dos pães doces³¹.

294 O C* da farinha de trigo ($9,80 \pm 0,05$) foi menor que o das matérias primas utilizadas,
295 como PG ($34,33 \pm 0,09$), FPG ($33,02 \pm 0,19$) e FCP ($26,82 \pm 0,06$). Entretanto, a substituição
296 parcial da farinha de trigo por FPG reduziu ainda mais o C* da crosta e do miolo do produto
297 final, enquanto FCP impactou positivamente na vivacidade da coloração do miolo, sem
298 interferir no da crosta. Já a substituição parcial da água por PG aumentou a vivacidade da
299 coloração (C*) de ambos, crosta e miolo dos pães doces, visto que a água é incolor e tem
300 pouca influência sobre esta variável no produto final, prevalecendo, portanto, o C* da
301 matéria-prima. Conforme Ho, Aziz & Azahari³² maiores valores referente à cromaticidade
302 indicam cores mais vivas e vibrantes, tornando o alimento com tonalidade mais atrativa para
303 o consumo.

304 As substituições promoveram redução de h° do miolo, mais pronunciadas nos pães
305 com FPG, sem interferir na crosta dos pães. Visto que o h° da farinha de trigo ($89,25 \pm 0,15$) é
306 superior ao da FCP ($80,18 \pm 0,04$), FPG ($69,43 \pm 0,41$) e PG ($71,97 \pm 0,19$), a sua substituição
307 parcial, ou mesmo a simples adição de outro ingrediente, como a PG, tende a alterar o h° do
308 miolo, em função dos pigmentos predominantes nestes ingredientes. O ressecamento e

309 reações de Maillard, provocados pelo calor intenso na superfície dos pães, podem ter
310 mascarado o efeito das substituições sobre o h° da crosta. Segundo Angioloni & Collar ³¹, a
311 coloração do miolo é geralmente semelhante à cor dos ingredientes utilizados nas
312 formulações, uma vez que o interior dos pães não atinge temperaturas tão elevadas e que
313 possam desencadear reações de escurecimento, como ocorre na crosta dos pães.

314 Segundo Shittu, Raji & Sanni ³³ a cor do pão desempenha papel importante na
315 preferência do consumidor e está relacionado a vários fatores, como temperatura e tempo de
316 cozimento, tipo de farinha, quantidade e qualidade dos ingredientes utilizados. Assim como
317 observado neste estudo, vários outros estudos sobre substituição de ingredientes relatam
318 efeitos significativos e visíveis na coloração da casca e miolo dos pães ^{32,34-37}. Tais alterações
319 na coloração podem ser desejáveis e atender um público específico, principalmente, devido ao
320 apelo da saudabilidade.

321 Todas as formulações testadas, exceto T₂, determinaram maior dureza e
322 mastigabilidade nos pães doces (Tabela 1). Maiores dureza e mastigabilidade foram
323 observados em T₇, seguido de T₈ (p<0,05). Ainda, T₃₋₆ não diferiram entre si e apresentaram
324 dureza e mastigabilidade inferiores a T₇ e T₈ e superiores a T₁ e T₂ (p<0,05). A simples adição
325 de FCP não foi suficiente para alterar essas duas variáveis texturais, visto que T₁ = T₂, talvez
326 pelo baixo nível de substituição (1,5%). Porém, a adição de FPG e PG, isoladamente, ou em
327 conjunto, a despeito da presença FCP nas formulações, aumentou as médias de ambas
328 variáveis. Quando juntas, a FPG e PG tiveram efeito mais pronunciado sobre o aumento da
329 dureza e mastigabilidade, que quando separadas. Interessantemente, a adição de FCP às
330 formulações já contendo a combinação FPG e PG promoveu pães com menor dureza e
331 mastigabilidade (p<0,05).

332 Conforme Gómez et al. ³⁸, o aumento da dureza dos pães deve-se a interações entre o
333 glúten e materiais fibrosos presentes em matérias-primas de origem vegetal utilizadas como
334 ingredientes na elaboração dos pães. Dessa forma, as fibras presentes nas matérias primas
335 estudadas (FCP = 10,73 ± 0,10 g 100 g⁻¹, FPG = 11,88 ± 0,26 g 100 g⁻¹ e PG = 1,64 ± 0,01 g
336 100 g⁻¹), aliadas à maior intensidade de substituição, notadamente nas formulações contendo
337 FPG e PG, devem ter contribuído para o incremento significativo desta variável nos pães
338 doces (p<0,05). A mastigabilidade apresentou comportamento semelhante ao da dureza, visto
339 que quanto mais duro o pão, maior a energia requerida para triturá-lo até o ponto de
340 deglutição, ou seja, maior a mastigabilidade. Os efeitos das substituições sobre a textura de
341 pães corroboram os resultados de Feili et al. ³⁹, que trabalharam com pães com alto teor de
342 fibras incorporados com 10% e 15% de farinha da casca de jaca.

343 As substituições realizadas não alteraram significativamente a elasticidade dos pães
344 doces (Tabela 1, $p > 0,05$). Os resultados obtidos concordam com os de Feili et al.³⁹, que não
345 observaram nenhum efeito da substituição de farinha de trigo por farinha da casca de jaca, nas
346 proporções de 10% e 15% , sobre a elasticidade de pães.

347 A substituição isolada de 1,5% de farinha de trigo por FCP e de 10,5% FPG, não
348 interferiu significativamente na coesividade dos pães, enquanto as demais substituições
349 promoveram, de forma similar, sua redução ($p < 0,05$). Conforme Boz & Karaoğlu³⁴, a
350 diminuição dos valores de coesividade em relação ao padrão, indica tendência e/ou
351 susceptibilidade da amostra em desintegrar-se. Essa informação é importante, pois a
352 desintegração ou esfarelamento do pão é uma característica indesejável sob a perspectiva do
353 consumidor. Entretanto, os dados obtidos não nos permitem afirmar se o nível de alteração
354 que ocorreu na coesividade é suficiente para aumentar o esfarelamento do pão ao ponto de
355 comprometer a satisfação do consumidor e/ou a logística do produto nas etapas de
356 resfriamento, envase, transporte de comercialização.

357 Conforme Mikulec et al.³⁶, a adição de extratos de citus promoveu um efeito positivo
358 nas propriedades texturais dos pães. Tais mudanças na textura dos pães, tanto aumento quanto
359 diminuições de parâmetros, como dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade,
360 dependem exclusivamente do tipo de matéria-prima utilizada como ingrediente de
361 substituição. Dessa forma, as mudanças na textura são provavelmente o resultado de
362 alterações na natureza do amido, diluição do glúten e enriquecimento de fibras.

363 Visando correlacionar as variáveis associadas à coloração e textura dos pães doces
364 com as formulações testadas, condensando as informações obtidas, realizou-se uma Análise
365 de Componentes Principais (PCA) (Figura 2a), bem como uma Análise Hierárquica de
366 Agrupamentos (HCA) (Figura 3a) e os “loadings” de cada variável física analisada, dentro de
367 cada Componente Principal (PCs) (Figura 4a). Considerando-se o PC₁, que descreve 99,52%
368 da variância total e o HCA, observa-se, nitidamente, a formação de dois grupos, sendo que o
369 primeiro grupo é dividido em três subgrupos. O primeiro subgrupo é representado pelos
370 tratamentos T₁₋₂, o segundo por T₃₋₄ e o terceiro por T₅₋₆. Já o segundo grupo é representado
371 pelos tratamentos T₇₋₈ (Figura 3a). A partir dos *loadings*, as variáveis dureza e mastigabilidade
372 estão correlacionadas positivamente e explicam bem essa variação total para o primeiro
373 componente principal (PC₁). Em relação ao segundo componente principal (PC₂), apesar de
374 descrever apenas 0,44% da variância total, observa-se que a variável mastigabilidade está
375 positivamente correlacionada, enquanto que, a variável h° correlaciona-se negativamente e
376 indicaforte efeito de *loading* sobre esse componente principal (Figura 4c). O primeiro grupo

377 subdividido em três subgrupos (T_{1-6}) apresentam em comum, maior L^* , C^* e h° e coesividade,
378 em comparação ao segundo grupo (T_7 e T_8), que têm em comum maior dureza e
379 mastigabilidade.

380 **Figura 2, Figura 3 e Figura 4**

381 **3.2 Características químicas dos pães**

382 As substituições promoveram diferenças significativas ($p < 0,05$) na composição
383 centesimal dos pães, a exceção do teor proteico (Tabela 1).

384 Os pães que continham PG em sua formulação (T_{5-8}), em substituição parcial à água,
385 apresentaram menor umidade que os pães controle e com demais substituições (Tabela 1,
386 $p < 0,05$). Mesmo a PG apresentando alto teor de umidade ($88,47 \pm 0,05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), a
387 substituição de 20% de água por ela foi suficiente para reduzir a umidade dos pães doces,
388 sendo que aqueles com PG, isoladamente ou em combinação, apresentaram 85% da umidade
389 dos demais pães. O teor de umidade da FCP ($12,49 \pm 0,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e FPG ($11,95 \pm 0,61 \text{ g}$
390 100 g^{-1}) foi similar ao da farinha de trigo ($12,95 \pm 0,59 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) substituída. Sendo assim, as
391 substituições parciais de farinha de trigo não promoveram alterações na umidade dos produtos
392 finais. Mesmo com as variações na umidade dos pães, os valores reportados encontram-se
393 abaixo dos limites máximos estabelecidos em diferentes países, em torno de 38%.

394 Observa-se que os pães que apresentam em comum FCP + PG (T_6 e T_8) apresentaram
395 o maior teor de lipídeos, seguido por aqueles com PG, isoladamente ou em combinação com
396 FPG (T_5 e T_7) (Tabela 1, $p < 0,05$). O teor lipídico da PG ($0,11 \pm 0,00 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), embora
397 baixo, foi suficiente para promover o aumento deste composto proximal nos pães doces,
398 quando em substituição parcial à água. Já o teor de lipídeos dos pães doces controle não
399 diferiu daquele dos pães com FPG (T_3) e foi superior ao dos pães com a combinação FCP e
400 FPG (T_4) ou apenas FCP (T_2) (Tabela 1, $p < 0,05$). O teor lipídico da farinha de trigo ($2,2 \pm$
401 $0,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), ligeiramente superior ao da FCP ($1,32 \pm 0,17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e da FPG ($1,25 \pm 0,41$
402 $\text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), fez com que o teor lipídico dos pães controle fosse superior ao daqueles com
403 substituição da farinha de trigo por FCP e FPG, à exceção do T_3 .

404 Apesar das diferenças no teor proteico entre a farinha de trigo ($6,4 \pm 0,20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e
405 FCP ($4,83 \pm 0,17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e FPG ($3,73 \pm 0,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e devido ao baixo teor proteico da
406 PG ($0,41 \pm 0,02 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) (Tabela 1, $p < 0,05$) utilizada em substituição à água, diferenças não
407 foram notadas entre os teores proteicos dos diferentes tratamentos.

408 Todas as substituições realizadas, à exceção da substituição isolada de 1,5% de farinha
409 de trigo por FCP, promoveram aumentos nos teores de cinzas dos pães doces (Tabela 1,
410 $p < 0,05$). O efeito mais pronunciado foi determinado pela substituição tripla (T_8), seguida pela
411 substituição dupla envolvendo FPG e PG. Os tratamentos T_3 - T_6 não diferiram entre si e
412 apresentaram teores de cinzas inferiores aos de T_7 e T_8 , mas superiores ao controle. Os teores
413 de cinzas observados na farinha da casca de pequi ($2,17 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) assemelha-se aos
414 encontrados por Siqueira et al.⁴⁰ valores que correspondem a $2,09 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e por Couto⁴¹,
415 correspondendo a $2,54 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente. Já os resultados referente a cinzas para a
416 polpa de gabioba ($0,49 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) são similares aos reportados por Alves et al.³, de
417 $0,43 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e superiores aos encontrados por Silva et al.⁴², correspondendo a $0,04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$
418 ¹. Referente ao teor de cinzas da farinha da polpa de gabioba, os valores corresponderam a
419 $3,66 \pm 0,04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Tais resultados são superiores aos encontrados na farinha de trigo ($0,5 \pm$
420 $0,1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), o que justifica o incremento significativo encontrado nos pães com
421 formulações de substituições combinadas entre as matérias-primas.

422 Relativo às fibras, os tratamentos T_4 (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha
423 da polpa de gabioba) e T_8 (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de
424 gabioba + 20% polpa de gabioba) que apresentam em comum, a farinha da casca de pequi e
425 a farinha da polpa de gabioba, apresentaram os maiores teores referentes a essa variável
426 centesimal, em comparação à formulação padrão (T_1) e demais tratamentos (Tabela 1).
427 Observa-se também que, o efeito isolado entre a farinha da casca de pequi (T_2), e a
428 combinação de farinhas da casca de pequi e polpa de gabioba (T_6) evidenciam uma
429 contribuição significativa ($p < 0,05$), quanto ao incremento de fibras nos pães doces, em
430 comparação aos efeitos de substituição isolados da polpa (T_5). Referente aos resultados de
431 fibras observados na farinha da casca de pequi ($10,73 \pm 0,10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), o valor encontrado no
432 presente estudo é similar ao relatado por Couto⁴¹, valor que corresponde a $11,74 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$
433 (matéria integral). Enquanto que, na literatura não foram encontrados dados disponíveis
434 referente ao conteúdo nutricional referente à farinha da polpa de gabioba, para efeito
435 comparativo com os resultados obtidos neste estudo, no entanto, os dados obtidos de fibra
436 equivalem a $11,88 \pm 0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Ademais, o valor de fibras encontrado para a polpa de
437 gabioba ($1,64 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) é similar aos relatados por Silva & Fonseca⁵⁰, de $1,17 \text{ g } 100$
438 g^{-1} e por Silva et al.⁴² que corresponde a $1,54 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

439 Os resultados referentes à fração glicídica e/ou extrato não nitrogenado, as
440 formulações T_5 (20% polpa de gabioba), T_6 (1,5% farinha da casca de pequi + 20% polpa de
441 gabioba), T_7 (10,5% farinha da polpa de gabioba + 20% polpa de gabioba) e T_8 (1,5%

442 farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de gabirola + 20% polpa de gabirola)
443 têm em comum a presença da polpa de gabirola em suas formulações, apresentaram os
444 maiores teores a despeito dessa variável centesimal, em comparação a formulação padrão (T₁)
445 e demais tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1). Os maiores
446 valores de carboidratos referem-se à redução do teor de umidade, em função da substituição
447 parcial da água por polpa de gabirola, uma vez que, tais valores são obtidos por diferença.
448 Quanto ao valor energético, observa-se que os tratamentos com substituição de parte da água
449 por polpa de gabirola apresentaram maior valor calórico, devido aos maiores valores de
450 carboidratos. No entanto, somente a formulação T₄ (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5%
451 farinha da polpa de gabirola) apresentou o menor valor energético, diferindo-se dos demais
452 tratamentos, incluindo a formulação padrão (T₁).

453 Pela Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 2b), o primeiro componente
454 principal (PC1) descreve 99,74% da variância total entre os componentes proximais das
455 diferentes formulações de pães doces, o que justifica a discussão dos resultados com base
456 apenas neste componente. Considerando-se o PC₁ e a Análise Hierárquica de Agrupamentos
457 (HCA), observa-se nitidamente, a formação de dois grupos (Figura 3b). Dessa forma, o
458 primeiro grupo é representado pelos tratamentos T₂, T₃, T₁ e T₄, tendo em comum maior
459 incremento nos teores de umidade. Observa-se que os teores de lipídios, proteína, cinzas e
460 fibra encontram-se equidistantes entre ambos os grupos formados. No entanto, o segundo
461 agrupamento, formado pelos tratamentos T₅, T₆, T₈ e T₇, apresentam principalmente maior teor
462 em carboidratos (fração glicídica) e valor energético (Figura 2b e 3b).

463 Conforme a recomendação proposta pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar
464 (PNAE), as escolas de educação básica devem oferecer refeições que atendam no mínimo
465 20% das necessidades nutricionais de crianças entre seis a dez anos durante a permanência na
466 escola, ou seja, as refeições devem fornecer 300 kcal 100 g⁻¹; 48,80 g 100 g⁻¹ em carboidratos;
467 7,5 g 100 g⁻¹ em teor lipídico e 9,4 g 100 g⁻¹ de proteínas^{8,9}. Considerando uma porção de pão
468 (50g), todos os tratamentos podem fornecer de 49,79 a 53,76% no valor energético; de 56,22 a
469 60,02% no teor em carboidratos; de 31,99 a 39,19% no teor lipídico e 47,04 a 50,58% no teor
470 proteico, com base nas diretrizes estipuladas pelo programa. Sendo assim, todas as
471 formulações podem ser oferecidas como parte de uma refeição, podendo ser complementadas
472 com outros alimentos.

473 3.3 Características funcionais dos pães

474 As substituições realizadas, a despeito dos níveis, promoveram incrementos
475 significativos ($p < 0,05$) nos teores de compostos fenólicos totais e vitamina C, bem como na
476 atividade antioxidante dos pães doces (Tabela 1).

477 De forma geral, os pães elaborados a partir da substituição combinada entre FCP e
478 FPG (T_4 e T_8), com ou sem PG, apresentaram os maiores teores de fenólicos totais e maior
479 atividade antioxidante, medida pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP, em comparação aos
480 demais tratamentos (Tabela 1, $p < 0,05$), lembrando-se que quanto menores os valores de
481 DPPH IC_{50} , maior a atividade antioxidante. Embora os tratamentos 4 e 8 também tenham se
482 destacado quanto à atividade antioxidante medida pelo método β -caroteno/ácido linoleico, a
483 percentagem de proteção reportada para estes tratamentos foi inferior ao do T_2 (1,5% FCP)
484 ($p < 0,05$). No outro extremo, encontram-se os pães doces controle e aqueles com adição
485 apenas de PG ($p < 0,05$).

486 A substituição exclusiva de 1,5% de farinha de trigo por FCP (T_2) não interferiu nos
487 teores de vitamina C dos pães, embora todas as outras substituições os tenham aumentado
488 (Tabela 1, $p < 0,05$). A FPG foi o substituinte que mais causou impacto positivo nos teores de
489 vitamina C dos pães, principalmente em combinação com outros substituintes ($p < 0,05$).

490 Os aumentos observados estão associados com as concentrações de fenólicos e
491 vitamina C dos substituintes utilizados nas formulações. A FCP se destaca pelos altos teores
492 de fenólicos totais ($8.199,33 \pm 199,30$ mg EAG 100 g^{-1}), seguida pela FPG ($775,56 \pm 1,95$ mg
493 EAG 100 g^{-1}) e PG ($390,55 \pm 4,87$ mg EAG 100 g^{-1}). Quanto à vitamina C, destaca-se a FPG
494 ($1.250,18 \pm 60,10$ mg 100 g^{-1}), seguida pela PG ($447,03 \pm 15,65$ mg 100 g^{-1}) e FCP ($133,82 \pm$
495 $1,09$ mg 100 g^{-1}). De fato, a FCP e FPG determinaram os maiores incrementos de fenólicos,
496 enquanto FPG os maiores incrementos de vitamina C nos pães doces elaborados. Embora a
497 FCP concentre as mais altas quantidades de fenólicos, seu impacto sobre os fenólicos dos pães
498 doces que o tiveram como substituinte exclusivo não foi tão grande, visto que o nível de
499 substituição foi de apenas 1,5%. Ressalta-se, ainda, que apesar de a vitamina C ser muito
500 sensível a degradações, em função do calor, O_2 e pH, concentrações consideráveis foram
501 observadas nos pães enriquecidos, principalmente naqueles que receberam FPG como
502 substituinte, apesar do processamento, durante elaboração da massa e da exposição ao calor
503 durante assamento.

504 A necessidade diária de ingestão de vitamina C estimada para crianças em idade
505 escolar, segundo a *United State Department of Agriculture* (2011)⁴³, corresponde a 30 mg de
506 ácido ascórbico por dia. Dessa forma, o consumo de uma porção (50 g) de pães doces com a
507 substituição dupla de FPG e PG, com ou sem FCP (T_7 e T_8), forneceria 7,13% a mais da

508 recomendação diária para essas crianças, contribuindo assim para o atendimento dessas
509 necessidades.

510 Os altos teores de fenólicos e vitamina C encontrados nos substituintes utilizados,
511 principalmente na FCP e FPG, respectivamente, refletiram-se, também, em maior atividade
512 antioxidante dos pães doces. Na verdade, essas matérias-primas também apresentam alta
513 atividade antioxidante, conforme descrito a seguir: FCP (ABTS = $1.555,43 \pm 66,66 \mu\text{M}$ de
514 trolox g^{-1} ; DPPH = $13,34 \pm 6,52 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $73,27 \pm 1,60 \%$
515 proteção e FRAP = $3.664,07 \pm 57,81 \mu\text{M}$ sulfato ferroso g^{-1}); FPG (ABTS = $308,43 \pm 9,66$
516 μM de trolox g^{-1} ; DPPH = $22,45 \pm 7,18 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $41,04 \pm 6,16 \%$
517 proteção e FRAP = $222,93 \pm 9,83 \mu\text{M}$ sulfato ferroso g^{-1}); PG (ABTS = $75,97 \pm 13,81 \mu\text{M}$ de
518 trolox g^{-1} ; DPPH = $78,38 \pm 4,96 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $12,13 \pm 5,00 \%$
519 proteção e FRAP = $82,02 \pm 2,67 \mu\text{M}$ de sulfato ferroso g^{-1}). A alta atividade antioxidante das
520 farinhas pode ser associada à concentração, principalmente de fenólicos e vitamina, no
521 processo de secagem, conforme já determinado em goiaba por Nunes et al. ⁴⁴.

522 Pela Análise de Componentes Principais (Figura 2c), constata-se que o primeiro
523 componente (PC₁) descreve 93,06% da variância total entre fenólicos, vitamina C e atividade
524 antioxidante dos pães doces. Logo, considerando-se o PC₁, bem como a Análise Hierárquica
525 de Agrupamentos (HCA), observa-se nitidamente, a formação de dois grupos, sendo um deles
526 subdivididos em dois subgrupos (Figura 3c). Dessa forma, o primeiro grupo é representado
527 pelos subgrupos I: T₂, T₆, T₇ e T₃; II: T₄ e T₈, tendo em comum os maiores teores de fenólicos
528 totais, vitamina C e maior atividade antioxidante, a despeito do método de determinação
529 utilizado. Por outro lado, o segundo grupo é formado apenas pelos tratamentos T₁ e T₅, com
530 os menores teores daqueles compostos e menor atividade antioxidante. Nota-se que o segundo
531 grupo apresenta os maiores valores de DPPH IC₅₀, o que representa, efetivamente, menor
532 atividade antioxidante (Figura 2c e 3c). A partir dos *loadings*, as variáveis Folin-Ciocalteau e
533 DPPH correlacionam-se, respectivamente, positiva e negativamente e indicam forte efeito
534 sobre o primeiro componente principal (PC₁). O segundo componente principal (PC₂), apesar
535 de descrever apenas 4,36% da variância total, observa-se que, a variável vitamina C
536 correlaciona-se negativamente e explica bem o efeito de *loading* sobre esse componente
537 (Figura 4c).

538 Dos 11 compostos fenólicos analisados (catequina, resveratrol, ácidos gálico,
539 clorogênico, *p*-cumárico, *m*-cumárico, *o*-cumárico, cafeico, ferúlico e *trans*-cinâmico e
540 vanilina), nenhum foi observado nos pães doces controle, enquanto os seis primeiros foram
541 observados nos pães doces enriquecidos com FCP, FPG e PG e suas combinações, à exceção

542 da catequina, não detectada em T₃, T₅ e T₇ e vanilina em T₂ (Tabela 1). Cromatogramas
543 relativos à corrida dos padrões fenólicos e das amostra FCP e T₈ são apresentados na Figura
544 5a.

545 **Figura 5**

546 Dos seis fenólicos identificados nos pães enriquecidos, cinco foram identificados na
547 FCP, destacando-se como majoritário a catequina ($538,73 \pm 35,04 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), seguida pelo
548 resveratrol ($233,33 \pm 11,23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido gálico ($200,02 \pm 1,35 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido *p*-
549 cumárico ($17,14 \pm 0,07 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e ácido *m*-cumárico ($10,18 \pm 0,06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), além do
550 ácido clorogênico ($62,84 \pm 4,97 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), não identificado nos pães (Figura 4b). Vanilina
551 não foi identificada na FCP. Roesler et al. ⁴⁵ relataram que a casca de pequi apresenta
552 componentes fenólicos como o ácido gálico, ácido quinóico, quercetina e quercetina 3-O-
553 arabinose, detectados utilizando espectrometria de massa por ionização de electropulverização
554 (ESI-MS). Vieira ⁴⁶, ao analisar o perfil fenólico da FCP, identificou a presença de ácido
555 gálico ($44,53 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido elágico ($1.002,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e etil galato ($5.205,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$),
556 enquanto Rocha et al. ⁴⁷ relataram ter identificado o ácido gálico na ordem de $26,54 \text{ mg } \text{g}^{-1}$,
557 valor superior ao encontrado no presente trabalho, como composto majoritário na FCP.

558 Já na polpa de gabioba e sua farinha, o ácido gálico foi o majoritário (FPG: $157,17 \pm$
559 $2,93 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; PG: $28,75 \pm 1,40 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), seguido pela vanilina (FPG: $29,61 \pm 0,77 \text{ mg}$
560 100 g^{-1}). Em concentrações inferiores a $10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ foram identificados resveratrol (FPG:
561 $8,83 \pm 0,13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; PG: $6,32 \pm 0,30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido *p*-cumárico (FPG: $2,05 \pm 0,19 \text{ mg}$
562 100 g^{-1} ; PG: $0,07 \pm 0,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e ácido *m*-cumárico (FPG: $0,17 \pm 0,01 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ e PG:
563 $0,06 \pm 0,00 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), embora a catequina não tenha sido identificada nessas matérias-
564 primas. Na literatura consultada não foi encontrado nenhum trabalho que relate a identificação
565 de compostos fenólicos na FPG, enquanto poucos trabalhos descrevem a identificação desses
566 componentes na polpa de gabioba. Malta et al. ⁴⁸ identificaram e quantificaram compostos
567 fenólicos por ESI-TOF-MS presentes na gabioba (*Campomanesia cambessedeanana* Berg),
568 dentre eles, destacam-se: propil galato, etil galato e catequina, enquanto que, Alves et al. ⁴⁹
569 identificaram apenas a catequina ($23,32 \pm 1,64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) por LC-ESI-MS/MS em frutos de
570 *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. Cabe ressaltar que as variações qualitativas
571 e quantitativas observadas em comparação com os diferentes estudos disponíveis na literatura
572 podem ser atribuídas a: i) diferentes espécies de gabioba; ii) estádios de maturação dos
573 frutos; iii) condições edafo-climáticas e iv) interferentes relacionados a fatores metodológicos.

574 Os resultados de perfil fenólico observados na FCP, FPG e PG são congruentes com
575 aqueles obtidos a partir dos pães enriquecidos (Tabela 1). Assim como vanilina não foi
576 identificada na FCP e catequina na FPG e PG, também não o foram nos pães adicionados
577 exclusivamente de FCP, PG e sua farinha. A catequina, seguida pelo ácido gálico e
578 resveratrol, foi o composto fenólico de maior impacto quantitativo nos pães, considerando-se
579 a adição de FCP, enquanto o ácido gálico, seguido pelo resveratrol, considerando-se a adição
580 de PG e sua farinha ($p < 0,05$). Embora não detectada na FCP e pães que a tiveram como
581 substituto exclusivo, aparentemente a FCP contribuiu para o incremento de vanilina nos pães
582 com FPG e PG (T_4 , T_6 e T_8). Isso pode ser explicado em função do limite de detecção do
583 equipamento, abaixo das concentrações de vanilina existente na FCP, quando avaliada
584 isoladamente.

585 **3.4 Características sensoriais dos pães doces**

586 Oitenta e seis crianças participaram da análise sensorial dos pães doces, com
587 predominância daquelas matriculadas na 3ª série (38,37%), seguidas daquelas matriculadas na
588 4ª série (25,58%) e 1ª e 2ª séries (16,28% cada). Os pães doces com FCP, FPG, PG e suas
589 combinações não diferiram entre si, tampouco dos pães controle ($p > 0,05$, Figura 6a). Logo, as
590 substituições realizadas não interferiram na aceitação sensorial dos pães. As notas atribuídas
591 aos pães doces, a despeito do tratamento, variaram de 4,43 a 4,71, indicando faixa de
592 aceitação, em termos hedônicos, entre “gostei” e “adorei”.

593 **Figura 6**

594 Um Mapa de Preferência Interno foi construído a partir dos resultados de aceitação
595 sensorial, sendo os provadores representados pelos vetores e os tratamentos pelos pontos
596 (Figura 6b). Observa-se que, o primeiro componente principal (PC_1) explicou 31,62% e o
597 segundo (PC_2), 20,93% da variância entre as amostras quanto à aceitação. A separação
598 espacial das amostras de pães sugere que os provadores deram notas diferentes para as
599 amostras e as menores notas devem-se ao tratamento T_3 (10,5% FPG), no entanto, todas as
600 amostras foram bem aceitas, visto que, os demais tratamentos ficaram bem distribuídos, não
601 havendo uma formulação mais aceita do que a outra.

602 Para que um novo alimento ou preparação seja introduzido na alimentação escolar,
603 recomenda-se que seja submetido a testes de aceitabilidade e que o índice de aceitação seja
604 maior ou igual a 85%⁵¹. Baseado nessa diretriz, nota-se que todas as formulações poderiam

605 ser inseridas na alimentação escolar, exceto o T₃ (10,5% FPG), que apresentou 82,56% das
606 notas de aceitação entre 4 e 5, no entanto, estatisticamente, não há diferenças pelo teste de
607 Tukey ($p>0,05$, Tabela 2) entre os diferentes tratamentos, quanto ao índice de aceitabilidade.

608 **Tabela 2**

609 **4 CONCLUSÃO**

610 A substituição parcial da farinha de trigo, por farinhas da casca de pequi e polpa de
611 gabioba e de água por polpa de gabioba, promoveu alterações na coloração da crosta e miolo
612 dos pães e nas propriedades texturais do miolo. Contudo, as substituições promovem
613 diferenças significativas na composição centesimal dos pães, a exceção do teor proteico.
614 Enquanto que, os tratamentos que apresentam em comum a farinha da casca de pequi,
615 combinada ou não com a polpa de gabioba e sua farinha, se destacam pelos maiores teores de
616 fenólicos totais, vitamina C, bem como maior capacidade antioxidante. Ademais, todas as
617 formulações testadas são sensorialmente bem aceitas e não diferirem-se significativamente
618 entre si e entre a formulação padrão.

619 **5 AGRADECIMENTOS**

620 Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
621 Superior (CAPES) (PROCAD 88881.068456/2014-01), ao Conselho Nacional de Pesquisa
622 (CNPq) (PQ304413/2016-0) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
623 (FAPEMIG) (PPM-00355-17) pelo aporte financeiro, além disso, os autores agradecem à
624 Escola Municipal “Alvaro Botelho” por sua parceria e também às famílias, às crianças e aos
625 professores envolvidos no projeto.

626 **6 REFERÊNCIAS**

- 627 1. Strassburg BBN, Brooks T, Feltran-Barbieri R, Iribarrem A, Crouzeilles R, Loyola R,
628 et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat Ecol Evol.* 2017;**1**:99.
- 629 2. Teixeira N, Melo JCS, Batista LF, Paula-Souza J, Fronza P, Brandão MGL. Edible
630 fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus
631 bioactivity as tool to select research. *Food Res Int.* 2019; **119**:325–48.

- 632 3. Alves AM, Alves MSO, Fernandes TO, Naves RV, Naves MMV. Caracterização física
633 e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. *Rev*
634 *Bras Frutic.* 2013;**35**(3):837–44.
- 635 4. Pereira MC, Steffens RS, Andrzejablonski A, Hertz PF, Rios ADO, Vizzotto M, Flôres
636 SH. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae
637 family. *J Agric Food Chem.* 2012;**60**:3061–7.
- 638 5. Leão DP, Franca AS, Oliveira LS, Bastos R, Coimbra MA. Physicochemical
639 characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of
640 flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chem.*
641 2017;**225**:146–53.
- 642 6. Leão DP, Botelho BG, Oliveira LS, Franca AS. Potential of pequi (*Caryocar*
643 *brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave
644 assisted extraction. *LWT - Food Sci Technol.* 2018;**87**:575–80.
- 645 7. Lara CB, Bundy D, Drake L, Gelli A. State of school feeding worldwide 2013. Rome,
646 Italy: World Food Programme; 2013.
- 647 8. Locatelli NT, Canella DS, Bandoni DH. Positive influence of school meals on food
648 consumption in Brazil. *Nutrition.* 2018;**53**:140–4.
- 649 9. França FCO, Andrade IS, Silva MVL, Lordêlo MS, Costa RG, Menezes-Filho JA.
650 School meals' centesimal and mineral composition and their nutritional value for
651 Brazilian children. *J Trace Elem Med Biol.* 2018;**48**:97–104.
- 652 10. Soares P, O-Blanes MCD, Martinelli SS, Melgarejo L, Cavalli SB. The effect of new
653 purchase criteria on food procurement for the Brazilian school feeding program.
654 *Appetite.* 2017;**108**:288–94.
- 655 11. Schneider S, Thies VF, Grisa C, Belik W. Chapter Three - Potential of public
656 purchases as markets for family farming: An analysis of Brazilian School Feeding
657 Program between 2011 and 2014. _____ In: *Advances in Food Security and*
658 *Sustainability.* 2016. p. 69–95.
- 659 12. Garzón R, Rosell CM, Malvar RA, Revilla P. Diversity among maize populations from
660 Spain and the United States for dough rheology and gluten-free breadmaking
661 performance. *Int J Food Sci Technol.* 2017;**52**(4):1000–8.
- 662 13. Jekle M, Fuchs A, Becker T. A normalized texture profile analysis approach to
663 evaluate firming kinetics of bread crumbs independent from its initial texture. *J Cereal*
664 *Sci.* 2018;**81**:147–52.
- 665 14. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 19th
666 ed. Gaithersburg; 2012.
- 667 15. Zou ML, Moughan PJ, Awati A, Livesey G. Accuracy of the Atwater factors and
668 related food energy conversion factors with low-fat, high-fiber diets when energy
669 intake is reduced spontaneously. *Am J Clin Nutr.* 2007;**86**(6):1649–56.
- 670 16. Larrauri JA, Rupérez P, Saura-Calixto F. Effect of drying temperature on the stability

- 671 of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *J Agric Food Chem.*
672 1997;**45**:1390–3.
- 673 17. Waterhouse AL. Determination of total phenolics. *Curr Protoc Food Anal Chem.*
674 2002;**11**(1):130–43.
- 675 18. Strohecker R, Henning HM. *Análisis de vitaminas: métodos comprobados.* Madrid: Paz
676 Montolvo; 1967. 428 p.
- 677 19. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant
678 activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic*
679 *Biol Med.* 1999;**26**(9/10):1231–7.
- 680 20. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a Free Radical Method to Evaluate
681 Antioxidant Activity. *LWT - Food Sci Technol.* 1995;**28**:25–30.
- 682 21. Miller HE. A simplified method for the evaluation of antioxidant. *J Am Oil Chem Soc.*
683 1971;**48**(2):91.
- 684 22. Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As
685 Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *J Agric Food*
686 *Chem.* 2000;**48**:3396–402.
- 687 23. Ramaiya SD, Bujang JS, Zakaria MH, King WS, Shaffiq Sahrir MA. Sugars, ascorbic
688 acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*)
689 cultivars. *J Sci Food Agric.* 2013;**93**(5):1198–205.
- 690 24. Lima JP, Azevedo L, Souza NJ, Nunes EE, Vilas Boas EVB. First evaluation of the
691 antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification.
692 *Food Res Inter.* 2015;**75**:216–224.
- 693 25. Ribani M, Bottoli CBG, Collins CH, Jardim ICSF, Melo LFC. Validação em métodos
694 cromatográficos e eletroforéticos. *Quim Nova.* 2004;**27**(5):771–80.
- 695 26. Stone H, Bleibaum R, Thomas HA. *Sensory evaluation practices.* Press A, editor. New
696 York; 2012. 81–115 p.
- 697 27. Ferreira DF. SISVAR: A computer statistical analysis system. *Cienc e Agrotecnologia.*
698 2011;**35**(6):1039–42.
- 699 28. Pinheiro ACM, Nunes CA, Viçtoris V. Sensomaker: A tool for sensorial
700 characterization of food products. *Cienc e Agrotecnol.* 2013;**37**(3):199–201.
- 701 29. TEAM. RC. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet].
702 Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2020. Available from:
703 <http://www.r-project.org/>
- 704 30. Shibao J, Bastos DHM. Maillard reaction products in foods: Implications for human
705 health. *Rev Nutr.* 2011;**24**(6):895–904.
- 706 31. Angioloni A, Collar C. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric
707 density high-fibre breads. *LWT - Food Sci Technol.* 2011;**44**(3):747–58.

- 708 32. Ho LH, Abdul Aziz NA, Azahari B. Physico-chemical characteristics and sensory
709 evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X
710 *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. *Food Chem.* 2013;**139**(1–4):532–9.
- 711 33. Mikulec A, Kowalski S, Makarewicz M, Skoczylas Ł, Tabaszewska M. Cistus extract
712 as a valuable component for enriching wheat bread. *LWT - Food Sci Technol.* 2019;
713 **118**: 108713.
- 714 34. Boz H, Murat Karaoğlu M. Improving the quality of whole wheat bread by using
715 various plant origin materials. *Czech J Food Sci.* 2013;**31**(5):457–66.
- 716 35. Tsatsaragkou K, Gounaropoulos G, Mandala I. Development of gluten free bread
717 containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Sci Technol.* 2014;**58**:124–9.
- 718 36. Zambelli RA, Mendonça LG de, Carneiro S V., Rodrigues BG. Effect of açai powder
719 and chitosan incorporaton on bread quality. *Int J Food Eng.* 2017;**3**(2):89–94.
- 720 37. Turfani V, Narducci V, Durazzo A, Galli V, Carcea M. Technological, nutritional and
721 functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT - Food*
722 *Sci Technol.* 2016;**78**:361–6.
- 723 38. Gómez M, Ronda F, Blanco CA, Caballero PA, Apesteguía A. Effect of dietary fibre
724 on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol.* 2003;**216**:51–6.
- 725 39. Feili R, Zzaman W, Abdullah WNW, Yang TA. Physical and sensory analysis of high
726 fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Sci Technol.* 2013;**1**(2):30–6.
- 727 40. Siqueira B dos S, Soares Júnior MS, Fernandes KF, Caliarri M, Damiani C. Effect of
728 soaking on the nutritional quality of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flour.
729 *Food Sci Technol.* 2013;**33**(3):500–6.
- 730 41. Couto EM. Utilização da farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na
731 elaboração de pão de forma. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)
732 Universidade Federal de Lavras; 2007.
- 733 42. Silva MR, Lacerda BCL, Santos GG, Martins DMO, Lacerda DBCL, Santos GG,
734 Martins DMO. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Cienc Rural.*
735 2008;**38**(6):1790–3.
- 736 43. United States Department of Agriculture (USDA) (2011). Dietary Reference Intakes:
737 The Essential Guide to Nutrient Requirements. Retrieved from
738 [https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_in](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf)
739 [dividuals.pdf](https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf). Acessado dia: 30 de dezembro de 2019.
- 740 44. Nunes JC, Lago MG, Castelo-Branco VN, Oliveira FR, Torres AG, Perrone D,
741 Monteiro, M. Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and
742 antioxidant capacity of guava powders. *Food Chem.* 2016;**197**:881–90.
- 743 45. Roesler R, Catharino RR, Malta LG, Eberlin MN, Pastore GGM. Antioxidant activity
744 of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray
745 ionization mass spectrometry. *Food Chem.* 2008;**110**(3):711–7.

- 746 46. Vieira DPF. Farinha da casca de pequi: Caracterização físico-química, perfil de
747 fenólicos, antioxidantes e avaliação do potencial como fonte de pectina via extração
748 por micro-ondas. 130f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade
749 Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, Minas Gerais. 2017.
- 750 47. Rocha LB, Melo AM, Paula SLA, Nobre SAM, Abreu IN. Gallic acid as the major
751 antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. *Rev Bras Plantas Med.*
752 2015;**17**(4):592–8.
- 753 48. Malta LG, Tessaro EP, Eberlin M, Pastore GM, Liu RH, Tessauro EP, et al.
754 Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of
755 phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. *Food Res Int.* 2013;**53**(1):417–25.
- 756 49. Alves AM, Dias T, Hassimoto NMA, Naves MMV. Ascorbic acid and phenolic
757 contents, antioxidant capacity and flavonoids composition of Brazilian Savannah native
758 fruits. *Food Sci Technol.* 2017;**37**(4):564–9.
- 759 50. Silva CAA, Fonseca GG. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties and
760 potential applications. *Food Sci Biotechnol.* 2016; **25**(5):1225-32.
- 761 51. Muniz VM, Carvalho AT. O Programa Nacional de Alimentação Escolar em município
762 do estado da Paraíba: Um estudo sob o olhar dos beneficiários do Programa. *Rev Nutr.*
763 2007;**20**(3): 285-96.
- 764

Figura 1 - Seções transversais de pães elaborados a partir da substituição parcial da farinha de trigo e água por farinha da casca de pequi, farinha da polpa de gabioba e polpa de gabioba. Tratamentos, da esquerda para a direita: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 20% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PP; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabioba e PG: polpa de gabioba.

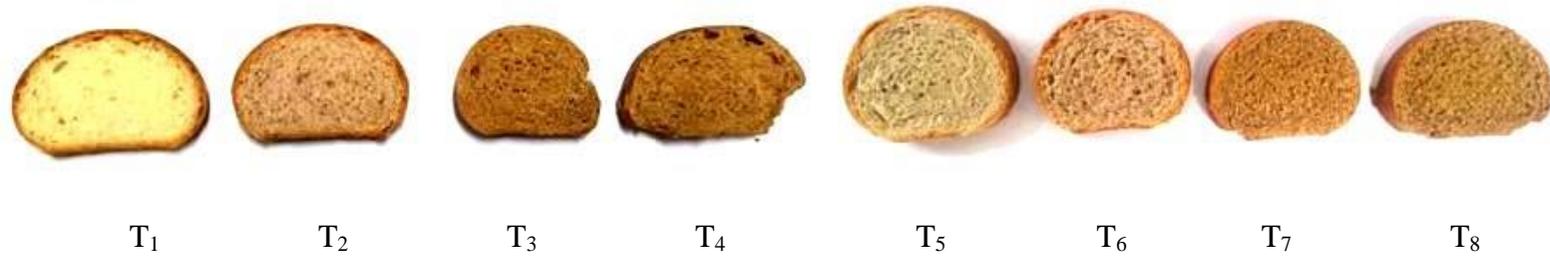


Tabela 1 - Variáveis físicas e químicas de pães doces de gabiroba e pequi.

Características de qualidade	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Coloração da crosta dos pães								
L*	46,36 ^b	47,84 ^b	42,80 ^c	43,23 ^c	51,18 ^a	48,49 ^b	45,79 ^b	41,71 ^c
C*	24,90 ^b	24,86 ^b	21,22 ^c	22,11 ^c	28,61 ^a	28,07 ^a	23,71 ^b	21,85 ^c
°hue	57,77 ^a	60,45 ^a	56,57 ^a	58,21 ^a	60,93 ^a	59,82 ^a	63,12 ^a	57,92 ^a
Coloração do miolo dos pães								
L*	75,33 ^a	64,56 ^b	54,58 ^d	51,54 ^e	64,94 ^b	60,77 ^c	51,27 ^c	47,24 ^f
C*	23,07 ^b	18,19 ^d	24,42 ^a	24,03 ^a	18,68 ^d	19,61 ^c	23,89 ^a	22,74 ^b
°hue	85,71 ^a	77,29 ^c	72,61 ^e	71,41 ^f	79,65 ^b	76,00 ^d	71,63 ^f	70,53 ^g
Perfil de textura								
Dureza	637,22 ^d	590,88 ^d	938,73 ^c	873,49 ^c	954,92 ^c	930,15 ^c	1.714,76 ^a	1.236,05 ^b
Elasticidade	1,01 ^a	0,98 ^a	0,96 ^a	0,93 ^a	0,97 ^a	0,98 ^a	0,93 ^a	0,96 ^a
Coesividade	0,80 ^a	0,80 ^a	0,78 ^a	0,77 ^b	0,77 ^b	0,77 ^b	0,74 ^c	0,77 ^b
Mastigabilidade	517,44 ^d	462,09 ^d	615,34 ^c	629,07 ^c	708,85 ^c	700,26 ^c	1.181,37 ^a	914,19 ^b
Composição centesimal e valor energético								
Umidade	28,86 ^a	28,70 ^a	29,01 ^a	29,73 ^a	24,56 ^b	24,84 ^b	25,59 ^b	23,88 ^b
Extrato etéreo	4,85 ^c	4,27 ^e	4,80 ^c	4,56 ^d	5,47 ^b	5,88 ^a	5,21 ^b	5,86 ^a
Proteínas	9,43 ^a	9,16 ^a	8,93 ^a	8,84 ^a	9,13 ^a	9,34 ^a	9,51 ^a	9,24 ^a
Cinzas	1,56 ^d	1,57 ^d	1,67 ^c	1,70 ^c	1,71 ^c	1,64 ^c	1,91 ^b	1,95 ^a
Fibra bruta	0,43 ^f	0,60 ^d	0,63 ^c	0,85 ^a	0,55 ^e	0,59 ^d	0,74 ^b	0,83 ^a
Extrato não nitrogenado	54,88 ^b	55,69 ^b	54,96 ^b	54,32 ^b	58,58 ^a	57,72 ^a	57,04 ^a	58,21 ^a
Valor energético	300,84 ^c	297,89 ^c	298,75 ^c	293,66 ^d	320,09 ^a	321,11 ^a	313,11 ^b	322,57 ^a
Fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante								
Fenólicos totais	98,68 ^e	230,25 ^c	308,23 ^b	373,78 ^a	125,49 ^d	249,82 ^c	232,61 ^c	367,25 ^a
Vitamina C	0,00 ^f	1,20 ^f	27,96 ^d	44,62 ^c	17,50 ^e	23,17 ^d	74,96 ^a	64,28 ^b
ABTS	3,96 ^d	10,77 ^c	18,29 ^b	20,24 ^a	4,88 ^d	10,45 ^c	17,13 ^b	22,97 ^a
DPPH IC ₅₀	136,28 ^a	53,49 ^c	54,37 ^c	42,32 ^c	110,38 ^b	59,03 ^c	41,26 ^c	20,67 ^d
β-caroteno/ácido linoleico	4,18 ^d	45,16 ^a	14,52 ^c	33,55 ^b	7,18 ^d	37,83 ^b	15,28 ^c	31,43 ^b
FRAP	10,24 ^e	38,17 ^d	56,10 ^c	66,79 ^b	14,13 ^e	42,04 ^d	50,20 ^c	89,79 ^a
Perfil de compostos fenólicos								
Ácido gálico	nd ^g	5,37 ^e	16,73 ^d	21,30 ^c	3,95 ^f	5,99 ^e	22,91 ^b	28,19 ^a
Catequina	nd ^c	9,50 ^b	nd ^c	9,02 ^b	nd ^c	9,14 ^b	nd ^c	16,74 ^a
Vanilina	nd ^d	nd ^d	0,54 ^a	0,74 ^a	0,15 ^c	0,31 ^b	0,57 ^a	0,65 ^a

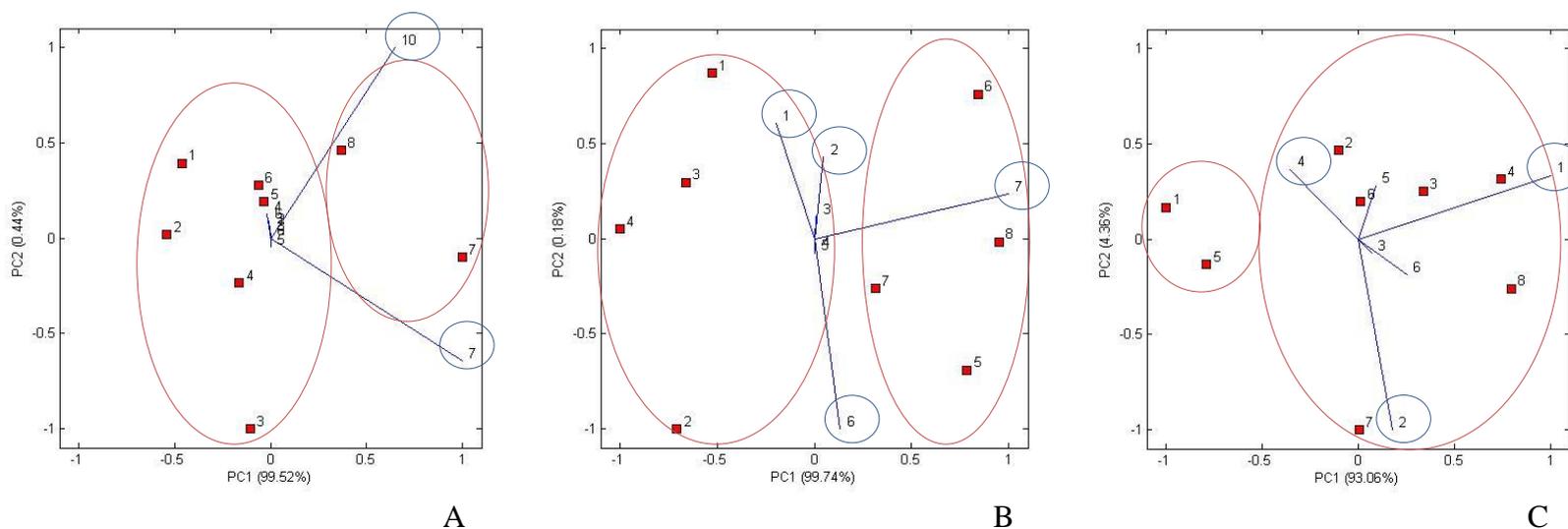
Ácido <i>p</i> -cumárico	nd ^c	0,10 ^a	0,07 ^b	0,11 ^a	0,06 ^b	0,08 ^b	0,07 ^b	0,09 ^a
Ácido <i>m</i> -cumárico	nd ^c	0,06 ^b	0,08 ^a					
Resveratrol	nd ^d	1,62 ^b	0,68 ^b	1,49 ^b	0,33 ^c	1,86 ^b	1,46 ^b	4,03 ^a

Médias seguidas pelas mesmas letras, entre as linhas, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Notas: Perfil de textura: dureza (g.f), elasticidade (g.f), coesividade (g.seg); Composição centesimal: g 100 g⁻¹ matéria integral; valor energético: kcal 100 g⁻¹ matéria integral; Folin-Ciocalteu: mg EAG 100 g⁻¹; Vitamina C: mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹; ABTS^{•+}: μM de trolox g⁻¹; DPPH IC₅₀: mg mL⁻¹; β-caroteno/ácido linoleico: % de proteção; FRAP: μM de sulfato ferroso g⁻¹; Perfil de compostos fenólicos: mg 100 g⁻¹.

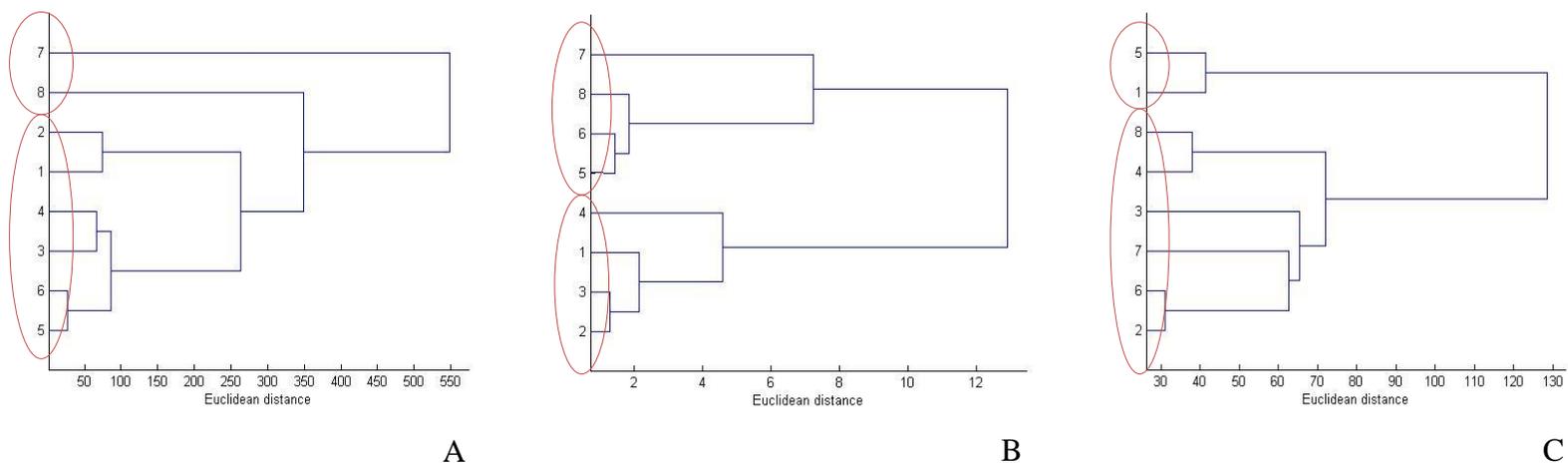
Legenda: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabioba; PG: polpa de gabioba; EAG: equivalente a ácido gálico; IC₅₀: A concentração efetiva na qual o radical 2,2-difenil-1-piril-hidrazil (DPPH) foi reduzida em 50%. O valor de IC₅₀ foi obtido por interpolação de análise de regressão. nd: não detectado.

Figura 2 - (A) Análise dos componentes principais (PCA) entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Análise dos componentes principais (PCA) entre as análises proximais realizadas nos pães doces; (C) Análise dos componentes principais (PCA) das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS^{*+}, DPPH, antioxidante β-caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabirola e pequi.



Legenda: (•) 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola.
 (A) (•) 1: L* crosta; 2: C* crosta; 3: °hue crosta; 4: L* miolo; 5: C* miolo; 6: °hue miolo; 7: dureza; 8: elasticidade; 9: coesividade e 10: mastigabilidade.
 (B) (•) 1: Umidade; 2: Lipídios; 3: Proteína bruta; 4: Resíduo mineral fixo (cinzas); 5: Fibra bruta; 6: Extrato não nitrogenado (fração glicídica); 7: Valor energético.
 (C) (•) 1: Folin-Ciocalteu; 2: Vitamina C; 3: ABTS^{*+}; 4: DPPH; 5: antioxidante β-caroteno/ácido linoleico e 6: redução do ferro (FRAP).

Figura 3 - (A) Dendograma das diferentes variáveis analisadas entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Dendograma das diferentes variáveis analisadas entre as análises proximais realizadas nos pães doces e (C) Dendograma das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS^{*+}, DPPH, antioxidante β-caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabioba.



Legenda: 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabioba e PG: polpa de gabioba.

Figura 4 - *Loadings* de cada componente principal (PCs) em relação às variáveis físicas, químicas e funcionais. (A) Loading dos parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L^* , C^* e h° da crosta; L^* , C^* e h° do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces; (B) Loading entre as análises proximais realizadas nos pães doces; (C) Loading das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS^{•+}, DPPH, antioxidante β -caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doce de gabioba e pequi.

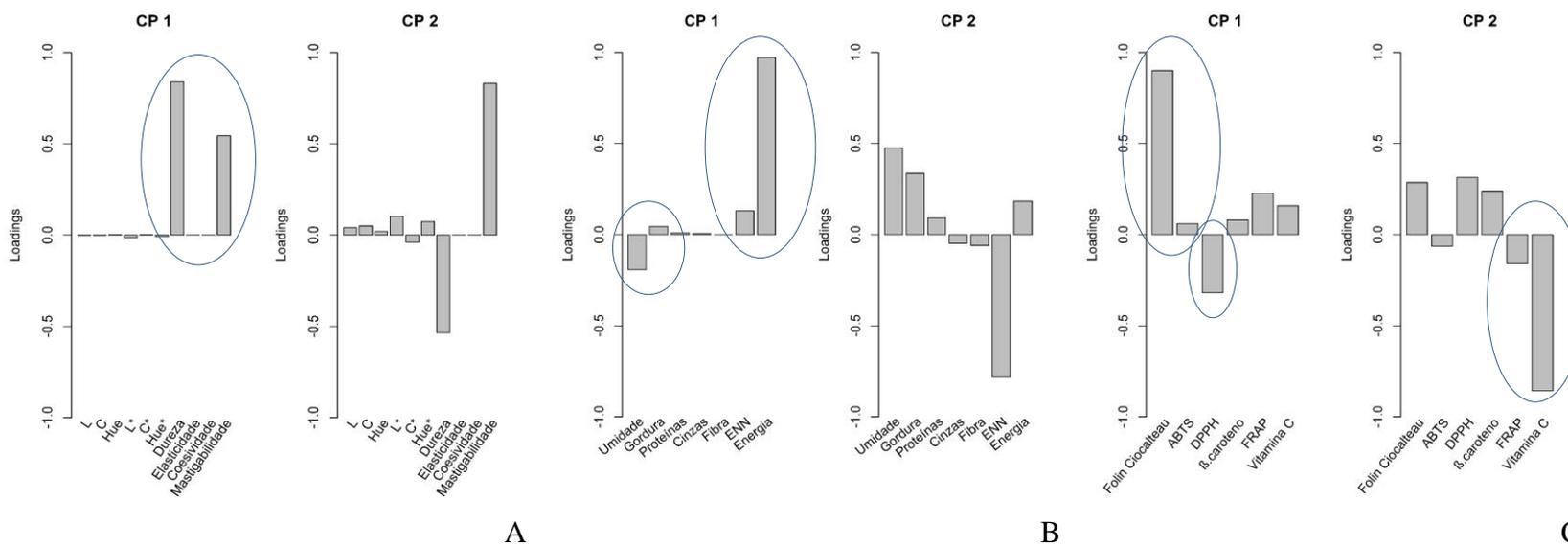
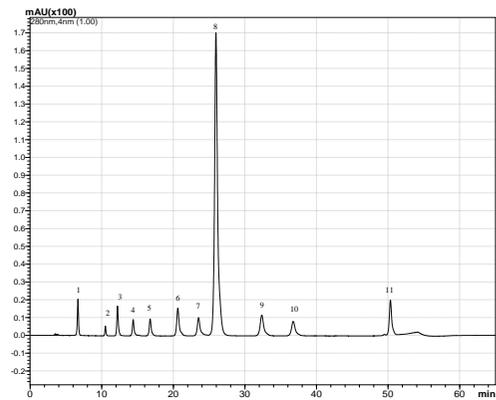
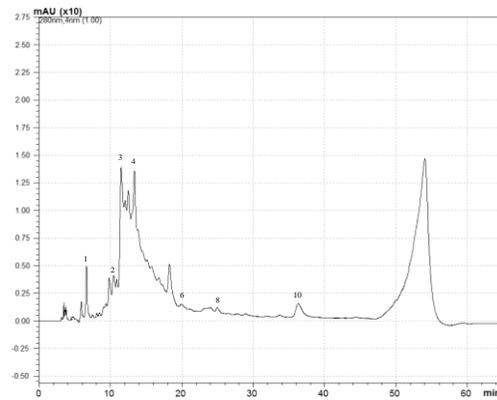


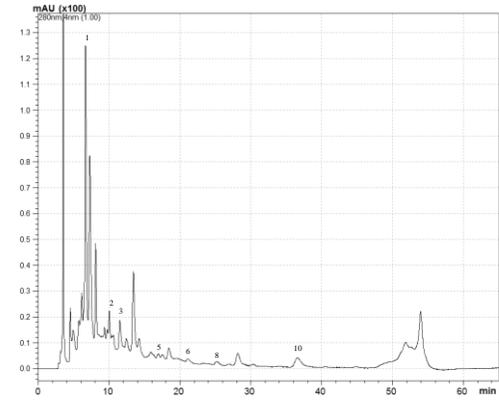
Figura 5 - Cromatograma do perfil de compostos fenólicos. (a) Cromatograma dos padrões de compostos fenólicos. Identificação dos picos: (1) ácido gálico; (2) catequina; (3) ácido clorogênico; (4) ácido cafeico; (5) vanilina; (6) ácido *p*-cumárico; (7) ácido ferúlico; (8) ácido *m*-cumárico; (9) ácido *o*-cumárico; (10) resveratrol; (11) ácido *trans*-cinâmico; (b) Cromatograma da farinha da casca de pequi diluída (1:100); (c) Cromatograma do tratamento 8 (T₈) dos pães de gabirola e pequi.



A



B



C

Figura 6 - (A) Gráfico de radar das características de qualidade hedônica dos pães substituídos por farinhas e polpa de pequi. Sendo 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. (B) Mapa interno de preferência de duas vias para aceitação dos pães doces gabirola e pequi. Os consumidores são representados por vetores e os tratamentos por quadrados. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. As médias (n = 86) seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

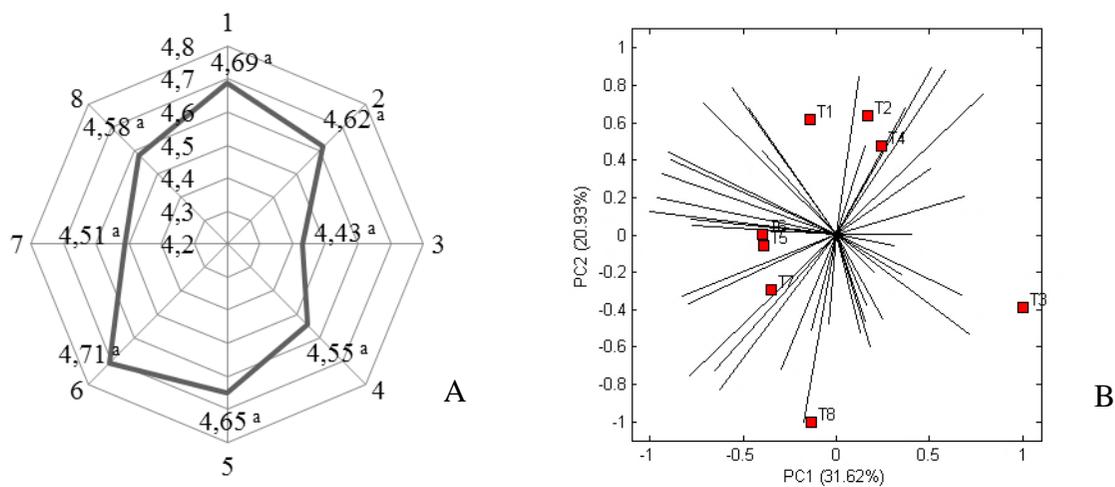


Tabela 2 - Índice de aceitabilidade (%) de pães doces de gabirola e pequi ofertados para 86 escolares de 6 a 10 anos.

Notas e escala hedônica	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1 “detestei”	2,33	2,33	4,65	2,33	2,33	2,33	4,65	3,49
2 “não gostei”	-	1,16	2,33	2,33	-	-	1,16	-
3 “indiferente”	1,16	2,33	10,47	8,14	3,49	5,81	8,14	10,47
4 “gostei”	19,77	20,93	10,47	12,79	18,60	8,14	10,47	6,98
5 “adorei”	76,74	73,26	72,09	74,42	75,58	83,72	75,58	79,07
∑ 4 “gostei” e 5 “adorei”	96,51 ^a	94,19 ^a	82,56 ^a	87,21 ^a	94,19 ^a	91,86 ^a	86,05 ^a	86,05 ^a

Legenda: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. No somatório das notas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento de pães enriquecidos utilizando polpa e farinha de frutos do Cerrado, especificamente o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e a gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), de forma geral, a elaboração desses novos produtos de panificação mostrou-se ser uma das alternativas tecnologicamente viáveis de serem executadas, permitindo agregar valor nutricional, funcional e sensorial ao produto final elaborado. Vale ressaltar, que esses novos produtos podem ser facilmente produzidos por pequenas e grandes indústrias de alimentos, por agentes da agricultura familiar e até mesmo pelos próprios colaboradores que ajudam no preparo de merenda escolar nas escolas públicas e de educação básica obrigatória.

Dentre as principais conclusões, a despeito do desenvolvimento e elaboração dos pães doces de pequi, com capacidade tecnológica comparada a formulação padrão, foram obtidos a partir das formulações que utilizaram entre 0,75 a 2,5% da farinha da casca de pequi (FCP); até 20% farinha da polpa de pequi (FPP) e entre 5 e 35% de polpa de pequi (PP). Referente aos efeitos da substituição dos ingredientes (farinha de trigo e água) pelas farinha da casca de pequi (FCP), polpa de pequi (PP) e sua farinha (FPP), nas proporções de substituição de 2,5%, 35% e 20%, respectivamente, vimos que tal efeito contribuiu para alterações significativas entre os parâmetros físicos, químicos (nutricionais e funcionais) e sensoriais analisados. Dessa forma, os pães doces enriquecidos com a FCP, FPP e PP contribuíram para alterações na coloração, textura, composição centesimal – com destaque ao aumento no teor lipídico, fração glicídica e valor energético. Na análise sensorial todas as formulações foram bem avaliadas pelas crianças em idade escolar e além disso, o efeito da substituição combinada e isolada entre essas matérias-primas se destacaram pelos maiores teores de fenólicos totais, vitamina C e carotenoides, bem como maior capacidade antioxidante.

A respeito da segunda etapa deste projeto, referente ao desenvolvimento e a elaboração dos pães doces de gabioba, tendo como primeiro objetivo, obter uma faixa de concentração ideal para cada um desses substituintes – farinha da casca de pequi (FCP); farinha da polpa de gabioba (FPG) e polpa de gabioba (PG) – em desenvolver um produto de panificação com qualidades tecnológicas comparada à formulação padrão. Dentre as principais conclusões destacamos que faixas ideais de substituição de farinha de trigo por farinha da casca de pequi e farinha da polpa de gabioba compreendem de 1,615 a 5,0% e 10 a 11,5%, respectivamente, e a substituição de água por polpa de gabioba, até 20%. Tais resultados foram obtidos através de modelos matemáticos obtidos através de alguns

parâmetros tecnológicos analisados na massa e nos pães, a respeito do volume de massa, volume específico, densidade, dureza e mastigabilidade dos pães. Referente aos efeitos da substituição dos ingredientes (farinha de trigo e água) pelas farinha da casca de pequi (FCP), polpa de gabioba (PP) e sua farinha (FPG), nas proporções de substituição de 1,5%, 20% e 10,5%, respectivamente, vimos que tal efeito contribuiu para alterações significativas entre os parâmetros físicos, químicos (nutricionais e funcionais) e sensoriais analisados. Dessa forma, os pães doces enriquecidos com a FCP, FPG e PG contribuíram para alterações na coloração, textura, composição centesimal – com destaque ao aumento da fração glicídica e valor energético. Quanto aos parâmetros funcionais, os tratamentos de substituição combinada entre FCP, FPG e PG, apresentaram um incremento no teor de compostos fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante. Assim como, todas as diferentes formulações de pães foram sensorialmente bem aceitas.

Já as cartilhas foram elaboradas com o intuito de disponibilizar de forma simples e objetiva as informações necessárias para a elaboração de pães doces produzidos a partir da substituição parcial da farinha de trigo e água pelas farinhas e polpas de pequi e gabioba. Nesse material, informamos desde os principais equipamentos utilizados na fabricação dos pães até as principais formulações ideais que permitem serem implementadas na merenda escolar, em conformidade com o que é preconizado no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

APÊNDICE A – CARTILHAS

(Publicadas no dia 30 de maio de 2020 no Repositório Institucional da UFLA)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PÃES DOCES
ELABORADOS A PARTIR DE FARINHA DA CASCA E
POLPA DE PEQUI**

Mariana Crivelari da Cunha, Laila Terra Hostalácio, Piêtra Campos e Souza, Ana Lázara Matos Oliveira, Rafael Carvalho do Lago, Rafaela da Silva Melo, Lucas Ferreira Rodrigues, Elisângela Elena Nunes de Carvalho, José Guilherme Lembi Ferreira Alves, Joelma Pereira, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Lavras/MG, 2020

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PÃES DOCES
ELABORADOS A PARTIR DE FARINHA DA CASCA E
POLPA DE PEQUI**

Lavras/MG, 2020

APRESENTAÇÃO

A fabricação de pães utilizando farinhas e polpas de frutos do Cerrado constitui uma alternativa viável tecnologicamente, podendo ser facilmente executada pelas pequenas fábricas e pela agricultura familiar, sem a necessidade de grandes investimentos.

Os frutos do Cerrado, de forma geral, apresentam características sensoriais únicas, como coloração atraente, sabor intenso e aroma exótico, além de seu potencial nutricional e funcional, sendo consumidos na forma *in natura* ou processados.

Há que se pensar em alternativas na elaboração de novos produtos alimentícios, sem que se abra mão de sua qualidade. O pão, um dos alimentos mais consumidos no mundo e uma das principais fontes calóricas da humanidade, normalmente é pobre em fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos. Sendo assim, o enriquecimento de pães, com frutos do cerrado, é uma forma de melhorar seu valor nutricional, agregando-lhes apelo sensorial e funcional.

Assim como os frutos do Cerrado podem agregar valores aos pães, a sua inserção em formulações diversas é uma forma de agregação de valores aos frutos do Cerrado, contribuindo para a valorização de suas potencialidades nutricionais, funcionais e sensoriais. Isso, certamente, aumentaria sua oferta, normalmente restrita a um ou poucos meses do ano, e poderia ser usado como estratégia para romper as fronteiras regionais, onde esses frutos são, geralmente, consumidos, propiciando novas formas de geração de renda.

Esta cartilha é o resultado de um trabalho de pesquisa desenvolvido pelo setor de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos e pelo Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, financiado pelas agências de fomento à pesquisa, CAPES, CNPq e FAPEMIG.

Durante aproximadamente dois anos, foram realizadas análises tecnológicas, físicas, químicas e sensoriais para avaliar: i) a concentração ideal de substituição de farinha de trigo por farinhas da casca e polpa de pequi e de água por polpa de pequi; ii) desenvolver pães doces com alto valor nutricional, funcional e sensorial e por fim, iii) obter formulações com melhores índices de aceitabilidade por crianças em idade escolar.

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é o bioma de formação savânica com maior biodiversidade no mundo e recobre aproximadamente 25% do território nacional. Conecta-se com quatro dos seis biomas brasileiros, dentre eles a Mata Atlântica, a Amazônia, o Pantanal e a Caatinga. O Cerrado brasileiro é um bioma que se destaca pelo grande número de espécies frutíferas, cujos frutos vêm tendo, nos últimos anos, seu potencial nutricional, funcional e sensorial comprovado. Entretanto, esses frutos são subutilizados, ainda assim, de forma rústica, o que os coloca na mira de empreendedores do setor alimentício. Diversos frutos do Cerrado se destacam pelo sabor marcante e peculiar e pelos elevados teores de fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos com grande poder antioxidante. Tradicionalmente, as populações locais os consomem *in natura* ou em preparações culinárias, sendo o pequi um dos mais conhecidos frutos do Cerrado.

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) conhecido popularmente como o “ouro do Cerrado” é amplamente disseminado em todo território brasileiro. O fruto é recoberto por uma fina casca (epicarpo), de coloração verde-acinzentada. Justaposto à casca encontra-se o mesocarpo externo, de coloração amarelo-claro, que representa cerca de 80% da massa do fruto. Embora porções morfologicamente distintas, epicarpo e mesocarpo externo são chamados, vulgarmente, de casca, e, invariavelmente descartados nas preparações culinárias do pequi. Essa casca (epicarpo + mesocarpo externo) envolve de um a quatro pirênios ou caroços, de coloração amarelo ouro. Os pirênios são constituídos pelo mesocarpo interno, porção mais valorizada do frutos como alimento, que se confunde com endocarpo espinhoso. No interior do fruto há, também, uma semente oleaginosa, de coloração branca. O pequi e seu pirênio são apresentados na Figura 1.

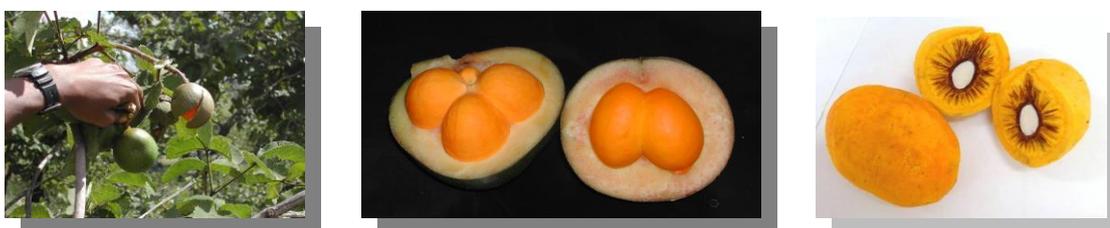


Figura 1. Visão geral do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).

O conjunto epicarpo e mesocarpo externo, que passaremos a chamar daqui em diante de casca, por questões pragmáticas, é uma importante fonte de antioxidantes, além de fibras e

minerais. No entanto, apesar de seu potencial tecnológico, essa casca é descartada nas preparações culinárias. Já o mesocarpo interno, que chamaremos, também por questões pragmáticas, de polpa, é altamente calórico, rico em lipídeos, fibras, minerais, vitamina C e carotenoides, inclusive com atividade pró vitamínica A.

Logo, a casca e polpa do pequi são ingredientes naturais, em potencial, para o enriquecimento nutricional e incremento do apelo sensorial e funcional de produtos alimentícios, em especial aqueles de amplo consumo, como os de panificação. Dessa forma, uma das maneiras de promover o aumento no consumo de pães seria pela incorporação da casca e polpa do pequi, a partir da substituição parcial de alguns ingredientes utilizados na formulação, com o propósito de atender às necessidades nutricionais, principalmente de crianças em idade escolar.

No Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), criado em meados da década de 1950, tem seu escopo ampliado por meio da Lei nº 11.947/2009 que garante a obrigatoriedade do Estado pela aquisição de no mínimo 30% do valor repassado na compra direta de produtos da agricultura familiar. Suas diretrizes seguem os princípios do emprego da alimentação saudável e adequada, compreendendo o uso de alimentos variados e seguros, cobrindo as necessidades nutricionais durante o período de permanência dos estudantes nas escolas.

Recentemente, a proposta de incluir itens de panificação na merenda escolar foi aprovada no Projeto de Lei 7.745/2017 criando um percentual adicional de 5% dos recursos repassados na compra de produtos panificáveis produzidos por micro e pequenos empreendedores locais. Dessa forma, com o desenvolvimento e inserção de produtos panificáveis utilizando frutos do Cerrado, o mercado de panificação passa a estimular à diversificação da produção e a difundir o consumo de frutos nativos e a valorização dos alimentos regionais.

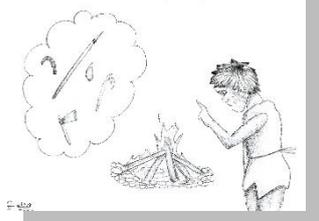
Portanto, objetiva-se, com esta cartilha, apresentar a tecnologia de fabricação dos pães doces de pequi de maneira simples e acessível, passível de ser aplicada por pequenas empresas, agentes da agricultura familiar, em escolas e até mesmo em casa. Objetiva, ainda, fomentar a diversificação da merenda escolar com pães enriquecidos nutricionalmente e com potencial sensorial e funcional, o que pode ser estendido para toda a população, a despeito de sua faixa etária, estilo de vida e classe social.

O PÃO

A Resolução da Diretoria Colegiada nº 90, de 20 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) que aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão, revogada pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), que aprova o Regulamento Técnico para produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos, define pães como sendo o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionada das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes. O produto é designado por “pão”, “pão de trigo” ou “pão” seguido da substância ou tipo que o caracterize. Exemplo: “pão de leite”, “pão de centeio” e “pão francês”. Com base nessa Resolução, os pães, objeto desta cartilha, serão denominados “pães doces de pequi”.

PERSPECTIVA HISTÓRICA DOS PÃES

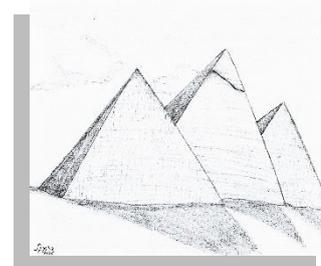
O pão é um alimento básico consumido desde a pré-história e conhecido universalmente por todo o mundo. Está relacionado à vida do homem, tanto como alimento, como também sendo considerado símbolo econômico, político, religioso, artístico e cultural.



Essa perspectiva histórica inicia-se há aproximadamente 10.000 anos a.C, quando o homem primitivo passou a elaborar uma forma de pão primitivo, com aspecto de mingau cozido feito a partir do processo de esmagamento de sementes de algumas gramíneas, misturadas com água e aquecidas ao fogo.

Há 8.000 a.C., o pão primitivo já era elaborado nos vales dos rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia, feito a partir da moagem rustica de grãos selvagens de aveia, cevada, sorgo e trigo. Os pães eram assados cobertos por brasa sobre pedras ou debaixo de cinzas e apresentavam formato estendido ou achatado, sendo denominados de *flatbreads*.

Também por volta de 8.000 a.C, os egípcios descobriram ocasionalmente que o processo fermentativo da massa do pão primitivo, tornava-o leve e macio. Essa descoberta aconteceu por



mero acaso, quando um pedaço de massa contendo apenas água e farinha foi esquecido a céu aberto, sendo naturalmente inoculado por bactérias presentes no ambiente, dando início ao processo fermentativo que forneceu volume a essa massa. Já a propagação do fermento deu-se a partir da mistura de uma massa fermentada a uma nova massa.

A introdução do fermento ocasionou um marco no conceito de pão que hoje conhecemos, além da eventual utilização da farinha de trigo refinada, resultando em um produto mais palatável. Mais tarde, os gregos aperfeiçoaram a produção dos pães. No entanto, foram os romanos que difundiram a produção e o consumo deste alimento, com o surgimento das primeiras padarias.



No Brasil, o princípio da panificação ocorreu em 1534, com a vinda de Martim Afonso de Souza, um dos donatários que trouxe as primeiras sementes de trigo à colônia. Antes do pão, o que se usava, era o biju de tapioca e massa de farinha de tapioca. Logo, com a chegada da Família Real Portuguesa, os pães passaram a ser produzidos e amplamente consumidos. No entanto, somente no século XIX, a produção comercial de pães foi implementada com a vinda dos imigrantes italianos que difundiram o uso do trigo para a elaboração desse alimento.

EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS

- Os equipamentos e utensílios necessários para a fabricação dos pães:
 - Balança: indispensável para garantir a padronização na produção dos pães.
 - Batedeira e/ou amassadeira semi-industrial: tem a função de misturar os ingredientes e desenvolver o trabalho mecânico na massa.
 - Modeladora: padroniza o formato desejado, garantindo a uniformidade na produção dos pães.
 - Câmara de fermentação: controla o processo fermentativo da massa, por meio da temperatura e umidade relativa.
 - Forno: permite a cocção da massa a partir de um binômio tempo/temperatura.
 - Fatiadora: permite a padronização do corte entre as fatias de pães (se necessário).

PRODUÇÃO DA FARINHA E POLPA DE PEQUI

Os frutos devem ser submetidos a uma pré-lavagem em água corrente, para a retirada de sujidades mais grosseiras. Devem também ser sanitizados com uma solução contendo hipoclorito de sódio a 100 ppm (4 colheres de sopa de água sanitária para 1 L de água) durante 15 minutos. Em seguida, o fruto deve ser partido ao meio, separando-se a casca do pirênios (Figura 2).

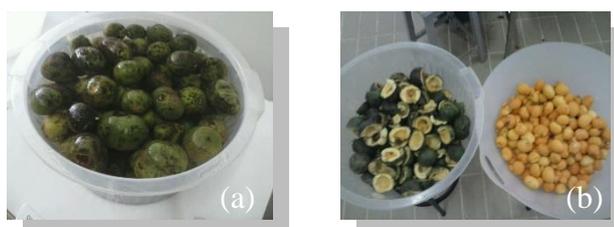


Figura 2. (a) Fruto inteiro imerso em água contendo solução de hipoclorito de sódio e (b) Separação da casca dos pirênios.

Sugere-se a realização de um branqueamento a vapor, por 12 minutos, para evitar o escurecimento da casca. O branqueamento pode ser realizado em panelas de cozimento a vapor. Em seguida, as cascas devem ser imediatamente imersas em água gelada (choque térmico), para depois serem dispostas em formas de alumínio e secas em estufa a 65 °C por 24 horas. Para obtenção da farinha da casca, o material seco deve ser triturado, peneirado e homogeneizado (Figura 3).



Figura 3. (a) Processo de branqueamento da casca do pequi; (b) Disposição das cascas branqueadas em formas de alumínio; (c) Processo de elaboração e padronização da farinha da casca de pequi.

Produção da polpa de pequi

Os pirênios do pequi também podem ser submetidos a um prévio branqueamento a vapor, seguido de choque térmico, como sugerido para a casca, com o objetivo de amolecer a polpa e facilitar a posterior etapa de despulpamento. Para a obtenção da polpa, pode-se utilizar um ralador doméstico manual, evitando-se chegar próximo aos espinhos. A polpa deve ser homogeneizada, podendo-se utilizar um processador de alimentos, até a obtenção de uma pasta, que pode ser utilizada imediatamente ou armazenada em freezer convencional à -18 °C (Figura 4).



Figura 4. (a) Processo de branqueamento realizado nos pirênios do pequi e (b) Despulpamento do pequi.

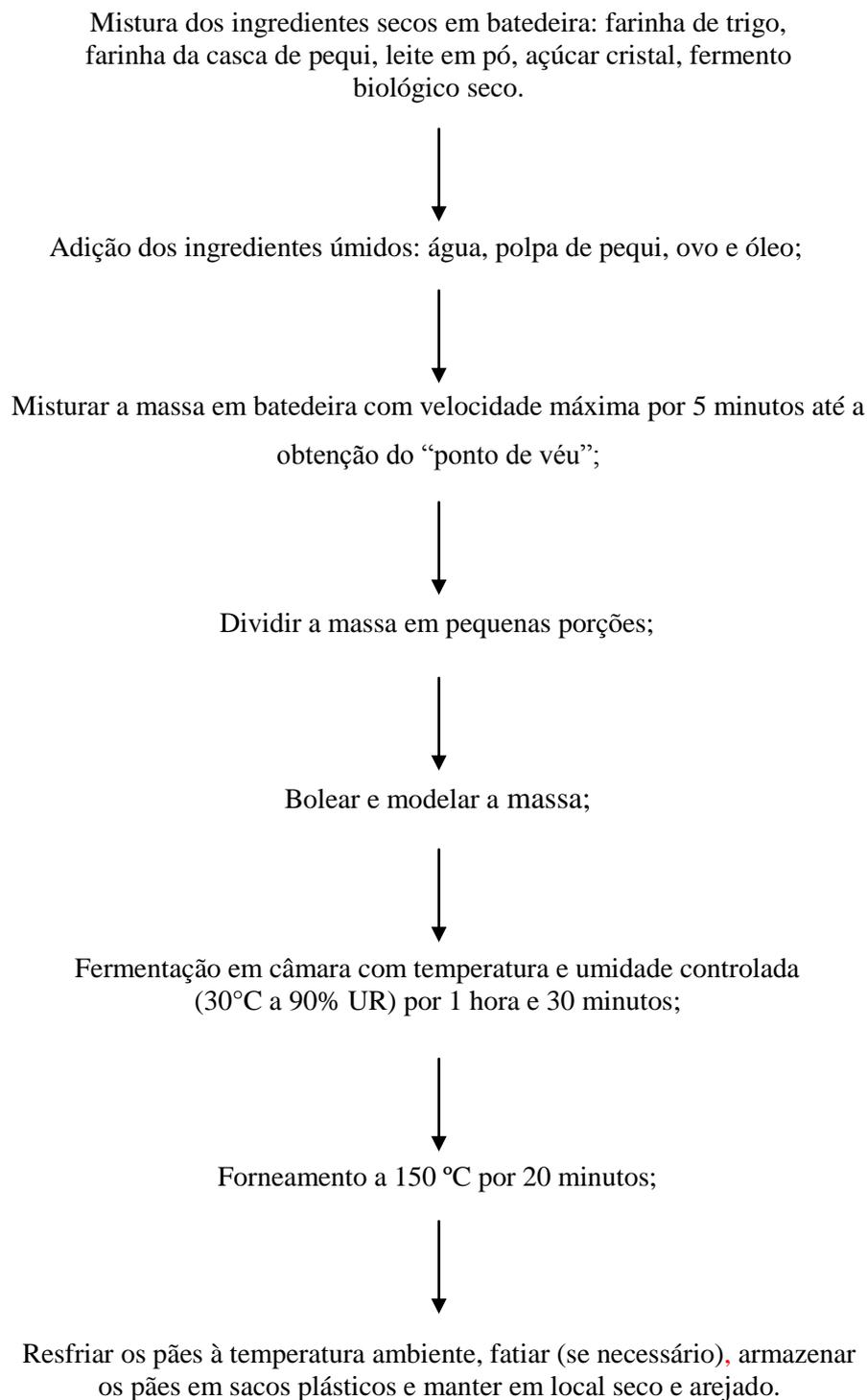
FORMULAÇÕES

Duas formulações de pão doce, uma padrão e outra alternativa, enriquecida com polpa de pequi e farinha de sua casca são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação padrão e formulação enriquecida.

Formulação padrão	Formulação com polpa de pequi + farinha da casca de pequi
<ul style="list-style-type: none"> - 1000 g de farinha de trigo; - 450 mL de água; - 150 g de açúcar cristal; - 150 g de ovos; - 60 g de leite em pó; - 50 mL de óleo de soja; - 25 g de fermento seco biológico; - 20 g de sal. 	<ul style="list-style-type: none"> - 975 g de farinha de trigo; - 25 g de farinha da casca de pequi; - 292,5 mL de água; - 157,5 g de polpa de pequi; - 150 g de açúcar cristal; - 150 g de ovos; - 60 g de leite em pó; - 50 mL de óleo de soja; - 25 g de fermento seco biológico; - 20 g de sal.

FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PÃES DOCES DE PEQUI



AS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DOS PÃES DOCES DE PEQUI

Mistura dos ingredientes

Recomenda-se misturar a farinha de trigo com os demais ingredientes secos (farinha de trigo, farinha da casca de pequi, leite em pó, açúcar cristal e fermento). Adicionar os ingredientes úmidos (água, polpa de pequi, ovos e óleo) e por fim, adicionar o sal. Nesta etapa ocorre a mistura dos ingredientes até a formação de um ponto ideal de desenvolvimento da massa. Desta forma, o batimento da massa é comumente feito em duas etapas: no primeiro, em velocidade baixa, a água é incorporada pela farinha de trigo e no segundo batimento, em velocidade alta até o desenvolvimento da rede de glúten ou “ponto de véu”, ou seja, a garantia que a trama do glúten foi completamente desenvolvida (Figura 5).



Figura 5. Etapa de mistura dos ingredientes utilizando batedeira.

Divisão, boleamento e modelagem da massa

Essas etapas têm por objetivo obter frações de massa de peso determinado e uniforme; formar uma superfície contínua na massa, facilitando seu manuseio e garantir uma forma apropriada na massa, por meio da utilização de rolos e modeladores que são projetados com o objetivo de desgaseificar, achatar, enrolar e selar a massa (Figura 6).

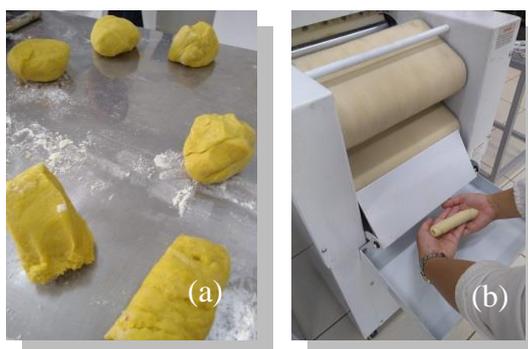


Figura 6. (a) Etapa de divisão e boleamento da massa; (b) Etapa de modelagem da massa utilizando uma modeladora de escala laboratorial.

Processo fermentativo da massa



É considerada a etapa de descanso ou repouso da massa, após os impactos mecânicos sofridos nas etapas anteriores. Durante essa etapa, a levedura adicionada à massa é responsável por produzir etanol e dióxido de carbono, que expandem a massa e a tornam mais aerada e leve. A temperatura ótima para que ocorra o processo fermentativo varia de 30 ± 2 °C, com umidade relativa em torno de 80 a 90%. O tempo de fermentação é de 90 minutos (Figura 7).

Figura 7. Massa após o processo fermentativo pré-estabelecido.

Forneamento

É durante essa etapa que ocorrem as principais mudanças que transformam a massa em pão. É no processo de forneamento que ocorre modificações físicas e químicas, devido à ação do calor. Dentre as modificações, destacamos: i) evaporação de parte da água contida na massa; ii) aumento no volume dos pães e iii) favorecimento de coloração e aroma específico de pão assado. As condições do forneamento: 150 °C por 20 minutos (Figura 8).



Figura 8. Forno elétrico semi-industrial.

Resfriamento



É considerada a etapa que contribui para a estabilidade da estrutura do miolo. Esta etapa antecede as etapas de fatiamento e embalagem e, portanto, é importante por evitar a deformação do pão e uma possível contaminação por fungos filamentosos devido à condensação da água na embalagem. Esse processo pode ser feito expondo os pães à temperatura ambiente por 2 horas (Figura 9).

Figura 9. Pães de pequi após o forneamento, resfriando à temperatura ambiente.

Fatiamento e Armazenamento

Após a etapa de resfriamento, os pães podem ser fatiados (se necessário) (Figura 10), e embalados em sacos plásticos de polietileno e/ou papel, se não forem consumidos imediatamente e armazenados em local seco e arejado.



Figura 10. Pães de pequi fatiados.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico referente a Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 203-E, de 20 de outubro de 2000. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000.

FOTOS E FIGURAS

Figuras utilizadas nesta cartilha foram disponibilizadas pelo próprio grupo de pesquisa. Ilustrações “homem das cavernas”, “pirâmides do Egito” e “caravela portuguesa”: Giovanna Crevilari.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela infraestrutura disponibilizada e apoio logístico e às agências de fomento à pesquisa, CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo suporte financeiro, utilizado na aquisição de equipamentos e material de custeio, bem como na forma de bolsas de iniciação científica, apoio técnico, mestrado e doutorado.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PÃES DOCES
ELABORADOS A PARTIR DE FARINHA DA POLPA DE
GABIROBA, POLPA DE GABIROBA E FARINHA DA CASCA
DE PEQUI**

Mariana Crivelari da Cunha, Laila Terra Hostalácio, Piêtra Campos e Souza, Ana Lázara Matos Oliveira, Rafael Carvalho do Lago, Rafaela da Silva Melo, Lucas Rodrigues Ferreira, Elisângela Elena Nunes de Carvalho, José Guilherme Lembi Ferreira Alves, Joelma Pereira, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Lavras/MG, 2020

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

**TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DE PÃES DOCES
ELABORADOS A PARTIR DE FARINHA DA POLPA DE
GABIROBA, POLPA DE GABIROBA E FARINHA DA CASCA
DE PEQUI**

Lavras/MG, 2020

APRESENTAÇÃO

Pesquisas atuais têm apontado diversos frutos de ocorrência no Cerrado como fontes de fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos subutilizadas, ao passo que há séculos tem-se o pão como uma das principais fontes calóricas da humanidade, mas que tem em sua composição pouco mais que o amido, normalmente da farinha de trigo. Assim, o enriquecimento de pães utilizando farinhas e polpas de frutos do Cerrado, a exemplo da gabioba e do pequi, mostra-se como uma alternativa econômica e tecnologicamente viável e passa a ser uma das maneiras de melhorar o valor nutricional, ao mesmo tempo que agrega apelo sensorial e funcional ao alimento. Esses novos produtos podem ser facilmente produzidos por pequenas e grandes indústrias de alimentos, por agentes da agricultura familiar e até mesmo em cantinas, por exemplo, de escolas.

A presente publicação foi elaborada com o intuito de estimular o consumo de frutos de ocorrência no Cerrado brasileiro, a partir de sua introdução em produtos alimentícios e de agregar valor nutricional, funcional e sensorial a produtos de panificação. “A tecnologia de fabricação de pães doces elaborados a partir de farinha da casca de pequi, farinha da polpa de gabioba e polpa de gabioba” visa disponibilizar de forma simples e objetiva as informações necessárias para a elaboração desses novos produtos e de informar nutricionistas e manipuladores de alimentos (merendeiras/os) quanto as possibilidade de uso desses produtos.

Esta cartilha foi elaborada com base em resultados de pesquisas desenvolvidas pelo setor de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos e pelo Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, financiado pelas agências de fomento à pesquisa, CAPES, CNPq e FAPEMIG.

Durante aproximadamente dois anos, foram realizadas análises tecnológicas, físicas, químicas e sensoriais para avaliar: i) a concentração ideal de substituição de farinha de trigo por farinhas de gabioba e da casca de pequi e de água por polpa de gabioba; ii) desenvolver pães doces com alto valor nutricional, funcional e sensorial e por fim, iii) obter formulações de pães com os melhores índices de aceitabilidade pelas crianças em idade escolar.

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro constitui uma das maiores biodiversidades do mundo e inclui um grande número de espécies frutíferas e seus frutos com propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais peculiaridades e atrativas. O bioma é o segundo maior no território brasileiro, atrás apenas da floresta Amazônica. Dentre as espécies frutíferas de ocorrência no Cerrado catalogadas e que são convencionalmente chamadas de “potenciais”, destacam-se a gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) e o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.).

A gabirobeira, cujos frutos são conhecidos popularmente como ‘gabiroba’, ‘guabiroba-do-mato’, ‘guabiroba-miúda’, ‘gabirova’, ‘guavirova’ e ‘guariva’, é uma espécie nativa pertencente à família das *Myrtaceae*. Os frutos são arredondados e de coloração verde-amarelada, apresentando polpa amarelada quando maduros e que envolve numerosas sementes. A gabiroba apresenta altos teores de umidade e fibras, com baixo valor energético, além de quantidades apreciáveis de compostos funcionais – vitamina C e compostos fenólicos – e minerais – como cálcio, zinco, potássio, fósforo, magnésio e ferro.



Figura 1. (a) Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) em diferentes estádios de maturação; (b) Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e seus pirênios.

Já o fruto do pequizeiro, popularmente conhecido como “Ouro do Cerrado”, é constituído pelo exocarpo fino de coloração verde-acinzentada e pelo mesocarpo externo, de coloração amarelo-claro, que juntos são vulgarmente chamados de casca e compõe cerca de 80% do fruto. Essa casca recobre de um a 4 pirênios, putâmens ou caroços de coloração amarelo ouro, constituídos pelo mesocarpo interno, porção mais apreciada e valorizada do fruto e endocarpo espinhoso, além da semente branca. Ao ser processado, visando-se a extração e aproveitamento dos pirênios, uma quantidade muito grande de casca é gerada e

descartada e, conseqüentemente, fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos. O pequi e seus pirênios são apresentados na Figura 1.

Ambos os frutos apresentam aplicabilidade tecnológica para a elaboração de novos produtos e podem ser utilizados no enriquecimento nutricional, com aumento do apelo sensorial e funcional de alimentos bastante conhecidos e consumidos, com destaque aos produtos de panificação. Dessa forma, a incorporação destes frutos, na forma de farinha e polpa em produtos panificáveis pode melhorar o seu potencial nutricional, funcional e sensorial, como também, passa a ser uma das formas de difundir e ampliar o consumo desses frutos do Cerrado, rompendo as fronteiras impostas pelo regionalismo e pela sazonalidade e criando novas e sustentáveis formas de geração de renda.

Novos produtos da panificação com gabioba e pequi, em função de seu apelo nutricional, funcional e sensorial, podem atender diversos segmentos da população, vencendo barreiras de faixa etária, estilo de vida e classe social, destacando-se sua promissora inserção na composição da merenda escolar. Produtos dessa natureza podem ser utilizados no Brasil em atendimento do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), atendendo ainda o Projeto de Lei 7.745/2017 que determina a inclusão de itens de panificação na merenda escolar, com ênfase para aqueles produzidos por micro e pequenos empreendedores locais.

Considerando o exposto, objetivou-se a apresentação da tecnologia de fabricação de pães doces de gabioba e casca de pequi, na forma de uma cartilha simples, acessível e prática. A cartilha traz todas as informações necessárias para a produção do novo produto, seja por pequenas ou grandes empresas, agentes da agricultura familiar e até mesmo por merendeiras, na própria escola. Objetiva-se, ainda, que a cartilha permita e fomente a oferta do pão de gabioba e casca de pequi, como parte da merenda escolar, de forma a estimular o aproveitamento integral e a inserção desse fruto na alimentação de crianças e que também transcenda o ambiente escolar, atingindo outros públicos, a despeito de sua faixa etária, classe social e estilo de vida.

Equipamentos e utensílios

- Para a fabricação das farinhas da casca de pequi e polpa de gabioba:

Conjuntos de panelas de cozimento a vapor; formas de alumínio; peneiras; desidratador de alimentos e processador de alimentos.

- Para a fabricação dos pães:
- Balança: indispensável para garantir a padronização da produção dos pães.
 - Batedeira e/ou amassadeira semi-industrial: tem a função de misturar os ingredientes e desenvolver o trabalho mecânico na massa.
 - Modeladora: padroniza o formato desejado, garantindo a uniformidade na produção dos pães.
 - Câmara de fermentação: controla o processo fermentativo da massa, por meio da temperatura e umidade relativa.
 - Forno: permite a cocção da massa a partir de um binômio tempo/temperatura.
 - Fatiadora: permite a padronização do corte entre as fatias de pães (se necessário).

Produção da farinha da polpa de gabioba

Para a obtenção da polpa de gabioba, os frutos devem ser submetidos a uma pré-lavagem em água corrente, para a retirada de sujidades mais grosseiras. Devem também ser sanitizados com uma solução contendo hipoclorito de sódio a 100 ppm (4 colheres de sopa de água sanitária para 1 L de água) durante 15 minutos. Em seguida, a polpa pode ser obtida utilizando-se uma despoldadeira elétrica. Para obtenção da farinha da polpa de gabioba, as polpas podem ser dispostas em formas de alumínio e secas a 65 °C por 24 horas. Para obtenção da farinha da polpa de gabioba, o material seco deve ser triturado, peneirado e homogeneizado.



Figura 4. (a) Polpas de gabioba dispostas em formas de alumínio para secagem; (b) Após a secagem das polpas e (c) Após a padronização da farinha da polpa de gabioba.

FORMULAÇÕES

A formulação padrão do pão doce e do pão enriquecido com gabioba e casca de pequi são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações dos pães.

Formulação padrão	Formulação de pão com polpa de gabioba + farinha da polpa de gabioba + farinha da casca de pequi
<ul style="list-style-type: none"> - 1000 g de farinha de trigo; - 450 mL de água; - 150 g de açúcar cristal; - 150 g de ovos; - 60 g de leite em pó; - 50 mL de óleo de soja; - 25 g de fermento seco biológico; - 20 g de sal. 	<ul style="list-style-type: none"> - 880 g de farinha de trigo; - 15 g de farinha da casca de pequi; - 105 g de farinha de gabioba; - 360 mL de água; - 90 g de polpa de gabioba; - 150 g de açúcar cristal; - 150 g de ovos; - 60 g de leite em pó; - 50 mL de óleo de soja; - 25 g de fermento seco biológico; - 20 g de sal.

FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PÃES

DOCES DE GABIROBA E CASCA DE PEQUI

Mistura dos ingredientes secos em batedeira: farinha de trigo, farinha da casca de pequi, farinha da polpa de gabioba, leite em pó, açúcar cristal, fermento biológico seco.



Adição dos ingredientes úmidos: água, polpa de gabioba, ovo e óleo;



Misturar a massa em batedeira com velocidade máxima por 5 minutos até a obtenção do “ponto de véu”;



Dividir a massa em pequenas porções;



Bolear e modelar a massa;



Fermentação em câmara com temperatura e umidade controlada (30°C a 90% UR) por 1 hora e 30 minutos;



Forneamento a 150 °C por 20 minutos;



Resfriar os pães à temperatura ambiente, fatiar (se necessário), armazenar os pães em sacos plásticos e manter em local seco e arejado.

AS ETAPAS DO PROCESSAMENTO DOS PÃES DOCES

1. Mistura dos ingredientes

Recomenda-se misturar a farinha de trigo com os demais os ingredientes secos (farinha de trigo, farinha da casca de pequi, leite em pó, açúcar cristal e fermento). Adicionar os ingredientes úmidos (água, polpa de pequi, ovos e óleo) e por fim, adicionar o sal. Nessa etapa, os ingredientes devem ser misturado até a formação de um ponto ideal de desenvolvimento da massa. Dessa forma, o batimento da massa é comumente feito em duas etapas: no primeiro, em velocidade baixa, a água é incorporada pela farinha de trigo e no segundo batimento, em velocidade alta até o desenvolvimento da rede de glúten ou “ponto de véu”, ou seja, a garantia que a trama do glúten foi completamente desenvolvida.

2. Divisão, boleamento e modelagem da massa

Essas etapas têm por objetivo obter frações de massa de peso determinado e uniforme; formar uma superfície contínua na massa, facilitando seu manuseio e garantir uma forma apropriada na massa, por meio da utilização de rolos e modeladores que são projetados com o objetivo de desgaseificar, achatá-la, enrolar e selar a massa (Figura 5).

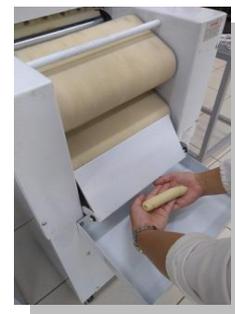


Figura 5. Modelagem da massa.

3. Processo fermentativo da massa



Considerada a etapa de descanso ou repouso da massa, após os impactos mecânicos sofridos nas etapas anteriores. Durante essa etapa, a levedura adicionada à massa é responsável por produzir etanol e dióxido de carbono, que expandem a massa e a tornam mais aerada e leve. A temperatura ótima para que ocorra o processo fermentativo varia de 30 ± 2 °C, com umidade relativa em torno de 80 a 90%. O tempo de fermentação é de 90 minutos (Figura 6).

Figura 6. Massa após o processo fermentativo pré-estabelecido.

4. Forneamento

As principais mudanças que transformam a massa em pão ocorrem durante esta etapa. Modificações físicas e químicas ocorrem devido à ação do calor. Dentre as modificações, destacamos: i) evaporação de parte da água contida na massa; ii) aumento no volume dos pães e iii) favorecimento de coloração e aroma específico de pão assado. Condições do forneamento: 150 °C por 20 minutos (Figura 7).



Figura 7. Forno elétrico semi-industrial utilizado na elaboração dos pães.

5. Resfriamento



O resfriamento é a etapa que contribui para a estabilidade da estrutura do miolo. Essa etapa antecede as etapas de fatiamento e embalagem e, portanto, é importante por evitar a deformação do pão e uma possível contaminação por fungos filamentosos devido à condensação da água na embalagem. Esse processo pode ser feito expondo os pães à temperatura ambiente por 2 horas (Figura 8).

Figura 8. Pães resfriando à temperatura ambiente.

6. Fatiamento e Armazenamento

Após a etapa de resfriamento, os pães podem ser fatiados, embalados em sacos plásticos de polietileno e/ou de papel, se não forem consumidos imediatamente e armazenados em local seco e arejado (Figura 9).



Figura 9. (a) pães sendo fatiados, utilizando uma fatiadora elétrica; (b) pães fatiados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico referente a Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n° 203-E, de 20 de outubro de 2000. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000.

FIGURAS

Figuras utilizadas nesta cartilha foram disponibilizadas pelo próprio grupo de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela infraestrutura disponibilizada e apoio logístico e às agências de fomento à pesquisa, CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo suporte financeiro, utilizado na aquisição de equipamentos e material de custeio, bem como na forma de bolsas de iniciação científica, apoio técnico, mestrado e doutorado.