



LUCAS FERREIRA RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES COM VALOR
NUTRICIONAL E FUNCIONAL AGREGADO A PARTIR DE
POLPA E FARINHA DE MANGABA (*Hancornia speciosa*
GOMES) E FARINHA DA CASCA DE PEQUI (*Caryocar
brasiliense* Camb.)**

**LAVRAS-MG
2019**

LUCAS FERREIRA RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES COM VALOR NUTRICIONAL E
FUNCIONAL AGREGADO A PARTIR DE POLPA E FARINHA DE MANGABA
(*Hancornia speciosa* GOMES) E FARINHA DA CASCA DE PEQUI (*Caryocar
brasiliense* Camb.)**

Dissertação 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 Mestre.

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Profa. Dra. Joelma Pereira
Coorientadora

Profa. Dra. Elisângela Elena Nunes de Carvalho
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2019**

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

Rodrigues, Lucas Ferreira.

Desenvolvimento de pães doces com valor nutricional e funcional agregado a partir de polpa e farinha de mangaba (*Hancornia speciosa gomes*) e farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense camb.*) / Lucas Ferreira Rodrigues. - 2019.

110 p.

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

Coorientador(a): Joelma Pereira, Elisângela Elena Nunes de Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Agregação de Valores. 2. Frutos do Cerrado. 3. Enriquecimento de Pães. I. Vilas Boas, Eduardo Valério de Barros. II. Pereira, Joelma. III. Carvalho, Elisângela Elena Nunes de. IV. Título.

LUCAS FERREIRA RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES COM VALOR NUTRICIONAL E
FUNCIONAL AGREGADO A PARTIR DE POLPA E FARINHA DE MANGABA
(*Hancornia speciosa* GOMES) E FARINHA DA CASCA DE PEQUI (*Caryocar
brasiliense* Camb.)**

Dissertação 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 Mestre.

Aprovada em 3 de maio de 2019.

Dra. Elisângela Elena Nunes de Carvalho UFLA

Dra. Joelma Pereira UFLA

Dr. Edson Pablo da Silva INPA

Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

À minha mãe, Salete, ao meu pai, Ronaldo, a minha avó, Mariana e a meus tios, Débora e Helton por sempre me motivarem em alcançar sonhos e pelo amor incondicional da família.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter permitido que eu chegasse até aqui e por ter me dado forças para superar os desafios ao longo de todo esse processo.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de ingressar no programa de pós-graduação e pela estrutura disponível para os estudos e realização do trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela estrutura disponível para a realização do trabalho e pela oportunidade de ingresso no curso.

Às agências de Fomento à pesquisa, Capes, CNPq e FAPEMIG.

À direção da Escola Municipal Álvaro Botelho, por ter permitido a execução do estudo sensorial em suas dependências.

Ao meu orientador, Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por toda confiança depositada em mim, pela oportunidade e pelo compartilhamento de seu conhecimento.

À coorientadora Joelma Pereira, pelo auxílio na execução do trabalho e pela disponibilidade em ajudar, sempre que foi necessário.

À coorientadora Elisângela Elena Nunes de Carvalho, pelo auxílio no trabalho e pela disposição para esclarecer dúvidas e ajudar na execução do trabalho.

À minha família por estar sempre presente e me motivando a conquistar sonhos.

À minha namorada, Natália, por sempre me motivar nos momentos difíceis, fazendo estes serem mais leves.

Aos colegas do Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças pela amizade e pela ajuda nas análises.

“Não pretendemos que as coisas mudem, se sempre fazemos o mesmo. A crise é a melhor benção que pode ocorrer com as pessoas e países, porque a crise traz progressos. A criatividade nasce da angústia, como o dia nasce da noite escura. É na crise que nascem as invenções, os descobrimentos e as grandes estratégias. Quem supera a crise, supera a si mesmo sem ficar “superado”. Quem atribui à crise seus fracassos e penúrias, violenta seu próprio talento e respeita mais os problemas do que as soluções.

A verdadeira crise é a crise da incompetência. O inconveniente das pessoas e dos países é a esperança de encontrar as saídas e soluções fáceis. Sem crise não há desafios, sem desafios, a vida é uma rotina, uma lenta agonia. Sem crise não há mérito. É na crise que se aflora o melhor de cada um. Falar de crise é promovê-la, e calar-se sobre ela é exaltar o conformismo. Em vez disso, trabalhem duro. Acabemos de uma vez com a única crise ameaçadora, que é a tragédia de não querer lutar para supera-la”.

Albert Einstein

RESUMO GERAL

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, é extremamente rico em biodiversidade, com um vasto número de espécies endêmicas. Dentre essas espécies, destacam-se *Caryocar brasiliense* Camb. e *Hancornia speciosa* Gomes, cujos frutos, pequi e mangaba, apresentam alto potencial sensorial, nutricional e funcional a ser explorado. Este trabalho teve como objetivos, elaborar farinhas a partir da polpa de mangaba e casca de pequi e caracteriza-las físico e quimicamente bem como a polpa de mangaba, a fim de comprovar seus valores nutricionais e funcionais; otimizar a substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, na formulação de pães, por meio de dois Delineamentos Compostos Centrais Rotacionais (DCCR) e agregar valor sensorial, nutricional e funcional a pães doces pelo uso de polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi. Análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, cor, composição proximal, fibra alimentar, % de glúten úmido, expansão da massa, densidade, índice de expansão, volume específico, textura (firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade), vitamina C, compostos fenólicos (Folin Cicalteu e Fast Blue), antioxidantes (DPPH IC₅₀, FRAP e β -Caroteno/ácido linoleico), sensorial e estatísticas foram realizadas. A polpa de mangaba se apresentou rica em sólidos solúveis, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes, já as farinhas apresentaram altas concentrações de fibra alimentar, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes, sendo a farinha de casca de pequi um destaque em fibra alimentar e compostos fenólicos apresentando valores relativamente maiores que a farinha de mangaba. As propriedades tecnológicas da massa não foram influenciadas pelas substituições parciais de farinha de trigo ou água. Quanto às propriedades tecnológicas do pão, apenas duas foram influenciadas pelas substituições da farinha de trigo, sendo o volume específico afetado pela farinha de casca de pequi e a coesividade pela farinha de mangaba, enquanto densidade, volume específico e índice de expansão dos pães foram influenciados pela substituição parcial de água por polpa de mangaba. As faixas de substituição de 0% a 1,4% e 10% a 13% de farinha de trigo por farinhas de casca de pequi e de mangaba, respectivamente, e de 13% a 23% de água por polpa de mangaba, foram consideradas as ideais, com base nos resultados do DCCR. Com os níveis de substituição definidos, montou-se um delineamento experimental em fatorial 2 x 3 x 2, sendo dois níveis do fator polpa de mangaba, 0% e 23%, três níveis do fator farinha de mangaba, 0%, 10% e 13% e dois níveis do fator farinha de casca de pequi, 0% e 1,4%. As adições de polpa e farinhas obtidas dos frutos nas formulações desenvolvidas foram efetivas, promovendo incrementos significativos de fibras, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes nos pães doces. Todos os pães, independente das formulações, apresentaram boa aceitação sensorial, com notas superiores a 4, em uma escala hedônica de 5 pontos. Os tratamentos 3 (10% farinha de mangaba e 1,4% farinha de casca de pequi), 10 (23% polpa de mangaba e 1,4% farinha de casca de pequi), 11 (23% polpa de mangaba) e 12 (1,4% farinha de casca de pequi), não diferiram do controle, sendo aquele com 10% de farinha de mangaba e 1,4% de farinha de casca de pequi o mais recomendável para merenda escolar, por apresentar maior potencial nutricional e funcional, dentre os tratamentos que não diferiram do pão controle.

Palavras-chave: Agregação de valores. Frutos do Cerrado. Enriquecimento de pães.

GENERAL ABSTRACT

The Cerrado, the second largest Brazilian biome, is extremely rich in biodiversity, with a vast number of endemic species. Among these species, *Caryocar brasiliense* Camb. and *Hancornia speciosa* Gomes, whose fruits, pequi and mangaba, present high sensory, nutritional and functional potential to be explored. The objective of this work was to prepare flours from the mangaba pulp and pequi peel and characterizes them physically and chemically as well as the mangaba pulp, in order to prove their nutritional and functional value; to optimize the partial replacement of water by mangaba pulp and wheat flour by mangaba flour and pequi peel flour, in the formulation of breads, through two Rotational Central Compound Designs (DCCR) and to add sensory, nutritional and functional value to sweet breads by the use of mangaba pulp and mangaba flour and pequi peel flour. Analysis of pH, titratable acidity, soluble solids, color, proximal composition, dietary fiber, moist gluten%, mass expansion, density, expansion index, specific volume, TPA (firmness, chewability, elasticity and cohesiveness), vitamin C, compounds phenolic (Folin Cicalteu and Fast Blue) and antioxidants (DPPH IC₅₀, FRAP and β-Carotene/linoleic acid), sensory and statistical were performed. The mangaba pulp presented rich in soluble solids, vitamin C, phenolic compounds and antioxidants, the flours presented high concentrations of dietary fiber, vitamin C, phenolic compounds and antioxidants, being the pequi peel flour a highlight in alimentary fiber and phenolic compounds presenting relatively higher values than the mangaba flour. The technological properties of the dough were not influenced by the partial substitutions of wheat flour or water. As to technological properties of bread, only two were influenced by substitutions of wheat flour, being the specific volume affected by pequi peel flour and the cohesiveness for mangaba flour, while density, specific volume and expansion index, were influenced by the partial replacement of water by mangaba pulp. The substitution ranges of 0 to 1,4% and 10 to 13% of wheat flour for pequi peel and mangaba flours, respectively, are 13 to 23% water per mangaba pulp, based on the results of the DCCR. With the substitution levels defined, a 2 x 3 x 2 factorial experimental design was set up, with two levels of the mangaba pulp factor, 0 and 23%, 3 levels of the mangaba flour factor, 0, 10 and 13% and 2 two levels of the pequi peel flour factor, 0 and 1,4%. The additions of pulp and flour obtained from the fruits in the formulations developed were effective, promoting significant increases of fibers, vitamin C, phenolic compounds and antioxidants in sweet breads. All the breads, independent of the formulations, showed good sensory acceptance, with scores higher than 4, on a hedonic scale of 5 points. The treatments 3 (10% mangaba flour and 1,4% pequi peel flour), 10 (23% mangaba pulp and 1,4% pequi peel flour), 11 (23% mangaba pulp) and 12 (1,4% of pequi peel flour), did not differ from the control, being that treatment with 10% of mangaba flour and 1,4% of pequi peel flour are recommended for school meals, for presenting high value nutritional and functional potential, among the treatments that did not differ from the control bread.

Keywords: Aggregation of values. Fruits of the Cerrado. Bread enrichment.

Sumário

PRIMEIRA PARTE.....	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Mangaba.....	14
2.2 Pequi	16
2.3 Pão	18
2.4 Alimentos funcionais	18
2.4.1 Fibra alimentar.....	19
2.4.2 Antioxidantes	20
2.5 Metodologias para avaliação dos antioxidantes	22
2.5.1 Determinação de compostos fenólicos	23
2.5.2 Atividade antioxidante por meio do método de sequestro de radicais livres (DPPH) .	24
2.5.3 Método FRAP	24
2.5.4 Método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico	24
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	32
ARTIGO 1.....	32
RESUMO	33
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1 Aquisição da matéria	37
2.2 Análises.....	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4 CONCLUSÕES	49
5 AGRADECIMENTOS.....	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ARTIGO 2.....	55
RESUMO	56
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
2.1 Aquisição e preparação das matérias-primas.....	59
2.2 Delineamento experimental	59
2.3 Fabricação dos pães	60
2.4 Análises.....	62

2.5 Estatística	64
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
3.1 Delineamento 1	64
3.2 Delineamento 2	69
4 CONCLUSÕES	74
5 AGRADECIMENTOS.....	74
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ARTIGO 3.....	78
RESUMO	79
1 INTRODUÇÃO	81
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	83
2.1 Delineamento experimental.....	83
2.2 Aquisição das matérias-primas	84
2.3 Análises.....	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
4. CONCLUSÕES	105
5 AGRADECIMENTOS.....	106
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

PRIMEIRA PARTE

DESENVOLVIMENTO DE PÃES DOCES COM VALOR NUTRICIONAL E FUNCIONAL AGREGADO A PARTIR DE POLPA E FARINHA DE MANGABA (*Hancornia speciosa* GOMES) E FARINHA DA CASCA DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.)

1 INTRODUÇÃO

Uma parte da população mundial vem modificando seus hábitos alimentares, consumindo cada vez mais alimentos industrializados que em sua maioria são mais ricos em sódio, gordura e açúcares e abstendo-se de frutas e hortaliças que são ricas em fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos.

Essa transição nutricional, marcada pela troca de alimentos frescos por alimentos processados e industrializados, traz consequências graves, como a desnutrição e a carência de nutrientes, ganho de peso e até mesmo o desenvolvimento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis, como o câncer, as cardiovasculares e o diabetes. No Brasil, o custo da obesidade e da fração atribuível de cada doença a ela associada é de mais de 480 milhões de reais para o Sistema Único de Saúde (FAO, 2015).

Em consequência dos riscos de uma má alimentação e conscientização dos benefícios de uma alimentação mais saudável que promova melhorias a saúde, uma parte da população está atenta aos produtos consumidos, trocando os produtos ricos em sódio, gorduras e açúcares por alimentos mais saudáveis que além de energia fornecem compostos que promovam melhorias a saúde. Em consequência, a indústria de alimentos têm se, ficando atentos ao mercado de novos produtos com valor nutricional e funcional, agregando alimentos com alto teor de compostos com funções bioativas, os chamados alimentos funcionais, visando esse público alvo. Assim, uma gama de novos produtos, com alegações funcionais, tem sido colocada à disposição dos consumidores, porém, normalmente, são mais caros e não acessíveis à população mais carente. Assim surge o desafio de enriquecer alimentos processados com nutrientes essenciais na dieta do consumidor, bem como com compostos funcionais, sem abrir mão do apelo sensorial, e ao mesmo tempo, desenvolver um alimento acessível à população menos favorecida economicamente.

No último relatório da FAO (FAO, 2018) sobre segurança alimentar, destacou-se como prioridade o desenvolvimento e fortalecimento de políticas públicas voltadas para a população mais vulnerável, com objetivo de sensibilizar a sociedade para a importância de ações de combate à fome e ao desperdício de alimentos e para a necessidade de desenvolvimento de uma agricultura, mas sustentável.

De acordo com a FAO (FAO, 2018), após um período de declínio, a fome no mundo está em ascensão novamente, sendo que, atualmente, mais de 820 milhões de pessoas sofrem de desnutrição crônica. Segundo a mesma organização, enquanto milhões passam fome outros 672 milhões sofrem de obesidade, 1,3 bilhão estão acima do peso e, a cada ano, 3,4 milhões de pessoas morrem por causa do sobrepeso e obesidade, sendo que 45% da mortalidade infantil está relacionada a desnutrição.

O governo brasileiro, nos últimos anos, tem promulgado ações de promoção de saúde que visam o combate da fome e da obesidade infantil, como o Programa Saúde na Escola, o Programa Nacional de Alimentação Escolar, a Regulamentação dos Alimentos Comercializados nas Cantinas Escolares, o Projeto Escola Saudável, a Promoção da Alimentação Saudável nas Escolas e a Regulamentação de Propaganda e Publicidade de Alimentos (REIS, VASCONCELOS & BARROS, 2011).

Frutas e hortaliças além de saborosas e nutritivas são recomendadas devido a sua riqueza em fibras e compostos bioativos, como carotenoides, fenólicos e ácido ascórbico, dentre outros compostos com ação antioxidante, promovendo ações protetoras a processos degenerativos e combate ao envelhecimento precoce, por isso, são tão importantes para quem deseja manter uma alimentação e vida saudável. O consumo geral de frutas e hortaliças em países industrializados com um padrão alimentar ocidental é relativamente baixo, considerando-se as recomendações internacionais de 250 g de frutas e 375 g de hortaliças por dia, conforme recomendado pela organização mundial de saúde (WHO, 2018).

O Brasil possui grande diversidade em espécies frutíferas nativas, cujos frutos apresentam grande potencial a ser explorado, em função de seu apelo nutricional, funcional e sensorial. O aproveitamento dos frutos nativos na dieta alimentar do brasileiro é uma opção viável, devido a disponibilidade de recursos naturais associada a grande extensão territorial do país, que forma biomas característicos, que fornecem grande variedade de frutos nativos. A exploração desses frutos por extrativismo sustentável pode auxiliar na agricultura familiar gerando renda às famílias e a preservação da biodiversidade.

No Cerrado Brasileiro encontramos uma vasta diversidade de espécies frutíferas, pouco exploradas, sendo que apenas uma pequena parcela da população tem acesso a essas frutas, uma

vez que são encontradas apenas em algumas regiões do país e em período limitado ao longo do ano. Uma maneira de aumentar a disponibilidade e agregar valor às frutas do cerrado brasileiro é a criação de novos produtos, agradáveis sensorialmente, e com apelo nutricional e funcional. Dentre as inúmeras espécies do cerrado podemos destacar a mangaba e o pequi, importantes veículos de nutrientes e antioxidantes, sendo a casca do pequi comumente descartada no consumo e beneficiamento do fruto. Assim, esses frutos apresentam grande potencial a ser explorado na elaboração de novos produtos com valor nutricional, funcional e sensorial agregado.

Produtos panificáveis são consumidos diariamente pela humanidade, sendo uma importante fonte energética de baixo custo, porém estes produtos são pobres em fibras, vitaminas, como a C e A, na forma do beta-caroteno e compostos bioativos. Por serem consumidos diariamente, estes produtos se tornam uma boa alternativa para serem enriquecidos e fornecer fibras alimentares, vitaminas, minerais e compostos bioativos, sendo as frutas do cerrado ótimos veículos desses compostos.

Este trabalho teve como objetivo, elaborar farinhas a partir da polpa de mangaba e casca de pequi e caracteriza-las físico e quimicamente bem como a polpa de mangaba, a fim de comprovar seu valor nutricional e funcional; otimizar a substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, na formulação de pães, por meio de dois Delineamentos Compostos Centrais Rotacionais (DCCR) e agregar valor sensorial, nutricional e funcional a pães doces pelo uso de polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi, com vistas a torná-los alternativas saudáveis e de baixo custo, a princípio, na merenda escolar. Objetiva-se ainda promover a mangaba e o pequi, visando-se a geração de renda e preservação do bioma Cerrado e suas espécies.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mangaba

A mangabeira (*Hancornia speciosa*, Gomes), planta da família Apocinaceae, é encontrada na região tropical da América do Sul e, no Brasil, é encontrada nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e, principalmente, no Nordeste, nas áreas de tabuleiros e baixadas litorâneas (VIEIRA NETO et al., 2002). Seus frutos (Figura 1), conhecidos como mangaba, são do tipo baga elipsoide, com cores variando do esverdeado ao vermelho, formato arredondado, com dois a seis cm, exocarpo amarelo, com pigmentos avermelhados, polpa bastante doce,

caroso-viscosa, ácida, contendo geralmente duas a quinze sementes discoides com sete a oito mm de diâmetro, castanho claras, delgadas e rugosas (QUEIROZ & BIANCHETTI, 2001).



Figura 1 - Mangaba (*Hancornia speciosa* GOMES). Fonte: Do autor

A mangaba é uma das frutas do Cerrado prediletas do consumidor, pelo aroma e sabor apreciáveis, sendo consumida ao natural ou processada, de diversas maneiras (CLERICI & CARVALHO-SILVA, 2011). Sua utilização agroindustrial está sendo rapidamente difundida devido a grande aceitação. Acrescente-se ainda o fato de que esse fruto apresenta um alto rendimento de polpa, em torno de 87%, o que a torna interessante para utilização pela indústria (SILVA et al., 2017). A mangaba é usada para fazer sorvetes, biscoitos, xarope, suco, vinho, álcool e vinagre (NASCIMENTO, CARDOSO & COCOZZA, 2014).

O valor energético, em cada 100 g de mangaba, é cerca de 40 Calorias. Ela possui altos teores de sólidos solúveis associados a considerável acidez, que além do paladar exótico, conferem a mangaba um sabor muito apreciado pelos consumidores (SOARES et al., 2006).

Em sua composição encontramos 2,29 g 100 g⁻¹ lipídios, 1,20 g 100 g⁻¹ proteína, 2,15 g 100 g⁻¹ fibras, 0,36 g 100 g⁻¹ cinzas, e 11,55 g 100 g⁻¹ glicídios (LIMA et al., 2015b), vitaminas A, B1, B2, vitamina C, vitamina E, folato, carotenoides, compostos fenólicos, alta

capacidade antioxidante além de ferro, fósforo e cálcio (LIMA et al., 2015a; PAULA et al., 2018; MAIA et al., 2018). O elevado teor de ferro (28 mg.100g⁻¹) no fruto faz com que a mangaba seja uma das frutas mais ricas neste nutriente (SOARES et al., 2006; CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015a; LIMA et al., 2015b). A composição da mangaba aponta seu potencial de minimizar os riscos de desenvolvimento de várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015b; PICCIANO et al., 2009; PEREIRA et al., 2015).

O extrato aquoso de mangaba tem potencial anti-inflamatório, provando que compostos bioativos, como rutina e ácido clorogênico presentes no fruto, podem atuar no controle de eventos inflamatórios reafirmando o uso medicinal pela população (TORRES-RÊGO et al., 2016). Evidências científicas para o potencial antimutagênico da polpa de mangaba foram apresentados por Lima et al. (2015a), que, além de não terem encontrado nenhum efeito toxicológico e/ou mutagênico nos ensaios realizados “in vivo”, enfatizaram seu potencial como alimento funcional com larga aplicabilidade na indústria de alimentos.

2.2 Pequi

No cerrado brasileiro encontra-se o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), espécie pertencente à Família Caryocaraceae, que produz o pequi.

Sua ocorrência abrange todo o Cerrado brasileiro, sendo encontrado principalmente em regiões de cerradão, cerrado denso, cerrado e cerrado ralo, com distribuição nos Estados da Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins (ALMEIDA et al., 1998).

O pequizeiro é uma planta perene, que pode ser classificada como frutífera ou oleaginosa. Sua florescência ocorre durante os meses de agosto a novembro, com a maturação dos frutos em novembro, sendo encontrados até o início de fevereiro (ALMEIDA et al., 1998).

O fruto (Figura 1), é globoso, do tipo drupóide, verde, com cerca de 10cm de diâmetro, com cálice persistente e com pirênios na ordem de uma a quatro unidades. É uma estrutura composta por epicarpo coriáceo, mesocarpo externo que é coriáceo-carnoso, mesocarpo interno, amarelo-claro, carnoso, oleoso, aromático, envolvendo uma camada de espinhos endocárpico, também denominada de endocarpo lenhoso, finos e rígidos, com 2mm a 5mm de comprimento, e amêndoa ou semente (ALMEIDA et al., 1998).

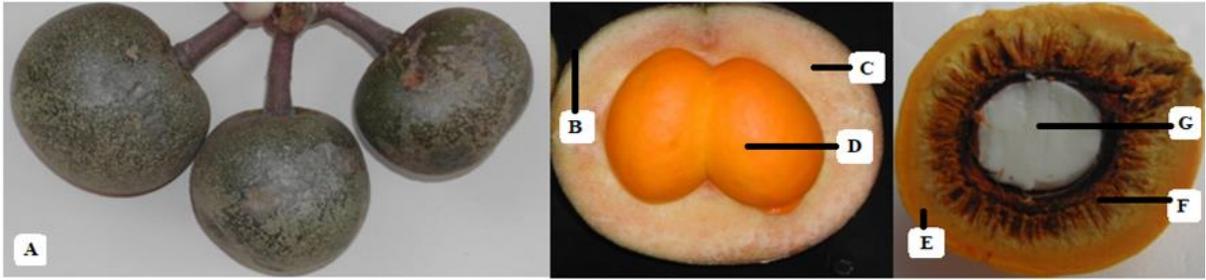


Figura 2 – Frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) (A) e suas partes: exocarpo (B), mesocarpo externo (C), dois pirênios ou putâmens geminados (D), mesocarpo interno (E), endocarpo espinhoso (F) e amêndoa (G). Fonte: Do autor.

O pequi é muito utilizado na culinária e na indústria agrícola para extração de óleos, produção de produtos derivados como sucos, sorvetes, licores, geleias e amêndoa torrada e fármacos, sendo uma espécie de base econômica extrativista que alimenta diversas famílias e serve como alternativa de renda tanto para o meio rural quanto para o meio urbano (MACHADO, MELLO & HUBINGER, 2013; SANTOS et al., 2013).

A casca (exocarpo + mesocarpo externo) do fruto é responsável por cerca de 76% a 80%; de sua massa total, enquanto a polpa (mesocarpo interno + endocarpo) representa 8,5% e o caroço aproximadamente 13% (VERA et al., 2007; MONTEIRO et al., 2015). Os pirênios (mesocarpo interno + endocarpo + semente) são, normalmente, separados da casca (exocarpo + mesocarpo externo) e utilizados na culinária. Entretanto, apenas o mesocarpo interno é utilizado, normalmente, como alimento. Ele é amarelado e rico em lipídios, principalmente ácido oleico, β -caroteno, vitamina C e fibras, e se confunde, especialmente, com o endocarpo espinhoso. O óleo de pequi pode proteger contra anemia, inflamação e estresse oxidativo, auxiliando na prevenção de doenças crônicas degenerativas relacionadas ao envelhecimento. O consumo de pequi pode trazer uma gama de benefícios à saúde, como efeitos antioxidantes, antiinflamatórios, antitumorais e antimicrobianos, melhora da função cardíaca e aumento da imunidade dependente de linfócitos tem sido atribuída ao fruto (PINTO et al., 2018; ROLL et al., 2018; TORRES et al., 2018). No interior de cada pirênio, se encontra uma semente, que pode ser consumida como as castanhas e amêndoas, embora ainda seja subutilizada como alimento (ALMEIDA et al., 1998, VILAS BOAS, 2004; RODRIGUES et al., 2015). Embora a casca seja, normalmente, descartada no beneficiamento do fruto, estudos recentes apontam seu excelente apelo nutricional e funcional, em função de sua riqueza em fibras, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes (SOARES-JUNIOR et al., 2010; MACHADO, MELLO & HUBINGER, 2015; LEÃO et al., 2017 e ROCHA et al., 2015), com grande potencial para uso na alimentação humana.

2.3 Pão

Segundo a Anvisa (2005), os pães são produtos obtidos da farinha de trigo e/ou outras farinhas, em condições técnicas adequadas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não é cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversas.

Tradicionalmente, o pão é feito com farinha de trigo, por este apresentar propriedades que irão dar ao produto as características responsáveis pela sua grande aceitação em muitas partes do mundo. As proteínas da farinha de trigo são as capazes de formar a rede de glúten, quando em mistura com água. Esta rede retém o gás produzido durante o processo de fermentação da massa, dando o volume e a maciez característica do pão de trigo (PHILIPPI, 2003).

A uso de farinhas vegetais como ingredientes para panificação, traz uma alternativa importante para as indústrias de alimentos. Devido ao baixo custo de produção comparado com os concentrados proteicos, estes podem ser utilizadas como alternativa para substituição da farinha de trigo e compor farinhas mistas na elaboração de produtos de panificação (biscoitos e pães) e massas alimentícias (SILVEIRA et al., 2016).

A aplicação de farinhas vegetais depende do seu desempenho como ingredientes e do seu comportamento tecnológico em determinados sistemas alimentares durante o processamento dos alimentos ou para a qualidade do produto final e por isso, é de extrema importância caracterizá-las antes mesmo da sua aplicação (GUIMARÃES et al., 2012; TAVARES et al., 2012).

2.4 Alimentos funcionais

Consideram-se alimentos funcionais aqueles que quando ingeridos são capazes de beneficiar uma ou mais funções do organismo, ultrapassando assim as funções nutricionais básicas, reduzindo o risco de doenças e melhorando a saúde e o bem-estar. Entretanto, vale ressaltar que esses alimentos devem ser capazes de apresentar tais benefícios em quantidades que possam ser ingeridas na dieta normal, sendo seguros para o consumo sem que haja necessidade de supervisão médica. As principais atuações dos alimentos funcionais são: fisiologia do aparelho digestório, sistema antioxidante e metabolismo de macro nutrientes (OLIVEIRA & ROMAN, 2013).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) considera, ainda em relação aos alimentos funcionais, os aspectos relacionados a propriedade funcional e de saúde. As definições desses dois parâmetros foram descritas na RDC nº 18, de 30 de abril de 1999, segundo a qual a alegação de propriedade funcional corresponde ao “papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano”; enquanto que a alegação de propriedade de saúde trata da “relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada a saúde”.

A busca pelo consumo de alimentos com alegações funcionais vem se tornando crescente nos últimos anos, reflexo de uma forte tendência mundial em buscar alimentos que forneçam mais que nutrientes (MELO et al., 2016).

2.4.1 Fibra alimentar

A fibra alimentar é a porção de carboidratos resistentes a digestão. Formada por polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas presentes no intestino humano, não sendo digerida e absorvida no intestino delgado e serve de substrato para a microbiota intestinal, exercendo inúmeros efeitos positivos para o organismo humano (ADA, 2002; CAC, 2010; COZZOLINO & COMINETTI, 2011).

A classificação da fibra que apresenta maior interesse do ponto de vista biológico é aquela relativa ao seu grau de solubilidade em água. As fibras podem ser classificadas em fibras solúveis e fibras insolúveis. As fibras solúveis têm associação a sua capacidade de aumentar a viscosidade e reduzir a resposta glicêmica e o colesterol plasmático, bem como a ação prebiótica. Como exemplos podem ser citadas as pectinas, β -glucanos, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. As fibras insolúveis estão associadas à capacidade de aumentar o volume fecal porque resistem a ação das enzimas digestivas e ação da microflora intestinal, absorvem água da luz intestinal e diminuem o trânsito intestinal. A lignina, a celulose e hemiceluloses, são fibras classificadas como insolúveis (ELLEUCH et al., 2011; SANDRI, BERNADI & SIVIERO, 2012).

Segundo Pimentel, Francki & Gollucke (2005), aproximadamente um terço das fibras alimentares totais ingeridas com a dieta é solúvel e tem a capacidade de formar gel em contato com a água fazendo com que haja um aumento na viscosidade dos alimentos que são parcialmente digeridos no estômago. Essa capacidade de captar a água forma uma massa

gelatinosa que aumenta o conteúdo do estômago atrasando o esvaziamento gástrico, proporcionando assim maior volume e lubrificação das fezes. Ao passarem pelo intestino delgado captam sais biliares e triglicérides, dificultando a absorção das gorduras, do colesterol e da glicose.

Estudos epidemiológicos correlacionam a maior ingestão de fibra alimentar com a menor incidência de várias doenças, como câncer de cólon e do reto, câncer de mama, diabetes, arteriosclerose, apendicite, doença de Crohn, síndrome de cólon irritável, hemorroidas e doença diverticular (HEATON, 1992 e HASKELL et al., 1992).

Conforme as recomendações de fibra alimentar na dieta, que variam de acordo com a idade, sexo e o consumo energético, a recomendação adequada gira em torno de 14 g de fibra para cada 1.000 kcal ingeridas (Dietary Reference Intakes, 2005).

2.4.2 Antioxidantes

Os antioxidantes são substâncias que quando presentes, mesmo em baixas concentrações, podem retardar ou inibir a oxidação do substrato, pois entre outras funções atuam como sequestradores de radicais livres, diminuindo os riscos de doenças (LÜ et al., 2010). Agentes oxidantes de radicais livres são moléculas altamente instáveis que perdem elétrons na última camada de elétrons. Eles estão sempre buscando obter estabilidade através de reações químicas de transferência de elétrons com moléculas vizinhas. Quando em excesso, os radicais livres começam a oxidar moléculas saudáveis, como proteínas, lipídios e DNA (LOBO et al., 2010).

Algumas características são necessárias para que um composto seja considerado um bom antioxidante, por exemplo, ter a presença de substituintes doadores de elétrons ou de hidrogênio ao radical, em função de seu potencial de redução, capacidade de deslocamento do radical formado em sua estrutura, capacidade de quelar metais de transição implicados no processo oxidativo e acesso ao local de ação, dependendo de sua hidrofília ou lipofília e de seu coeficiente de partição (SHAHIDI, 1996).

Os principais compostos descritos com capacidade antioxidante são o ácido ascórbico (vitamina C), os compostos fenólicos, o β -caroteno, o α -tocoferol, o zinco, o manganês, o cobre e o selênio (KENNEDY, 2006; ZHANG & SHAO, 2015).

2.4.2.1 Vitamina C

O ácido ascórbico, ou vitamina C, fórmula química $C_6H_8O_6$, é uma substância hidrossolúvel encontrada na natureza em diversas frutas e hortaliças. A vitamina C encontra-se sob duas formas, na forma reduzida (ácido ascórbico) ou oxidada (ácido deidroascórbico). Ambas são biologicamente ativas e a transformação reversível do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico ocorre normalmente no interior das células (ABREU; 2010; BORGUINI, 2006).

Esta vitamina participa em múltiplas funções biológicas, sendo cofator de enzimas envolvidas na hidroxilação pós-tradução do colágeno, participa na biossíntese de carnitina, um nutriente envolvido no metabolismo lipídico (REBOUCHE, 1991), na conversão do neurotransmissor dopamina a norepinefrina (MAY, QU & MEREDITH, 2012); na amidação peptídica e no metabolismo da tirosina (MEREDITH & MAY, 2013) e também na absorção do ferro dietético, devido a capacidade redutora da forma férrica (Fe^{3+}) à forma ferrosa (Fe^{2+}) do ferro pela vitamina C (HALLBERG, BRUNE & ROSSANDER, 1989).

O ácido ascórbico é considerado um dos mais potentes e o menos tóxicos dos antioxidantes naturais, sendo uma substância essencial no metabolismo das células vivas. É um sequestrador muito eficaz de radicais, tais como, o ânion superóxido, a radical hidroxila e o peróxido de hidrogênio que comprometem a viabilidade celular e o oxigênio singlete. Em soluções aquosas, também combate eficientemente espécies reativas de nitrogênio, impedindo a nitrosação de moléculas (SHAHIDI, 1996).

A vitamina C age, ainda, estimulando o sistema imunológico podendo, por esse mecanismo, atuar beneficemente tanto na prevenção do câncer como dos processos viróticos, como gripes e resfriados (PRASAD, 1980). Estudos recentes comprovaram que a vitamina C tem o maior poder antioxidante de todos os antioxidantes naturais (SGARBIERI & PACHECO, 1999).

2.4.2.2 Compostos fenólicos

Dentro da ingestão diária de antioxidantes, também se destacam os compostos fenólicos, originados do metabolismo secundário das plantas e presentes naturalmente na maioria destas. A propriedade redoxi-ativa está associada à presença de agrupamentos hidroxilas nestes compostos. A eles são atribuídas diversas propriedades biológicas tais como anti-inflamatórias,

antibióticas, antitrombóticas, antimicrobianas, antialérgicas, antitumorais, antiasmáticas e antioxidantes (NACZK & SHAHIDI, 2004; TRUEBA & SANCHEZ, 2001; MORAIS, 2009). Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos. Existem cerca de cinco mil fenóis. Dentre eles, destacam-se, ácidos fenólicos (elágico, caféico, gálico, clorogênico, quínico, cinâmico, hidroxicinâmico), flavonóides (catequinas, teaflavinas, tearubiginas, quercitina, compeferol, flavonóis), isoflavonóides (genisteína, daidzeína, formononetina, cumestrol, matairesinol), cumarinas, tocoferóis, lignanas e taninos (ANGELO & JORGE, 2007; SGARBIERI & PACHECO, 1999).

Do grupo dos compostos fenólicos, os ácidos fenólicos se caracterizam por terem um anel benzênico, um agrupamento carboxílico e um ou mais agrupamentos de hidroxila e/ou metoxila. Essas características conferem a eles, propriedades antioxidantes tanto para alimentos quanto para o organismo (SOARES, 2002).

Em geral os compostos fenólicos são multifuncionais como antioxidantes, pois atuam de várias formas combatendo os radicais livres por meio da doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila (OH) da sua estrutura aromática, que possui a capacidade de suportar um elétron desemparelhado pelo deslocamento dele ao redor de todo o sistema de elétrons da molécula, quelando metais de transição, como o Fe^{2+} e o Cu^{+} , interrompendo a reação de propagação dos radicais livres na oxidação lipídica, modificando o potencial redox do meio e reparando a lesão a moléculas atacadas por radicais livres (KARAKAYA, 2004; KYNGMI & EBELER 2008).

2.5 Metodologias para avaliação dos antioxidantes

Frutas apresentam inúmeros compostos com atividade antioxidante e na literatura são encontrados diversos métodos para medir esses compostos, estas metodologias se baseiam em diferentes princípios onde agentes antioxidantes reagem com um substrato específico, fazendo com que a utilização de mais de uma metodologia seja necessária para medir a atividade antioxidante.

Nem sempre é uma tarefa simples escolher o método mais adequado para determinar a capacidade antioxidante. Tais metodologias diferem em relação ao princípio do método, que podem ser baseados na determinação da oxidação de uma molécula alvo ou na captura dos radicais livres, que acarreta dificuldades de seleção de metodologias mais adequadas para um

determinado estudo. Além disso, as diferentes condições de ensaio utilizadas dificultam a interpretação e a comparação dos resultados obtidos (ABREU, 2010; SUCUPIRA et al., 2012).

O método DPPH pode ser empregado rotineiramente em extratos orgânicos aquosos contendo compostos hidrofílicos e lipofílicos. O método FRAP geralmente é indicado para compostos hidrofílicos, enquanto o método β -caroteno é adequado para compostos lipofílicos (RUFINO et al., 2010).

2.5.1 Determinação de compostos fenólicos

O método mais usado para a determinação de compostos fenólicos é o Método de Folin-Ciocalteu; o mecanismo básico desse método é uma interação de oxidação/redução. Entretanto, este método pode ser superestimado, pois ácido ascórbico, proteínas e açúcares entre outras podem ser detectados. Contudo o método Fast Blue ao formar compostos tipo azo, sugere uma metodologia com menos interferentes se comparado com o Folin-Ciocalteu (MEDINA, 2011).

O método Folin-Ciocalteu consiste na mistura dos ácidos fosfomolibídico e fosfotungstíco, na qual o molibdênio se encontra no estado de oxidação (cor amarela); porém, na presença de certos agentes redutores, como os compostos fenólicos, formam-se os chamados complexos molibdênio-tungstênio azuis e, quanto maior a intensidade de coloração azul, maior concentração de substâncias redutoras, no caso dos compostos fenólicos (OLIVEIRA VALENTIN & GOULART, 2009).

O método Fast Blue é baseado na reação do sal de diazônio com os compostos fenólicos, a qual ocorre em meio alcalino, resultando na formação de complexos tipo “azo”, quantificados por espectrofotometria em 420 nm. A principal vantagem da técnica consiste na eliminação de possíveis interferentes não fenólicos, presentes naturalmente em frutas e hortaliças atuantes na metodologia de Folin-Ciocalteu (PETERSON, 1979; PETERSON, 1983; MEDINA, 2011). O complexo diazo é obtido por meio de uma reação de acoplamento azo, uma substituição eletrofílica aromática.

Este método utiliza o sal de diazônio Fast Blue. A reação é baseada no acoplamento entre o sal de diazônio ($+N=N-$) que contém o cátion arenodiazônio, com grupamentos hidroxilas reativos dos compostos fenólicos ($-OH$). O meio reacional é alcalino para aumentar a densidade eletrônica do composto fenólico, facilitando o acoplamento azo (MEDINA, 2011).

2.5.2 Atividade antioxidante por meio do método de sequestro de radicais livres (DPPH)

O DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) é um método químico, aplicado para determinar a capacidade antioxidante de um composto em sequestrar radicais livres, sendo um dos mais utilizados, pois ele é considerado um método rápido, prático e com boa estabilidade (SUCUPIRA et al., 2012).

Este método se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um radical livre. O DPPH é um radical de nitrogênio orgânico, estável, de cor púrpura, que ao se reduzir perde sua coloração púrpura. A redução do radical é baseada na captura do radical DPPH por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm. Desta forma, avalia apenas o poder redutor do antioxidante, que ao doar um elétron se oxida, e por este motivo não detecta substâncias pró-oxidantes (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). O DPPH pode reagir com compostos fenólicos e ácidos aromáticos contendo apenas um grupamento (BRAND-WILLIAMS, CUVELIER & BERSET, 1995; SANTOS et al, 2007).

O sequestro de radicais livres é um dos mecanismos reconhecidos pelo qual ocorre a ação dos antioxidantes. O método de sequestro do radical livre DPPH pode ser utilizado para avaliar a atividade antioxidante de compostos específicos ou de um extrato em curto período de tempo (PRADO, 2009).

2.5.3 Método FRAP

O método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) também é utilizado para medir a capacidade antioxidante de frutos. Neste método, o complexo férrico-tripiridiltriazina (Fe^{3+} - TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (Fe^{2+} - TPZ), na presença de um antioxidante e em condições ácidas. O complexo formado por esta reação possui uma coloração azul intensa, com absorção máxima a 593 nm (BENZIE & STRAIN, 1996).

2.5.4 Método de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico

É um método colorimétrico, realizado em comprimento de onda de 470 nm. Esse método de análise antioxidante baseia-se na oxidação (descoloração) do β -caroteno, ou seja, avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico. A descoloração ocorre em função das estruturas radicalares formadas pela oxidação do ácido linoleico, que atacam as duplas ligações do β -caroteno, perdendo seu cromóforo,

resultando na descoloração do pigmento alaranjado, característico da solução. A presença de antioxidantes no sistema protege o ácido linoleico, prolongando o período de formação dos radicais. O método avalia a porcentagem de proteção do sistema β -caroteno/ácido linoleico contra a oxidação (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; HUANG & WANG, 2004).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Polpa e farinha de mangaba e casca de pequi foram comprovadas como ótimas fontes de fibras, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes. A substituição parcial de água, por polpa de mangaba, e farinha de trigo, por farinhas de mangaba e casca de pequi, promove pães enriquecidos com fibras, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes e de alta aceitação sensorial.

Verificou-se que a substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de mangaba (10% a 13%) e casca de pequi (mesocarpo externo + exocarpo) (0% a 1,4%) e de água por polpa de mangaba (13% a 23%), acarreta em menor prejuízo para as propriedades tecnológicas dos pães.

Os pães elaborados com as substituições parciais das farinhas de mangaba e casca de pequi apresentaram boa aceitação sensorial com notas superiores a 4 em uma escala hedônica de 5 pontos (1 - desgostei muito, 2 - desgostei, 3 - nem gostei nem desgostei, 4 - gostei e 5 - gostei muito). Os tratamentos 3 (10% farinha de mangaba e 1,4% farinha de casca de pequi), 10 (23% polpa de mangaba e 1,4% farinha de casca de pequi), 11 (23% polpa de mangaba) e 12 (1,4% farinha de casca de pequi) apresentaram médias de aceitação sensorial iguais ao controle, sendo os pães com 10% de farinha de mangaba e 1,4% de farinha de casca de pequi, em substituição a farinha de trigo, os mais recomendados na merenda escolar, por apresentarem maior potencial nutricional e funcional, dentre os tratamentos que não diferiram do controle.

As análises relativas a aceitação sensorial foram realizadas com alunos de 6 a 10 anos de idade em uma escola pública no município de Lavras, MG. Entretanto, ressalta-se que a procura por alimentos saudáveis, que além de energia forneçam benefícios adicionais a saúde tem crescido em todo o mundo, independente da faixa etária e classe social. Logo, outros públicos, a exemplo dos praticantes de atividades físicas, podem se interessar por esse alimento, o que abre espaço para que seja testado com outros públicos alvos.

A elaboração de pães doces com frutos do Cerrado promove uma agregação de valor de mão dupla, ao passo em que estes frutos têm seu valor agregado pela sua utilização em pães, ao mesmo tempo que os pães têm seu valor sensorial, nutricional e funcional agregado por eles.

Logo, os resultados deste trabalho ressaltam o potencial sensorial, nutricional e funcional da mangaba e pequi e de pães doces enriquecidos com estes frutos.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, W. C. **Características físicas, químicas e atividade antioxidante “in vitro” de tomate submetido à desidratação.** 2010. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis.** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, p. 464, 1998.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION – (ADA, 2002). (American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, p. 993-1000, 2002.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, jan/abr. 2007.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the frap assay. **Analytical Biochemistry**, v.239, p.70-76, 1996.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional.** 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30. 1995.

CARDOSO, M. C.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: Nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, v. 69, p. 89–99, 2014.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1658-1670, 2011.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION – (CAC). Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2 - 1985 as last amended 2010. Joint FAO/WHO **Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission**, FAO, Rome, 2010.

COZZOLINO, S. M.F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença.** São Paulo: Manole, 2013.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; DANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE UTILIZANDO SISTEMA β -CAROTENO/ÁCIDO LINOLÉICO E MÉTODO DE SEQÜESTRO DE RADICAIS DPPH **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

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

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food Insecurity in the World, 2015**. Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food Insecurity in the World, 2018**. Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>> . Acesso em 08 nov. 2018.

GUIMARÃES, R. C. A.; FAVORO, S. P.; VIANA, A. C. A.; BRAGA NETO, J. A.; NEVES, A V.; HONER, M. R. Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 32, n. 3, p. 464–470, 2012.

HALLBERG, L.; BRUNE, M.; ROSSANDER, L.; The role of vitamin C in iron absorption., **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 30, p. 8-103, 1989.

HASKELL, W.L.; SPILLER, G.A.; JENSEN, C.D.; ELLIS, B.K.; GATES, J. E. Role of water soluble dietary fiber in the management of elevated plasma cholesterol in healthy subjects. **American Journal of Cardiology**, v. 69, p. 433-439, 1992.

HEATON, K. W. **Dietary fiber in the prevention and treatment of gastrointestinal disorders. In: Dietary fiber - A component of food**. Schweizer, T.F.; Edwards, C.A. (Eds.), Springer Verlag, London, N.Y. p. 249-263, 1992.

HUANG L. H.; WANG, B. G. Antioxidant capacity and lipophilic content of seaweeds collected from the Qingdao coastline. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 4993-4997, 2004.

Institute of Medicine. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids**. Washington, DC: The National Academies, 2005.

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 6, p. 64-453, 2004.

KENNEDY, E. T. Evidence for nutritional benefits in prolonging wellness. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 83, n. 2, p. 410-414, 2006.

KYNGMI, M. S.; EBELER E. Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant o physiological levels. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 96-104. 2008.

LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p.146–153, 2017.

LIMA, J. P. de; AZEVEDO, L.; SOUZA, N. J. de; NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. de B. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. **Food Research International**, v. 75, p. 216–224, 2015b.

- LIMA, J. P.; FANTE, C. A.; PIRES, C. R. F.; NUNES, E. E.; ALVES, R. R.; ELIAS, H. H. S.; NUNES, C. A.; VILAS BOAS, E. V. de B. The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 1–6, 2015a.
- LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Reviews**, v. 4, n. 8, p. 118–126, 2010.
- LÜ, J. M.; LIN, P. H.; YAO, Q.; CHEN, C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. **Journal of Cellular and Molecular Medicine**, v. 14, n. 3, p. 840–860, 2010.
- MACHADO, M. T. C.; MELLO, B. C. B. S.; HUBINGER, M. D. Study of alcoholic and aqueous extraction of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) natural antioxidants and extracts concentration by nanofiltration. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n.4., p. 450–457, 2013.
- 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**, v. 95, p. 304-312, 2015.
- MAIA, J. D.; ÁVILA, C. R.; MEZZOMO, N.; LANZA, M.; Evaluation of bioactive extracts of mangaba (*Hancornia speciosa*) using low and high pressure processes. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 198-210, 2018.
- MAY, J. M., QU, Z. C., MEREDITH, M. E. Mechanisms of ascorbic acid stimulation of norepinephrine synthesis in neuronal cells. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 426, n. 1, p. 52-148, 2012.
- MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of functional foods**, v. 3, p. 79 –87, 2011.
- MELO, T. A.; RIBEIRO-ALVES, M. A.; LAVINAS, F. C.; RODRIGUES, I. A. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2016.
- MEREDITH, M. E.; MAY, J. M. Regulation of embryonic neurotransmitter and tyrosine hydroxylase protein levels by ascorbic acid., **Brain Research**, v. 1539, p. 7-14, 2013.
- MONTEIRO, S. S.; SILVA, R. R.; MARTINS, S. C.; BARIN, J. S.; ROSA, C. S. Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of pequi peel (*Caryocar brasiliense* Camb.). **International Food Research Journal**, v. 22, p. 1985-1992, 2015.
- MORAIS, L. A. S. de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 02, ago. 2009.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of chromatography A**, New York, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004.
- NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 856–860, 2014.
- OLIVEIRA, A. C.; VALENTN, I. B.; GOULART, M. O. F. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, maio/jun. 2009.

- OLIVEIRA, A. F.; ROMAN, J. A. Fibras Alimentares. In: **Nutrição para tecnologia e engenharia de alimentos**. Curitiba: Editora CRV. p. 151-166, 2013.
- PAULA, L. C.; SILVA, F. A.; SILVA, E. P.; ASQUIERI, E.R.; DAMIANI, C. Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian savannah. **Food Science and Technology**, v. 39 n. 2, p. 403-409, abr./jun. 2019.
- PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION; L. M; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30-35, 2015.
- PETERSON, G. L. **Determination of total protein**. **Methods in Enzymology**, v. 91, p. 95-119, 1983.
- PETERSON, G. L. **Review of the Folin phenol protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall**. **Analytical Biochemistry**, v. 100, p. 201-220. 1979.
- PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri, SP: Manole, p. 390, 2003.
- PICCIANO, M. F.; YETLEY, E. A.; COATES, M. G.; MICHELLE, K. L. Update on folate and human health. **Nutrition today**, v. 44, p. 142-152, 2009.
- PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. Ed. Varela. p. 95, 2005.
- PINTO, M. M. R. M. R.; PAULO, D. A.; ALVES, A. L.; RODRIGUES, M. Z.; VIEIRA, E. N. R., FONTESM E, A. F. RAMOS, A. M. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. **Powder Technology**, v. 339, p. 939-946, 2018.
- PRADO A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009, p.107, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo; 2009.
- PRASAD, K. N. Modulation of the effects of tumor therapeutic agents by vitamin C. **Life Science**, v. 27, p. 275-280, 1980.
- QUEIROZ, J. A. L.; BIANCHETTI, A. **Efeito do Armazenamento sobre o poder germinativo de sementes de Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Macapá: Embrapa Amapá, (Embrapa Amapá. Comunicado Técnico, 58), p. 4, 2001.
- REBOUCHE, C. J., Ascorbic acid and carnitine biosynthesis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 6, p. 1147-1152, 1991.
- REIS, C. E. G.; VASCONCELOS, I. A. L.; BARROS, J. F. N. Políticas públicas de nutrição para o controle da obesidade infantil. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 29, n. 4, p. 25-33, 2011.
- ROCHA, L. B.; MELO, A. M.; PAULA, S. L. A.; NOBRE, S. A. M.; ABREU, I. N. Gallic acid as the major antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 592-598, 2015.
- RODRIGUES, L. J.; FERREIRA DE PAULA, N. R.; PINTO, D. M.; VILAS BOAS, E. V. DE B. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian cerrado. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 11-17, 2015.
- ROLL, M. M.; VILELA, A. L. M.; LONGO, J. P. F.; COSTA, T. S. A. The pequi pulp oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) provides protection against aging-related anemia, inflammation

and oxidative stress in Swiss mice, especially in females. **GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY**, v. 41, p.858-869, 2018.

RUFINO, M. DO S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, ago. 2010.

SANDRI, R.; BERNARDI, J. R.; SIVIERO, J. Consumo de fibras e líquidos em mulheres participantes de uma universidade da terceira idade no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, v. 9, n. 2, p. 213-225, 2012.

SANTOS, F. S.; SANTOS, R. F.; DIAS, P.P.; ZANÃO JR, L. A.; TOMASSONI, F. A cultura do pequi (*Cariocar brasiliense* Camb.), **Acta Iguazu**, v. 2, n. 3, p. 46-57, 2013.

SANTOS, M.; H.; BATISTA, B. L.; DUARTE, M. S.; ABREU, C. M. P.; GOUVEA, C. M. C. P. Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade do café (*Coffea arabica*). **Quimica Nova**. v. 30, p. 604-610, 2007.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.2, p.7-19, 1999.

SHAHIDI F. Natural antioxidants: an overview. In: Shahidi F. **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. Newfoundland: Aocs; p.1-11. 1996.

SILVA, L. P. V.; ARAUJO, J. R. G.; ROCHA, A. E.; CARVALHO, M. J. N.; BRAUN. H.; MESQUITA, M. L. R. CHARACTERIZATION OF MANGABEIRA TREES AND FRUITS IN THE SAVANNAH-RESTINGA TRANSITION ZONE. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 39, n. 4, p. 1-7, 2017.

SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, O. S.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. S.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim CEPPA**, Curitiba-PR, v. 34, n. 1, p.1-21, 2016.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELO, P. Z.; CALIARI, M.; REIS, R. C.; LACERDA, D. B. C. L.; KOAKUZU, S. N. Development and chemical characterization of flour obtained from the external mesocarp of “pequizeiro” fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n. 4, p. 949-954, out./dez. 2010.

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, D. R. G.; PAIVA, P. D. O. **Cultura da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes)**. Boletim Agropecuário, Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, n. 67, p. 1-12, 2006.

SORAES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 15, n. 01, p. 71-81, jan/abr. 2002.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263–269, 2012.

TAVARES, J. A. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 42, n. 6, p. 1102–1109, 2012.

TORRES, L. R. O.; SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar* spp.), a native Brazilian fruit: a review, **Grasas y Aceites**, v. 69, n. 2, p. 1-16, abr./jun. 2018.

TORRES-RÊGO, M.; FURTADO, A. A.; BITENCOURT, M. A.; LIMA, M. C.; ANDRADE, R. C.; AZEVEDO, E. P.; SOARES, T. C.; TOMAZ, J. C.; LOPES, N. P.; DA SILVA-JÚNIOR, A. A.; ZUCOLOTO, S. M.; FERNANDES-PEDROSA, M. F. Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae), **BMC complementary and alternative medicine**, v.16, n. 275, p. 1-10, 2016.

TRUEBA, G. P.; SÁNCHEZ, G. M. Los flavonoides como antioxidantes naturales. **Acta Farmacéutica Bonaerense**. v. 20, n. 04, p. 297-306, jul. 2001.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. do; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. Caracterização física de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2007.

VIEIRA NETO, R. D.; CINTRA, F. L. D.; SILVA, A. L. da; SILVA JÚNIOR, J. F.; COSTA, J. L. da S.; SILVA, A. A. G. da; CUENCA, M. A. G. **Sistema de produção de mangaba para os tabuleiros costeiros e baixada litorânea**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 22, 2002.

VILAS BOAS, E.V. de B. Frutas minimamente processadas: pequi. In: **III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Viçosa. III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Viçosa: UFV, p.122-127, 2004.

WORLD HEALTH ORGANISATION (2018). *A Healthy Lifestyle*. Available online at: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle> (Acesso nov. 26, 2018).

ZHANG, X.; SHAO, X. Characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. **Czech Journal of Food Science**, Praha, v. 33, p. 109–117, 2015.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1****POTENCIAL NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE POLPA E FARINHA DE
MANGABA E FARINHA DA CASCA DE PEQUI**

Lucas Ferreira Rodrigues^{a1}
llucasrodrigues@gmail.com

Rafael Carvalho do Lago^a
rcarvalholago@gmail.com

Elisângela Elena Nunes de Carvalho^a
elisangelacarvalho@ufla.br

Edson Pablo da Silva^b
edsonpablos@hotmail.com

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^a
evbvboas@ufla.br

^{1 a}Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Campus Universitário s/n, 37200-000, Lavras, MG, Brazil.

^b Grupo de Pesquisa Alimentos e Nutrição na Amazônia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, CEP 69067-375, Manaus – AM, Brasil.

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, rico em biodiversidade, reunindo diversas espécies vegetais cujos frutos apresentam grande potencial sensorial, nutricional, funcional e econômico, destacando-se a mangaba e o pequi. O presente trabalho teve como objetivos a elaboração de farinhas a partir da polpa de mangaba e da casca do pequi (exocarpo + mesocarpo externo) e avaliar o potencial nutricional e funcional da polpa e a farinha obtida a partir da mangaba, bem como da farinha da casca do pequi, com vistas à sua utilização no desenvolvimento de novos produtos com valor nutricional e funcional agregado. A farinha de mangaba foi obtida por meio de liofilização e a farinha da casca de pequi foi obtida por secagem em estufa temperatura/tempo 65° C por 24 horas. Foram realizadas as análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, coloração, composição proximal, fibra alimentar, fenólicos totais, vitamina C e capacidade antioxidante. A polpa de mangaba apresentou níveis representativos de vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes. A transformação da polpa em farinha de mangaba exerceu um efeito positivo, sendo encontrados valores superiores de vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes na farinha, em relação à polpa. A farinha da casca de pequi destacou-se pelos maiores teores de fibra alimentar, vitamina C e fenólicos e maior atividade antioxidante, em comparação à farinha de mangaba. Os resultados comprovam o potencial funcional e nutricional da polpa e farinha de mangaba e farinha da casca de pequi, o que aponta a viabilidade de sua utilização no desenvolvimento de novos produtos com valor nutricional e funcional agregado.

Palavras-chave: *Hancornia speciosa* Gomes. *Caryocar brasiliense* Camb.. Cerrado. Fibra. Vitamina C. Fenólicos. Antioxidantes. Agregação de valor.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest Brazilian biome, rich in biodiversity, bringing together several plant species whose fruits have great sensory potential, nutritional, functional and economic, with emphasis on mangaba and pequi fruits. The present work had as objectives the elaboration of flour from the pulp of mangaba and the peel of pequi (exocarp + external mesocarp) and to evaluate the nutritional and functional potential of the pulp and the flour obtained from mangaba, as well as the flour peel of pequi, with a view to its use in the development of new products with added nutritional and functional value. The mangaba flour was obtained by lyophilization and the flour of peel pequi was obtained by oven drying temperature / time 65 ° C for 24 hours. Analyzes of pH, titratable acidity, soluble solids, coloring, proximal composition, dietary fiber, total phenolics, vitamin C and antioxidant capacity were performed. The mangaba pulp presented representative levels of vitamin C, phenolic compounds and antioxidants. The transformation of the pulp into mangaba flour had a positive effect, being higher values of vitamin C, phenolic compounds and antioxidants in relation to pulp. The peel flour pequi was noted for its richness in dietary fiber, vitamin C, phenolics and antioxidants. The results demonstrate the functional and nutritional potential of mangaba pulp flour and pequi peel flour, which indicates the viability of its use in the development of new products with added nutritional and functional value.

Keywords: *Hancornia speciosa* Gomes. *Caryocar brasiliense* Camb.. Cerrado. Fiber. Vitamin C. Phenolics; Antioxidants; Aggregation value.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui inúmeras espécies frutíferas nativas e exóticas, inexploradas ou subexploradas, mas que têm recebido, cada vez mais, atenção como fontes de compostos bioativos (BAILÃO et al., 2015). O Cerrado, o segundo maior bioma brasileiro, reúne muitas espécies nativas que produzem frutos com características únicas com excelente potencial nutricional, sensorial e funcional (RODRIGUES et al., 2015; CASTRO et al., 2014; GONÇALVES et al., 2018; GONÇALVES et al., 2019). Apesar da diversidade de espécies frutíferas encontradas no Cerrado brasileiro, apenas uma pequena parcela da população tem acesso a essas frutas, uma vez que são encontradas apenas em algumas regiões do país e em período limitado ao longo do ano.

Projeções indicam que se o processo de devastação no Cerrado continuar no ritmo atual, 34% do que resta provavelmente será perdido até 2050, o que conduzirá a extinção de espécies endêmicas (STRASSBURG et al., 2017). Logo, é necessária a preservação desse bioma, o que pode ser alcançado pelo estímulo ao consumo dos frutos de suas espécies vegetais. Entretanto, a sazonalidade dos frutos do Cerrado se restringe, normalmente, a um ou dois meses do ano, o que obriga a busca por formas de agregar valores, sendo fundamentais estudos que comprovem efeitos benéficos a saúde pelo seu consumo e por meio da elaboração de novos produtos, com valor nutricional e funcional agregado. Dentre as espécies frutíferas do Cerrado, destacam-se *Hancornia speciosa* Gomes) e *Caryocar brasiliense* Camb.

Hancornia speciosa Gomes pertence a família Apocynaceae e seus frutos são popularmente conhecidos como mangaba. Estudos recentes comprovam a mangaba como importante fonte de compostos bioativos, apresentando altos teores de vitamina C, vitamina E, folato, carotenoides e compostos fenólicos, além de alta capacidade antioxidante (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015a; LIMA et al., 2015b; TORRES-RÊGO et al. 2016; MAIA et al., 2018; GONÇALVES et al., 2019; PAULA et al., 2019). O seu consumo tem o potencial de minimizar os riscos de desenvolvimento de várias doenças crônico-degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes (CARDOSO et al., 2014; LIMA et al., 2015b; PICCIANO et al., 2009; PEREIRA et al., 2015).

Pequi é o fruto de *Caryocar brasiliense* Camb., espécie pertencente a família Caryocaraceae. O pequi é conhecido por suas agradáveis peculiaridades de cor, aroma e sabor e por suas alegadas propriedades medicinais (RODRIGUES et al., 2009). O fruto apresenta valores significativos de proteínas, lipídeos, fibras, minerais e vitaminas, especialmente vitamina C, mesmo após cozimento e vitamina A, na forma de β -caroteno, com teores

superiores ao da cenoura (GONÇALVES et al., 2011). O consumo do pequi pode trazer uma gama de benefícios a saúde, considerando-se seu potencial na prevenção de doenças crônicas degenerativas, na melhora da função cardíaca e no aumento da imunidade, bem como seus alegados efeitos antiinflamatórios, antitumorais, antimicrobianos, e sua riqueza em antioxidantes e vitaminas (GONÇALVES, et al., 20011; MACHADO, MELLO & HUBINGER, 2015; OLIVEIRA et al., 2006; RIBEIRO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2009; RODRIGUES et al., 2015; LEÃO et al., 2017; PINTO et al., 2018; ROLL et al., 2018; TORRES et al., 2018).

O despulpamento de frutos do cerrado e o congelamento destas polpas, bem como o desenvolvimento de farinhas, utilizando-as são alternativas para solução do problema da disponibilidade dos frutos em função de sua sazonalidade. Essas polpas e farinhas apresentam potencial como ingredientes nas indústrias de alimentos, embora seu valor nutricional e funcional deva ser investigado. Entretanto, com base na composição de seus frutos (GONÇALVES et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012, RODRIGUES et al., 2015, LIMA et al.,2015a; LIMA et al.,2015b; GONÇALVES et al., 2019), acredita-se que possam se tornar importantes veículos de vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos, por exemplo, em formulações de produtos de panificação, podendo substituir total ou parcialmente a água e farinha de trigo, normalmente rica em calorias e pobre nestes compostos.

A adição de ingredientes contendo compostos funcionais na elaboração de novos produtos, bem como a utilização de subprodutos industriais que possam ter apelo funcional, é de interesse da indústria de alimentos. Desse modo, a farinha de mangaba e a farinha de casca de pequi podem apresentar alto potencial nutricional e funcional, passível de ser explorado pela indústria de alimentos no desenvolvimento de novos produtos nutritivos, com apelo funcional.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar farinhas a partir da polpa de mangaba e casca do pequi (exocarpo + mesocarpo externo) e caracterizar a polpa de mangaba e farinhas obtidas a partir da polpa de mangaba e casca de pequi, a fim de elucidar seu potencial nutricional e funcional, com vistas a aplicá-las como ingredientes no desenvolvimento de novos produtos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição da matéria

Polpa de mangaba e frutos do pequizeiro foram adquiridos de uma empresa de beneficiamento de frutos e de produtores do município de Montes Claros-MG, Brasil, latitude: 16° 44' 06" e longitude: 43° 51' 42". Para a obtenção da farinha de mangaba a polpa foi liofilizada em liofilizador piloto (Edwards Alto Vácuo) modelo L4KR Brasil nas condições: temperatura do condensador -40°C e pressão de vácuo final de 0,998 mbar, por um período de 120 horas. Já os pequis, após a higienização, foram descascados e as cascas (exocarpo + mesocarpo externo) submetidas a um branqueamento, a vapor, por 12 minutos, para a inativação de enzimas de escurecimento. Em seguida, foram secas em estufa a 65° C, por 24 h. Após a liofilização e secagem por estufa, a matéria seca seguiu para moagem em moinho de facas refrigerado modelo TECNAL TE631/3, e posterior peneiragem, utilizando-se peneira de Mesh nº 9.

2.2 Análises

A polpa de mangaba e as farinhas de mangaba e casca de pequi foram avaliadas quanto aos teores de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, coloração, composição proximal, fibra alimentar, vitamina C, fenólicos totais e capacidade antioxidante.

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, a acidez titulável determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico e os sólidos solúveis determinados por refratometria, utilizando-se o refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25° C e os resultados expressos em porcentagem (AOAC, 2016). Para a análise de coloração, utilizou-se o colorímetro Minolta CR-400, iluminante D65, com a determinação das variáveis L*, a*, b*, croma e h°. A composição proximal (umidade, extrato etéreo, proteína, cinzas, fibras e fração glicídica) foi determinada conforme os métodos propostos pela AOAC (2016).

As fibras alimentares totais (FAT), solúvel (FS) e insolúvel (FI) foram determinadas pelo método enzimático gravimétrico sugerido pela AOAC (2016), empregando-se o kit *dietary fiber total*, marca Sigma®. Os resultados foram expressos em porcentagem de fibra.

A determinação da vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} .

Para a obtenção dos extratos de fenólicos e antioxidantes, foi utilizada a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez & Saura-Calixto (1997), com adaptações. Duas gramas da amostra foram adicionados em tubos para centrifuga, com mais 20 mL de metanol 50%. Após uma hora de repouso, em ambiente escuro, os tubos foram centrifugados, por 15 minutos, a 21952 g. O sobrenadante foi reservado em vidros âmbar e foi feita uma reextração com o precipitado, sob as mesmas condições, agora com 20 mL de acetona 70%. No final do procedimento, ambos sobrenadantes foram combinados e os extratos resultantes da combinação, na proporção 2:40 (massa; volume), armazenados em freezer ($-18^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Os compostos fenólicos foram determinados por Folin-Ciocalteu, método proposto por Kuskoski et al. (2005), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, em que 0,5 mL de extrato de cada amostra foi adicionado aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin Ciocalteu 10% e em seguida, adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso, por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. O padrão utilizado foi o ácido gálico e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico 100^{-1} da amostra ($\text{mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Os compostos fenólicos foram também determinados por Fast Blue, método proposto por Medina (2011). Quatro mL dos extratos foram adicionados em tubos de ensaio, com mais 0,4 mL de solução Fast Blue 0,01% e 0,4 mL de NaOH 5%. Após uma hora de repouso, em ambiente escuro, as leituras foram procedidas, em espectrofotômetro, a 420 nm. O padrão utilizado foi o ácido gálico, sendo os resultados expressos em mg EAG/100 g.

Para a determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH foi utilizada a metodologia descrita por Rufino et al. (2007). Os resultados foram expressos IC_{50} em g de amostra g^{-1} de DPPH. Foram adicionados 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (0,6 mM) a 0,1 mL dos extratos de antioxidantes em diferentes diluições (1:3, 1:5, 1:7, 1:10, 1:20, 1:50 e 1:100 v/v). Os tubos foram incubados no escuro à temperatura ambiente por uma hora e o DPPH foi medido espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 515 nm. O IC_{50} representa a quantidade de amostra necessária para diminuir 50% da concentração inicial de DPPH e foi determinada por regressão linear. Os resultados foram expressos em gramas de amostra por grama de DPPH.

O método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), ou Poder Antioxidante de Redução do Ferro, foi realizado de acordo com BENZIE & STRAIN (1996). Neste método, o complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (FeII-TPZ), na presença de um antioxidante e em condições ácidas. Para a análise, 2,7 mL de reagente FRAP (tampão acetato, TPTZ e FeCl₃) foram adicionados a 90 µL de extrato antioxidante em várias diluições (1:3, 1:5, 1:7, 1:10, 1:20, 1:30 1:50 v/v) e 270 µL de água destilada. A mistura foi mantida a 37 °C durante 30 min. O FRAP foi medido espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 595 nm. Os resultados foram calculados por meio da equação da reta e expressos em µM sulfato ferroso g⁻¹.

A determinação da atividade antioxidante pelo método β-caroteno/ácido linoleico foi realizada segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2006) e Duarte et al. (2006). Uma solução sistema de β-caroteno e ácido linoleico foi preparada a partir de 0,2 mg de β-caroteno dissolvido em 1 mL de clorofórmio e adicionado a 40 µL de ácido linoleico e 530 µL de Tween 40. O clorofórmio foi completamente evaporado com auxílio de oxigenador. Em seguida, adicionou-se cerca de 100 mL de água destilada previamente saturada com oxigênio por 30 minutos. Agitou-se vagorosamente a mistura, apresentando uma coloração amarelo/alaranjada e com absorbância entre 0,6 e 0,7 a 470 nm. Realizou-se a análise por meio da adição em tubos de ensaio de uma alíquota de 5 mL da solução sistema e 0,4 mL da amostra do extrato antioxidante, para o controle foi utilizado uma solução de Trolox (200 mg/L) nas mesmas condições e a leitura foi realizada imediatamente no tempo zero a 470 nm. Os tubos de ensaio foram incubados em banho-maria a temperatura de 40 °C e a absorbância foi monitorada após 120 min. A atividade antioxidante (AA%) foi expressa como porcentagem de inibição da oxidação, calculada em relação redução da absorbância [Redução da Abs = (Abs_{inicial} - Abs_{final})], sendo o decréscimo da leitura da absorbância das amostras correlacionado com sistema controle, estabelecendo-se a porcentagem de oxidação [%Oxidação = (Redução Abs_{amostra} x 100)/(Redução Abs_{sistema})]. Subtraindo-se a porcentagem de oxidação, verifica-se a ação antioxidante da amostra [%Proteção = 100 - (%Oxidação)].

Todas as análises foram realizadas em seis triplicatas, sendo calculadas as médias e seus respectivos desvios-padrão.

A correlação de Pearson foi realizada no programa computacional Statistica versão 8.0 (STATSOFT INC, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das variáveis pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), L*, a*, b*, C* e h° da polpa e farinha de mangaba e farinha da casca de pequi (exocarpo + mesocarpo externo) são demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios \pm desvios padrões de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, L*, a*, b*, C* e h°, da polpa e farinha de mangaba e farinha da casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

	Polpa de Mangaba	Farinha de Mangaba	Farinha da casca de pequi
pH	3,5 \pm 0,13	3,4 \pm 0,03	4,0 \pm 0,08
Acidez Titulável (%)	1,1 \pm 0,04	7,3 \pm 0,24	2,8 \pm 0,11
Sólidos Solúveis (%)	14.3 \pm 0,13	74,8 \pm 0,41	38,4 \pm 0,1
L*	41,0 \pm 4,1	52,6 \pm 0,74	49,4 \pm 0,21
a*	1,9 \pm 0,7	34,0 \pm 0,14	6,7 \pm 0,23
b*	28,7 \pm 1,6	29,9 \pm 0,34	24,5 \pm 0,33
Croma	28,8 \pm 1,6	30,1 \pm 0,34	25,5 \pm 0,35
h °	87,6 \pm 2,1	82,4 \pm 0,28	74,9 \pm 0,25

Seis triplicatas

De acordo com Franco & Landgraf (2004), os alimentos podem ser classificados em alimentos de baixa acidez (pH > 4,50), ácidos (4,0 < pH < 4,5) e muito ácidos (pH < 4,0). Essa classificação é baseada no pH mínimo para a multiplicação e produção de toxina do microrganismo *Clostridium botulinum* (pH = 4,5). Quanto ao pH, a polpa e farinha de mangaba se enquadram no grupo de alimentos muito ácidos (pH < 4,0), onde o desenvolvimento microbiano fica restrito quase que exclusivamente a bolores e leveduras. Lima et al. (2015a) encontraram valores de pH próximos (3,42) em mangabas frescas, enquanto Congero et al. (2017) encontraram valores inferiores pH (3,14) para mangaba liofilizada. A farinha da casca de pequi se enquadra no grupo de alimentos ácidos (4,0 < pH < 4,5).

O percentual de AT e SS foi superior na farinha de mangaba, em comparação à polpa, em função da concentração, principalmente, de ácidos orgânicos e açúcares, compostos predominantes da mangaba, no processo de liofilização. O teor de AT encontrado na polpa de mangaba foi semelhante ao observado por Lima et al. (2015a), ao estudarem mangabas frescas (1,18%), embora os resultados de SS tenham sido inferiores ao observado pelos mesmos autores (22,19%). A acidez é um dos critérios que afeta a classificação de frutas com base no sabor, frutas com teores de ácido cítrico variando de 0,08 a 1,95% podem ser classificadas como de

sabor leve e são bem aceitas para consumo na forma de frutas frescas (PAIVA et al., 1997). A farinha da casca de pequi apresentou percentual de acidez titulável e sólidos solúveis inferior ao da farinha de mangaba.

A polpa de mangaba apresentou L^* e a^* inferiores e h° superior a farinha de mangaba enquanto nenhuma diferença foi notada em relação ao b^* e C^* .

Os processamentos da polpa de mangaba para obtenção da farinha culminaram com um produto final mais claro e de coloração amarelo avermelhado, em contraposição a uma matéria prima amarelo esverdeada. O processo de liofilização, que se dá em baixas temperaturas, preveniu, provavelmente, a oxidação de pigmentos e reações de caramelização, evitando o escurecimento da farinha. O avermelhamento da farinha se deve, provavelmente, a concentração de pigmentos, visto que Lima et al. (2015) encontraram 0.79 mg/100 g de carotenoides em mangaba, o que sugere que com a desidratação da polpa de mangaba ocorre acúmulo de carotenoides, com o resultante avermelhamento.

A coloração apresentada pela farinha da casca de pequi é semelhante a encontrada por Leão et al. (2017) (L^* 45,2, C^* 28,9 e h° 70,2). Os baixos valores de L^* e C^* indicam uma farinha escura e opaca e o ângulo h° sinaliza uma coloração alaranjada.

A desidratação da casca de pequi para obtenção de farinha se deu por um processo térmico a 65° C. Segundo Moser (1995), temperaturas acima de 55 °C favorecem a ocorrência de reações não enzimáticas de escurecimento, como a reação de Maillard, que envolve carboidratos redutores e aminoácidos. A coloração escura da farinha de casca de pequi deve estar associada, portanto, a formação de pigmentos oriundos da reação de Maillard.

Os valores de composição proximal e fibra alimentar total, solúvel e insolúvel de polpa e farinha de mangaba e de farinha de casca de pequi encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios \pm desvios padrões da composição proximal e fibra alimentar total, solúvel e insolúvel da polpa e farinha de mangaba e farinha da casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

	Polpa de Mangaba	Farinha de Mangaba	Farinha de casca de pequi
Umidade (g 100 g⁻¹)	82,17 \pm 1,27	15,68 \pm 1,06	9,64 \pm 0,12
Extrato etéreo (g 100 g⁻¹)	2,12 \pm 0,07	11,91 \pm 0,39	1,05 \pm 0,27
Proteína bruta (g 100 g⁻¹)	0,70 \pm 0,01	3,93 \pm 0,08	5,47 \pm 0,46
Cinzas (g 100 g⁻¹)	0,16 \pm 0,02	0,88 \pm 0,10	2,62 \pm 0,01
Fibra alimentar total (g 100 g⁻¹)	0,38 \pm 0,05	4,16 \pm 0,26	42,52 \pm 2,60
Solúvel (g 100 g⁻¹)	0,07 \pm 0,01	0,94 \pm 0,14	8,38 \pm 0,18
Insolúvel (g 100 g⁻¹)	0,24 \pm 0,01	3,22 \pm 0,14	34,14 \pm 2,42
Fração glicídica (g 100 g⁻¹)	14,54 \pm 0,59	63,44 \pm 0,40	38,70 \pm 1,47
Valor energético total (kcal/100g)	80,04	376,67	186,49

Seis triplicatas

A composição proximal da polpa de mangaba foi semelhante aos valores encontrados por Lima et al. (2015b), (Umidade 82,45 g 100 g⁻¹, extrato etéreo 2,29 g 100 g⁻¹, proteína 1,20 g 100 g⁻¹, fibras 2,15 g 100 g⁻¹, cinzas 0,36 g 100 g⁻¹, e fração glicídica 11,55 g 100 g⁻¹), exceto o teor de fibras, inferiores neste estudo. Quando comparados os dados de polpa e farinha de mangaba, observa-se um acréscimo relevante nas variáveis analisadas, devido à eliminação de água e concentração dos compostos. Os resultados da composição proximal da farinha de casca de pequi corroboram os resultados de Leão et al., (2017) e Soares Júnior et al., (2010) em farinha de casca de pequi, (umidade 6,39 g 100 g⁻¹, lipídios 0,32 g 100 g⁻¹, proteína 3,25 g 100 g⁻¹, cinzas 2,34 g 100 g⁻¹, fibras 43,32 g 100 g⁻¹ e glicídios 44,7 g 100 g⁻¹) e (umidade 3,08 g 100 g⁻¹, 0,85 lipídios g 100 g⁻¹, proteína 5,59 g 100 g⁻¹, cinzas 2,86 g 100 g⁻¹, fibras 39,02 g 100 g⁻¹ e glicídios 49,59 g 100 g⁻¹), respectivamente.

O alto teor de umidade geralmente observado nos frutos, como a mangaba, os torna altamente suscetível a deterioração devido à multiplicação acelerada dos microrganismos, o que requer um rápido consumo ou processamento tecnológico após a maturação. A farinha de mangaba apresentou umidade ligeiramente acima do limite estabelecido pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2005), que estipula no máximo 15% para farinhas. Já a farinha de casca de pequi apresentou umidade dentro do limite estabelecido pela Legislação Brasileira para farinhas. O baixo teor de umidade contribui para uma melhor conservação do produto, uma vez que reduz a água disponível para a proliferação de microrganismos e reações químicas (SOQUETTA et al., 2016).

Embora tenha-se constatado um baixo teor de lipídeos da polpa de mangaba, como acontece na maioria dos frutos, a sua farinha se mostrou com alto teor de lipídios 11,91 g 100

g^{-1} (extrato etéreo). O perfil lipídico de mangaba é rico em ácido palmítico (29%), oleico (12%), linoleico (18%) e linolênico (8%) (PEREIRA, 2008). Diferentemente da farinha de polpa de mangaba, a farinha da casca de pequi apresentou baixo teor de lipídeos.

Já o teor de proteínas da polpa de mangaba não é alto, mas não desprezível, uma vez que frutas são pobres em proteínas. Com a desidratação, o teor de proteínas passou de $0,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, na polpa, para $3,93 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, na farinha de mangaba. Já a farinha de casca de pequi apresenta maior teor de proteínas, $5,47 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Outras farinhas como a de trigo, milho e mandioca, consumidas com frequência pelos brasileiros, apresentam teores de proteínas de 8 a $16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, $7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $1,12$ a $1,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente, (MORITA et al., 2002; CALLEGARO et al., 2005 e CEREDA & VILPOUX, 2003). Farinhas de milho e mandioca são comumente usadas em produtos panificáveis, por substituição ou adição à farinha de trigo, logo as farinhas de mangaba e casca de pequi apresentam um teor proteico menor em relação a farinha de milho, mas maior, quando comparadas a farinha de mandioca.

O teor de cinzas na polpa de mangaba foi de $0,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, sendo encontrado valores superiores na sua farinha ($0,88 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Lima et al. (2015b), destaca a mangaba como ótima fonte de potássio, zinco e ferro. Já a farinha de casca de pequi, se destaca com maior teor de resíduo mineral. Alves et al. (2014) destacam o pequi como fonte de e ferro, zinco, fósforo, cálcio e magnésio.

Quanto a fibra alimentar, a polpa de mangaba apresentou $0,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, já a farinha de mangaba apresentou valor consideravelmente superior $4,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, sendo $0,94 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibra solúvel e $3,22 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibra insolúvel. A farinha de casca de pequi mostrou-se uma importante fonte de fibra alimentar, concentrando cerca de 10 vezes mais fibra alimentar total que a farinha de mangaba ($42,52 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), sendo $8,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibra solúvel e $34,14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibra insolúvel. Observou-se que a polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi apresentaram maiores proporções de fibra insolúvel em relação a fibra solúvel. Segundo Wong e Jenkins (2007), é observada uma relação para a maioria dos alimentos que contêm fibras, sendo estes constituídos de um terço de fibras solúveis e dois terços de insolúveis. As fibras insolúveis estão associadas a capacidade de aumentar o volume fecal e diminuir o trânsito intestinal, já as fibras solúveis tem associação à sua capacidade de aumentar a viscosidade e reduzir a resposta glicêmica e o colesterol plasmático, bem como a ação prebiótica (ELLEUCH et al., 2011). Conforme as recomendações, as fibras alimentares na dieta variam de acordo com a idade, sexo e o consumo energético, a recomendação adequada gira em torno de 14 g de fibra para cada 1.000 kcal ingeridas (INSTITUTE OF MEDICINE, 2005). Adultos saudáveis ingerem, normalmente, entre 2000 e 3000 kcal , diariamente. Logo, seriam necessários o

consumo de 7370 g de polpa, 672g de farinha de mangaba e 663g de farinha de casca de pequi para atender as recomendações de ingestão diária, com base numa dieta de 2000 kcal. De fato, um consumidor dificilmente consumiria essas quantidades sugeridas, entretanto esses produtos poderiam atuar como importantes aliados de outras fontes de fibras no atendimento às recomendações diárias.

Segundo Mattos & Martins (2000), os alimentos podem ser classificados de acordo com seu teor de fibras: alimentos com teor muito alto de fibras (mínimo 7 g 100 g⁻¹); alto (4,5 a 6,9 g 100 g⁻¹); moderado (2,4 a 4,4 g 100 g⁻¹) e baixo (inferior a 2,4 g 100 g⁻¹). Sendo assim a farinha de mangaba é considerada uma fonte moderada de fibras e a farinha de casca de pequi é uma alta fonte de fibras.

Polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi apresentaram respectivamente, 14,54 g 100 g⁻¹, 63,44 g 100 g⁻¹ e 38,70 g 100 g⁻¹ de glicídios. Uma porção de 100g de cada um desses produtos supriria, 4%, 18% e 9%, respectivamente, das necessidades calóricas diárias de um adulto, dieta com base em uma estimativa de 2000 kcal.

Os teores de glicídeos da polpa de mangaba e farinha de casca de pequi foram semelhantes aos teores de sólidos solúveis, enquanto a farinha de mangaba apresentou teor de glicídeos inferior ao de sólidos solúveis. Visto que os sólidos solúveis dizem respeito, principalmente, a açúcares, ácidos orgânicos e fibras solúveis, compostos solúveis em água, ao subtrairmos os ácidos orgânicos e fibras solúveis dos sólidos solúveis (Tabelas 1 e 2) infere-se que a fração glicídica da polpa e farinha de mangaba é constituída basicamente por açúcares. Por outro lado, ao usar-se o mesmo raciocínio com a farinha da casca de pequi, sugere-se, além da presença de açúcares, a de amido.

Os teores de vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes de polpa de mangaba e farinhas de mangaba e pequi estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios \pm desvios padrões de vitamina C, atividade antioxidante e fenólicos totais da polpa e farinha de mangaba e farinha da casca de pequi (exocarpo + mesocarpo externo).

	Mangaba	Farinha de Mangaba	Farinha de casca de pequi
Vitamina C (mg ácido ascórbico 100 g⁻¹)	220,31 \pm 23,38	727,70 \pm 64,75	351,9 \pm 25,04
Fenólicos totais Folin-Ciocalteu (mg EAG 100 g⁻¹)	222,08 \pm 14,87	940,51 \pm 43,86	13855,42 \pm 94,35
Fenólicos totais Fast blue (mg EAG 100 g⁻¹)	207,35 \pm 18,41	742,17 \pm 28,11	5028,40 \pm 109,42
Atividade Antioxidante DPPH IC₅₀ (g amostra g⁻¹ DPPH)	5008,13 \pm 17,00	671,59 \pm 55,70	31,02 \pm 0,75
Atividade Antioxidante β-caroteno (% proteção)	49,48 \pm 4,12	77,57 \pm 3,69	98,18 \pm 0,97
Atividade Antioxidante FRAP (μM de sulfato ferroso g⁻¹)	31,35 \pm 0,05	154,62 \pm 4,45	5006,59 \pm 77,88

Médias e desvio padrão das amostras em 6 repetições

Níveis representativos de vitamina C foram detectados na polpa e farinhas estudadas, especialmente nas farinhas. O teor de vitamina C na farinha de mangaba correspondeu a 3,3 vezes ao observado na polpa de mangaba, em função de sua concentração durante a secagem por liofilização. A liofilização se mostrou uma ótima alternativa para preservação da vitamina C no processo de secagem da mangaba. Em geral, por ser termolábil, a vitamina C tende a ser degradada durante secagem a altas temperaturas. De fato, na liofilização, a secagem se dá por sublimação numa temperatura de cerca de -40°C , o que conspira a favor da preservação dessa vitamina, como observado no presente trabalho. O teor de vitamina C observado na farinha de casca de pequi foi superior ao observado no mesocarpo interno do pequi por Vilas Boas et al. (2012), ao estudarem o fruto minimamente processado, em torno de $90\text{ mg }100\text{ g}^{-1}$. Embora a farinha da casca do pequi tenha sido obtida após secagem a 65°C e apesar da sensibilidade da vitamina C ao calor, os teores encontrados de vitamina C nesta farinha são considerados substanciais. Em estudo envolvendo cozimento do pequi, GONÇALVES et al. (2011) observaram redução de 50% dos teores de vitamina C no fruto durante 20 minutos de cozimento em água fervente, mas mesmo após este período de tratamento térmico, os frutos apresentaram níveis consideráveis da vitamina, em torno de $45\text{ mg }100\text{ g}^{-1}$. Assim como a polpa, a casca se mostrou ótimo veículo de vitamina C, resistente, pelo menos em parte, a ação do calor.

A recomendação diária de vitamina C para crianças de 6 a 8 anos é de 25mg/dia de vitamina C e a recomendação para crianças de 9 a 13 anos de 45mg/dia (DIETARY REFERENCE INTAKES, 2011). Desse modo seria necessário o consumo de 11,4g de polpa de

mangaba, 3,5g de farinha de mangaba ou de 7,1g de farinha de casca de pequi para atingir as recomendações diárias de vitamina C para crianças de 6 a 8 anos. E seria necessário o consumo de 20,5g de polpa de mangaba, 6,2g de farinha de mangaba ou de 12,8g de farinha de casca de pequi para atingir as recomendações diárias de vitamina C para crianças de 9 a 13 anos.

Os teores médios de fenólicos observados na polpa de mangaba, independente do método utilizado, foram superiores ao encontrado por Rufino et al. (2010) (169,4 mg EAG 100 g⁻¹) e inferiores ao encontrado por Lima et al. (2015b) (352,98 mg EAG 100 g⁻¹) ao estudarem o mesmo fruto. A farinha de mangaba apresentou níveis de fenólicos totais superiores aos da polpa, devido a sua concentração durante desidratação. Malacrida e Motta (2005), relatam que os compostos fenólicos são sensíveis a elevação de temperatura, e o processo de secagem por liofilização preservam estes compostos. O teor de fenólicos determinado pelo método Folin-Ciocalteu foi semelhante ao observado por Rufino et al. (2010) (935 mg EAG 100 g⁻¹) em mangaba liofilizada, utilizando o mesmo método de determinação.

A farinha de casca de pequi apresentou teores de fenólicos totais consideravelmente altos e superiores aos da farinha de mangaba, a despeito da metodologia de determinação utilizada. Leão et al. (2017), encontraram valores ainda mais altos de fenólicos (17420 mg EAG 100 g⁻¹) em farinha de casca de pequi. Contreras-Calderón et al. (2011), comparando o teor de fenólicos em diferentes partes dos frutos, mostram que, em geral, os compostos fenólicos estão localizados preferencialmente em casca e sementes e em menor grau na polpa, ao passo que Leão et al. (2017) encontraram 17420 mg EAG 100 g⁻¹ na casca de pequi, Nascimento et al. (2017), encontraram 197.8 mg EAG.100 g⁻¹ em polpa de pequi liofilizada.

As médias observadas de fenólicos totais diferiram em função da metodologia utilizada, Folin-Ciocalteu ou Fast Blue. Embora tenha-se utilizado o mesmo procedimento de extração de fenólicos, os métodos divergem quanto a especificidade, sendo o método do Fast Blue considerado mais específico. Alguns autores sugerem que o Folin Ciocalteu não é o mais robusto para a determinação de fenólicos totais em alimentos. Isso porque, por se basear em um processo de redução, o método pode identificar outros compostos com atividade redutora, além dos fenólicos, como ácido ascórbico, açúcares redutores e alguns aminoácidos (MEDINA, 2011). Assim, o método de Folin-Ciocalteu, largamente utilizado na determinação de fenólicos, tende a superestimar o resultado final. Já os compostos fenólicos determinados pelo método Fast Blue não superestimariam o resultado, apresentando valores inferiores ao Folin-Ciocalteu por se basear em uma reação de cor específica com a hidroxila do anel aromático dos compostos fenólicos.

A média de atividade antioxidante determinada pelo DPPH expressa em IC₅₀ na polpa de mangaba foi superior à encontrada por Rufino et al. (2010) (3385 g de fruto/ g de DPPH), no mesmo fruto. Entretanto, salienta-se que quanto maior o IC₅₀ menor a atividade antioxidante efetiva. Já as atividades antioxidantes determinadas pelos métodos FRAP e β-caroteno/ácido linoleico, na polpa de mangaba, foram superiores às encontradas por Rufino et al., (2010) (18,3 μM de sulfato ferroso g⁻¹), não sendo detectada pelos autores proteção pelo método β-caroteno/ácido linoleico em mangaba.

A farinha de mangaba apresentou atividade antioxidante superior ao da polpa de mangaba, independente do método utilizado. Ao passo que são necessários 5kg de mangaba para inibir em 50% o radical DPPH são necessários 671g de farinha de mangaba para promover a mesma inibição. Rufino et al. (2010) encontraram maiores valores de IC₅₀ (890g de fruto/g de DPPH) em mangabas liofilizadas, ou seja, menor atividade antioxidante DPPH expressa em IC₅₀.

A farinha de mangaba apresentou atividade antioxidante determinada pelo método β-caroteno/ácido linoleico superior à encontrada por Rufino et al., (2010) (34,7%), que trabalharam com mangaba liofilizada. Hassimotto, Genovese & Lajolo (2005), ao analisarem frutas, hortaliças e polpas congeladas, propuseram a seguinte classificação para a capacidade antioxidante medida pelo sistema β-caroteno/ácido linoleico: níveis elevados (>70% de proteção), intermediário (40-70% de proteção) e baixo (<40% de proteção). Sendo assim a polpa de mangaba apresenta atividade antioxidante intermediária ao passo que a farinha de mangaba apresenta alta atividade antioxidante na classificação proposta. Vale ressaltar que 100g de farinha é uma grande quantidade para ser consumida diariamente, porém as farinhas estudadas poderiam atuar como importantes aliados de outras fontes de antioxidantes, para atingir as recomendações diárias.

A atividade antioxidante determinada pelo método FRAP na farinha de mangaba foi 5 vezes a observada na polpa de mangaba. Rufino et al., (2010) encontraram valores semelhantes em mangabas liofilizadas (163 μM de sulfato ferroso g⁻¹).

A farinha de casca de pequi se destacou com o maior potencial antioxidante, em comparação à polpa e farinha de mangaba, independente do método de determinação. Assim, apenas 31 gramas de farinha de casca de pequi são necessários para diminuir em 50% a concentração do radical DPPH, enquanto cerca de 20 vezes mais de farinha de mangaba são necessários no mesmo propósito. A farinha de casca de pequi se apresentou com uma atividade antioxidante, determinada pelo método FRAP, cerca de 32 vezes superior à da farinha de mangaba e 98% de proteção do sistema β-caroteno/ácido linoleico foi observada, em

comparação a 77,7% observada na farinha de polpa de mangaba. A atividade antioxidante observada na farinha de casca de pequi foi superior à observada por Leão et al. (2017), que encontraram, também em farinha de casca de pequi, 44,43 g farinha g⁻¹ DPPH IC₅₀ e 3216,27 µg de sulfato ferroso g⁻¹.

A fim de avaliar a correlação entre os resultados de vitamina C, fenólicos e atividade antioxidante na polpa e farinha de mangaba e farinha de casca de pequi, foi realizada a análise de correlação de Pearson (Tabela 4).

Tabela 4- Correlação de Pearson para as análises de vitamina C, fenólicos e antioxidantes para polpa e farinha de mangaba e farinha da casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Correlação de Person	Vitamina C	Folin-Ciocalteu	Fast Blue	DPPH	β-caroteno	FRAP
Vitamina C	-	-0,222	-0,169	-0,611	0,334	-0,247
Folin-Ciocalteu	-0,222	-	0,998*	-0,636	0,844	0,999*
Fast Blue	-0,169	0,998*	-	-0,677	0,872	0,997
DPPH	-0,611	-0,636	-0,677	-	-0,950	-0,616
β-caroteno	0,334	0,844	0,872	-0,950	-	0,831
FRAP	-0,247	0,999*	0,997	-0,616	0,831	-

*Correlação significativa a 5% de probabilidade

Apresentaram correlação somente o Folin Ciocalteu com o Fast Blue e Folin Ciocalteu com FRAP. As duas correlações observadas foram positivas, indicando que quanto maior o teor de fenólicos totais pelo método de Folin Ciocalteu maior é o teor determinado pelo método de Fast Blue. De fato, como ambas metodologias são usadas para determinar fenólicos totais, é coerente que o aumento de compostos fenólicos detectado por uma metodologia se correlacione como aumento detectado pela outra. A segunda correlação encontrada foi a contribuição dos compostos fenólicos por Folin-Ciocalteu para a atividade antioxidante FRAP. Em geral, os compostos fenólicos são multifuncionais como antioxidantes, pois atuam de várias formas combatendo os radicais livres por meio da doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila (OH) da sua estrutura aromática, que possui a capacidade de suportar um elétron desemparelhado pelo deslocamento dele ao redor de todo o sistema de elétrons da molécula, quelando metais de transição, como o Fe²⁺ e o Cu⁺ (SHAHIDI, 1996). No método FRAP, o complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (FeII-TPZ), e os compostos fenólicos podem atuar quelando metais de transição, como o Fe²⁺ e o Cu⁺ (KARAKAYA, 2004 e KYNGMI & EBELER 2008).

4 CONCLUSÕES

Polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi apresentam potencial nutricional e funcional comprovados pelos altos teores de fibras, vitamina C e fenólicos e alta atividade antioxidante.

A transformação da polpa de mangaba em farinha de mangaba resulta em um produto final amarelo avermelhado, mais concentrado em sólidos solúveis e acidez titulável e conseqüentemente com menor pH, mais rico nutricional e funcionalmente, em comparação à matéria prima.

A farinha de casca de pequi apresenta coloração alaranjada, com maior pH e concentrações inferiores de sólidos solúveis e acidez titulável, apresentando ainda maiores teores de fibras e fenólicos e maior atividade antioxidante, em comparação à farinha da mangaba, comprovando seu maior potencial nutricional e funcional.

5 AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo aporte financeiro, fundamental para a execução do projeto, bem como ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e bolsas produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. M.; FERNANDES, D. C.; SOUSA, A. G. O.; NAVES, M. M. V. Características físicas e nutricionais de pequis oriundos dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. **Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 198-203, jul./set. 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, p. 3000, 2016.

BAILÃO, E. F. L. C.; DEVILLA, I. A.; CONCEIÇÃO, E. C. da; BORGES, L. L. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 23760-23783, 2015.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the frap assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. 2005. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjIwMw%2C%2C>>. Acesso em 08 mai. 2019.

- CALLEGARO, M. G. K.; DUTRA, C. B.; HUBER, L. S.; BECKER, L. V.; ROSA, C. S.; KUBOTA, E. H.; HECKTHEUR, L. H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 271-274, abr./jun. 2005.
- CASTRO, D. S. D.; SOUSA, E. P. D.; NUNES, J. S.; SILVA, L. M. D. M.; MOREIRA, I. D. S. Caracterização física e físico-química de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 117-120, 2014.
- CARDOSO, M. C.; REIS, B. L.; OLIVEIRA, D. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: Nutritional value, carotenoids and antioxidants vitamins. **Fruits**, v. 69, p. 89–99, 2014.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas. **Fundação Cargill**, São Paulo, v. 3, p. 711, 2003.
- CONGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; MONTEIRO, A. R. G.; COSTAJ. M. C. Hygroscopic trend of lyophilized ‘mangaba’ pulp powder, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 5, p. 356-360, 2017.
- CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, p. 2047-2053, 2011.
- DIETARY REFERENCE INTAKES (DRIs): **Estimated Average Requirements**. 2011. Disponível em: <https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf>
- DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, J. F. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais dpph. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 26, p. 446-452, abr./jun. 2006.
- ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, p. 411-421, 2011.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**, Ed. Atheneu - São Paulo, 2004.
- GONÇALVES, G. A. S.; VILAS BOAS, E. V. B.; RESENDE, J. V.; MACHADO, A. L. L.; VILAS BOAS, B. M. Qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de cozimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 377-385, mar./abr. 2011.
- GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; CARVALHO, E. E. N.; RESENDE, J. V.; VILAS BOAS, E. V. B. The Effect of Pasteurization, Freezing and Prolonged Storage on Volatile Compounds of Mangaba Pulp. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 6, p. 561-569, 2018.
- GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; CARVALHO, E. E. N.; RESENDE, J. V.; VILAS BOAS, E. V. B. Effect of Processing and Frozen Storage on the Phenolic Profile, Bioactive

Compounds, Antioxidant Capacity, and Enzymatic Activity of Mangaba Pulp. **Current Nutrition & Food Science**, v. 15, Issue 1, 2019.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, I. S.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2928–2935, 2005.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids**. Washington, DC: The National Academies, 2005.

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 6, p. 64-453, 2004.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRANCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em polpa de frutos. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

KYNGMI, M. S.; EBELER, E. Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant o physiological levels. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 96-104. 2008.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.

LIMA, J. P.; FANTE, C. A.; PIRES, C. R. F.; NUNES, E. E.; ALVES, R. R.; ELIAS, H. H. S.; NUNES, C. A.; VILAS BOAS, E. V. de B. The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, v. 194, n. 14, p. 1–6, out. 2015a.

LIMA, J. P. de; AZEVEDO, L.; SOUZA, N. J. de; NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. de B. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. **Food Research International**, v. 75, p. 216–224, 2015b.

LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F.; MONTEIRO, A. A. D. P.; BOAS, E. V. B. V. Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) and its responses to temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 59, n. 9, p. 399-403, 2015c.

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**, v. 95, p. 304-312, 2015.

MAIA, J. D.; ÁVILA, C. R.; MEZZOMO, N.; LANZA, M. Evaluation of bioactive extracts of mangaba (*Hancornia speciosa*) using low and high pressure processes. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 198-210, 2018.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 659-664, 2005.

- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, p. 50–55, 2000.
- MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of functional foods**, v. 3, p. 79–87, 2011.
- MORITA, N.; MEDA, T.; MIYAZAKI, M.; YAMAMORI, M.; MIURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 491-495, 2002.
- MOSER, L. E. **Post-harvest physiological changes in forage plants. In: Post-harvest physiology and preservation of forages.** Moore, K. J., Kral, D. M., Viney, M. K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, p.1-19, 1995.
- NASCIMENTO, N. R. R.; ALVES, A. M.; SILVA, M. R.; NAVES, M. M. V. ANTIOXIDANT CAPACITY OF PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) PULP IS PRESERVED BY FREEZE-DRYING AND LIGHT-RESISTANT PACKAGING **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017.
- OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.
- PAIVA, M. C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J. C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e de duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, p. 57–63, 1997.
- PAULA, L. C.; SILVA, F. A.; SILVA, E. P.; ASQUIERI, E.R.; DAMIANI, C. Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian savannah. **Food Science and Technology**, v. 39 n. 2, p. 403-409, abr./jun. 2019.
- PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION; L. M; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30–35, 2015.
- PEREIRA, A. V. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, p. 188-213, 2008.
- PICCIANO, M. F.; YETLEY, E. A.; COATES, M. G.; MICHELLE, K. L. Update on folate and human health. **Nutrition Today**, v. 44, p. 142–152, 2009.
- PINTO, M. M. R. M. R.; PAULO, D. A.; ALVES, A. L.; RODRIGUES, M. Z.; VIEIRA, E. N. R.; FONTESM E, A. F.; RAMOS, A. M. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. **Powder Technology**, v. 339, p. 939-946, 2018.
- RIBEIRO, M. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RIUL, T. R.; SANTOS, A. S.; PANTOJA, L.; MARINHO, H. A. Influence of the extraction method and storage time on the physicochemical properties and carotenoid leves of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos (Impresso)**, v. 32, p. 386-392, 2012.
- RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39 n. 3, p. 260-265, 2009.

RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. de; PINTO, D. M.; VILAS BOAS, E. V. de B. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos (Online)**, v. 35, p. 11-17, 2015.

ROLL, M. M.; VILELA, A. L. M.; LONGO, J. P. F.; COSTA, T. S. A. The pequi pulp oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) provides protection against aging-related anemia, inflammation and oxidative stress in Swiss mice, especially in females. **GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY**, v. 41, p. 858-869, 2018.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico. **Comunicado Técnico Embrapa**. ISSN: 1679-6535, 2006.

RUFINO, M. DO S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: **Embrapa Comunicado Técnico**, “Não paginado”, 2007.

SHAHIDI F. Natural antioxidants: an overview. In: Shahidi F. **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. Newfoundland: Aocs; p.1-11. 1996.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELO, P. Z.; CALIARI, M.; REIS, R. C.; LACERDA, D. B. C. L.; KOAKUZU, S. N. Development and chemical characterization of flour obtained from the external mesocarp of “pequizeiro” fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 949-954, out./dez. 2010.

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

STATSOFT INC. **Statistica for windows: release 8.0 A**. Tulsa, 2006. software.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; FILHO, F. J. B. O.; SCARAMUZZA, C. A. de M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 99, p. 1-3, 2017.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**, Madrid: Paz Montolvo, p. 428, 1967.

TORRES, L. R. O.; SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar* spp.), a native Brazilian fruit: a review, **Grasas y Aceites**, v. 69, n. 2, p. 1-16, abr./jun. 2018.

TORRES-RÊGO, M.; FURTADO, A. A.; BITENCOURT, M. A.; LIMA, M. C.; ANDRADE, R. C.; AZEVEDO, E. P.; SOARES, T. C.; TOMAZ, J. C.; LOPES, N. P.; DA SILVA-JÚNIOR, A. A.; ZUCOLOTTI, S. M.; FERNANDES-PEDROSA, M. F. Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa*

Gomes (Apocynaceae), **BMC complementary and alternative medicine**, v. 16, n. 275, p. 1-10, 2016.

VILAS BOAS, B. M.; GONÇALVES, G. A. S.; ALVES, J. A.; VALÉRIO, J. M.; ALVES, T. C.; RODRIGUES, L. J.; PICCOLI, R. H.; VILAS BOAS, E. V. de B. Qualidade de pequis fatiados e inteiros submetidos ao congelamento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 904–910, 2012.

WONG, J. M.; JENKINS, D. J. Carbohydrate digestibility and metabolic effects. **The Journal of Nutrition**, v.137, n.11, p. 2539-2546, nov. 2007.

ARTIGO 2**IMPACTO DA FARINHA DE MANGABA E FARINHA DE CASCA DE PEQUI E
POLPA DE MANGABA SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE MASSA
E PÃO DOCE**

Lucas Ferreira Rodrigues^{a,2}

llucasrodrigues@gmail.com

Rafael Carvalho do Lago^a

rcarvalholago@gmail.com

Joelma Pereira^a

joper@ufla.br

Elisângela Elena Nunes de Carvalho^a

elisangelacarvalho@ufla.br

Edson Pablo da Silva^b

edsonpablos@hotmail.com

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^a

evbvboas@ufla.br

² ^aUniversidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, campus universitário s/n, 37200-000, Lavras, MG, Brazil.

^b Grupo de Pesquisa Alimentos e Nutrição na Amazônia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, CEP 69067-375, Manaus – AM, Brasil.

RESUMO

O estudo teve como objetivo otimizar a substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi e a substituição parcial da água por polpa de mangaba por meio de dois delineamentos compostos centrais rotacionais (DCCR), totalizando 24 ensaios, na fabricação de pães doces. Foram avaliadas as propriedades tecnológicas da massa e do pão, a saber: % de glúten úmido e expansão da massa e densidade, volume específico, índice de expansão e perfil de textura TPA (firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) do pão. As propriedades tecnológicas estudadas da massa elaborada com as farinhas de mangaba e casca de pequi, em substituição parcial à farinha de trigo, não diferiram das propriedades tecnológicas do controle, que utilizou apenas farinha de trigo. Das sete variáveis associadas às propriedades tecnológicas do pão, apenas duas foram influenciadas pelas substituições, sendo o volume específico afetado pela farinha de casca de pequi e a coesividade pela farinha de mangaba. As faixas de substituição de 0% a 1,4% e 10% a 13% de farinha de trigo por farinhas de casca de pequi e de mangaba, respectivamente, foram consideradas as ideais, com base nos resultados do DCCR. A substituição parcial de água por polpa de mangaba não afetou as propriedades tecnológicas da massa, embora tenha influenciado a densidade, o volume específico e o índice de expansão dos pães, sendo a faixa de 13% a 23% considerada a ideal para substituição, juntamente, novamente, com substituição de farinha de trigo por farinha de casca de pequi na faixa de 0% a 1,4%.

PALAVRAS-CHAVE: *Caryocar brasiliense* Camb.. Desenvolvimento de novos produtos. Enriquecimento de pães. Farinha de frutos do Cerrado. *Hancornia speciosa* Gomes. DCCR.

ABSTRACT

The objective of this study was to optimize the partial replacement of wheat flour with mangaba flour and flour pequi peel and the partial replacement of the water by mangaba pulp by means of two rotating central compound designs (DCCR), totaling 24 trials, in the manufacture of sweet breads. % of wet gluten and expansion of mass and density, specific volume, expansion index and TPA (firmness, elasticity, cohesiveness and chewability) texture profile of the bread. The studied technological properties of the mass elaborated with mangaba flour and peel pequi flour, in partial substitution to wheat flour, did not differ from the technological properties of the control, which used only wheat flour. Of the seven variables associated with the technological properties of bread, only two were influenced by the substitutions, the specific volume being affected by the flour of pequi peel and the cohesiveness of mangaba flour. The substitution rates of 0 to 1,4% and 10 to 13% of wheat flours for pequi peel and mangaba, respectively, were considered the ideal, based on the results of the DCCR. The partial replacement of water by mangaba pulp did not affect the technological properties of the mass, although it has influenced the density, the specific volume and the index of expansion of the breads, being the 13 to 23% range considered the ideal for replacement, together, again, with substitution of wheat flour for pequi peel flour in the rate of 0 to 1,4%.

KEY WORDS: *Caryocar brasiliense* Camb.. Development of new products. Bread enrichment. Flours of the fruits Cerrado. *Hancornia speciosa* Gomes. DCCR.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos produtos com a adição de novos ingredientes com o objetivo de melhorar sua qualidade sensorial e agregar-lhes valor nutricional e funcional é de interesse da indústria alimentícia. No Cerrado encontramos uma diversidade de frutos com características únicas, entretanto pouco explorada comercialmente, constituindo matéria-prima disponível para a formulação de novos produtos alimentícios que podem ter valor sensorial, nutricional e funcional agregado.

Frutas são fontes de vitaminas, minerais, fibras, compostos fenólicos e antioxidantes. Dentre as espécies frutíferas do cerrado destacam-se *Hancornia speciosa* Gomes e *Caryocar brasiliense* Camb., cujos frutos conhecidos como mangaba e pequi, respectivamente, são fontes de nutrientes e compostos bioativos, como vitamina C, vitamina E, folato, carotenoides e compostos fenólicos, além de possuírem alta capacidade antioxidante (RODRIGUES et al., 2009; PICCIANO et al., 2009; RUFINO et al., 2010; SOARES JÚNIOR et al., 2010; LIMA et al., 2015a; LIMA et al., 2015b; PEREIRA et al., 2015; RODRIGUES et al., 2015; TORRES-RÊGO et al., 2016, LEÃO et al., 2017; PAULA et al., 2019; MAIA et al., 2018; PINTO et al., 2018; ROLL et al., 2018; TORRES et al., 2018; GONÇALVES et al., 2019). Esses frutos são muito apreciados em função do aroma e sabor peculiares, podendo ser consumidos *in natura*, ou na forma processada. Ben Jeddou et al. (2017) relatam que os subprodutos obtidos a partir do processamento de frutas e hortaliças estão ganhando atenção como novas fontes econômicas de ingrediente funcional saudável. A casca do pequi (exocarpo + mesocarpo externo) é comumente descartada após consumo e beneficiamento do fruto. Entretanto estudos revelaram seu alto valor nutricional e funcional (SOARES JÚNIOR et al., 2010; LEÃO et al., 2017). Logo, tanto a polpa como a farinha de mangaba e casca de pequi despontam como ingredientes, em potencial, para o enriquecimento de produtos de panificação.

Os produtos panificáveis são consumidos em grandes quantidades diariamente no mundo, sendo uma das principais fontes energéticas da humanidade. Embora pobres em fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos, podem ser utilizados como seus veículos se adequadamente enriquecidos, por exemplo, pela polpa e farinha de frutos do cerrado. De fato, Ktenioudaki & Gallagher, (2012) enfatizam que o uso de frutas em produtos panificáveis tem ganhado apelo popular.

No entanto a aplicação de farinhas de frutas, (mangaba e casca de pequi), bem como polpa de frutas (mangaba) em substituição a farinha de trigo e a água, como ingredientes funcionais, influenciam as propriedades tecnológicas do pão, uma vez que essas farinhas não

são detentoras das proteínas formadoras de glúten, que fornecem a massa sua estrutura, logo, estudos são necessários sobre a quantidade de substituição parcial da farinha de trigo e água, afim de minimizar os danos às propriedades tecnológicas do produto.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os impactos de diferentes níveis de substituição de farinha de trigo por farinhas de mangaba e de casca de pequi (exocarpo + mesocarpo externo) e de água por polpa de mangaba sobre propriedades tecnológicas da massa e dos pães doces resultantes, visando-se obter as faixas ideais de substituição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição e preparação das matérias-primas

As polpas de mangaba e os pequis utilizados foram adquiridos de uma empresa de beneficiamento de frutos e de produtores do município de Montes Claros-MG, Brasil. Para a obtenção da farinha de mangaba a polpa foi liofilizada em liofilizador piloto (Edwards Alto Vácuo) modelo L4KR Brasil nas condições: temperatura do condensador -40°C e pressão de vácuo final de 0,998 mbar, por um período de 120 horas. Frutos do pequizeiro foram higienizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, por 15 minutos, descascados e suas cascas (exocarpo + mesocarpo externo) inicialmente submetidas a um branqueamento, a vapor, por 12 minutos, para a inativação enzimática. Em seguida, foram secas em estufa a 65°C , por 24 h. Após a liofilização e secagem por estufa, a matéria seca seguiu para moagem em moinho refrigerado de facas modelo TECNAL TE-631/3 e posterior peneiragem, utilizando-se peneira de Mesh nº 9.

2.2 Delineamento experimental

Para o desenvolvimento dos pães, utilizou-se como base duas formulações padrão. A formulação do primeiro delineamento consistiu de farinha de trigo e com base neste ingrediente principal, 45% de leite integral, 15% de ovos, 15% de açúcar, 5% de óleo de soja, 2,5% de fermento biológico seco (*Saccharomyces cerevisiae*) e 2% de sal. No segundo delineamento utilizou-se também a farinha de trigo como ingrediente principal e com base nela, 45% de água, 15% de ovos, 15% de açúcar, 6% de leite em pó, 5% de óleo de soja, 2,5% de fermento biológico seco (*Saccharomyces cerevisiae*), 2% de sal. Essas formulações foram definidas a partir de testes preliminares.

Dois delineamentos Compostos Centrais Rotacionais (DCCR) foram utilizados, cada um com quatro pontos fatoriais (combinação dos níveis +1 e -1), quatro pontos axiais ($-\alpha$ e $+\alpha$) e quatro repetições no ponto central (0), totalizando 24 ensaios (RODRIGUES & IEMMA, 2014).

No primeiro delineamento, a farinha de trigo utilizada na formulação padrão foi substituída parcialmente por farinhas de polpa de mangaba e de casca de pequi. No segundo delineamento, substituiu-se parte da farinha de trigo por farinha de casca de pequi e parte da água por polpa de mangaba.

2.3 Fabricação dos pães

O processamento dos pães doces, com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo por farinhas de mangaba e de casca de pequi e de água por polpa de mangaba, foi realizado na padaria experimental do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras-MG. Utilizou-se o método direto, em que todos os ingredientes são colocados de maneira simultânea para a mistura com exceção do sal e dos líquidos (leite e ovos ou água). Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica e a massa foi trabalhada em batedeira Wallita® com 5 velocidades, 250 W de potência. Primeiramente, os ingredientes, com exceção do sal e dos líquidos, foram misturados, em velocidade 1, por cerca de 3 minutos. Em seguida, foi adicionado o líquido (leite ou água) e misturado, em velocidade 3. No início da formação do ponto de véu, adicionou-se o sal e o óleo e misturou-se a velocidade 5, até que se atingisse o ponto de véu definitivo. Após descanso de 25 minutos, as massas foram divididas em porções de, aproximadamente, 90g, modeladas em modelador de pães G.Paniz® e levadas a câmara de fermentação Klimaquip® Modelo CFCK-20, 2,2 KW de potência, a 32° C e 90% de umidade relativa, por 90 minutos ou até que os pães dobrassem de tamanho. Em seguida, os pães foram assados em forno elétrico industrial Prática Technicook® 9,5 KW de potência, a 160°C, por 16 minutos. Após esfriarem, a temperatura ambiente (25 °C ± 2), os pães foram acondicionados em sacos plásticos e armazenados em local seco e arejado, até o dia seguinte, para a realização das análises (AACC, 2000).

Na Tabela 1 é apresentada a matriz do primeiro delineamento e os níveis de substituição, com valores codificados e reais, utilizados no ensaio.

Tabela 1 - Matriz do delineamento experimental, com valores codificados e reais

TRATAMENTOS	VARIÁVEIS CODIFICADAS		VARIÁVEIS REAIS	
	X1	X2	%Farinha de polpa de mangaba	%Farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi
1	-1,00000	-1,00000	11,45	1,46
2	-1,00000	1,00000	11,45	8,54
3	1,00000	-1,00000	18,55	1,46
4	1,00000	1,00000	18,55	8,54
5	-1,41421	0,00000	10	5
6	1,41421	0,00000	20	5
7	0,00000	-1,41421	15	0
8	0,00000	1,41421	15	10
9 (C)	0,00000	0,00000	15	5
10 (C)	0,00000	0,00000	15	5
11 (C)	0,00000	0,00000	15	5
12 (C)	0,00000	0,00000	15	5

O segundo delineamento consistiu das mesmas condições, porém as variáveis independentes avaliadas foram porcentagem de substituição de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de casca de pequi.

Na Tabela 2 é apresentada a matriz do segundo delineamento e os níveis de substituição, com valores codificados e reais, utilizados no ensaio.

Tabela 2- Matriz do segundo delineamento experimental, com valores codificados e reais

TRATAMENTOS	VARIÁVEIS CODIFICADAS		VARIÁVEIS REAIS	
	X1	X2	% Polpa de mangaba	%Farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi
1	-1,00000	-1,00000	5,86	1,46
2	-1,00000	1,00000	5,86	8,54
3	1,00000	-1,00000	34,14	1,46
4	1,00000	1,00000	34,14	8,54
5	-1,41421	0,00000	0	5
6	1,41421	0,00000	40	5
7	0,00000	-1,41421	20	0
8	0,00000	1,41421	20	10
9 (C)	0,00000	0,00000	15	5
10 (C)	0,00000	0,00000	15	5
11 (C)	0,00000	0,00000	15	5
12 (C)	0,00000	0,00000	15	5

2.4 Análises

O teor de glúten da massa foi avaliado segundo os métodos 38 – 10 e 38 – 12 A da AACC, (2000). Amostras de, aproximadamente, 20g de farinha (em cada tratamento do DCCR) foram pesadas em cápsulas de porcelana, sendo adicionados 10 mL de solução de NaCl 5%, até a formação de uma massa compacta. Após 30 minutos de repouso, esta massa foi colocada em um béquer com água para um descanso de mais 10 minutos. Em seguida, a massa foi lavada, em água corrente, sobre uma peneira, para a retirada do amido, até que a água de lavagem se tornou incolor na presença de iodo. Os fragmentos retidos na peneira foram transferidos para uma placa de petri para a pesagem do glúten úmido. Os resultados foram expressos em % de glúten úmido.

Para a avaliação da expansão da massa utilizou-se a metodologia de Sangnark & Noomhorm (2004), onde as massas preparadas para fazer os pães foram divididas em amostras de $20 \pm 0,01$ g e foram moldadas para serem colocadas em uma proveta de 250 mL. As provetas foram colocadas em temperatura ambiente sendo colocadas as massas e aproximadamente 80 mL de água para atingir a marca de 100 mL na proveta, o volume foi medido antes e após o período de fermentação da massa (90 minutos). Os resultados foram expressos em mL.

A densidade dos pães foi calculada pela relação inversa entre o volume deslocado e a massa dos pães, sendo expressa em g mL^{-1} .

O volume específico dos pães foi estabelecido pelo quociente entre o volume (cm^3) e a massa (g) de cada amostra forneada, com resultados expressos em $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$. A massa foi obtida em balança semi-analítica e o volume pelo deslocamento dos grãos de painço, aferido em proveta 250 cm^3 conforme metodologia nº 72-10 da AACC (2000).

O índice de expansão dos pães foi determinado utilizando a metodologia de Silva et al. (2003), com adaptações. O diâmetro e a altura dos pães, antes da fermentação e após o forneamento, foram medidos, com o auxílio de paquímetro. O cálculo do índice de expansão foi realizado segundo a equação (1):

$$\text{Índice de expansão (IE)} = \frac{\frac{(Dp + Hp)}{2}}{\frac{(Dm + Hm)}{2}} \quad (1)$$

Onde: Dp e Hp = Diâmetro e altura dos pães após o forneamento (cm); Dm e Hm = Diâmetro e altura das massas moldadas (cm).

A análise do perfil de textura (TPA) dos pães foi realizada pelo método AACC (74-09), no analisador de textura TA-XT2i, utilizando probe cilíndrica de 36mm, sob as seguintes condições: velocidade pré e pós-teste: 5mm/s; velocidade teste: 2mm/s; distância de compressão: 5mm; número de ciclos: 2; intervalo entre ciclos: 10s; trigger force: 20 g, sendo as variáveis firmeza (g f), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (N) avaliadas. Para a realização do teste, foram colocadas duas fatias de pão, de 1 cm cada, sobrepostas uma sobre a outra, para que houvesse a compressão. As fatias correspondiam ao terço médio dos pães, após a retirada das extremidades.

As análises relativas aos pães já prontos (volume específico, densidade e perfil de textura) foram realizadas no dia seguinte ao processamento dos pães conforme AACCC (2000). Todas as análises foram realizadas em triplicata (com exceção do perfil de textura, em que foram feitas sextuplicatas), sendo as médias utilizadas para a obtenção das superfícies de resposta e curvas de contorno.

2.5 Estatística

A avaliação dos resultados do DCCR foi feita por meio de superfícies de resposta e suas respectivas curvas de contorno, após análise de variância (ANOVA) e regressão, a 5% de significância. O tratamento dos dados foi realizado utilizando o programa computacional Statistica versão 8.0 (STATSOFT INC, 2008).

Para avaliação do ajuste dos modelos, determinou-se a significância da regressão pelo teste F ($F_{calc.} > F_{tab.}$) e o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,7$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Delineamento 1

A fim de comparação, na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos para o pão controle (sem a substituição parcial de farinha de trigo e de água) para todas as variáveis em estudo.

Tabela 3- Valores médios \pm desvios padrões das variáveis-resposta do pão doce controle.

Variável	Resultado
Massa	
Glúten úmido (%)	24,6 \pm 2,0
Expansão da massa (cm ³)	30 \pm 0,50
Pão Doce	
Índice de expansão	1,77 \pm 0,05
Volume específico (cm ³ g ⁻¹)	3,99 \pm 0,25
Densidade (g cm ³)	0,25 \pm 0,01
Firmeza (g f)	772,94 \pm 2,74
Elasticidade	0,99 \pm 0,03
Coabilidade	0,77 \pm 0,02
Mastigabilidade (J)	591,19 \pm 6,59

Três ensaios

Os resultados das variáveis analisadas foram utilizados como referência para se definir quais as melhores faixas de substituição da farinha de trigo pelas farinhas de mangaba e casca de pequi. Sendo assim, quanto mais próximos da média obtida pelo padrão, mais próximos do ideal foram considerados os níveis de substituição.

Os resultados expostos a seguir correspondem ao primeiro delineamento, que avaliou o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de mangaba e de casca de pequi sobre as propriedades tecnológicas da massa e dos pães doces.

Tabela 4 – Propriedades tecnológicas de massa e pão doce, em função de substituições parciais de farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi.

T	Massa		Pão Doce						
	GU	EM	D	VE	IE	F	E	C	M
1	10,06	12	0,33	3	1,58	1573,25	0,94	0,72	1065,47
2	8,07	5	0,42	2,41	1,39	2070,42	0,88	0,75	1348,01
3	1,54	7	0,45	2,25	1,33	1813,54	0,87	0,74	1165,72
4	7,81	10	0,4	2,49	1,39	1907,28	0,87	0,68	1130,81
5	5,63	11	0,37	2,7	1,66	1507,25	0,92	0,75	1031,71
6	5,99	7	0,44	2,27	1,33	2435,2	0,87	0,7	1501,57
7	2,66	17	0,31	2,88	1,69	926,32	0,97	0,75	680,54
8	10,87	16	0,53	1,9	1,3	2450,5	0,89	0,7	1657,36
9	5,69	9,5	0,39	2,58	1,5	1175,08	0,9	0,73	768,18
10	3,62	8	0,42	2,4	1,39	1540	0,86	0,71	939,24
11	6,08	8	0,44	2,3	1,31	2461,75	0,84	0,72	1488,8
12	5,28	8	0,44	2,26	1,39	2169,18	0,84	0,72	1312,42

(T) Tratamentos (% farinha de mangaba - % farinha casca pequi) 1 (11,45-1,46); 2 (11,45-8,54); 3 (18,55-1,46); 4 (18,55-8,54); 5 (10-5); 6 (20-5); 7 (15-0); 8 (15-10); 9 (15-5); 10 (15-5); 11 (15-5); 12 (15-5); Massa: (GU) Glúten Úmido (%); (EM) Expansão (cm³); Pães: (D) Densidade (g/cm³); (VE) Volume Específico (cm³ g⁻¹); (IE) Índice de Expansão; (F) Firmeza (g f); (E) Elasticidade; (C) Coesividade; (M) Mastigabilidade (J).

A substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de mangaba e de casca de pequi não influenciou as propriedades tecnológicas da massa e pão doce, a exceção do volume específico e coesividade, variáveis avaliadas apenas no pão ($p < 0,05$). O volume específico foi afetado negativamente pelo teor de substituição de farinha de trigo por farinha de casca de pequi (x2), indicando que maiores teores de substituições provocam, em geral, diminuição do volume específico dos pães. A coesividade foi afetada negativamente pelos teores de substituição de farinha de trigo por farinha de polpa de mangaba (x1) e por farinha de casca de pequi (x2) e

pela interação entre as farinhas ($x_1 \cdot x_2$), indicando que maiores substituições de farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi provocam, em geral, queda na coesividade.

Logo, as equações a seguir (2) e (3) correspondem aos coeficientes de regressão estimados pelo modelo completo para volume específico e coesividade.

$$\text{Volume Especifico (cm}^3 \text{ g}^{-1}) = 2,38^* - 0,16 x_1^* + 0,08x_1^2 - 0,22 x_2^* + 0,03x_2^2 + 0,21x_1x_2 \quad (2)$$

$$\text{Coesividade} = 0,72^* - 0,01x_1^* + 0x_1^2 - 0,01x_2^* + 0x_2^2 - 0,02x_1x_2 \quad (3)$$

Em que:

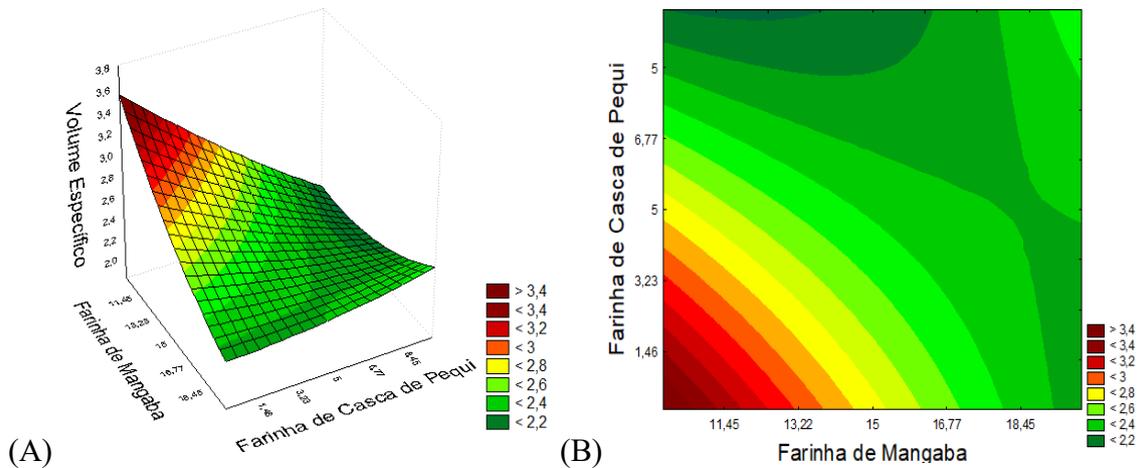
x_1 = % de substituição da farinha de trigo por farinha de mangaba (valores codificados);

x_2 = % de substituição da farinha de trigo por farinha de casca de pequi (valores codificados);

*Efeito significativo ($p < 0,05$).

Na Figura 1, são apresentadas as superfícies de resposta e as curvas de contorno dos efeitos da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de mangaba e de casca de pequi sobre as variáveis volume específico e coesividade.

Volume Específico



Coesividade

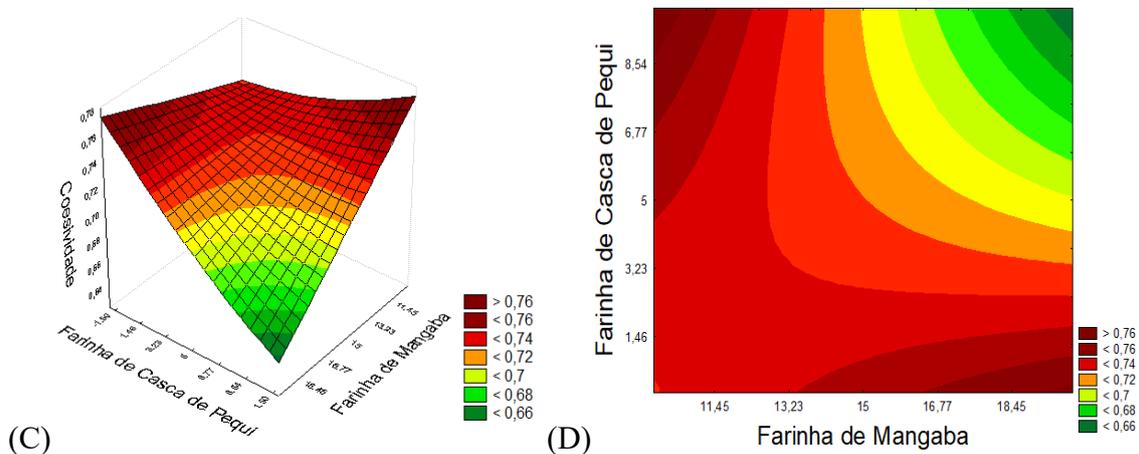


Figura 1- Superfícies de resposta e curvas de contorno para volume específico ((A) e (B)) e coesividade ((C) e (D)) dos pães, em função da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de mangaba e casca de pequi.

Nota-se, a medida que se aumenta o percentual de substituição da farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, em geral, reduções nas variáveis volume específico e coesividade dos pães. Essas reduções se devem à menor formação das redes de glúten oriundas da junção de duas proteínas (gliadina e glutenina) presentes no trigo, que foi substituído.

O menor valor para volume específico foi encontrado no ensaio 8; $1,9 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ (15% de farinha de mangaba e 10% de farinha de casca de pequi), já o maior valor de volume específico se apresentou no ensaio 1; $3,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ (11,45% de farinha de mangaba e 1,46% de farinha de casca de pequi) (Tabela 4), sendo este mais próximo da média obtida para o pão controle ($3,99 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$).

Segundo Švec & Hruškov (2010), o comprometimento da rede de glúten implica em alterações das propriedades visco-elásticas da massa que, por sua vez, não consegue formar

uma rede capaz de se expandir, dar forma adequada ao pão e reter com eficiência os gases formados pela fermentação da massa, resultando, portanto, em pães de menor volume, como o observado no presente trabalho.

Wang, Rosell & Barber (2002), por meio de estudos em reofermentômetro, concluíram que a adição de fibra causa aumento da permeabilidade da massa ao gás carbônico, além de ocorrer inibição da livre expansão da massa durante a fermentação. A adição de partículas promove rompimento físico da matriz proteica do glúten na massa, além de restringir e forçar as células de gás a expandirem em uma direção particular (GAN et al., 1992). As fibras atuam como pontos de concentração de enfraquecimento ou tensão dentro das paredes das células de gás (GAN et al., 1989), esses pontos enfraquecidos não conseguem reter os gases da fermentação que dão maior volume ao pão, conseqüentemente menor retenção de gases vai proporcionar pão de menor volume. De fato, as farinhas de mangaba e de casca de pequi apresentaram altos teores de fibra, 4,16 g 100 g⁻¹ e Leão et al. (2017) relatam teores de 43,32 g 100 g⁻¹ de fibras em farinha de casca de pequi, respectivamente. Essa grande quantidade de fibras nas farinhas de mangaba e casca de pequi possivelmente atuaram como ponto de enfraquecimento das células de gás promovendo pães com menores volume específicos.

Reshmi, Sudha & Shashirekh (2017), ao estudarem a adição de farinha de pomelo (0%, 2,5%, 5%, e 7,5%) em formulações de pães brancos e integrais relatam quedas nos volumes específicos de 3.96 - 3.34 cm³.g⁻¹ - 2.94 e 2.31 cm³.g⁻¹, respectivamente. Neste estudo a medida que se aumentava a substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, menores volume específicos eram encontrados.

A coesividade apresentou intervalo de 0,68 a 0,75 (Tabela 4), inferior à média 0,77 observada nos pães controle. Os maiores valores são encontrados nos ensaios 2, 5 e 7 com os seguintes níveis de substituição parcial de farinha de trigo: 11,45 % de farinha de mangaba e 8,54% de farinha de casca de pequi; 10% de farinha de mangaba e 5% de farinha de casca de pequi e 15 % de farinha de mangaba e 0% de farinha de casca de pequi, respectivamente. O menor valor de coesividade é encontrado no ensaio 4; (18,55 % de farinha de mangaba e 8,54% de farinha de casca de pequi). Sensorialmente a coesividade mede a força das ligações internas, propriedade mecânica de textura, que é a extensão até onde um material pode ser deformado antes da ruptura. Inclui as propriedades, de fragilidade, de mastigação e de desagregação (SZCZESNIAK, 2002). Sendo assim, amostras de panificáveis com menor coesividade são consideradas mais “farinhentas”, ou seja, apresentam maior tendência a esfarelar (SOUZA-BORGES et al., 2013), sendo, normalmente, menos desejáveis sensorialmente em pães.

A manutenção da coesividade em derivados de trigo está relacionada, principalmente, às interações moleculares, como ligações de hidrogênio e dissulfeto, das proteínas, com a participação de íons metálicos (HOSENEY, 1994; ESTELLER & LANNES, 2005). Os resíduos de aminoácidos básicos lisina, arginina e histidina são encontrados em pequena quantidade nas gliadinas. As gliadinas apresentam estrutura secundária e a maioria das ligações encontradas são ligações dissulfeto intramoleculares (HOSENEY, 1991; WONG, 1995). Já as gluteninas estão unidas entre si por ligações dissulfeto intermoleculares (HOSENEY, 1991; WONG, 1995; FENNEMA, DAMODARAN & PARKIN, 2010).

A medida que se aumenta o percentual de substituição da farinha de trigo que contém as proteínas formadoras de glúten (gliadina e glutenina), por farinhas de mangaba e casca de pequi que não são formadoras de glúten observa-se uma queda na coesividade.

Em termos tecnológicos, é desejável pães com maior volume específico e coesividade. A Figura 1 (A e B) representa a superfície de resposta e curva de contorno para volume específico, sendo que a faixa de substituição que detém os maiores volumes específicos coincide, em geral, com os menores níveis de substituição da farinha de trigo, apresentando substituição parcial de 0% a 1,4% para farinha de casca de pequi. A Figura 1 (C e D) representa a superfície de resposta e curva de contorno para a variável coesividade. A faixa de substituição com os maiores valores de coesividade é representada, em geral, pelas menores porcentagens de farinhas de mangaba e casca de pequi, sendo a faixa de 10% a 13% para farinha de mangaba e 0% a 1,4% para farinha de casca de pequi. Logo, as faixas de substituição que provocam menores perdas tecnológicas ao pão, com base nos menores valores de volume específico e coesividade, são as de 0% a 1,4% de farinha de casca de pequi e 10% a 13% de farinha de casca de mangaba.

3.2 Delineamento 2

O segundo delineamento se refere ao estudo que avaliou o efeito da substituição parcial de água por polpa de mangaba, juntamente com a substituição parcial de farinha de trigo por farinha de casca de pequi.

A formulação padrão para este delineamento difere-se da formulação do primeiro, em relação ao uso do leite; no primeiro, utilizou-se leite integral, não havendo emprego de água. Já no segundo, utilizou-se leite em pó mais água. Isso foi feito uma vez que, neste delineamento, substitui-se parte do líquido por polpa de mangaba e, para não perder conteúdo protéico pela

substituição parcial do leite, optou-se por usá-lo em sua forma desidratada e realizar a substituição parcial da água por polpa, com base na quantidade total de água utilizada.

Os resultados expostos a seguir correspondem ao segundo delineamento, que avaliou o efeito da substituição parcial da água por polpa de mangaba e a substituição parcial de farinha de trigo por farinha de casca de pequi.

Tabela 5 – Propriedade tecnológicas de massa e pão doce, em função de substituições parciais da água por polpa de mangaba e farinha de trigo por farinha de casca de pequi.

T	Massa	Pão Doce						
	EM	D	VE	IE	F	E	C	M
1	45	0,32	3,12	1,86	1257,83	0,98	0,74	906,34
2	40	0,3	3,53	1,87	1283,92	0,89	0,72	823,18
3	26	0,35	2,9	1,98	844,16	0,96	0,72	581,66
4	38	0,42	2,37	1,71	1295,89	0,91	0,69	803,94
5	46	0,31	3,2	1,79	908,34	0,96	0,71	616,48
6	44	0,35	2,91	1,83	1003,58	0,95	0,71	681,77
7	46	0,19	5,14	2,15	629,77	0,98	0,73	447,97
8	28	0,28	3,63	1,78	1285,85	0,95	0,71	861,12
9	40	0,21	4,84	1,98	764,25	0,98	0,72	536,32
10	30	0,22	4,54	1,94	782,56	0,94	0,71	526,24
11	40	0,22	4,63	1,86	812,41	0,98	0,71	570,65
T12	44	0,22	4,59	1,83	905	0,98	0,7	625,56

(T) Tratamentos (% mangaba - % farinha casca pequi) 1 (5,86-1,46); 2 (5,86-8,54); 3 (34,14-1,46); 4 (34,14-8,54); 5 (0-5); 6 (40-5); 7 (20-0); 8 (20-10); 9 (15-5); 10 (15-5); 11 (15-5); 12 (15-5); Massa: (EM) Expansão (cm³); Pães: (D) Densidade (g/cm³); (VE) Volume Específico (cm³ g⁻¹); (IE) Índice de Expansão (cm³) (F) Firmeza (g f); (E) Elasticidade; (C) Coesividade; (M) Mastigabilidade (J).

Das oito variáveis estudadas, apenas 3 delas foram influenciadas pelas substituições realizadas. A densidade dos pães foi afetada positivamente pela substituição de água por polpa de mangaba (x1), indicando que maiores teores de polpa de mangaba aumentam a densidade. O volume específico dos pães foi afetado negativamente pela mesma substituição, indicando que maiores teores de mangaba diminuem o volume específico. O índice de expansão dos pães foi afetado negativamente pela substituição de farinha de trigo por farinha de casca de pequi (x2), indicando que maiores teores de casca de pequi diminuem o índice de expansão.

As equações a seguir (4), (5) e (6) correspondem aos coeficientes estimados pelo modelo completo de regressão para as variáveis:

$$\text{Densidade (g/cm}^3\text{)} = 0,22* + 0,02x1* + 0,07x1^2 - 0,02x2* + 0,03x2^2 + 0,03x1x2$$

(4)

$$\text{Volume específico (cm}^3 \text{ g}^{-1}) = 4,65^* - 0,22x_1^* - 0,98x_1^2 - 0,28x_2^* - 0,32x_2^2 - 0,24x_1x_2$$

(5)

$$\text{Índice de expansão (cm}^3) = 1,9^* + 0x_1^* - 0,05x_1^2 - 0,1x_2^* + 0,02x_2^2 - 0,07x_1x_2$$

(6)

Em que:

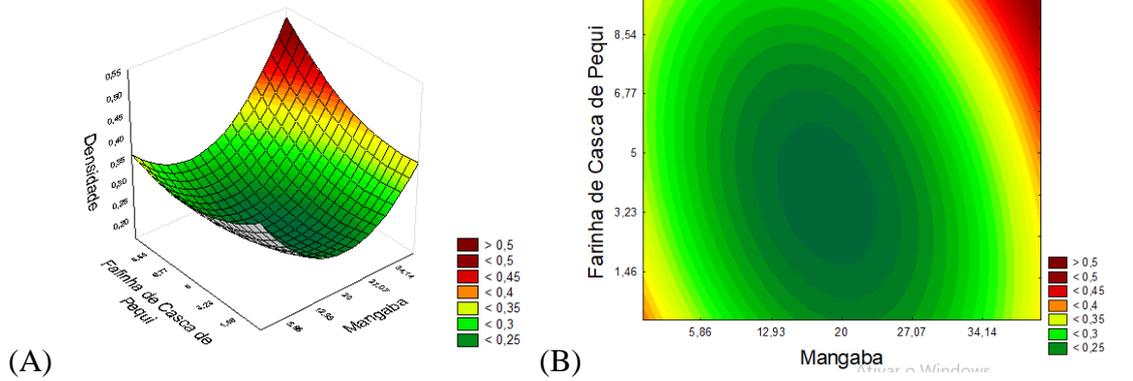
x_1 = % de substituição da água por polpa de mangaba (valores codificados);

x_2 = % de substituição da farinha de trigo por farinha de mesocarpo externo + exocarpo de pequi (valores codificados);

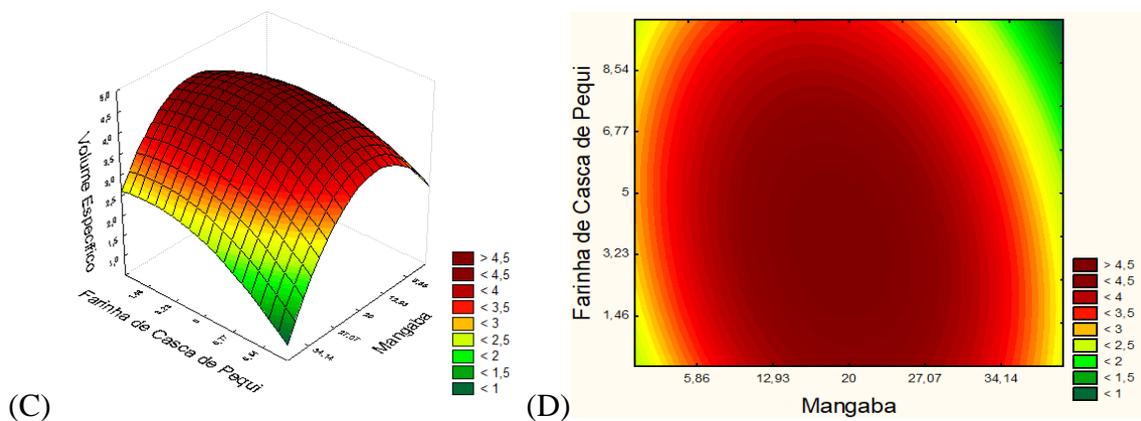
*Efeito significativo ($p < 0,05$).

A Figura 2 representa as superfícies de resposta e as curvas de contorno dos efeitos dos diferentes níveis de substituição de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de casca de pequi sobre as variáveis densidade, volume específico e índice de expansão dos pães.

Densidade



Volume Específico



Índice de Expansão

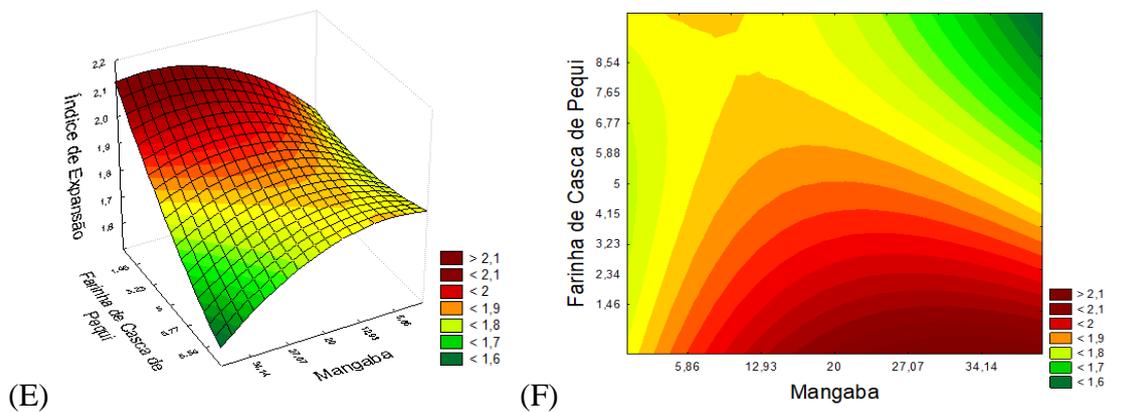


Figura 2- Superfícies de resposta e curvas de contorno para densidade ((A) e (B)), volume específico ((C) e (D)) e índice de expansão ((E) e (F)) dos pães em função da substituição parcial de água por polpa de mangaba e farinha de trigo por farinha de casca de pequi.

A substituição de água pela polpa de mangaba, combinada ou não à substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de pequi, promove aumento na densidade, tanto maior quanto maior o percentual de substituição, consequência da diminuição do volume específico. Conseqüentemente, pães com menores índices de expansão e com menores volumes específicos apresentam maiores densidades.

Assim, a maior densidade ($0,424 \text{ g/cm}^3$) e menor volume específico ($2,37 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$) são encontrados no nível mais alto de substituição, ensaio 4; (34,14% polpa de mangaba e 8,54% de farinha de casca de pequi), enquanto a menor densidade ($0,194 \text{ g/cm}^3$) e maior volume específico ($5,14 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$) e índice de expansão ($2,15 \text{ cm}^3$) no mais baixo nível de substituição, ensaio 7; (20% de polpa de mangaba e 0% de casca de pequi). Entretanto, o menor índice de expansão ($1,78 \text{ cm}^3$) é encontrado no ensaio 8; (20 % de polpa de mangaba e 10 % de casca de pequi).

Os resultados dos parâmetros físicos avaliados evidenciam que à medida em que se aumenta o porcentual de polpa de mangaba e farinha de casca de pequi, efeitos negativos são observados nos parâmetros tecnológicos. Como visto por Wang, Rosell & Barber (2002), fibras aumentam a permeabilidade da massa ao gás carbônico. Rosell, Rojas & Benedito (2001), relatam que grupos hidroxílicos permitem maior interações com a água por meio de ligações de hidrogênio. Possivelmente, o açúcar em excesso e as fibras, que possuem hidroxilas, competem pela absorção de água com as proteínas da rede de glúten, podendo retardar a formação de glúten e a fermentação por efeito de osmose. Tanto a farinha de pequi como a de mangaba apresentam fibras e açúcares. Leão et al. (2017), relatam $43,32 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibras e $44,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de açúcares em farinha de casca de pequi e Lima et al. (2015b) relatam $2,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de fibras e $11,55 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de açúcares em mangabas. Ainda, o pH ótimo para crescimento da *Saccharomyces cerevisiae*, levedura presente no fermento biológico utilizado na fabricação dos pães teste, é 4,5 (Rose, 1997). Lima et al. (2015a), relatam pH 3,4 em mangabas, isso sugere que a medida que se aumenta a substituição de água por polpa de mangaba, ocorra queda no pH da massa, diminuindo a atividade da *Saccharomyces cerevisiae*. Tais eventos possivelmente culminariam na formação de pães mais densos, com menores volumes específicos e com menores índices de expansão.

Em termos tecnológicos, é desejável pães com menores densidades, maiores volumes específicos e maior índice de expansão. Logo, a faixa que representa as menores densidades (gráficos A e B) e maiores volumes específicos dos pães (gráficos C e D) corresponde à substituição parcial de água por polpa de mangaba de 13% a 23% (Figura 2). Já os maiores índices de expansão (gráficos E e F) dos pães correspondem à faixa como os menores níveis de farinha de casca de pequi, entre 0% e 1,4% (Figura 2).

4 CONCLUSÕES

A substituição parcial de farinha de trigo por farinha de casca de pequi reduz o volume específico, enquanto a substituição conjunta por farinhas de mangaba e casca de pequi reduz a coesividade dos pães doces.

A substituição parcial da água por polpa de mangaba nas formulações promove pães doces mais densos e com menores volumes específicos, enquanto a substituição de farinha de trigo por farinha de casca de pequi, pães com menores índices de expansão.

As faixas ótimas de substituição de farinha de trigo são de 10% a 13%, relativa a farinha de mangaba e 0% a 1,4% relativa a farinha de casca de pequi, e a faixa ótima de substituição de água por polpa de mangaba é de 13% a 23%.

5 AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo aporte financeiro, fundamental para a execução do projeto, bem como ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e bolsas produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. **Approved methods**. 10 ed., v.2, Saint Paul, 2000.

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

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C.S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, oct./dec. 2005.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema** – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.

GAN, Z.; ELLIS, P. R.; VAUGHAN, J. G.; GALLIARD, T. Some effects of nonendosperm components of wheat and of added gluten on wholemeal bread microstructure. **Journal of Cereal Science**, v. 10, n. 2, p. 81-91, 1989.

GAN, Z.; GALLIARD, T.; ELLIS, P.R.; ANGOLD, R. E.; VAUGHAN, J. G. Effect of the outer bran layers on the loaf volume of wheat bread **Journal of Cereal Science**, v. 15, n. 2, p. 151-163, 1992.

GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; CARVALHO, E. E. N.; RESENDE, J. V.; VILAS BOAS, E. V. de B. Effect of Processing and Frozen Storage on the Phenolic Profile, Bioactive Compounds, Antioxidant Capacity, and Enzymatic Activity of Mangaba Pulp. **Current Nutrition & Food Science** v. 15, n. 1, 2019.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciência y tecnología de los cereales**. Zaragoza, Editora Acribia, 1991.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, p. 825, 1994.

KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fiber baked products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 28, p. 4-14, 2014.

LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.

LIMA, J. P. et al. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. **Food Research International**, v. 75, p. 216–224, 2015a.

LIMA, J. P. FANTE, C. A., PIRES, C. R. F., NUNES, E. E., ALVES, R. R., ELIAS, H. H. S., NUNES, C. A., VILAS BOAS, E. V. V. The antioxidative potential and volatile constituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 1–6, 2015b.

MAIA, J. D.; ÁVILA, C. R.; MEZZOMO, N.; LANZA, M. Evaluation of bioactive extracts of mangaba (*Hancornia speciosa*) using low and high pressure processes. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 198-210, 2018.

PAULA, L. C.; SILVA, F. A.; SILVA, E. P.; ASQUIERI, E.R.; DAMIANI, C. Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian savannah. **Food Science and Technology**, v. 39 n. 2, p. 403-409, abr./jun. 2019.

PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION; L. M; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30–35, 2015.

PICCIANO, M. F.; YETLEY, E. A.; COATES, M. G.; MICHELLE, K. L. Update on folate and human health. **Nutrition today**, v. 44, p. 142–152, 2009.

PINTO, M. M. R. M. R.; PAULO, D. A.; ALVES, A. L.; RODRIGUES, M. Z.; VIEIRA, E. N. R., FONTESM E. A. F. RAMOS, A. M. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. **Powder Technology**, v. 339, p. 939-946, 2018.

RESHMI, S. K.; SUDHA, M. L.; SHASHIREKHA, M. N. Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index in the Bread Fortified with Pomelo (*Citrus maxima*) Fruit Segment. **Food Chemistry**. v. 237, p. 957-965, 2017.

RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39 n. 3, p. 260-265, 2009.

RODRIGUES, L. J.; FERREIRA DE PAULA, N. R.; PINTO, D. M. ; VILAS BOAS, E. V. B. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos (Online)**, v. 35, p. 11-17, 2015.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Experimental Design and Process Optimization**. Campinas: CRC Press, p. 336, 2014.

ROLL, M. M.; VILELA, A. L. M.; LONGO, J. P. F.; COSTA, T. S. A. The pequi pulp oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) provides protection against aging-related anemia, inflammation and oxidative stress in Swiss mice, especially in females. **GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY**, v. 41, p. 858-869, 2018.

ROSE, A. H. Yeast, a microorganism for all species: a theoretical look at its mod of action. In: LYONS, T.P. (Ed.). **Biotechnology in the feed industry**. Nicholasville: Alltech Technical, p.113-118, 1997.

ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; BENEDITO, de B. C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v. 15, p. 75-81, 2001.

RUFINO, M. DO S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 37, n.7, p. 697–704, 2004.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELO, P. Z.; CALIARI, M.; REIS, R.C.; LACERDA, D. B. C. L.; KOAKUZU, S. N. Development and chemical characterization of flour obtained from the external mesocarp of “pequizeiro” fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v . 30, n. 4, p. 949-954, out./dez. 2010.

SOUZA-BORGES, P. K.; SOKEI, F. R.; SPAGNOL, T. D.; CONTI-SILVA, A. C. Características químicas, físicas e sensoriais de bolos de laranja e pães adicionados de inulina e oligofrutose. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2837-2846, nov./dez. 2013.

STATSOFT, INC. (2008). **STATISTICA (data analysis software system)**, version 8.0. www.statsoft.com.

ŠVEC, I.; HRUŠKOV, M. Evaluation of wheat bread features. **Journal of Food Engineering**, v. 9, n. 4, p. 505-510, 2010.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TORRES, L. R. O.; SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar* spp.), a native Brazilian fruit: a review, **Grasas y Aceites**, v. 69, n. 2, 2018.

TORRES-RÊGO, M.; FURTADO, A. A.; BITENCOURT, M. A.; LIMA, M. C.; ANDRADE, R. C.; AZEVEDO, E. P.; SOARES, T. C.; TOMAZ, J. C.; LOPES, N. P.; DA SILVA-JÚNIOR, A. A.; ZUCOLOTTI, S. M.; FERNANDES-PEDROSA, M. F. Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa*

Gomes (Apocynaceae), **BMC complementary and alternative medicine**, v. 16, n. 275, p. 1-10, 2016.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221-226, 2002.

WONG, D. W. S. **Química de los alimentos: mecanismos y teoría**. Zaragoza, Editora Acribia, 1995.

ARTIGO 3**POTENCIAL NUTRICIONAL, FUNCIONAL E SENSORIAL DE PÃES DOCES
ENRIQUECIDOS COM POLPA E FARINHA DE MANGABA E FARINHA DE
CASCA DE PEQUI**

Lucas Ferreira Rodrigues^{a3}

llucasrodrigues@gmail.com

Rafael Carvalho do Lago^a

rcarvalholago@gmail.com

Joelma Pereira^a

joper@ufla.br

Elisângela Elena Nunes de Carvalho^a

elisangelacarvalho@ufla.br

Edson Pablo da Silva^b

edsonpablos@hotmail.com

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas^a

evbvboas@ufla.br

^{3 a}Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, campus universitário s/n, 37200-000, Lavras, MG, Brazil.

^b Grupo de Pesquisa Alimentos e Nutrição na Amazônia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, CEP 69067-375, Manaus – AM, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as características físicas e químicas e o potencial antioxidante e sensorial de pães enriquecidos com polpa e farinha de mangaba e farinha de casca de pequi, com vista a aplicá-los como alternativas saudáveis na merenda escolar. Utilizou-se um delineamento experimental em fatorial 2 x 3 x 2, sendo dois níveis de substituição de água por polpa de mangaba (0% e 23%), três níveis de substituição de farinha de trigo por farinha de polpa de mangaba (0%, 10% e 13%) e dois níveis substituição de farinha de trigo por farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi (0% e 1,4%). Análises de cor, perfil de textura (firmeza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade), composição proximal, vitamina C, compostos fenólicos (Folin Cicalteau e Fast Blue), antioxidantes (DPPH, FRAP e β -caroteno/ácido linoleico) e sensorial foram realizadas. As substituições acarretaram mudanças no perfil de textura e contribuíram para o incremento dos teores de fibra alimentar, compostos fenólicos, vitamina C e atividade antioxidante dos pães. Todos os pães enriquecidos, independente da formulação, apresentaram boa aceitação sensorial, com notas superiores a 4 em uma escala hedônica de 5 pontos, apresentando, portanto, potencial para serem utilizados na merenda escolar. Os pães com 23% de polpa de mangaba, 13% de farinha de mangaba e 1,4% de farinha de casca de pequi se destacaram por apresentarem maiores propriedades bioativas.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidantes. *Caryocar brasiliense* Camb.. Cerrado. Fenólicos. Fibras. *Hancornia speciosa* Gomes. Insegurança alimentar. Vitamina C.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the physical and chemical characteristics and the antioxidant and sensorial potential of breads enriched with mangaba pulp and peel pequi flour and mangaba flour, in order to apply them as healthy alternatives in school meals. A 2 x 3 x 2 factorial design was used, with two levels of water substitution per mangaba pulp (0% and 23%), three levels of substitution of wheat flour for mangaba flour (0% , 10% and 13%) and two substitution levels of wheat flour by pequi peel flour (exocarp + mesocarp external) from (0% and 1,4%). Analysis of color, profile of TPA texture (firmness, chewability, elasticity and cohesiveness), proximal composition, vitamin C, phenolic compounds (Folin Cicalteau and Fast Blue), antioxidants (DPPH, FRAP and β -carotene / linoleic acid) and sensorial were performed. The substitutions caused changes in the texture profile and contributed to the increase of dietary fiber contents, phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity of breads. All enriched breads, regardless of the formulation, presented good sensory acceptance, with scores higher than 4 on a hedonic scale of 5 points, thus presenting potential for use in school meals. The breads with 23% of mangaba pulp, 13% of mangaba flour and 1,4% of pequi peel flour were characterized by higher bioactive properties.

KEY WORDS: Antioxidants. *Caryocar brasiliense* Camb.. Cerrado. Phenolics. Fibers. *Hancornia speciosa* Gomes. Food insecurity. Vitamin C.

1 INTRODUÇÃO

A promoção do consumo de frutas e hortaliças é indicada pela Organização Mundial da Saúde como prioridade nas políticas nutricionais, alimentares e agrícolas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). Uma alimentação rica em frutas e hortaliças está associada ao menor risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e a manutenção do peso corporal adequado, pela combinação de micronutrientes, antioxidantes, substâncias fitoquímicas e fibras (PALATINI & MARTINS, 2016). O consumo geral de frutas e hortaliças em países industrializados com um padrão alimentar ocidental é relativamente baixo, comparado às recomendações internacionais de 250 g de frutas e 375 g de hortaliças por dia, conforme recomendado pela organização mundial de saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

No Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, encontramos uma variedade enorme de espécies frutíferas, embora seus frutos sejam pouco explorados comercialmente. Eles constituem-se em matéria-prima disponível para a formulação de novos produtos alimentícios que podem ter valor nutricional e funcional agregado. Dentre as muitas espécies nativas encontradas nesse bioma, a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes, família Apocynaceae) e o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb., família Caryocaraceae) merecem destaque devido aos elevados teores de vitaminas, minerais, fibras e fenólicos e a alta atividade antioxidante de seus frutos, conhecidos como mangaba e pequi, respectivamente (LIMA et al., 2015a LIMA et al., 2015b; RODRIGUES et al., 2009; RODRIGUES et al., 2015, GONÇALVES et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012; PEREIRA et al., 2015; MACHADO, MELLO & HUBINGER, 2015; PAULA et al., 2019; MAIA et al., 2018; PINTO et al., 2018; ROLL et al., 2018; TORRES et al., 2018; GONÇALVES et al., 2019). Esses frutos constituem-se em matéria-prima em potencial para elaboração de produtos de panificação, podendo agregar valor econômico, nutricional, funcional e sensorial a eles. Além da polpa, subprodutos do processamento, como cascas e sementes, também podem apresentar viabilidade de utilização em formulações alimentícias (BEN JEDDOU et al., 2017).

A mangaba é uma das frutas prediletas do cerrado, devido às características sensoriais apreciáveis, como o aroma e sabor. O fruto se destaca como veículo de fibras, minerais, com destaque para fósforo, cálcio, potássio, ferro e zinco, vitamina C, compostos fenólicos e pela alta atividade antioxidante, além de atividade anti-inflamatória e antimutagênica (PICCIANO et al., 2009; RUFINO et al., 2010; LIMA et al., 2015a LIMA et al., 2015b, PEREIRA et al.,

2015; TORRES-RÊGO et al., 2016; MAIA et al., 2018; PAULA et al., 2019; GONÇALVES et al., 2019).

O pequi, muito apreciado por suas agradáveis peculiaridades de coloração, aroma e sabor, constitui-se em rico veículo de lipídios, proteínas, fibras, β -caroteno, vitamina C e antioxidantes, com potencial no combate de doenças neurodegenerativas (RODRIGUES et al., 2009, RIBEIRO et al., 2012, GONÇALVES et al., 2011, LEMES et al., 2017; PINTO et al., 2018; ROLL et al., 2018; TORRES et al., 2018).

A casca (exocarpo + mesocarpo externo) do pequi representa cerca de 80% do peso do fruto, sendo descartada como subproduto. As limitações no uso desse material se devem principalmente à falta de informações sobre sua composição nutricional (SIQUEIRA et al., 2013). Embora a casca do fruto tenha seu uso negligenciado, estudos apontam seu excelente apelo nutricional e funcional (LEÃO et al., 2017; ROCHA et al., 2015).

O pão é um alimento básico na dieta humana difundido em diferentes culturas alimentares. Ele é feito principalmente com farinha refinada, que é pobre em fibras, compostos bioativos e antioxidantes (DZIKI et al., 2014). Com a busca constante pela diversidade e inovação em alimentos, surgiu um mercado alternativo de produtos de panificação nutritivos para satisfazer o interesse da dieta das pessoas conscientes da saúde (RONDA et al., 2015). O uso de outras farinhas na tecnologia de panificação é uma tendência recente para se agregar múltiplos benefícios funcionais ao pão (BLANDINO et al., 2015). Por apresentarem compostos funcionais em sua composição, polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi podem se tornar ingredientes na panificação capazes de enriquecer esses produtos com valor sensorial, nutricional e funcional.

Em decurso das mudanças no estilo de vida e, conseqüentemente, no padrão alimentar da população em geral, suplementos de vitaminas e minerais, e alimentos enriquecidos tornam-se veículos práticos de micronutrientes. Como resultado, o consumo de alimentos enriquecidos com finalidades diversas, tais como retardar o envelhecimento, combater o estresse, prevenir doenças e melhorar a saúde vem ganhando cada vez mais espaço na dieta da população atual (ABE-MATSUMOTO et al., 2015).

Sendo assim, o uso de mangaba e pequi, como ingredientes, na elaboração de pães, é uma alternativa para que estes produtos além de fornecerem energia, também forneçam vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos, a fim de suprir as necessidades de populações vulneráveis.

Os programas de alimentação escolares são destaque em diversos países como parte de sistemas de proteção social possibilitando o desenvolvimento sustentável, com a utilização de

alimentos da produção agrícola local, cooperando com comunidades vulneráveis. A oferta da alimentação saudável nas escolas é uma maneira de apoiar o desenvolvimento infantil por meio da nutrição adequada e da melhoria das habilidades cognitivas dos estudantes, além de contribuir para diminuição da evasão escolar (WORLD FOOD PROGRAM, 2018).

Assim, o objetivo deste estudo foi a avaliação da substituição parcial da água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinhas de polpa de mangaba e de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi, sobre o potencial nutricional, funcional e sensorial de pães doces enriquecidos com esses produtos, com vista a aplicá-los como alternativas saudáveis na merenda escolar e em populações em situação de insegurança alimentar e nutricional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental

Um delineamento experimental inteiramente casualizado, em fatorial 2 x 3 x 2, foi adotado, sendo dois níveis do fator polpa de mangaba, em substituição parcial à água (0% e 23%), três níveis do fator farinha de mangaba, em substituição parcial a farinha de trigo (0%, 10% e 13%) e dois níveis do fator farinha de casca de pequi, em substituição parcial à farinha de trigo (0% e 1,4%), em três repetições. Os níveis de substituição utilizados para este estudo foram previamente definidos por meio de testes relativos às propriedades tecnológicas dos pães, sendo selecionados aqueles que menos acarretaram em mudanças no produto final. Na Tabela 1 são expostos os diferentes níveis de substituição, utilizados em cada tratamento.

Para o desenvolvimento dos pães, utilizou-se uma formulação padrão, sendo o trigo o ingrediente base. Os demais ingredientes foram pesados, proporcionalmente em relação ao trigo: 45% de água, 15% de ovos, 15% de açúcar, 6% de leite em pó, 5% de óleo de soja, 2,5% de fermento biológico seco (*Saccharomyces cerevisiae*), 2% de sal. Utilizou-se o método direto, em que todos os ingredientes são colocados de maneira simultânea para a mistura com exceção do sal e dos líquidos (água, óleo e ovos). Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica e a massa foi trabalhada em batedeira Wallita® com 5 velocidades, 250 W de potência. Primeiramente, os ingredientes, com exceção do sal e dos líquidos, foram misturados, em velocidade 1, por cerca de 3 minutos. Em seguida, foram adicionados a água e os ovos, misturando-se em velocidade 3. No início da formação do ponto de véu, adicionou-se o sal e o óleo e misturou-se a velocidade 5, até que se atingisse o ponto de véu definitivo. Após descanso de 25 minutos, as massas foram divididas em porções de, aproximadamente, 90g, modeladas

em modelador de pães G.Paniz ® e levadas à câmara de fermentação Klimaquip ® Modelo CFCK-20, 2,2 KW de potência, a 32° C e 90% de umidade relativa, por 90 minutos. Em seguida, os pães foram assados em forno elétrico industrial Prática Technicook ® 9,5 KW de potência, a 160°C, por 16 minutos. O processamento dos pães doces, com diferentes níveis de substituição de água por polpa de mangaba e da farinha de trigo por farinhas de mangaba e de casca de pequi, foi realizado na padaria experimental do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras-MG.

Tabela 1- Níveis de substituição parcial de água por polpa de mangaba e farinha de trigo por farinhas de polpa de mangaba e casca de pequi, utilizados em cada formulação de pão doce.

Tratamento	Substituição da água por polpa de mangaba (%)	Substituição da farinha de trigo por farinha de mangaba (%)	Substituição da farinha de trigo por farinha de casca de pequi (%)
1	0	0	0
2	0	10	0
3	0	10	1,4
4	23	10	1,4
5	23	10	0
6	0	13	0
7	0	13	1,4
8	23	13	0
9	23	13	1,4
10	23	0	1,4
11	23	0	0
12	0	0	1,4

2.2 Aquisição das matérias-primas

Polpa de mangaba e pequis foram adquiridos de uma empresa de beneficiamento de frutos e de produtores do município de Montes Claros-MG, Brasil, latitude: 16° 44' 06" e longitude: 43° 51' 42". Os pequis foram lavados e sanitizados com solução de hipoclorito de

sódio a 200 ppm, por 15 minutos, descascados e direcionados às demais etapas de processamento. As cascas do pequi foram submetidas a um branqueamento, a vapor, por 12 minutos, para a inativação de enzimas de escurecimento. Em seguida, foram armazenadas em estufa a 65°C, por 24 h. A polpa de mangaba foi liofilizada em liofilizador piloto (Edwards Alto Vácuo) modelo L4KR Brasil nas condições: temperatura do condensador -40°C e pressão de vácuo final de 0,998 mbar, por um período de 120 horas. Após secagem, a matéria seca seguiu para moagem em moinho de facas refrigerado modelo TECNAL TE-631/3 e posterior peneiragem, utilizando-se peneira de Mesh nº 9, visando-se a obtenção das farinhas.

2.3 Análises

Para a análise de coloração, utilizou-se o colorímetro Minolta CR-400, iluminante D65, com a determinação das variáveis L*, C* e h°.

A análise do perfil de textura (TPA) dos pães foi realizada no analisador de textura TA-XT2i, utilizando probe cilíndrica de 36mm, sob as seguintes condições: velocidade pré e pós-teste: 5mm/s; velocidade teste: 2mm/s; distância de compressão: 5mm; número de ciclos: 2; intervalo entre ciclos: 10s; gatilho 20 g. As variáveis firmeza (g f), elasticidade, coesividade e mastigabilidade (N) foram avaliadas. Para a realização do teste, foram colocadas duas fatias de pão, de 1 cm cada, sobrepostas uma sobre a outra, para que houvesse a compressão. As fatias correspondiam ao terço médio dos pães, após a retirada das extremidades.

A composição proximal (umidade, extrato etéreo, proteína, fibras alimentares total, solúvel e insolúvel cinzas e fração glicídica) foi determinada conforme os métodos propostos pela AOAC (2016) e os resultados expressos em g. 100 g⁻¹. As fibras alimentares foram determinadas empregando-se o kit *dietary fiber total*, marca Sigma®. O valor calórico total foi calculado multiplicando-se as porcentagens de lipídios, proteínas e carboidratos de cada amostra pelos seus valores calóricos respectivos: 9 kcal, 4 kcal e 4 kcal – fatores de conversão de Atwater, segundo Merrill e Watt apud Wilson, Santos & Vieira (1982).

A determinação da vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹.

Para a obtenção dos extratos de fenólicos e antioxidantes, utilizou-se a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez & Saura-Calixto (1997), com adaptações (WATERHOUSE, 2002). Cerca de 2 g de amostra foram adicionados em tubos para centrífuga, com mais 20 mL de metanol 50%. Após uma hora de repouso, em ambiente escuro, os tubos foram centrifugados,

por 15 minutos, a 21952 g. O sobrenadante foi reservado em vidros âmbar e foi feita uma reextração com o precipitado, sob as mesmas condições, agora com 20 mL de acetona 70%. No final do procedimento, os sobrenadantes foram juntados e os extratos armazenados em freezer ($-18^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Os compostos fenólicos foram determinados pelo método proposto por Kuskoski et al. (2005). Meio mL de extrato de cada amostra foi adicionado em tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin Ciocalteu 10%. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4%. Os tubos foram agitados e deixados em repouso, por 2 horas, ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico 100^{-1} da amostra ($\text{mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Os compostos fenólicos foram também determinados pelo método proposto por Medina (2011). Quatro mL dos extratos foram adicionados em tubos de ensaio, com mais 0,4 mL de solução Fast Blue 0,01% e 0,4 mL de NaOH 5%. Após uma hora de repouso, em ambiente escuro, as leituras foram procedidas, em espectrofotômetro, a 420 nm. Os resultados expressos em $\text{mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Para a determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH foi utilizada a metodologia descrita por Rufino et al. (2007). Foram adicionados 3,9 mL de solução metanólica de DPPH (0,6 mM) a 0,1 mL dos extratos de antioxidantes em diferentes diluições (1:3, 1:5, 1:7, 1:10, 1:20, 1:50 e 1:100 v/v). Os tubos foram incubados no escuro à temperatura ambiente por 1 hora e o DPPH foi medido espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 515 nm. O IC_{50} representa a quantidade de amostra necessária para diminuir 50% da concentração inicial de DPPH e foi determinada por regressão linear. Os resultados foram expressos em gramas de amostra por grama de DPPH.

A determinação da atividade antioxidante pelo método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), ou Poder Antioxidante de Redução do Ferro, foi realizada de acordo com Benzie & Strain (1996). Nesse método, o complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) é reduzido ao complexo ferroso (FeII-TPZ), na presença de um antioxidante e em condições ácidas, 2,7 mL de reagente FRAP (tampão acetato, TPTZ e FeCl_3) foram adicionados a 90 μL de extrato antioxidante em várias diluições (1:3, 1:5, 1:7, 1:10, 1:20, 1:30 1:50 v/v) e 270 μL de água destilada. A mistura foi mantida a 37°C durante 30 min. O FRAP foi medido espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 595 nm. Os resultados foram calculados por meio da equação da reta e expressos em μM sulfato ferroso g^{-1} .

A determinação da atividade antioxidante pelo método β -caroteno/ácido linoleico foi realizada segundo a metodologia descrita por Rufino et al. (2006) e Duarte et al. (2006). Uma solução sistema de β -caroteno e ácido linoleico foi preparada a partir de 0,2 mg de β -caroteno dissolvido em 1 mL de clorofórmio e adicionado a 40 μ L de ácido linoleico e 530 μ L de Tween 40. O clorofórmio foi completamente evaporado com auxílio de oxigenador. Em seguida, adicionou-se cerca de 100 mL de água destilada previamente saturada com oxigênio por 30 minutos. Agitou-se vagorosamente até obter-se uma mistura com coloração amarelo/alaranjada e absorvância entre 0,6 e 0,7 a 470 nm. Realizou-se a análise por meio da adição, em tubos de ensaio, de uma alíquota de 5 mL da solução sistema e 0,4 mL da amostra do extrato antioxidante. Os tubos de ensaio foram incubados em banho-maria à temperatura de 40 °C, e a absorvância foi monitorada após 120 min. Para o controle foi utilizada uma solução de Trolox (200 mg/L) nas mesmas condições, e a leitura realizada imediatamente a 470 nm. A atividade antioxidante (AA%) foi expressa como porcentagem de inibição da oxidação, calculada em relação redução da absorvância [Redução da Abs = (Abs_{inicial} - Abs_{final})]. O decréscimo da leitura da absorvância das amostras é correlacionado com sistema controle e estabelece a porcentagem de oxidação [%Oxidação = (Redução Abs_{amostra} x 100)/(Redução Abs_{sistema})]; subtraindo-se a porcentagem de oxidação verifica-se a ação antioxidante da amostra [%Proteção = 100 - (%Oxidação)].

A análise sensorial dos pães foi realizada em escola pública, da cidade de Lavras-MG, Brasil, com alunos do 1º ao 5º ano, de 6 a 10 anos.

Os 12 tratamentos foram avaliados sensorialmente por cerca de 100 provadores, em duas sessões distintas, com a oferta de seis amostras em cada sessão. As amostras foram ofertadas como fatias de pão doce de 5g cada com adição de 0,5g de margarina, com sal, 80% de lipídeos, visto ser esta a principal forma de consumo de pães pelos escolares. A análise sensorial ocorreu de maneira simultânea, sendo as amostras identificadas com codificação aleatória, para se evitar interferências. Para a avaliação das amostras, foi utilizada uma ficha com escala hedônica facial de 5 pontos, recomendada para a faixa etária de estudo (CECANE, 2010) (Figura 1). A participação dos alunos na avaliação sensorial se deu de maneira voluntária, após autorização prévia assinada pelos responsáveis. O projeto foi previamente encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética de estudos com seres humanos da Universidade Federal de Lavras-MG (Número do parecer: 2.227.875).

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

Figura 1 - Ficha de escala hedônica facial de 5 pontos para crianças do 1º ao 5º ano. A escala de notas: 1 desgostei muito, 2 desgostei, 3 nem gostei nem desgostei, 4 gostei e 5 gostei muito.

Os resultados foram submetidos a análise de variância sendo as médias, quando significativas, comparadas, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Scott Knott, utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2000). O teste de correlação de Pearson foi realizado no programa computacional Statistica versão 8.0 (STATSOFT INC, 2006). As análises de Componentes Principais (PCA) e agrupamentos hierárquicos foram realizadas nos programas estatísticos Sensomaker e R 3.5.3 (NUNES & PINHEIRO, 2012, R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis avaliadas nos pães enriquecidos com os frutos do cerrado foram influenciadas pela substituição de água por polpa de mangaba (PM) e de farinha de trigo (FT) por farinhas de mangaba (FM) e de casca de pequi (FCP).

Na Tabela 2, encontram-se os resultados de cor do miolo dos pães doces e os resultados de perfil de textura dos pães doces enriquecidos com frutos do cerrado.

Tabela 2- Médias de coloração do miolo de pães doces e perfil de textura dos pães doces com substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de mangaba e farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Tratamento	L*	C*	h°	Firmeza (g f)	Mastigabilidade (J)	Elasticidade	Coesividade
1	70,94 ^e	21,67 ^c	103,90 ^f	626,06 ^a	479,55 ^a	0,99 ^b	0,77 ^c
2	62,43 ^c	29,38 ^g	92,02 ^c	3107,44 ^d	2027,26 ^d	0,93 ^a	0,70 ^a
3	58,23 ^a	22,75 ^d	90,92 ^b	2529,29 ^c	1723,90 ^c	0,94 ^a	0,72 ^b
4	60,93 ^b	23,38 ^d	91,39 ^b	3449,80 ^d	2002,12 ^d	0,89 ^a	0,72 ^b
5	66,41 ^d	28,67 ^g	93,35 ^d	2616,39 ^c	1719,17 ^c	0,91 ^a	0,73 ^b
6	64,58 ^c	29,20 ^g	91,33 ^b	2484,52 ^c	1712,34 ^c	0,93 ^a	0,74 ^c
7	60,26 ^b	24,36 ^e	90,66 ^b	3701,88 ^e	2354,02 ^d	0,90 ^a	0,71 ^a
8	63,33 ^c	30,38 ^h	90,62 ^a	3313,2 ^d	2196,57 ^d	0,92 ^a	0,72 ^b
9	59,79 ^b	24,85 ^e	90,00 ^a	3375,50 ^d	2165,68 ^d	0,92 ^a	0,70 ^a
10	61,57 ^b	19,95 ^b	91,50 ^b	1442,89 ^b	1075,90 ^b	0,98 ^b	0,75 ^c
11	72,53 ^e	26,08 ^f	101,74 ^e	1601,76 ^b	1160,77 ^b	0,97 ^b	0,75 ^c
12	60,97 ^b	17,26 ^a	90,84 ^b	1552,43 ^b	1029,96 ^b	0,97 ^b	0,68 ^a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de significância. Tratamentos (% polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4).

Todos os pães enriquecidos apresentaram valor L* inferior ao pão controle, à exceção do tratamento 11, que teve 23% de água substituída por PM, apresentando coloração tão clara quanto o controle. Visto que o tratamento 11 não apresenta substituição parcial da farinha de trigo, era esperado que ele se apresentasse com uma coloração mais clara. De fato, a FT é branca e confere à massa e ao produto final aparência mais clara. A substituição parcial por farinhas mais escuras (dados não apresentados) acarretou, conseqüentemente, em escurecimento do miolo dos pães enriquecidos. Os resultados sugerem um escurecimento gradativo da coloração do miolo causado pela substituição gradual da FT por FM e FCP, quanto maior a porcentagem de substituição mais escuro o miolo. A redução do valor L* nos pães enriquecidos corrobora os resultados relatados por Martins, Pinho & Ferreira (2017), que atribuíram a queda de L* em pães enriquecidos com ingredientes funcionais a reações de Maillard e caramelização. Quanto à cromaticidade (C*) os tratamentos 10 (23%PM e 1,4% FCP) e 12 (1,4% FCP) apresentaram médias inferiores ao controle. Já os tratamentos 2 a 9 e 11 apresentaram médias superiores ao pão controle, sendo a maior média encontrada no tratamento 8 (23% PM e 13% FM). Os

resultados sugerem que a FCP é a responsável pela queda no C^* gerando pães doce com cores mais opacas, e a FM junto a PM provocam aumento no croma gerando cores mais vivas.

As substituições de água por PM e FT por FM e FCP provocaram queda no ângulo h° , o que indica a intensificação da coloração amarelada no miolo dos pães. O maior valor h° encontrado, seguindo o controle, foi observado nos pães do tratamento 11 (23% PM), já os menores valores de h° , nos pães dos tratamentos 8 (13% FM e 23% PM) e 9 (13% FM, 1,4% FCP e 23% PM). De fato, a PM e a FM apresentam tons amarelados e a FCP apresenta tons alaranjados (dados não apresentados).

Martins, Pinho & Ferreira (2017), ao analisarem a cor de pães enriquecidos com ingredientes funcionais, observaram uma variação em a^* e b^* , variáveis utilizadas no cálculo do h° , que são influenciadas pela cor do ingrediente funcional. Alterações no h° também foram observadas em função da polpa e farinhas utilizadas. Em suma, a substituição parcial da água pela PM e da FT por FM e FCP provocou alteração nos valores de C^* e h° , promovendo o amarelecimento do miolo dos pães e alterações na saturação da cor, sendo a PM e a FM um fator para o aumento no C^* e queda no h° e a FCP um fator para queda no C^* e h° .

De acordo com o perfil de textura, os pães controle apresentaram menor firmeza e mastigabilidade que os pães enriquecidos, a despeito da formulação utilizada no enriquecimento. Ainda, os pães controle apresentaram maior elasticidade que os pães dos tratamentos 2 a 9 e maior coesividade que os pães dos tratamentos 2 a 5, 7 a 9 e 12. Enfatiza-se que os tratamentos mais afetados pela substituição parcial de água por PM e de FT por FM e FCP foram, 7 com maior firmeza; 2, 4, 7, e 9, com maior mastigabilidade; 2 a 9 com menor elasticidade; 2, 7, 9 e 12 com menor coesividade.

Por outro lado, os pães que foram menos afetados pelas substituições pertencem aos tratamentos 10, 11 e 12, com firmeza e mastigabilidade superiores ao controle, mas inferiores aos dos demais tratamentos, e elasticidade semelhante ao controle e superior à dos demais tratamentos, assim como os tratamentos 6, 10 e 11, com coesividade semelhante ao controle e superior aos dos demais tratamentos.

Os resultados mostram que a medida que se aumenta a porcentagem de substituição de água por PM junto a substituição da farinha de trigo por FM e FCP a firmeza dos pães aumenta. Logo os pães enriquecidos, são pães mais firmes, que ao serem mastigados requerem aplicação de maior força na mordida, maior salivação e mastigação, para reduzir o alimento em partículas menores para deglutição. Coerentemente, o enriquecimento dos pães que promoveu maior firmeza, também promoveu maior mastigabilidade. Conforme, Szczesniak (2002), a firmeza é

a força necessária para obter uma dada deformação e a mastigabilidade é a energia requerida para triturar um alimento sólido até um estado pronto para ser engolido.

A maior elasticidade e coesividade dos pães controle em comparação à maioria dos pães enriquecidos demonstra o impacto negativo da PM e FM e FCP sobre a deformação do produto final, em função do toque ou mordida, uma vez que a elasticidade é a taxa na qual um material deformado é capaz de retornar a sua condição não deformada após a remoção da força de deformação, enquanto a coesividade é caracterizada pela medida em que um material pode ser deformado antes de romper (SZCZESNIAK, 2002). Logo, a maior sensibilidade à deformação da maioria dos pães enriquecidos sugere um produto final mais quebradiço, em comparação ao pão controle. Os resultados obtidos relativos ao perfil de textura são coerentes com os observados por Martins, Pinho & Ferreira (2017) que relatam, ao estudarem pães de trigo com incorporação de diferentes ingredientes funcionais, um aumento global da firmeza e mastigabilidade e diminuição da coesividade, embora os autores tenham constatado variação na elasticidade, sem efeito sistemático do enriquecimento.

Na Tabela 3 é apresentada a composição proximal dos pães doces com diferentes níveis de substituição de água por PM e FT por FM e FCP.

Tabela 3- Médias da composição proximal de pães doces com diferentes níveis de substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de mangaba e farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Tratamentos	Umidade (%)	Extrato Etéreo (%)	Proteína (%)	Cinzas (%)	Fibra Alimentar (%)	Glicídios (%)	Valor Calórico kcal/100g
1	25,65 ^b	3,10 ^a	8,52 ^d	1,05 ^a	1,67 ^a	60,10 ^b	308,72 ^a
2	26,36 ^b	3,80 ^b	7,25 ^b	1,04 ^a	2,82 ^b	58,73 ^b	309,39 ^a
3	24,99 ^a	5,18 ^c	7,40 ^b	1,07 ^a	2,56 ^b	58,80 ^b	321,68 ^c
4	23,82 ^a	5,61 ^f	7,60 ^c	1,66 ^d	2,79 ^b	58,82 ^b	326,12 ^c
5	28,78 ^c	4,67 ^d	6,46 ^a	1,35 ^b	2,97 ^b	55,77 ^a	302,83 ^a
6	25,98 ^b	4,34 ^c	6,98 ^b	1,28 ^b	3,26 ^b	58,16 ^b	312,68 ^b
7	25,42 ^b	5,54 ^f	7,04 ^b	1,31 ^b	3,45 ^c	57,24 ^b	320,78 ^c
8	22,59 ^a	5,69 ^f	7,12 ^b	1,48 ^c	3,46 ^c	59,66 ^b	332,21 ^d
9	27,16 ^b	5,24 ^c	6,65 ^a	1,48 ^c	3,55 ^c	55,92 ^a	311,66 ^b
10	26,57 ^b	3,40 ^a	7,10 ^b	1,21 ^b	2,56 ^b	59,16 ^b	305,85 ^a
11	25,01 ^b	4,41 ^c	7,39 ^b	1,28 ^b	1,81 ^a	60,10 ^b	316,89 ^b
12	24,63 ^a	3,90 ^b	7,92 ^c	1,34 ^b	2,83 ^b	59,38 ^b	315,61 ^b

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de significância. Tratamentos (% polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4).

O teor de umidade dos pães dos tratamentos 2, 6, 7, 9, 10 e 11 não diferiu do observado nos pães controle. Já os pães dos tratamentos 3, 4, 8 e 12 apresentaram menores umidades e aqueles do tratamento 5, maior umidade, comparados com o controle. As diferenças observadas na umidade dos pães parecem estar mais associadas a variações no binômio tempo/temperatura de forneamento, que com as formulações, uma vez que não é observado um padrão de comportamento. Apesar da relação tempo/temperatura ter sido controlada, pequenas oscilações ocorreram, que podem estar diretamente associadas as diferenças de umidade.

Quanto aos demais compostos proximais, observou-se incremento nos valores de extrato etéreo, cinzas e fibras e redução de proteínas nos pães enriquecidos, a exceção dos tratamentos 2 e 3, quanto a cinzas e 11, quanto a fibras, que não diferiram do controle. Esses resultados se justificam em função do fato de FM ser mais rica em óleos, minerais e fibras e a FCP mais rica

em minerais e fibras e ambas farinhas mais pobres em proteínas, que a FT, assim como a substituição de parte de água por PM tender a agregar valor nutricional aos pães, em função dos nutrientes presentes na polpa (dados não apresentados). Segundo Morita et al. (2002), de forma geral, a FT é composta de amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros constituintes menores, como polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%). Já a polpa de mangaba é composta por água (82,45%), lipídeos (2,29%), proteína (1,20%), fibras (2,15%), cinzas (0,36%) e fração glicídica (11,55%) (Lima et al., 2015b), sendo os nutrientes concentrados na farinha pela desidratação da polpa, enquanto a farinha de casca de pequi, de acordo com Leão et al., (2017), é composta por água (6,39%), lipídios (0,32%), proteína (3,25%), cinzas (2,34%), fibras (43,32%) e glicídios (44,7%), o que reforça o efeito das substituições sobre a composição proximal dos pães. Assim, de uma maneira geral, a medida que se aumentaram as concentrações de PM, FM e FCP nas formulações, ocorreram maiores aumentos nos óleos, cinzas e fibras e reduções de proteínas.

O teor de lipídios aumenta com a incorporação de PM e FM, embora o aumento de lipídios na alimentação, normalmente, não seja desejável, vale ressaltar que o perfil lipídico da mangaba é rico em ácidos graxos do tipo ômega, que são ácidos graxos insaturados, ácido palmítico (29%), oleico (12%), linoleico (18%) e linolênico (8%) (PEREIRA, 2008), que desempenham papel importante no metabolismo, participando da síntese de vários hormônios.

O fato de que as farinhas dos frutos possuem menor teor proteico que a farinha de trigo resulta no fato de que maiores substituições promovem conseqüentemente diminuição proteica nos pães enriquecidos. A perda não é desejável uma vez que proteínas fornecem aminoácidos essenciais. Essa perda de proteína em pães enriquecidos com farinha de frutas poderia ser suprida com a adição de mais ovos, ou leite, na formulação. Ao passo que a FT apresenta (8% a 16%) de proteínas (MORITA et al., 2002), a FCP apresenta 3,25% de proteína e a mangaba apresenta 1,20% proteína (LIMA et al., 2015b), e mesmo concentrando a mangaba por desidratação, na elaboração de farinha, seu teor proteico ainda é menor.

A substituição da água por PM e a substituição de FT por FM e FCP aumenta os teores de cinzas dos pães, devido à presença de minerais na polpa e ao fato de que as farinhas de PM e FCP apresentam maiores teores de cinzas em relação a FT. Os pães podem fornecer nutrientes como potássio, zinco, ferro magnésio, cobre, manganês, cálcio e fosforo oriundos da PM, FM e FCP (LIMA et al., 2015b; MARIANO-DA-SILVA et al., 2009).

Os tratamentos 7, 8 e 9 apresentaram as maiores médias para fibras. As fibras presentes nos pães seguem uma proporção de um terço de fibras solúveis e dois terços de insolúveis (dados não apresentados). A presença de fibra dietética nos alimentos é de grande interesse para

a saúde. As fibras insolúveis estão associadas a capacidade de aumentar o volume fecal e diminuir o trânsito intestinal. As fibras solúveis têm associação à sua capacidade de aumentar a viscosidade e reduzir a resposta glicêmica e o colesterol plasmático, bem como a ação prebiótica (ELLEUCH et al., 2011).

Conforme as recomendações de fibra alimentar na dieta, que variam de acordo com a idade, sexo e o consumo energético, a recomendação adequada gira em torno de 14 g de fibra para cada 1.000 kcal ingeridas (INSTITUTE OF MEDICINE, 2005). Os tratamentos 7, 8 e 9 podem fornecer aproximadamente 13% das necessidades diárias de fibras no consumo de 100g de pão com base em uma dieta de 2.000 kcal.

Segundo Mattos & Martins (2000), os alimentos podem ser classificados pelas quantidades de fibra: alimentos com teor muito alto de fibras (mínimo 7 g 100 g⁻¹); alto (4,5 a 6,9 g 100 g⁻¹); moderado (2,4 a 4,4 g 100 g⁻¹) e baixo (inferior a 2,4 g 100 g⁻¹). Sendo assim, os tratamentos 2 a 10 e 12 se enquadram no grupo de moderadas fontes de fibras, em contraposição ao pão doce controle, classificado como de baixo teor de fibras. Logo, as substituições promovidas nas formulações foram efetivas em agregar valor de fibras aos pães doces.

Quanto a porção glicídica, todos os tratamentos, exceto 5 e 9, que apresentaram médias inferiores, não diferiram do pão controle quanto à porção glicídica. Vale ressaltar que a fração glicídica é obtida aqui é pela diferença da soma de todos os componentes centesimais, logo, é um resultado aproximado. Logo, um maior teor de umidade, poderia resultar em menor fração glicídica, o que pode ser sugerido para uma menor média dos tratamentos 5 e 9, visto que os demais tratamentos não diferiram do controle.

O valor calórico entre os diversos tratamentos com substituição variou de 302,83 kcal/100g a 332,21/100g kcal. Visto que a substituição parcial promove aumento de lipídios, decréscimo na proteína e mudanças no teor de glicídios não foi observado um padrão para o aumento ou redução do valor calórico. Entretanto os pães com maiores substituições parciais de água por PM e FT por FM e FCP, apresentam maiores teores de fibra, o que pode sugerir um menor índice glicêmico.

Na Tabela 4 são expostos os dados correspondentes aos teores de vitamina C, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante dos pães com diferentes níveis de substituição de água por PM e FT por FM e FCP.

Tabela 4 – Médias de vitamina C, fenólicos totais, e capacidade antioxidante de pães doces com diferentes níveis de substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de mangaba e farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Tratamento	Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)	Fenólicos Totais (mg EAG 100g ⁻¹)*	Fenólicos Totais (mg EAG 100g ⁻¹)**	DPPH IC ₅₀ (g amostra g ⁻¹ DPPH)	FRAP (μmol sulfato ferroso g ⁻¹)	β-caroteno/ácido linoleico (% proteção)
1	0,00 ^a	58,59 ^a	0,00 ^a	28047,80 ^d	9,00 ^a	34,10 ^a
2	30,37 ^c	121,24 ^c	94,63 ^c	13509,64 ^b	15,59 ^a	61,34 ^c
3	32,36 ^f	156,93 ^e	155,11 ^g	3503,10 ^a	16,14 ^a	87,62 ^f
4	59,34 ^h	241,97 ^g	212,84 ^h	3682,68 ^a	40,17 ^b	86,34 ^f
5	45,02 ^g	123,28 ^c	88,21 ^d	12035,27 ^b	15,21 ^a	70,73 ^d
6	56,26 ^h	122,58 ^c	107,94 ^f	4115,68 ^a	15,44 ^a	65,20 ^c
7	52,93 ^h	186,88 ^f	157,42 ^g	3167,69 ^a	53,81 ^c	91,94 ^g
8	108,97 ⁱ	136,14 ^d	209,88 ^h	13511,06 ^b	15,74 ^a	90,71 ^g
9	120,07 ^j	243,62 ^g	242,52 ⁱ	4745,27 ^a	46,79 ^c	89,63 ^g
10	22,28 ^d	137,59 ^d	78,2 ^c	4169,06 ^a	39,29 ^b	76,28 ^e
11	15,37 ^c	72,43 ^b	31,28 ^b	24546,52 ^c	9,13 ^a	42,36 ^b
12	7,85 ^b	118,3 ^c	77,08 ^c	4205,05 ^a	32,20 ^b	82,78 ^f

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de significância. *Folin Cicalteau **Fast Blue. Tratamentos (polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4).

A substituição de água por PM e FT por FM e FCP promoveu aumento significativo nas concentrações de vitamina C e fenólicos totais e, de forma geral, na atividade antioxidante dos pães.

Embora os pães enriquecidos com polpa e farinhas (mangaba e pequi) de frutos do cerrado tenham sido submetidos a uma temperatura de 160° C por 16 minutos e apesar da sensibilidade da vitamina C ao calor, os teores encontrados de vitamina C nos pães são considerados substanciais. Assim, a adição de PM, FM e FCP nas formulações foi efetivo em promover pães com vitamina C, sendo o maior teor de vitamina C dos pães enriquecidos encontrado no tratamento 9, formulação contendo todas as substituições, nas maiores concentrações possíveis, e o menor teor encontrado no tratamento 12, cuja formulação apresentava apenas a substituição de FT por FCP a 1,4%. De forma geral, a medida que se acrescentou PM, FM e FCP nas formulações, aumentou-se o teor de vitamina C nos pães assados.

A recomendação diária de vitamina C para crianças de 6 a 8 anos é de 25mg/dia de vitamina C e a recomendação para crianças de 9 a 13 anos de 45mg/dia (DIETARY REFERENCE INTAKES, 2011). Desse modo, 50g do pão do tratamento 9 atingiria a recomendação diária.

Assim como observado para vitamina C, a incorporação de PM, FM e FCP às formulações enriqueceu os pães com fenólicos, enriquecimento comprovado tanto pelo método de Folin Ciocalteu, quanto Fast Blue. O tratamento 9, que reunia todas as substituições possíveis, nas maiores concentrações foi o que apresentou a maior média de fenólicos totais, enquanto o tratamento 11, com incorporação apenas de PM, a menor média, dentre os pães enriquecidos. O tratamento 4, tratamento com todas as substituições possíveis, mas com concentração de FM inferior ao tratamento 9, apresentou teores de fenólicos tão altos quanto o tratamento 9, de acordo com o método de Folin Cicalteu. A maior média de fenólicos determinados por Folin Cicalteu foi observada nos tratamentos 4 e 9 e a menor média no tratamento 11. Já para o método Fast Blue, a maior média foi notada no tratamento 9 e a menor média, no tratamento 11. De modo geral, os resultados sugerem contribuição na seguinte ordem FM >FCP>PM para o incremento de fenólicos nos pães, não se considerando os níveis de substituição utilizados. De fato, as FM e FCP apresentam elevadas concentrações de fenólicos, superiores ao da PM (dados não mostrados). De forma geral, à medida que se aumenta o nível de substituição um aumento no teor de fenólicos é observado.

As diferenças observadas nos resultados de fenólicos, em função do método utilizado, podem ser atribuídas aos princípios de determinação de cada metodologia, uma vez que se usa o mesmo extrato para a determinação dos fenólicos. Isso porque, por se basear em um processo de redução, o método Folin Cicalteu pode identificar outros compostos com atividade redutora, além dos fenólicos, como ácido ascórbico, açúcares redutores e alguns aminoácidos. Já o método Fast Blue avalia o teor de fenólicos por meio da formação de complexos azo estáveis com os grupamentos hidroxila dos compostos fenólicos, o que sugere uma melhor especificidade (MEDINA, 2011). Assim, o método de Folin Ciocalteu tende a superestimar o teor de fenólicos das amostras analisadas. Ressalta-se que o teor de fenólicos dos pães controle foi nulo, ao se utilizar a metodologia de Fast Blue, enquanto 58,59 mg EAG 100g⁻¹ foi detectado pelo método de Folin Ciocalteu, provavelmente em função de interferentes detectados pelo método. Depreende-se disso, que a inclusão de PM, FM e FCP tornou o pão um veículo de fenólicos, como observado para vitamina C.

O aumento dos teores de fenólicos totais nos pães enriquecidos com PM, FM e FCP é coerente com os resultados de Pathak et al. (2016) e Bhol, Lanka & Don Bosco (2015) que relataram aumento nos teores de fenólicos totais, determinados pelo método de Folin Ciocalteu, em pães integrais, após adição de 5% de farinha de casca de manga e 15% de bagasso de romã, respectivamente.

O resultado do IC_{50} indica o quanto de produto é necessário para inibir em 50% a atividade do radical DPPH. Logo, quanto menor o valor de IC_{50} , maior a capacidade antioxidante efetiva dos pães doces. Os pães enriquecidos apresentaram maior atividade antioxidante efetiva, avaliada pelo método do DPPH (IC_{50}) que os pães controle. A maior atividade antioxidante efetiva foi observada nos tratamentos 3, 4, 6, 7, 9, 10 e 12, que não diferiram entre si. O tratamento 1 que não recebeu nenhuma substituição apresentou-se com a maior média de IC_{50} , seguido pelo tratamento que só recebeu 23% de PM, já os tratamentos que receberam apenas 10% de FM se sobrepuseram ao tratamento que só recebeu a PM, e todos os tratamentos que receberam 13% de FM ou 1,4% de FCP se apresentaram com as menores médias, indicando maior atividade antioxidante.

Em relação à atividade antioxidante dos pães doces determinada pelo método de redução do ferro (FRAP), os tratamentos 2, 3, 5, 6, 8, e 11 não diferiram do controle. As maiores médias foram observadas nos tratamentos 7 e 9, seguidas pelas médias observadas nos tratamentos 4, 10 e 12. O FRAP indica a capacidade antioxidante de uma amostra, por meio de sua capacidade de redução do complexo férrico-tripiridiltriazina (FeIII-TPZ) a complexo ferroso (FeII-TPZ) (BENZIE & STRAIN, 1996). Logo, quanto mais complexo ferroso (μg sulfato ferroso/g) for formado, maior é atividade antioxidante.

Segundo Rufino et al. (2010) o método de proteção β -caroteno/ácido linoleico é adequado para compostos lipofílicos. Logo, é de se esperar atividade em todos os tratamentos, uma vez que todos os pães possuem óleo de soja e ovo em suas formulações, que são ricos em vitaminas lipossolúveis, como vitamina A D, K e alfa-tocoferol (vitamina E). Sendo assim, a adição desses ingredientes nas formulações dos pães já contribui para a atividade antioxidante β -caroteno/ácido linoleico encontrada no tratamento controle. Os pães enriquecidos, independente da substituição realizada, apresentaram maior atividade antioxidante, medida pelo método β -caroteno/ácido linoleico, que os pães controle. Dentre os pães enriquecidos, aqueles do tratamento 11, que recebeu 23% de PM, apresentaram menor média de atividade antioxidante, seguidos pelos pães dos tratamentos 2 e 6, que receberam 10% e 13%, respectivamente de FM. Os pães dos tratamentos 7, 8 e 9, que receberam FM na maior proporção, conjuntamente com FCP, com ou sem PM, apresentaram as maiores médias, seguidas, dos pães dos tratamentos 3, 4, que receberam 10% de FM mais FCP, com ou sem PM e 12, que só recebeu FCP, sendo que os pães dos tratamentos 5 e 10, que receberam, 23% de PM mais 10% FM ou 1,4% de FCP, respectivamente, apresentaram médias intermediárias.

O aumento da proteção β -caroteno/ácido linoleico nos pães enriquecidos comprova a efetividade dos ingredientes funcionais sendo a FCP a maior contribuinte para o aumento da atividade antioxidante β -caroteno/ácido linoleico seguida pela FM a 13% e 10% e PM a 23%.

Os resultados da atividade antioxidante total dos tratamentos, medidos por DPPH IC₅₀, FRAP e β -caroteno/ácido linoleico, podem ser atribuídos aos diferentes teores de compostos bioativos em cada amostra e à interação entre cada composto e o princípio do método utilizado. Segundo Leong & Shui (2002), frutas e hortaliças são constituídas por diversos compostos com capacidade antioxidante. Estes compostos incluem ácido ascórbico e fenólicos. Esses compostos são encontrados em grandes quantidades na PM, FM e FCP.

A fim de se avaliar a correlação entre os resultados das diferentes análises de vitamina C, fenólicos e atividade antioxidante nos pães doces foi realizada a análise de correlação de Pearson (Tabela 5).

Tabela 5 - Correlação de Pearson para as análises de vitamina C, fenólicos e antioxidantes para de substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de mangaba e farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Correlação de Pearson (r)	Vitamina C	Folin Cicalteu	Fast Blue	DPPH IC ₅₀	FRAP	β -caroteno/ácido linoleico
Vitamina C	-	0,669*	0,875*	-0,351	-0,070	0,402
Folin Cicalteu	0,669*	-	0,890*	-0,722*	0,303	0,623*
Fast Blue	0,875*	0,890*	-	-0,622*	0,143	0,651*
DPPH IC₅₀	-0,350	-0,722*	-0,621*	-	-0,524	-0,811*
FRAP	-0,070	0,303	0,143	-0,524	-	0,743*
β-caroteno/ácido linoleico	0,402	0,623*	0,651*	-0,811*	0,743*	-

*Correlação significativa a 5% de probabilidade

A vitamina C se correlacionou positivamente com os compostos fenólicos, a despeito do método de avaliação. Nos frutos, compostos fenólicos e vitamina C atuam como antioxidantes e interagem entre si, normalmente o ácido ascórbico reduzindo fenólicos previamente oxidados por exemplo em reações de escurecimento enzimático, e sendo reduzido por outros antioxidantes, como a glutatona e aminoácidos sulfurados (SAPERS & MILLER, 1998), em processos dinâmicos de oxi-redução. A partir do momento que a capacidade antioxidante de um desses compostos é diminuída, tende a diminuir a dos outros, que perdem seus potenciais agentes redutores. Na fabricação da massa dos pães, possivelmente, enzimas que oxidam compostos fenólicos como a polifenoloxidase oriundas da polpa de mangaba entram em contato com seus substratos, oxidando-os e a vitamina C com seu poder antioxidante

reduz os fenólicos oxidados, mesmo que por um curto período de tempo entre o preparo da massa e a fermentação, cerca de 2 horas, embora após o forneamento, as enzimas sofram desnaturação cessando sua atividade de oxidação dos fenólicos. O curto período de reações de oxi-redução pode explicar, em parte, a correlação entre fenólicos e vitamina C. Visto que essa correlação também existe no tecido vegetal vivo e submetido ao processamento (elaboração de polpa e farinhas), ela pode se refletir no produto final, os pães, enriquecidos com essa matéria prima.

Outra correlação observada foi entre os compostos fenólicos, determinados por ambos métodos, e a atividade antioxidante determinada pelos métodos DPPH IC₅₀ e β-caroteno/ácido linoleico, sendo uma correlação positiva pelo método β-caroteno/ácido linoleico e uma correlação negativa pelo método DPPH/IC₅₀. Ressalta-se, entretanto, que quanto menores os valores obtidos pelo método DPPH/IC₅₀, maior é a atividade antioxidante efetiva, portanto uma correlação positiva é observada considerando atividade antioxidante efetiva. Em geral, os compostos fenólicos são multifuncionais como antioxidantes, pois atuam de várias formas combatendo os radicais livres por meio da doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila (OH) da sua estrutura aromática, que possui a capacidade de suportar um elétron desemparelhado através do deslocamento deste ao redor de todo o sistema de elétrons da molécula, quelando metais de transição, como o Fe²⁺ e o Cu⁺ e interrompendo a reação de propagação dos radicais livres na oxidação lipídica, modificando o potencial redox do meio, reparando a lesão a moléculas atacadas por radicais livres (KARAKAYA, 2004 e KYNGMI & EBELER 2008). Assim, quanto maior a quantidade de fenólicos, maior a atividade antioxidante efetiva.

A atividade antioxidante medida pelos métodos FRAP e o β-caroteno/ácido linoleico também se correlacionaram positivamente. Assim, quanto maior a atividade antioxidante determinada por um método, maior também a medida pelo outro método. O método FRAP mede o poder de redução do ferro, enquanto o método β-caroteno/ácido linoleico mede a capacidade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico, ambos na presença de antioxidantes. Alguns antioxidantes, com potencial quelantes/sequestrantes, complexam íons metálicos, principalmente cobre e ferro. Compostos fenólicos tem o poder de quelar metais de transição como o Fe²⁺ e o Cu⁺, o ácido ascórbico pode se ligar ao ferro no estado ferroso (Fe²⁺), formando o quelato ferro-ascorbato. (GARCIA-CASAL & LARYSSE 1998; KARAKAYA, 2004 e KYNGMI & EBELER 2008). Estes quelantes/sequestrantes têm a capacidade de varrer os radicais livres gerados na peroxidação

lipídica, interferindo semelhantemente em ambos os métodos, o que permite correlacioná-los positivamente.

A Análise dos Componentes Principais (PCA) é apresentada na Figura 2 para ilustrar a contribuição dos diferentes níveis de substituição de água por PM e de FT por FM e FCP, para o teor de fibra alimentar, vitamina C, compostos fenólicos (Folin Cicalteu e Fast Blue) e atividade antioxidante (DPPH IC₅₀, FRAP e β -caroteno/ácido linoleico), análises pelos quais os pães doces tiveram seu valor nutricional e funcional agregado e comprovados.

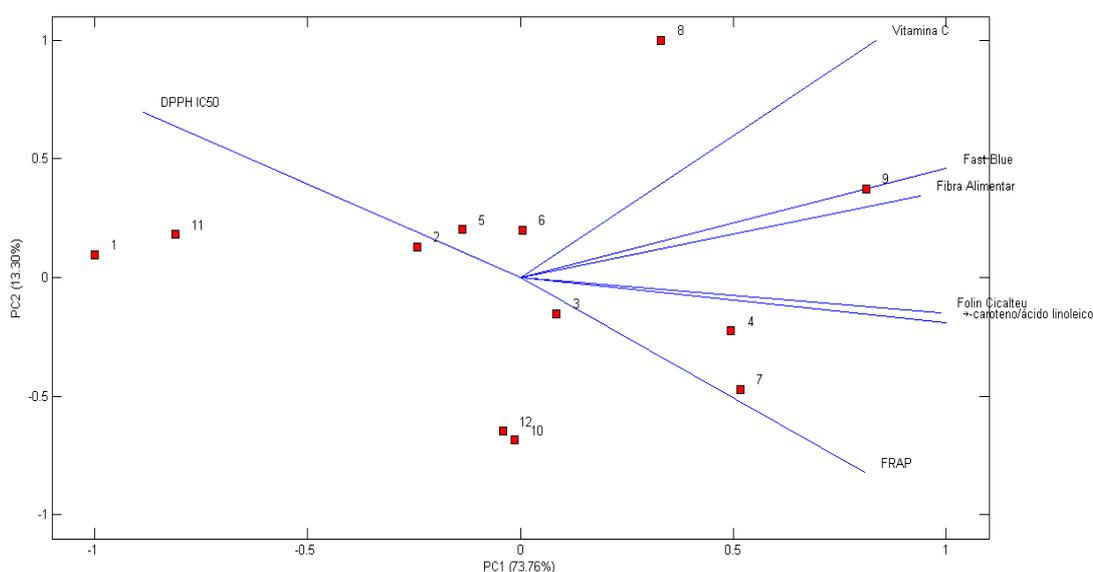


Figura 2 - Análise de Componentes Principais de pães doces com diferentes níveis de substituição de água por polpa de mangaba e farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, em relação a fibra alimentar, vitamina C, compostos fenólicos (Folin Cicalteu e Fast Blue) e atividade antioxidante (DPPH IC₅₀, FRAP e β -caroteno/ácido linoleico). Tratamentos (polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4).

O PC1 explica 73,76% da variância total. Com base no PC1 observa-se que o tratamento 9, que recebe todas as substituições no nível máximo, se distingue de todos os demais tratamentos, com maior teor de fibra alimentar, vitamina C e compostos fenólicos, bem como maior atividade antioxidante medida pelos métodos do FRAP e β -caroteno/ácido linoleico e efetivamente medida pelo método do DPPH IC₅₀, visto que quanto menor o IC₅₀, maior a atividade antioxidante. Já os menores teores desses compostos é menor atividade antioxidante efetivamente medida são observados no tratamento controle, que não recebeu nenhum tipo de enriquecimento, seguido do tratamento 11, enriquecido apenas com PM. Os tratamentos 4, 7 e

8 são os que mais se destacam, após o tratamento 9, seguidos pelos tratamentos 2, 3, 5, 6, 10 e 12.

Os resultados apontam que todas as substituições promoveram enriquecimento nos pães doces, sendo que os pães com apenas substituição de água por PM, os menos enriquecidos e os pães com todas as substituições possíveis no nível máximo, os mais enriquecidos.

Os resultados relativos à análise de agrupamentos hierárquicos dos pães doces enriquecidos são apresentados na forma de dendograma (Figura 3).

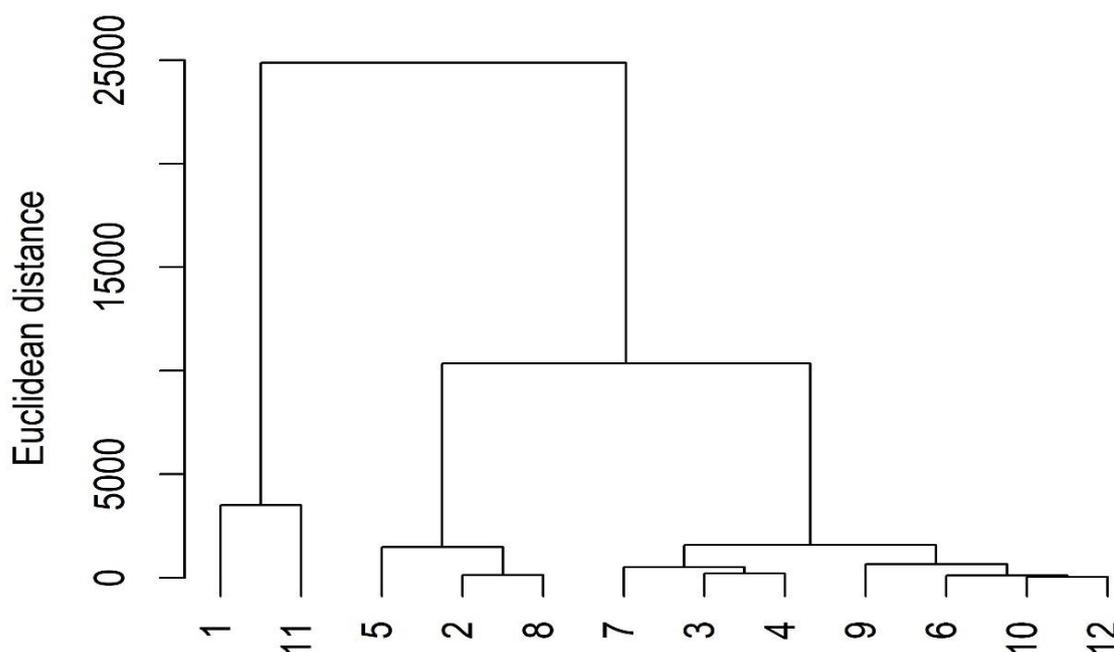


Figura 3 – Dendrograma de pães doces com diferentes níveis de substituição de água por polpa de mangaba e farinha de trigo por farinhas de mangaba e casca de pequi, em relação a fibra alimentar, vitamina C, compostos fenólicos (Folin Cicalteu e Fast Blue) e antioxidantes (DPPH IC₅₀, FRAP e β-caroteno/ácido linoleico). Tratamentos (polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4).

A partir do dendrograma obtido nota-se a presença de oito clusters que reúnem tratamentos por sua similaridade, quanto às variáveis fibra alimentar, vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante. Considerando-se os oitos clusters nota-se, de um lado, o isolamento do controle e tratamento 11 e de outro, o tratamento 9, que em um reagrupamento se junta aos tratamentos 6, 10 e 12. O isolamento dos tratamentos 1 e 11 em oposição aos demais, em especial ao 9 confirma o resultado do PCA discutido anteriormente. Entretanto, considerando-se uma distância euclidiana menor que 5000 podemos reunir os tratamentos em apenas 3 clusters (1 e 11), (5, 2 e 8) e (7, 3, 4, 9, 6, 10 e 12), com base no dendrograma. No primeiro cluster, mas uma vez, observa-se a similaridade entre os tratamentos 1 e 11 (controle

e apenas com PM), cujos pães apresentam as menores concentrações dos compostos citados e menor atividade antioxidante efetivamente medida. O segundo grupo é constituído pelos tratamentos 2, 5 e 8 e o terceiro grupo, pelos tratamentos 3, 4, 6, 7, 9, 10 e 12. Os tratamentos do segundo cluster têm em comum a presença de FM e ausência de FCP, enquanto os tratamentos 3, 4, 6, 7, 9, e 10 tem em comum a presença da FCP, à exceção do tratamento 6. Assim, entende-se que a FCP tem maior potencial de enriquecimento dos pães, do ponto de vista de fibras, vitamina C, fenólicos e atividade antioxidante, seguida da FM. As análises de PCA e agrupamento hierárquico confirmam que o uso de outras farinhas, que não a do trigo, na panificação, pode agregar benefícios funcionais ao produto final, como afirmado por BLANDINO et al. (2015).

Na Tabela 6 são mostradas as médias de aceitação sensorial dos pães controle e enriquecidos com PM, FM e FCP.

Tabela 6 – Médias das notas de aceitação sensorial para pães doces com diferentes níveis de substituição parcial de água por polpa de mangaba e de farinha de trigo por farinha de mangaba e farinha de casca (exocarpo + mesocarpo externo) de pequi.

Tratamento	Nota de aceitação sensorial
1	4,6 ^b
2	4,2 ^a
3	4,5 ^b
4	4,2 ^a
5	4,2 ^a
6	4,4 ^a
7	4,3 ^a
8	4,0 ^a
9	4,1 ^a
10	4,8 ^b
11	4,8 ^b
12	4,7 ^b

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de significância. Tratamentos (% polpa mangaba - % farinha polpa mangaba - % farinha casca pequi): 1(0-0-0); 2(0-10-0); 3 (0-10-1,4); 4 (23 -10-1,4); 5 (23-10-0); 6 (0-13-0); 7 (0-13-1,4); 8 (23-13-0); 9 (23-13-1,4); 10 (23-0-1,4); 11 (23-0-0); 12 (0-0-1,4). A escala de notas: 1 desgostei muito, 2 desgostei, 3 nem gostei nem desgostei, 4 gostei e 5 gostei muito.

A escala hedônica utilizada neste teste de aceitação vai de 1 a 5, sendo 1 a menor aceitação (desgostei muito) e 5 a maior aceitação (gostei muito). Pode-se afirmar que os pães elaborados com diferentes níveis de substituição de água por PM e FT por FM e FCP tiveram boas aceitações sensoriais pelos escolares de 6 a 10 anos, considerando-se que a menor nota obtida no teste sensorial foi 4 (gostei).

Pães dos tratamentos 3, 10, 11 e 12 apresentaram médias de aceitação sensorial semelhantes às dos pães controle e superiores às dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Do grupo dos pães que não diferiram do pão controle, somente o tratamento 3 é caracterizado por apresentar substituição parcial da FT por FM ao receber 10% de FM. Os resultados apontam que a adição de FM promove diminuição da média da aceitação sensorial, embora nunca em um nível inferior a 4, o que indica que os provadores gostaram de todos pães, a despeito da formulação. Ao analisarmos o tratamento 2, que também recebe os mesmos 10%

de FM, mas não recebe FCP, ele se apresentou com média inferior aos pães do tratamento 3. Possivelmente o fato do tratamento 3 receber 1,4% FCP foi suficiente para mascarar o sabor da FM a 10% de substituição e elevar a média do tratamento 3 o que reforça a tese de que o fator FM promove a queda na média da aceitação sensorial.

Reshmi, Sudha, & Shashirekha (2017), ao adicionarem pomelo fresco (0%, 10%, 20% e 30%) e pomelo seco (0%, 2,5%, 5% e 7,5%) em pães brancos e integral, relatam que a adição acima de 20% de pomelo fresco e a adição acima de 5% de pomelo seco tem efeito negativo na aceitabilidade de ambos os pães, sendo que esse decréscimo na aceitabilidade é atribuído à amargura e acidez do pão, relacionadas com a fruta. No presente trabalho, os resultados supõem que a adição acima de 10% da FM, apresenta um efeito negativo na aceitabilidade dos pães, podendo ser atribuído também a acidez e amargura da FM.

Os resultados do perfil de textura também podem estar ligados às diferenças encontradas na análise sensorial, pois como visto, os pães enriquecidos com PM, FM e FCP, apresentaram, de forma geral, alterações no perfil de textura. Entretanto, os pães dos tratamentos 10, 11 e 12, que foram semelhantes aos pães controle quanto a aceitação sensorial, apresentaram também elasticidade semelhante à dos pães controle. Pães dos tratamentos 10 e 11 também se igualaram aos pães controle, quanto a coesividade. Embora com firmeza e mastigabilidade superiores a do controle, os pães dos tratamentos 10, 11 e 12 apresentaram médias dessas variáveis inferiores às dos demais tratamentos, o que pode ter se refletido na sua superioridade sensorial, em relação aos demais tratamentos. Pães mais firmes requerem maior salivação e mastigação, para reduzir o alimento em partículas menores para deglutição, sendo esse fator indesejável em panificação, e possivelmente um fator de interferência para os escolares. Pães do tratamento 3, que também não diferiram sensorialmente dos pães controle, apresentaram, em geral, médias intermediárias relativas às variáveis de textura analisadas, entre os tratamentos 1, 10, 11 e 12 e os demais tratamentos, o que indica que apesar dessas diferenças terem sido notadas instrumentalmente, não foram detectadas sensorialmente, pelos escolares.

Com base nos resultados das análises realizadas, sugere-se a aplicação da formulação 3 (10% FM e 1,4% FCP), com intuito de utilização dos pães enriquecidos na merenda escolar, por determinar aceitação sensorial semelhante à do pão controle e quantidades maiores de fibras, vitamina C, fenólicos e antioxidantes em relação ao grupo dos pães doces que não diferiram do controle. Ainda vale ressaltar que todas as formulações analisadas, apresentaram notas maiores ou iguais a 4, o que indica ótima aceitação sensorial, logo a aplicação de pães doces com as maiores concentrações de todos os ingredientes como merenda não deve ser

descartada, uma vez que ela apresenta boa aceitação sensorial, além de gerarem pães doces com um maior potencial funcional e nutricional.

Salienta-se ainda, que a avaliação sensorial dos pães doces foi realizada com crianças de 6 a 10 anos, com vista a utilizá-los como alternativa saudável na merenda escolar. Entretanto, os pães enriquecidos apresentam potencial a ser utilizado por diversas populações em situação de insegurança alimentar e nutricional. Ainda, o público fit pode se tornar alvo desse produto, por sempre estar em busca de produtos saudáveis que possam trazer benefícios à saúde e melhorar seu desempenho e que auxiliem no combate às enfermidades. O perfil dos consumidores tem se modificado nos últimos anos, e com isso a variedade e quantidade de produtos nas prateleiras dos supermercados que se apresentam como alimentos funcionais têm aumentado. Devido à demanda crescente por alimentos saudáveis e funcionais, o setor alimentício vem se preocupando em aprimorar seu portfólio com alimentos do gênero, sendo que os pães doces enriquecidos com PM e FM e FCP atendem a este apelo.

4. CONCLUSÕES

Pães doces enriquecidos com 10% de farinha de mangaba e 1,4% de farinha de casca de pequi são os que mais se destacam para utilização na merenda escolar, por determinar aceitação sensorial semelhante à do pão controle e quantidades maiores de fibras, vitamina C, fenólicos e antioxidantes em relação ao grupo dos pães doces que não diferiram do controle.

A substituição parcial da água por polpa de mangaba e a substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de mangaba e farinha de casca de pequi (mesocarpo externo + exocarpo) determina o incremento de fibras, vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante nos pães doces.

Os pães doces elaborados com polpa de mangaba e farinhas de mangaba e casca de pequi constituem-se em alternativa saudável com potencial sensorial, nutricional e funcional à merenda escolar, como parte de uma refeição, contribuindo significativamente para atender às exigências nutricionais.

A agregação de valor nutricional e funcional em pães com frutos do cerrado contribui para a valorização e preservação da espécie bem como o bioma cerrado, podendo gerar riquezas a população local.

5 AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo aporte financeiro, fundamental para a execução do projeto, bem como ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e bolsas produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE-MATSUMOTO, L. T.; TIEMI, L.; SAMPAIO, G. R.; BASTOS, D. H. M. Suplementos vitamínicos e/ou minerais: regulamentação, consumo e implicações à saúde. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro v. 31, n. 7, p. 1371–1380, 2015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 20.ed. Washington: AOAC, p. 3000, 2016.

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

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the frap assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BHOL, S.; LANKA, D.; DON BOSCO, S. J. Quality characteristics and antioxidant properties of breads incorporated with pomegranate whole fruit bagasse. **Journal of Food Science and Technology**. v. 53, p. 1717- 1721, 2016.

BLANDINO, M.; LOCATELLI, M.; GAZZOLA, A.; COÏSSON, J. D.; GIACOSA, S.; TRAVAGLIA, F.; BORDIGA, M.; REYNERI, A.; ROLLE, L.; ARLORIO, M. Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 48-56, 2015.

CECANE. **Manual para aplicação dos testes de aceitabilidade no Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE**. UNIFESP, p. 56, 2010.

DIETARY REFERENCE INTAKES (DRIs): **Estimated Average Requirements**. 2011. Disponível em: <https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_individuals.pdf>

DZIKI, D.; RÓŻYLO, R.; GAWLIK-DZIKI, U.; ŚWIECA, M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. **Trends in Food Science & Technology**. v. 40, p. 48-61, 2014.

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

- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, 2000, São Carlos, SP. **Resumos**. São Carlos: UFSCar, p. 235, 2000.
- GARCIA-CASAL, M. N.; LAYRISSE, M. Absorción del hierro de los alimentos: papel de la vitamina A. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 48, n. 3, p. 191-195, sept. 1998.
- GONÇALVES, G. A. S.; VILAS BOAS, E. V. B.; RESENDE, J. V.; MACHADO, A. L. L.; VILAS BOAS, B. M. Qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de cozimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 377-385, mar./abr. 2011.
- GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; CARVALHO, E. E. N.; RESENDE, J. V.; VILAS BOAS, E. V. de B. Effect of Processing and Frozen Storage on the Phenolic Profile, Bioactive Compounds, Antioxidant Capacity, and Enzymatic Activity of Mangaba Pulp. **Current Nutrition & Food Science** v. 15, n. 1, 2019.
- INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids**. Washington, DC: The National Academies, 2005.
- KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 6, p. 64-453, 2004.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRANCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em polpa de frutos. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.
- KYNGMI, M. S.; EBELER, E. Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant o physiological levels. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 96-104. 2008.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.
- LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146–153, 2017.
- LEMES, E. O.; FERNANDES, M. M. C.; ROSA, V. P.; NASCIMENTO, A. H. Levantamento da Utilização do Pequi (*Caryocar brasiliense* camb.) como Agente Antioxidante na Prevenção de Doenças Neurodegenerativas. **UNICIÊNCIAS**, v. 21, n. 2, p. 110-114, 2017.
- LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, v. 76, n. 1, p. 69-75, 2002.
- LIMA, J. P.; FANTE, C. A.; PIRES, C. R. F.; NUNES, E. E.; ALVES, R. R.; ELIAS, H. H. S.; NUNES, C. A.; VILAS BOAS, E. V. de B. The antioxidative potential and volatileconstituents of mangaba fruit over the storage period. **Scientia Horticulturae**, v.194, p. 1–6, 2015a.

- LIMA, J. P. de; AZEVEDO, L.; SOUZA, N. J. de; NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. de B. First evaluation of the antimutagenic effect of mangaba fruit in vivo and its phenolic profile identification. **Food Research International**, v. 75, p. 216–224, 2015b.
- 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**, v. 95, p. 304-312, 2015.
- MAIA, J. D.; ÁVILA, C. R.; MEZZOMO, N.; LANZA, M. Evaluation of bioactive extracts of mangaba (*Hancornia speciosa*) using low and high pressure processes. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 135, p. 198-210, 2018.
- MARIANO-DA-SILVA, S.; BRAIT, J. D. A.; FARIA, F. P.; SILVA, S, M.; OLIVEIRA, S. L.; BRAGA, P. F. Chemical characteristics of pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) native of three municipalities in the State of Goiás-Brazil. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 1–7, 2009.
- MARTINS, Z. E.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 67, p. 106-128, 2017.
- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, p. 50–55, 2000.
- MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal of functional foods**, v. 3, p. 79 –87, 2011.
- MORITA, N.; MEDA, T.; MIYAZAKI, M.; YAMAMORI, M.; MIURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**, [S.l.], v. 79, p. 491-495, 2002.
- NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. **SensoMaker**, version 1.0. UFLA, Lavras, 2012.
- PALATINI, P.; MARTIN, S. Pharmacokinetic drug interactions in liver disease: **An update. World J Gastroenterol**; v. 22, n. 3, p. 1260- 1278, 2016.
- PATHAK, D.; MAJUMDAR, J.; RAYCHAUDHURI, U.; CHAKRABORTY, R. Characterization of physicochemical properties in whole wheat bread after incorporation of ripe mango peel. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 10, p. 554-561, 2016.
- PAULA, L. C.; SILVA, F. A.; SILVA, E. P.; ASQUIERI, E.R.; DAMIANI, C. Influence of preservation methods on the bioactivity of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian savannah. **Food Science and Technology**, v. 39 n. 2, p. 403-409, abr./jun. 2019.
- PEREIRA, A. V. Mangaba. In: VIEIRA, R. F.; RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (Ed.). **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 188-213, 2008.
- PEREIRA, A. C.; PEREIRA, A. B. D.; MOREIRA, C. C. L.; BOTION; L. M; LEMOS, V. S.; BRAGA, F. C.; CORTES, S. F. *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30–35, 2015.
- PICCIANO, M. F.; YETLEY, E. A.; COATES, M. G.; MICHELLE, K. L. Update on folate and human health. **Nutrition Today**. v. 44, p. 142–152, 2009.

PINTO, M. M. R. M. R.; PAULO, D. A.; ALVES, A. L.; RODRIGUES, M. Z.; VIEIRA, E. N. R., FONTESM E. A. F. RAMOS, A. M. Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. **Powder Technology**, v. 339, p. 939-946, 2018.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A LANGUAGE AND ENVIRONMENT FOR STATISTICAL COMPUTING**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. URL <http://www.R-project.org/>.

RESHMI, S. K.; SUDHA, M. L.; SHASHIREHA, M. N. Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index in the Bread Fortified with Pomelo (*Citrus maxima*) Fruit Segments. **Food Chemistry**, v. 237, p. 957-965, 2017.

RIBEIRO, M. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RIUL, T. R.; SANTOS, A. S.; PANTOJA, L.; MARINHO, H. A. 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 (Impresso)**, v. 32, p. 386-392, 2012.

ROCHA, L. B.; MELO, A. M.; PAULA, S. L. A.; NOBRE, S. A. M.; ABREU, I. N. Gallic acid as the major antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 592-598, 2015.

RODRIGUES, L. J.; VILAS-BOAS, E. V. de B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 260-265, 2009.

RODRIGUES, L. J.; FERREIRA DE PAULA, N. R.; PINTO, D.M.; VILAS BOAS, E. V. de B. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos (Online)**, v. 35, p. 11-17, 2015.

ROLL, M. M.; VILELA, A. L. M.; LONGO, J. P. F.; COSTA, T. S. A. The pequi pulp oil (*Caryocar brasiliense* Camb.) provides protection against aging-related anemia, inflammation and oxidative stress in Swiss mice, especially in females. **GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY**, v. 41, p. 858-869, 2018.

RONDA, F.; ABEBE, W.; PEREZ-QUIRCE, S.; COLLAR, C. Suitability of tef varieties in mixed 393 wheat flour bread matrices: A physico-chemical and nutritional approach. **Journal of Cereal Science**, v. 64, p. 139-146, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoleico. **Comunicado Técnico Embrapa**. ISSN: 1679-6535, 2006.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: **Embrapa Comunicado Técnico**, “Não paginado”, 2007.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 2, p. 342-346, 1998.

SIQUEIRA, B. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; FERNANDES, K. F.; CALIARI, M.; DAMIANI, C. Effect of soaking on the nutritional quality of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flour. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 500-506, 2013.

STATSOFT, INC. (2008). **STATISTICA (data analysis software system)**, version 8.0. www.statsoft.com.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas: métodos comprovados**, Madrid: Paz Montolvo, p. 428, 1967.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TORRES, L. R. O.; SANTANA, F. C.; SHINAGAWA, F. B.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar* spp.), a native Brazilian fruit: a review, **Grasas y Aceites**, v. 69, n. 2, 2018.

TORRES-RÊGO M.; FURTADO A. A.; BITENCOURT M. A. , LIMA, M. C.; ANDRADE R. C.; AZEVEDO EP, SOARES TC, TOMAZ JC, LOPES NP, DA SILVA-JÚNIOR AA, ZUCOLOTO S. M.; FERNANDES-PEDROSA M. F. Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae), **BMC complementary and alternative medicine** 16:275, 2016.

WATERHOUSE, A. L. **Polyphenolics: Determination of total phenolics** In: WROLSTA, R. E. Analytical Chemistry. New York: John Wiley & Sons, 2002.

WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. Energia. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; SANTOS, A. C.; WILSON, E. D. (Org.). **Nutrição básica**. São Paulo: Savier, 1982.

WORLD FOOD PROGRAM (WFP). **Two Minutes on School Feeding**. 2018. https://docs.wfp.org/api/documents/WFP0000099841/download/?_ga=2.171642592.1945617189.1557607315-2110370162.1557607315. Acesso 11 mai. 2019.

WORLD HEALTH ORGANISATION (2018). **A Healthy Lifestyle**. Available online at: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle> (Acces. Nov. 26, 2018).