



Gabiroba e pequi como ingredientes funcionais em pães doces: efeitos nutricionais e sensoriais

Gabiroba and pequi as functional ingredients in sweet breads: nutritional and sensory effects

Mariana Crivelari da Cunha¹
Piêtra Campos e Sousa²
Laila Hostalácio Terra³
Jéssyca Santos Silva⁴
Lidiany Mendonça Zacaroni Lima⁵
Elisângela Elena Nunes Carvalho⁶
Eduardo Valério de Barros Vilas Boas⁷

RESUMO

Objetivos: A incorporação de polpa e farinha de frutos nativos do Brasil em produtos à base de farinha, como pães, apresenta-se como alternativa promissora para enriquecer o conteúdo nutricional e funcional desses alimentos, ampliando seu consumo e relevância em refeições escolares. **Metodologia:** Este estudo avaliou o efeito da substituição parcial da farinha de trigo e da água por farinha de casca de pequi, farinha de polpa de gabiroba e polpa de gabiroba em pães doces, por meio de análises químicas, físicas e sensoriais. **Resultados:** As substituições promoveram mudanças significativas ($p < 0,05$) nas variáveis de cor [L^* , C^* (miolo e crosta) e $^{\circ}hue$ (miolo)], associadas ao escurecimento não enzimático e às características dos ingredientes. Houve aumento na dureza e mastigabilidade dos pães. Em termos nutricionais, observou-se redução da umidade e aumento nos teores de lipídeos,

¹Doutora em Ciência dos Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil e Discente do Curso de Nutrição, Universidade São Francisco, Campus Itatiba – São Paulo, Brasil. mariana.crivelari@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5441-2751>.

²Graduada em Nutrição, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. pietracsousa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3825-9371>.

³Graduada em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. lahterra@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-9108-9877>.

⁴Doutora em Ciência dos Alimentos, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. jessyca.ss@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-2414-3327>.

⁵Doutora em Agroquímica, Departamento de Química, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. zlidy@ufla.br. <https://orcid.org/0000-0001-5785-5526>.

⁶Doutora em Ciência dos Alimentos, Professora Assistente, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. elisangelacarvalho@ufla.br. <https://orcid.org/0000-0002-1124-8066>.

⁷Doutor em Ciência dos Alimentos, Fisiologia Pós-colheita e Tecnologia de Frutas e Hortaliças, PhD in Food Science, Professor Titular, Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-900, Lavras – Minas Gerais, Brasil. evbvboas@ufla.br. <https://orcid.org/0000-0002-0252-695X>.

Recebido em

01-01-2025

Aceito em

11-08-2025

Publicado em

11-09-2025

cinzas, compostos fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante. Os principais compostos fenólicos identificados foram catequina, ácido gálico e resveratrol. As formulações receberam boas avaliações sensoriais, classificadas como “gostaram” e “adoraram”, sem diferença significativa ($p>0,05$) na aceitação. **Conclusão:** As substituições enriquecem os pães com compostos funcionais. Esses produtos valorizam frutos nativos e têm potencial para integrar refeições escolares mais nutritivas e sustentáveis.

Palavras-chave: Pão doce; Frutos do Cerrado; Alimentação escolar; Análise multivariada.

ABSTRACT

Objectives: The incorporation of pulp and flour from native Brazilian fruits into flour-based products, such as bread, presents a promising alternative to enrich the nutritional and functional content of these foods, increasing their consumption and relevance in school meals. **Methodology:** This study evaluated the effect of partially replacing wheat flour and water with pequi peel flour, gabioba pulp flour and gabioba pulp in sweet breads, through chemical, physical and sensory analyses. **Results:** The substitutions promoted significant changes ($p<0.05$) in the color variables [L^* , C^* (crumb and crust) and °hue (crumb)], associated with non-enzymatic browning and ingredient characteristics. There was an increase in the hardness and chewiness of the breads. In nutritional terms, a reduction in moisture and an increase in the levels of lipids, ash, total phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity were stimulated. The main phenolic compounds identified were catechin, gallic acid and resveratrol. The formulations received good sensory evaluations, such as “liked” and “loved”, with no significant differences ($p>0.05$) in ease of use. **Conclusion:** The substitutions enriched the breads with functional products. These products value native fruits and have the potential to be included in more nutritious and sustainable school meals.

Keywords: Sweet bread; Cerrado fruits; School meals; Multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

Dos seis biomas brasileiros, o Cerrado é o segundo mais extenso e vem sendo tratado como *hotspot* mundial¹, devido à reconhecida rica biodiversidade ameaçada pela expansão não sustentável do agronegócio, que provoca alarmantes taxas de perdas da flora e fauna nativas. No que se refere à flora, o Cerrado brasileiro destaca-se pelo rico potencial de suas espécies frutíferas nativas. Contudo, apenas uma pequena parte desse potencial é devidamente conhecida e aproveitada — especialmente no que diz respeito ao uso das frutas para consumo in natura ou na forma processada, as quais integram, em diversas regiões, uma ampla

variedade de preparações culinárias². Entre as espécies frutíferas com potencial de aproveitamento, destacam-se: a gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), pertencente à família *Myrtaceae* e o pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), pertencente à família *Caryocaraceae*.

Os frutos da gabirobeira, conhecidos popularmente como gabiroba, guabiroba, gabirova, guavirova e guavira, são muito apreciados por suas características sensoriais. Eles apresentam polpa suculenta, agridoce, com pequenas sementes, formato arredondado e casca de coloração amarelada, quando maduros³. Normalmente são consumidos na totalidade, sem descarte de casca ou sementes. Quanto à composição nutricional, a gabiroba tem elevados teores de umidade e fibra alimentar, com baixo valor energético, além de consideráveis concentrações de cálcio, zinco, potássio e ferro⁴. Contêm também, quantidades apreciáveis de compostos bioativos, principalmente vitamina C e compostos fenólicos⁵.

Pequi, piqui ou piquiá são nomes dados aos frutos do pequizeiro, que são constituídos pelo exocarpo fino verde acinzentado aderido ao mesocarpo externo amarelo-claro, conjunto normalmente chamado de casca, que recobre de um a três pirênios, constituídos pelo mesocarpo interno, porção mais apreciada do fruto, do endocarpo espinhoso e da semente. A casca, que representa quase 80% da massa total do fruto, é descartada nas preparações culinárias envolvendo o pequi, embora apresente grande potencial funcional e nutricional, com destaque para as fibras, fenólicos e alta capacidade antioxidante^{6,7}. Não obstante, estudos científicos sobre o uso desse resíduo agroindustrial são escassos.

Ambos os frutos, gabiroba e pequi, apresentam potencial para serem inseridos e enriquecerem nutricionalmente e funcionalmente produtos de amplo consumo, como os de panificação. Dessa forma, a incorporação desses frutos, na forma de farinhas ou polpas na elaboração de produtos panificáveis, estimula a diversificação da produção deste segmento, além de ampliar e difundir o consumo de pães e frutos nativos, podendo atender às necessidades nutricionais de diversas populações, de diversas faixas etárias e com diversos estilos de vida, em especial, crianças em idade escolar. Ainda, pode ser usada como forma de valorização do *hotspot* Cerrado estimulando a exploração sustentável.

Os Programas de Alimentação Escolar estão presentes em diferentes países e alimentam aproximadamente 368 milhões de crianças diariamente em todo o mundo⁸. No Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) criado no início da década de

1950 é um dos maiores e mais bem-sucedidos programas de alimentação escolar. Esse programa tem por objetivo fornecer alimentação adequada e saudável a todos os alunos matriculados na educação básica das escolas públicas do país. Suas diretrizes seguem os princípios do emprego da alimentação saudável e adequada, compreendendo o uso de alimentos variados e seguros, cobrindo as necessidades nutricionais (mínimo 20%) durante o período de permanência dos estudantes nas escolas^{9,10}. Além disso, as diretrizes tiveram o escopo ampliado por meio da Lei n° 11.947/2009 que garante a obrigatoriedade do Estado pela aquisição de no mínimo 30% do valor repassado na compra direta de produtos da agricultura familiar^{9,11}.

Recentemente, a proposta de incluir itens de panificação na merenda escolar no Brasil foi aprovada no Projeto de Lei 7.745/2017 criando um percentual adicional de 5% dos recursos repassados na compra de produtos panificáveis produzidos por micro e pequenos empreendedores locais¹². Contudo, o pão, uma das fontes calóricas mais importantes da humanidade, o que sugere a importância de seu enriquecimento nutricional e funcional, que pode ser obtido pela incorporação de farinhas, polpas e subprodutos do processamento de frutas nas formulações tradicionais. Logo, o uso de polpa e farinhas de frutos do Cerrado desponta como uma alternativa viável de agregação de valores a esses frutos, ainda pouco conhecidos e aos produtos da panificação, gerando-lhes o apelo da saudabilidade.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos desenvolver pães doces utilizando farinhas da polpa de gabioba e casca do pequi, em substituição parcial a farinha de trigo, e polpa de gabioba, em substituição parcial à água, e avaliar a qualidade dos produtos elaborados, por meio de análises físicas, químicas e sensoriais. Este é o primeiro estudo que avalia a utilização da gabioba e da casca de pequi como ingredientes substituintes em formulações tradicionais de pães.

MÉTODOS

Obtenção das matérias-primas

A polpa de gabioba (*Campomanesia xantocarpa* O. Berg) utilizada na elaboração dos pães doces foi adquirida da empresa Sítio do Bello Frutas Nativas, localizada na cidade de Paraibuna – São Paulo, Brasil. A polpa congelada foi transportada em caixas isotérmicas e

acondicionada com gelo seco até o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Em seguida, as polpas foram armazenadas a -18 °C, até a utilização.

O pequi foi coletado e adquirido na cidade de Montes Claros – Minas Gerais, Brasil. Os frutos foram selecionados e submetidos à pré-lavagem em água corrente, para a retirada de sujidades mais grosseiras e posteriormente foram sanitizados em solução contendo hipoclorito de sódio a 100 ppm, durante 15 minutos e em seguida partidos ao meio, separando-se a casca (exocarpo + mesocarpo externo) dos pirênios. As cascas foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno e armazenadas a -18 °C até a elaboração da farinha da casca de pequi.

Obtenção das farinhas da polpa de gabioba e da casca do pequi

Para obtenção da farinha da polpa de gabioba, as polpas congeladas foram dispostas em formas de alumínio e secas em estufa a 65 °C por 24 horas. Posteriormente, foram trituradas em moinho de facas refrigerado, modelo TE-631/3, marca TECNAL[®], peneiradas, utilizando-se peneira de Mesh n° 35 com 0,5 mm e homogeneizadas, para a obtenção de material com granulidade uniforme.

Para a obtenção da farinha da casca do pequi foi realizado branqueamento a vapor, por 12 minutos, a fim de evitar o escurecimento enzimático do mesocarpo externo¹³. Em seguida, as cascas branqueadas foram dispostas em formas de alumínio e secas a 65 °C por 24 horas. Para obtenção da farinha da casca, o material seco foi triturado em moinho de facas, peneirado em peneira de Mesh n° 9 com 2,2 mm e homogeneizado. As farinhas obtidas foram acondicionadas embalagens plásticas compostas de cinco camadas (polietileno de baixa densidade, adesivo, poliamida, adesivo e polietileno de baixa densidade), com dimensões de 22 cm x 15 cm, seladas a vácuo e mantidas em local seco e arejado até a elaboração dos pães.

Processamento dos pães doces

Os pães tiveram a formulação de base composta pelos seguintes ingredientes: farinha de trigo, água, leite em pó, açúcar cristal, fermento biológico, ovos, óleo de soja e sal, além da substituição parcial da farinha de trigo por 1,5% de farinha de casca de pequi e 10,5% de farinha da polpa de gabioba e da substituição de 20% de água por polpa de gabioba (Tabela

1). As concentrações utilizadas neste estudo, referente às matérias-primas alvo, foram definidas em estudo prévio.

Tabela 1: Formulações de pães doces à base de substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de casca de pequi e polpa de gabirola e água pela polpa de gabirola.

Ingredientes	Formulação							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Farinha de trigo	300	295,5	268,5	264	300	295,5	268,5	264
Água	135	135	135	135	108	108	108	108
Leite em pó	18	18	18	18	18	18	18	18
Açúcar cristal	45	45	45	45	45	45	45	45
Fermento	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Ovos	45	45	45	45	45	45	45	45
Óleo de soja	15	15	15	15	15	15	15	15
Sal	6	6	6	6	6	6	6	6
Farinha da casca de pequi	0	4,5	0	4,5	0	4,5	0	4,5
Farinha da polpa de gabirola	0	0	31,5	31,5	0	0	31,5	31,5
Polpa de gabirola	0	0	0	0	27	27	27	27

Observações: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola.

Utilizou-se o método direto de fermentação, sendo todos os ingredientes secos e os ovos (farinha de trigo, açúcar cristal, ovos, fermento e leite em pó) inicialmente homogeneizados, adicionando-se, em seguida, os ingredientes úmidos (água e óleo). Por fim, adicionou-se o sal até o desenvolvimento da rede de glúten ou “ponto de véu”. A massa foi misturada em batedeira Wallita[®] com cinco velocidades e 250W de potência, na velocidade máxima por cinco minutos. Posteriormente, a massa foi pesada, dividida, boleada e modelada no modelador de pães G.Painz[®] e levada à câmara de fermentação Klimaquip[®] (30 °C e ± 90% UR) por uma hora e trinta minutos. Logo após a massa fermentada foi submetida ao forneamento em forno elétrico semi-industrial Pratical Techicook[®], a 150 °C por 20 minutos. Os pães foram, então, resfriados à temperatura ambiente e embalados em sacos de polietileno

e após 180 minutos de resfriamento, procedeu-se as análises físicas (coloração, perfil de textura e umidade) e sensorial. Os pães foram congelados utilizando-se nitrogênio líquido e embalados em sacos de polietileno e por fim acondicionados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ em freezer, até realização das análises químicas.

Delineamento experimental

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo dois níveis do fator “farinha da casca de pequi”, em substituição parcial à farinha de trigo (0% e 1,5%), 2 níveis do fator “farinha da polpa de gabioba”, em substituição parcial à farinha de trigo (0% e 10,5%) e 2 níveis do fator “polpa de gabioba”, em substituição parcial à água (0% e 20%), com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de quatro pães. A seleção dos diferentes níveis de substituição foi definida a partir de um planejamento experimental realizado previamente.

Análise de coloração

As medições da cor da crosta e do miolo dos pães doces foram realizadas utilizando o colorímetro Konica Minolta CR-400 (Minolta, São Paulo, Brasil) calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de L^* , C^* e h° (iluminante D_{65}).¹³

Perfil de textura

As variáveis de textura foram determinadas de acordo com Garzón et al.¹⁴ e Jekle, Fuchs & Becker¹⁵ utilizando o analisador de textura (modelo TA – XT2i, Stable Micro Systems, Reino Unido) com probe cilíndrica de 36 mm, programado para execução de dois ciclos. As medições foram realizadas sob as seguintes condições: velocidade de pré e pós-teste de 5 mm s^{-1} ; velocidade de teste de 2 mm s^{-1} ; distância de compressão de 5,0 mm; intervalo entre os ciclos de 10 s. Para a realização do teste foram colocadas duas fatias de pão doce sobrepostas, de 1 cm cada. As amostras foram comprimidas cerca de 50% da sua altura original. Dureza (g.f), elasticidade (g.f), coesividade (g.sec) e mastigabilidade foram determinadas.

Composição centesimal e valor energético

A composição centesimal foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists*¹⁶. Os níveis de extrato não nitrogenado (fração glicídica) foram calculados subtraindo-se os valores obtidos das análises anteriores de 100 g de amostra, na matéria integral. O valor energético total foi estimado utilizando os valores de conversão de Atwater, descrito por Zou et al.¹⁷. Os resultados foram expressos em percentagem de matéria integral ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e em quilocalorias ($\text{kcal } 100 \text{ g}^{-1}$), respectivamente.

Teor de fenólicos totais, vitamina C e capacidade antioxidante

Para a obtenção dos extratos foi utilizada a metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto¹⁸. Uma porção de 2,5 g de cada amostra, juntamente com 20 mL de álcool metílico 50% (v/v), foi homogeneizada e deixada em repouso por uma hora à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após esse período, o homogenato foi centrifugado a $8.832 \times g$, durante 15 minutos e o sobrenadante transferido para um balão de 50 mL. Ao resíduo foram adicionados 20 mL de acetona 70% (v/v), repetindo-se o procedimento de extração. O segundo sobrenadante foi juntado ao primeiro, no balão volumétrico, completando-se o volume com água destilada. Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação do teor de fenólicos totais e da capacidade antioxidante.

O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método adaptado de Folin-Ciocalteu¹⁹. As leituras de absorbâncias foram medidas em espectrofotômetro a 750 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g^{-1} de amostra. Os extratos e a análise de vitamina C foram obtidos e realizados pelo método colorimétrico utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina²⁰. As amostras foram analisadas em espectrofotômetro a 520 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} .

Para a determinação da capacidade antioxidante foram utilizados os seguintes métodos: i) Método ABTS⁺: realizada segundo a metodologia descrita por Re et al.²¹, a absorbância foi lida a 734 nm em espectrofotômetro e os resultados expressos em μmol de trolox g^{-1} de amostra; ii) Método DPPH: realizado segundo a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier & Berset²², as leituras de absorbância foram medidas em espectrofotômetro a 515 nm e os resultados expressos IC_{50} em mg mL^{-1} de DPPH; iii) Método β -caroteno/ácido linoleico: realizada segundo a metodologia descrita por Miller²³, a absorbância foi lida a 470 nm por espectrofotômetro e os resultados expressos em

percentagem de proteção e iv) Método FRAP: realizado de acordo com a metodologia descrita por Pulido, Bravo & Saura-Calixto²⁴, a absorbância foi lida a 593 nm e os resultados expressos em μM de sulfato ferroso g^{-1} de amostra.

Perfil de compostos fenólicos

Os extratos para identificação de compostos fenólicos por método cromatográfico foram preparados seguindo-se a metodologia descrita por Ramaiya et al.²⁵. Para a extração foram utilizados 2,5 g de amostra, homogeneizada em 20 mL de metanol grau HPLC 70% (v/v), durante uma hora em banho ultrassônico UltraCleaner, modelo 1600^a, marca Unique[®] à temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado a $8.832\times g$ durante 15 minutos à 4 °C, em centrífuga refrigerada modelo GS-15R, marca Beckman[®] e filtrado em papel de filtro com porosidade 14 μm . Para a injeção das amostras, os extratos foram novamente filtrados utilizando-se filtros de membrana porosa com 0,45 μm (Millipore Corporation, Belford, MA).

A quantificação e identificação dos compostos fenólicos foram realizadas conforme descrito por Lima et al.²⁶. Foi utilizado um Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (HPLC-DAD) modelo Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com quatro bombas de alta pressão (modelo LC-20AT), com um detector de arranjo de diodos (modelo SPD-M20A), desgaseificador (modelo DGU-20A5), interface de CBM-20A, forno CTO-20AC e amostrador automático (modelo SIL-20A). As separações foram realizadas usando uma coluna Shimadzu Shim-pack ODS GVP-C18 (4,6 x 250 mm, 5 mm) ligada a uma pré-coluna (Shimadzu-pack ODS GVP-C18, 4,6 x 10 mm, 5 μm). A fase móvel consistiu em 2% (v/v) de ácido acético em água deionizada (Fase móvel A) e 70:28:2 (v/v) de metanol/água/ácido acético (Fase móvel B), a uma taxa de fluxo de 1,0 mL min^{-1} com programa de eluição de gradiente e tempo de execução de 65 minutos. O volume de injeção foi de 20 μL . As análises foram realizadas a 15 °C. Os compostos fenólicos foram detectados a 280 nm. As soluções padrão foram diluídas em metanol e as curvas de calibração foram obtidas a partir de injeções de dez concentrações diferentes, em duplicata.

Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção com os padrões (ácido gálico, catequina, ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido *trans*-cinâmico, vanilina, ácido *m*-cumárico, ácido *p*-cumárico, ácido *o*-cumárico e resveratrol). As amostras das matérias-primas foram fortificadas com o mix dos padrões para

garantir e certificar a identificação desses compostos. Os resultados foram expressos em mg do composto fenólico 100 g^{-1} da amostra. Referente aos parâmetros cromatográficos utilizados para identificar e quantificar os compostos fenólicos, destacam-se a linearidade ($R^2 > 0,99$), os limites de detecção ($0,0002$ a $0,32 \text{ mg L}^{-1}$) e os limites de quantificação ($0,0006$ a $0,97 \text{ mg L}^{-1}$). Todos esses parâmetros foram calculados conforme Ribani et al.²⁷.

Sensorial

A análise sensorial foi realizada na Escola Municipal “Álvaro Botelho” localizada em Lavras – Minas Gerais, Brasil, com a participação de oitenta e seis provadores, de ambos os sexos, com idades variando de seis a dez anos. As amostras de pães foram servidas em ordem balanceada e de forma monódica, codificadas em três dígitos de números aleatórios, divididas em duas sessões distintas, com a oferta de quatro amostras para cada sessão. Os provadores avaliaram a aceitação do produto por meio de escala facial de cinco pontos (5 = “adorei”; 4 = “gostei”; 3 = “indiferente”; 2 = “não gostei” e 1 = “detestei”), conforme Stone, Bleibaum & Thomas²⁸. A análise foi realizada mediante a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Lavras sob o processo nº 2.227.875.

Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando-se o software SISVAR²⁹ versão 5.6. Os dados foram submetidos à análise de variância e o teste de Scott-Knott foi utilizado para comparação entre as médias a um nível de significância de 5% de probabilidade. Foram realizadas a Análise dos Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA) para compreender a similaridade entre as análises físicas e químicas realizadas nas diferentes formulações de pães doces e considerando a individualidade de cada provador. Para isso, foi realizada a análise estatística multivariada, a partir dos resultados da aceitação sensorial, utilizando o Mapeamento de Preferência Interno. Em ambos os casos, foi utilizado o software SENSOMAKER³⁰ versão 1.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas dos pães

As médias das variáveis físicas e químicas avaliadas nos diferentes pães doces são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis físicas e químicas de pães doces de gabirola e pequi.

Características de qualidade	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Coloração da crosta dos pães								
L*	46,36 ^b	47,84 ^b	42,80 ^c	43,23 ^c	51,18 ^a	48,49 ^b	45,79 ^b	41,71 ^c
C*	24,90 ^b	24,86 ^b	21,22 ^c	22,11 ^c	28,61 ^a	28,07 ^a	23,71 ^b	21,85 ^c
°hue	57,77 ^a	60,45 ^a	56,57 ^a	58,21 ^a	60,93 ^a	59,82 ^a	63,12 ^a	57,92 ^a
Coloração do miolo dos pães								
L*	75,33 ^a	64,56 ^b	54,58 ^d	51,54 ^e	64,94 ^b	60,77 ^c	51,27 ^e	47,24 ^f
C*	23,07 ^b	18,19 ^d	24,42 ^a	24,03 ^a	18,68 ^d	19,61 ^c	23,89 ^a	22,74 ^b
°hue	85,71 ^a	77,29 ^c	72,61 ^e	71,41 ^f	79,65 ^b	76,00 ^d	71,63 ^f	70,53 ^g
Perfil de textura								
Dureza	637,22 ^d	590,88 ^d	938,73 ^c	873,49 ^c	954,92 ^c	930,15 ^c	1.714,76 ^a	1.236,05 ^b
Elasticidade	1,01 ^a	0,98 ^a	0,96 ^a	0,93 ^a	0,97 ^a	0,98 ^a	0,93 ^a	0,96 ^a
Coesividade	0,80 ^a	0,80 ^a	0,78 ^a	0,77 ^b	0,77 ^b	0,77 ^b	0,74 ^c	0,77 ^b
Mastigabilidade	517,44 ^d	462,09 ^d	615,34 ^c	629,07 ^c	708,85 ^c	700,26 ^c	1.181,37 ^a	914,19 ^b
Composição centesimal e valor energético								
Umidade	28,86 ^a	28,70 ^a	29,01 ^a	29,73 ^a	24,56 ^b	24,84 ^b	25,59 ^b	23,88 ^b
Extrato etéreo	4,85 ^c	4,27 ^e	4,80 ^c	4,56 ^d	5,47 ^b	5,88 ^a	5,21 ^b	5,86 ^a
Proteínas	9,43 ^a	9,16 ^a	8,93 ^a	8,84 ^a	9,13 ^a	9,34 ^a	9,51 ^a	9,24 ^a
Cinzas	1,56 ^d	1,57 ^d	1,67 ^c	1,70 ^c	1,71 ^c	1,64 ^c	1,91 ^b	1,95 ^a
Fibra bruta	0,43 ^f	0,60 ^d	0,63 ^c	0,85 ^a	0,55 ^e	0,59 ^d	0,74 ^b	0,83 ^a
Extrato não nitrogenado	54,88 ^b	55,69 ^b	54,96 ^b	54,32 ^b	58,58 ^a	57,72 ^a	57,04 ^a	58,21 ^a
Valor energético	300,84 ^c	297,89 ^c	298,75 ^c	293,66 ^d	320,09 ^a	321,11 ^a	313,11 ^b	322,57 ^a
Teor de fenólicos totais, vitamina C e capacidade antioxidante								
Fenólicos totais	98,68 ^e	230,25 ^c	308,23 ^b	373,78 ^a	125,49 ^d	249,82 ^c	232,61 ^c	367,25 ^a
Vitamina C	0,00 ^f	1,20 ^f	27,96 ^d	44,62 ^c	17,50 ^e	23,17 ^d	74,96 ^a	64,28 ^b
ABTS	3,96 ^d	10,77 ^c	18,29 ^b	20,24 ^a	4,88 ^d	10,45 ^c	17,13 ^b	22,97 ^a
DPPH IC ₅₀	136,28 ^a	53,49 ^c	54,37 ^c	42,32 ^c	110,38 ^b	59,03 ^c	41,26 ^c	20,67 ^d
β-caroteno/ácido linoleico	4,18 ^d	45,16 ^a	14,52 ^c	33,55 ^b	7,18 ^d	37,83 ^b	15,28 ^c	31,43 ^b
FRAP	10,24 ^e	38,17 ^d	56,10 ^c	66,79 ^b	14,13 ^e	42,04 ^d	50,20 ^c	89,79 ^a

Perfil de compostos fenólicos								
Ácido gálico	nd ^g	5,37 ^e	16,73 ^d	21,30 ^c	3,95 ^f	5,99 ^e	22,91 ^b	28,19 ^a
Catequina	nd ^c	9,50 ^b	nd ^c	9,02 ^b	nd ^c	9,14 ^b	nd ^c	16,74 ^a
Vanilina	nd ^d	nd ^d	0,54 ^a	0,74 ^a	0,15 ^c	0,31 ^b	0,57 ^a	0,65 ^a
Ácido <i>p</i> -cumárico	nd ^c	0,10 ^a	0,07 ^b	0,11 ^a	0,06 ^b	0,08 ^b	0,07 ^b	0,09 ^a
Ácido <i>m</i> -cumárico	nd ^c	0,06 ^b	0,06 ^b	0,06 ^b	0,06 ^b	0,06 ^b	0,06 ^b	0,08 ^a
Resveratrol	nd ^d	1,62 ^b	0,68 ^b	1,49 ^b	0,33 ^c	1,86 ^b	1,46 ^b	4,03 ^a

Médias seguidas pelas mesmas letras, entre as linhas, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Notas: Perfil de textura: dureza (g.f), elasticidade (g.f), coesividade (g.seg); Composição centesimal: g 100 g⁻¹ matéria integral; valor energético: kcal 100 g⁻¹ matéria integral; Folin-Ciocalteu: mg EAG 100 g⁻¹; Vitamina C: mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹; ABTS^{*+}: μM de trolox g⁻¹; DPPH IC₅₀: mg mL⁻¹; β-caroteno/ácido linoleico: % de proteção; FRAP: μM de sulfato ferroso g⁻¹; Perfil de compostos fenólicos: mg 100 g⁻¹.

Legenda: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola; PG: polpa de gabirola; EAG: equivalente a ácido gálico; IC₅₀: A concentração efetiva na qual o radical 2,2-difenil-1-piril-hidrazil (DPPH) foi reduzida em 50%. O valor de IC₅₀ foi obtido por interpolação de análise de regressão. nd: não detectado.

As substituições realizadas não interferiram no h° da crosta dos pães doces, embora tenham afetado o valor L* e C* (Tabela 2). Os tratamentos T₃, T₄ e T₈ apresentaram menor L* (crosta mais escura) e T₅ maior L* (crosta mais clara) que T₁, enquanto T₂, T₆ e T₇ não diferiram do controle (p>0,05). Nota-se que a PG aumentou o L*, enquanto a FPG o reduziu. A FCP não interferiu no L*, exceto quando neutralizou o efeito da PG, observado em T₆. O mesmo comportamento observado para L* foi observado para C*, à exceção do C* de T₆ maior que T₁. Assim, de forma geral, a PG promoveu uma crosta mais clara e com coloração mais intensa, enquanto o oposto foi notado para FPG.

Todas as variáveis de coloração avaliadas no miolo dos pães doces foram afetadas pelas substituições realizadas (Tabela 2). As substituições promoveram redução de h° e L* do miolo (p<0,05). A FPG teve efeito mais marcante sobre as reduções, seguido pela PG, quanto ao h°, embora PG e FCP não tenham diferido entre si quanto ao L*. Assim as substituições alteraram a coloração do miolo dos pães tornando-os mais amarelo avermelhados e escuros,

impacto maior ditado pela FPG. Os tratamentos T₃, T₄ e T₇ apresentaram menor C*, enquanto T₂, T₅ e T₆ maior C*, em comparação ao T₁, que não diferiu de T₈, quanto ao C* do miolo ($p > 0,05$). De forma geral, a FPG reduziu o C*, ou seja, a intensidade da coloração, enquanto a PG e FCP tiveram impacto positivo sobre esta variável.

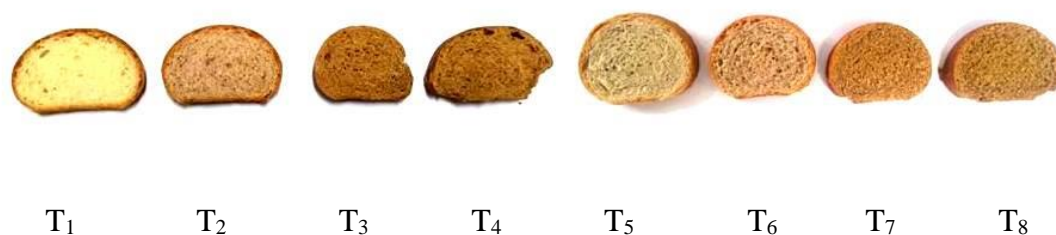
O escurecimento provocado pela FPG na crosta e miolo dos pães deve-se, a princípio, à coloração mais escura desta matéria-prima ($L^* = 55,10 \pm 0,40$), comparada com a farinha de trigo ($93,40 \pm 0,10$), que foi parcialmente substituída. Embora o L^* da FCP também seja inferior ao da farinha de trigo ($57,54 \pm 0,01$), o percentual de substituição não foi alto o suficiente para promover alterações no L^* na crosta do produto, embora tenha reduzido o L^* da polpa. A PG apresentou $L^* = 53,62 \pm 0,20$ e determinou aumento do L^* da crosta e redução do L^* do miolo dos pães doces, visto que a água utilizada na massa, por ser incolor não interfere no L^* do produto final. Como o L^* da PG é maior que o L^* da crosta e menor que do miolo dos pães controle, a tendência é que sua adição aumente o L^* da crosta e reduza o do miolo dos pães enriquecidos. A coloração mais escura das matérias-primas FCP e FPG deve-se, principalmente, a reações de escurecimento não enzimático³¹, que ocorrem durante o processamento conduzido sob altas temperaturas. Assim, a redução do valor L^* do miolo está diretamente relacionada ao efeito da inclusão das matérias-primas utilizadas nas formulações dos pães doces³².

O C* da farinha de trigo ($9,80 \pm 0,05$) foi menor que o das matérias primas utilizadas, como PG ($34,33 \pm 0,09$), FPG ($33,02 \pm 0,19$) e FCP ($26,82 \pm 0,06$). Entretanto, a substituição parcial da farinha de trigo por FPG reduziu ainda mais o C* da crosta e do miolo do produto final, enquanto FCP impactou positivamente na vivacidade da coloração do miolo, sem interferir no da crosta. Já a substituição parcial da água por PG aumentou a vivacidade da coloração (C*) de ambos, crosta e miolo dos pães doces, visto que a água é incolor e tem pouca influência sobre esta variável no produto final, prevalecendo, portanto, o C* da matéria-prima. Conforme Ho, Aziz & Azahari³⁴ maiores valores referente à cromaticidade indicam cores mais vivas e vibrantes, tornando o alimento com tonalidade mais atrativa para o consumo.

As substituições promoveram redução de h° do miolo, mais pronunciadas nos pães com FPG, sem interferir na crosta. Visto que o h° da farinha de trigo ($89,25 \pm 0,15$) é superior ao da FCP ($80,18 \pm 0,04$), FPG ($69,43 \pm 0,41$) e PG ($71,97 \pm 0,19$), a sua substituição parcial,

ou mesmo a simples adição de outro ingrediente, como a PG, tende a alterar o h° do miolo, em função dos pigmentos predominantes nestes ingredientes (Figura 1). O ressecamento e reações de Maillard, provocados pelo calor intenso na superfície dos pães, podem ter mascarado o efeito das substituições sobre o h° da crosta. Segundo Angioloni & Collar³², a coloração do miolo é geralmente semelhante à cor dos ingredientes utilizados nas formulações, uma vez que o interior dos pães não atinge temperaturas tão elevadas e que possam desencadear reações de escurecimento, como ocorre na crosta dos pães.

Figura 1. Seções transversais de pães elaborados a partir da substituição parcial da farinha de trigo e água por farinha da casca de pequi, farinha da polpa de gabioba e polpa de gabioba. Tratamentos, da esquerda para a direita: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 20% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PP; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabioba e PG: polpa de gabioba.



Segundo Shittu, Raji & Sanni³³ a cor do pão desempenha papel importante na preferência do consumidor e está relacionado a vários fatores, como temperatura e tempo de cozimento, tipo de farinha, quantidade e qualidade dos ingredientes utilizados. Assim como observado neste estudo, vários outros estudos sobre substituição de ingredientes relatam efeitos significativos e visíveis na coloração da casca e miolo dos pães^{34,36-39}. Tais alterações na coloração podem ser desejáveis e atender um público específico, principalmente, devido ao apelo da saudabilidade.

Com exceção da formulação T₂, todas as demais resultaram em aumento significativo da dureza e da mastigabilidade dos pães doces (Tabela 2). Os maiores valores para essas propriedades foram observados em T₇, seguido de T₈ ($p < 0,05$). As formulações T₃ a T₆ não apresentaram diferenças significativas entre si e exibiram dureza e mastigabilidade superiores às de T₁ e T₂, porém inferiores às de T₇ e T₈ ($p < 0,05$). A simples adição de FCP não foi

suficiente para alterar essas duas variáveis texturais, visto que $T_1 = T_2$, talvez pelo baixo nível de substituição (1,5%). Porém, a adição de FPG e PG, isoladamente, ou em conjunto, a despeito da presença FCP nas formulações, aumentou as médias de ambas as variáveis. Quando juntas, a FPG e PG tiveram efeito mais pronunciado sobre o aumento da dureza e mastigabilidade, que quando separadas. De forma significativa, a adição de FCP às formulações já contendo a combinação FPG e PG promoveu pães com menor dureza e mastigabilidade ($p < 0,05$).

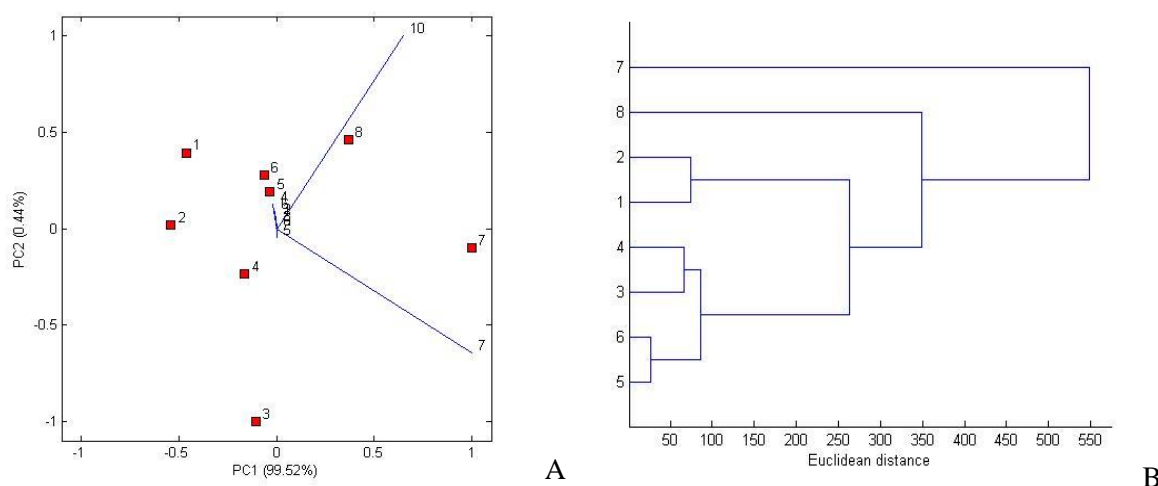
Conforme Gómez et al.⁴⁰, o aumento da dureza dos pães está relacionado às interações entre o glúten e materiais fibrosos presentes em ingredientes de origem vegetal utilizadas como na formulação. Assim, as fibras presentes nas matérias-primas estudadas ($FCP = 10,73 \pm 0,10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, $FPG = 11,88 \pm 0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $PG = 1,64 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), aliadas à maior intensidade de substituição, notadamente nas formulações contendo FPG e PG, devem ter contribuído para o incremento significativo desta variável nos pães doces ($p < 0,05$). A mastigabilidade apresentou comportamento semelhante ao da dureza, visto que quanto mais duro o pão, maior a energia requerida para triturá-lo até o ponto de deglutição, ou seja, maior a mastigabilidade. Os efeitos das substituições sobre a textura de pães corroboram os resultados de Feili et al.⁴¹, que trabalharam com pães com alto teor de fibras incorporados com 10% e 15% de farinha da casca de jaca.

As substituições realizadas não alteraram significativamente a elasticidade dos pães doces (Tabela 2, $p > 0,05$). Os resultados obtidos concordam com os de Feili et al.⁴¹, que não observaram nenhum efeito da substituição de farinha de trigo por farinha da casca de jaca, nas proporções de 10% e 15%, sobre a elasticidade de pães.

A substituição isolada de 1,5% de farinha de trigo por FCP e de 10,5% FPG, não interferiu significativamente na coesividade dos pães, enquanto as demais substituições promoveram, de forma similar, sua redução ($p < 0,05$). Conforme Boz & Karaoğlu³⁶, a diminuição dos valores de coesividade em relação ao padrão, indica tendência e/ou susceptibilidade da amostra em desintegrar-se. Essa informação é importante, pois a desintegração ou esfarelamento do pão é uma característica indesejável sob a perspectiva do consumidor. Entretanto, os dados obtidos não nos permitem afirmar se o nível de alteração que ocorreu na coesividade é suficiente para aumentar o esfarelamento do pão ao ponto de

comprometer a satisfação do consumidor e/ou a logística do produto nas etapas de resfriamento, envase, transporte de comercialização.

Figura 2. (A) Análise dos componentes principais (PCA) entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces. (B) Dendrograma das diferentes variáveis analisadas entre os parâmetros físicos de coloração e perfil de textura [L*, C* e °hue da crosta; L*, C* e °hue do miolo; dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade] dos pães doces.



Legenda: (•) 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola.

(A) (•) 1: L* crosta; 2: C* crosta; 3: °hue crosta; 4: L* miolo; 5: C* miolo; 6: °hue miolo; 7: dureza; 8: elasticidade; 9: coesividade e 10: mastigabilidade.

Conforme Mikulec et al.³⁵, a adição de extratos de cistus promoveu um efeito positivo nas propriedades texturais dos pães. Tais mudanças na textura dos pães, tanto aumento quanto diminuições de parâmetros, como dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, dependem exclusivamente do tipo de matéria-prima utilizada como ingrediente de substituição. Dessa forma, as mudanças na textura são provavelmente o resultado de alterações na natureza do amido, diluição do glúten e enriquecimento de fibras. Visando

correlacionar as variáveis associadas à coloração e textura dos pães doces com as formulações testadas, condensando as informações obtidas, realizou-se uma Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 2a), bem como uma Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA) (Figura 2b). Considerando-se o PC1, que descreve 99,52% da variância total e o HCA, observa-se, nitidamente, a formação de dois grupos, sendo que o primeiro grupo é dividido em três subgrupos. O primeiro subgrupo é representado pelos tratamentos T₁₋₂, o segundo por T₃₋₄ e o terceiro por T₅₋₆. Já o segundo grupo é representado pelos tratamentos T₇₋₈ (Figura 2b).

Características químicas dos pães

As substituições promoveram diferenças significativas ($p < 0,05$) na composição centesimal dos pães, a exceção do teor proteico (Tabela 2).

Nos pães que continham PG em sua formulação (T₅₋₈), em substituição parcial à água, foi observado menor teor de umidade que os pães controle e com demais substituições (Tabela 2, $p < 0,05$). Mesmo que a PG apresente alto teor de umidade ($88,47 \pm 0,05 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), a substituição de 20% de água por ela foi suficiente para reduzir esse parâmetro, sendo que aqueles com PG, isoladamente ou em combinação, ficaram com 85% da umidade dos demais pães. O teor de umidade da FCP ($12,49 \pm 0,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e FPG ($11,95 \pm 0,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) foi similar ao da farinha de trigo ($12,95 \pm 0,59 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) substituída. Sendo assim, as substituições parciais de farinha de trigo não impactaram significativamente o conteúdo hídrico dos pães. Mesmo com as variações na umidade dos pães, os valores reportados encontram-se abaixo dos limites máximos estabelecidos em diferentes países, em torno de 38%.

Observa-se que os pães que apresentam em comum FCP + PG (T₆ e T₈) obtiveram o maior teor de lipídeos, seguido por aqueles com PG, isoladamente ou em combinação com FPG (T₅ e T₇) (Tabela 2, $p < 0,05$). O teor lipídico da PG ($0,11 \pm 0,00 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), embora baixo, foi suficiente para promover o aumento deste composto proximal nos pães doces, quando em substituição parcial à água. Já o teor de lipídeos dos pães doces controle não diferiu daquele dos pães com FPG (T₃) e foi superior ao dos pães com a combinação FCP e FPG (T₄) ou apenas FCP (T₂) (Tabela 2, $p < 0,05$). O teor lipídico da farinha de trigo ($2,2 \pm 0,15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), ligeiramente superior ao da FCP ($1,32 \pm 0,17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) e da FPG ($1,25 \pm 0,41$

g 100 g⁻¹), fez com que o teor lipídico dos pães controle fosse superior ao daqueles com substituição da farinha de trigo por FCP e FPG, à exceção do T₃.

Apesar das diferenças no teor proteico entre a farinha de trigo (6,4 ± 0,20 g 100 g⁻¹) e FCP (4,83 ± 0,17 g 100 g⁻¹) e FPG (3,73 ± 0,16 g 100 g⁻¹) e devido ao baixo teor proteico da PG (0,41 ± 0,02 g 100 g⁻¹) (Tabela 2, p<0,05) utilizada em substituição à água, diferenças não foram notadas entre os teores proteicos dos diferentes tratamentos.

Todas as substituições realizadas, à exceção da substituição isolada de 1,5% de farinha de trigo por FCP, promoveram aumentos nos teores de cinzas dos pães doces (Tabela 2, p<0,05). O efeito mais pronunciado foi determinado pela substituição tripla (T₈), seguida pela substituição dupla envolvendo FPG e PG. Os tratamentos T₃-T₆ não diferiram entre si e apresentaram teores de cinzas inferiores aos de T₇ e T₈, mas superiores ao controle. Os teores de cinzas observados na farinha da casca de pequi (2,17 ± 0,01 g 100 g⁻¹) assemelha-se aos encontrados por Siqueira et al.⁴² valores que correspondem a 2,09 g 100 g⁻¹ e por Couto⁴³, correspondendo a 2,54 g 100 g⁻¹, respectivamente. Já os resultados referentes a cinzas para a polpa de gabirola (0,49 ± 0,01 g 100 g⁻¹) são similares aos reportados por Alves et al.⁴, de 0,43 g 100 g⁻¹ e superiores aos encontrados por Silva et al.⁴⁴, correspondendo a 0,04 g 100 g⁻¹. Referente ao teor de cinzas da farinha da polpa de gabirola, os valores corresponderam a 3,66 ± 0,04 g 100 g⁻¹. Tais resultados são superiores aos encontrados na farinha de trigo (0,5 ± 0,1 g 100 g⁻¹), o que justifica o incremento significativo encontrado nos pães com formulações de substituições combinadas entre as matérias-primas.

Relativo às fibras, os tratamentos T₄ (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de gabirola) e T₈ (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de gabirola + 20% polpa de gabirola) que apresentam em comum, a farinha da casca de pequi e a farinha da polpa de gabirola, apresentaram os maiores teores referentes a essa variável centesimal, em comparação à formulação padrão (T₁) e demais tratamentos (Tabela 2). Observa-se também que, o efeito isolado entre a farinha da casca de pequi (T₂), e a combinação de farinhas da casca de pequi e polpa de gabirola (T₆) evidenciam uma contribuição significativa (p<0,05), quanto ao incremento de fibras nos pães doces, em comparação aos efeitos de substituição isolados da polpa (T₅). Referente aos resultados de fibras observados na farinha da casca de pequi (10,73 ± 0,10 g 100 g⁻¹), o valor encontrado no presente estudo é similar ao relatado por Couto⁴³, valor que corresponde a 11,74 g 100 g⁻¹

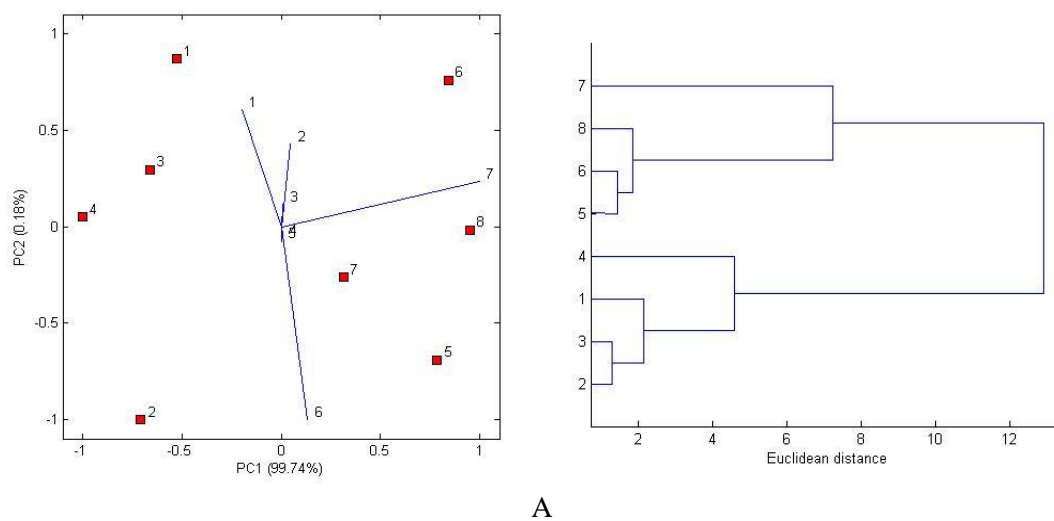
(matéria integral). Enquanto, na literatura não foram encontrados dados disponíveis referente ao conteúdo nutricional referente à farinha da polpa de gabirola, para efeito comparativo com os resultados obtidos neste estudo, no entanto, os dados obtidos de fibra equivalem a $11,88 \pm 0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Ademais, o valor de fibras encontrado para a polpa de gabirola ($1,64 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) é similar aos relatados por Silva & Fonseca⁵², de $1,17 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e por Silva et al.⁴⁴ que corresponde a $1,54 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Os resultados referentes à fração glicídica e/ou extrato não nitrogenado, as formulações T₅ (20% polpa de gabirola), T₆ (1,5% farinha da casca de pequi + 20% polpa de gabirola), T₇ (10,5% farinha da polpa de gabirola + 20% polpa de gabirola) e T₈ (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de gabirola + 20% polpa de gabirola) têm em comum a presença da polpa de gabirola em suas formulações, apresentaram os maiores teores a despeito dessa variável centesimal, em comparação a formulação padrão (T₁) e demais tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). Os maiores valores de carboidratos referem-se à redução do teor de umidade, em função da substituição parcial da água por polpa de gabirola, uma vez que, tais valores são obtidos por diferença. Quanto ao valor energético, observa-se que os tratamentos com substituição de parte da água por polpa de gabirola apresentaram maior valor calórico, devido aos maiores valores de carboidratos. No entanto, somente a formulação T₄ (1,5% farinha da casca de pequi + 10,5% farinha da polpa de gabirola) apresentou o menor valor energético, diferindo-se dos demais tratamentos, incluindo a formulação padrão (T₁).

Pela Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 3a), o primeiro componente principal (PC1) descreve 99,74% da variância total entre os componentes proximais das diferentes formulações de pães doces, o que justifica a discussão dos resultados com base apenas neste componente. Considerando-se o PC₁ e a Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA), observa-se nitidamente, a formação de dois grupos (Figura 3b).

Dessa forma, o primeiro grupo é representado pelos tratamentos T₂, T₃, T₁ e T₄, tendo em comum maior incremento nos teores de umidade. Observa-se que os teores de lipídios, proteína, cinzas e fibra encontram-se equidistantes entre ambos os grupos formados. No entanto, o segundo grupamento, formado pelos tratamentos T₅, T₆, T₈ e T₇, apresentam principalmente maior teor em carboidratos (fração glicídica) e valor energético (Figura 3).

Figura 3. (A) Análise dos componentes principais (PCA) entre as análises proximais realizadas nos pães doces; (B) Dendrograma das diferentes variáveis analisadas entre as análises proximais realizadas nos pães doces.



Legenda: (•) 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola.

(A) (•) 1: Umidade; 2: Lipídios; 3: Proteína bruta; 4: Resíduo mineral fixo (cinzas); 5: Fibra bruta; 6: Extrato não nitrogenado (fração glicídica); 7: Valor energético.

Conforme a recomendação proposta pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), as escolas de educação básica devem oferecer refeições que atendam no mínimo 20% das necessidades nutricionais de crianças entre seis a dez anos durante a permanência na escola, ou seja, as refeições devem fornecer 300 kcal 100 g⁻¹; 48,80 g 100 g⁻¹ em carboidratos; 7,5 g 100 g⁻¹ em teor lipídico e 9,4 g 100 g⁻¹ de proteínas^{9,10}. Considerando uma porção de pão (50g), todos os tratamentos podem fornecer de 49,79 a 53,76% no valor energético; de 56,22 a 60,02% no teor em carboidratos; de 31,99 a 39,19% no teor lipídico e 47,04 a 50,58% no teor proteico, com base nas diretrizes estipuladas pelo programa. Sendo assim, todas as formulações podem ser oferecidas como parte de uma refeição, podendo ser complementadas com outros alimentos.

Características funcionais dos pães

As substituições realizadas, a despeito dos níveis, promoveram incrementos significativos ($p < 0,05$) nos teores de compostos fenólicos totais e vitamina C, bem como na atividade antioxidante dos pães doces (Tabela 2).

De forma geral, os pães elaborados a partir da substituição combinada entre FCP e FPG (T₄ e T₈), com ou sem PG, apresentaram os maiores teores de fenólicos totais e maior capacidade antioxidante, medida pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP, em comparação aos demais tratamentos (Tabela 2, $p < 0,05$), lembrando-se que quanto menores os valores de DPPH IC₅₀, maior a capacidade antioxidante. Embora os tratamentos 4 e 8 também tenham obtidos bons resultados no método β -caroteno/ácido linoleico, a proteção foi inferior à observada no T₂ (1,5% FCP) ($p < 0,05$). No outro extremo, encontram-se os pães doces controle e aqueles com adição apenas de PG ($p < 0,05$).

A substituição exclusiva de 1,5% de farinha de trigo por FCP (T₂) não interferiu nos teores de vitamina C dos pães, embora todas as outras substituições os tenham aumentado (Tabela 2, $p < 0,05$). A FPG foi o substituinte que mais causou impacto positivo nos teores de vitamina C dos pães, principalmente em combinação com outros substituintes ($p < 0,05$).

Os aumentos observados estão associados com as concentrações de fenólicos e vitamina C dos substituintes utilizados nas formulações. A FCP se destaca pelos altos teores de fenólicos totais ($8.199,33 \pm 199,30$ mg EAG 100 g⁻¹), seguida pela FPG ($775,56 \pm 1,95$ mg EAG 100 g⁻¹) e PG ($390,55 \pm 4,87$ mg EAG 100 g⁻¹). Quanto à vitamina C, destaca-se a FPG ($1.250,18 \pm 60,10$ mg 100 g⁻¹), seguida pela PG ($447,03 \pm 15,65$ mg 100 g⁻¹) e FCP ($133,82 \pm 1,09$ mg 100 g⁻¹). De fato, a FCP e FPG determinaram os maiores incrementos de substâncias bioativas, especialmente os fenóis totais, enquanto FPG os maiores incrementos de vitamina C nos pães doces elaborados. Embora a FCP concentre as mais altas quantidades desses compostos, seu impacto sobre os pães doces que o tiveram como substituinte exclusivo não foi tão grande, visto que o nível de substituição foi de apenas 1,5%. Ressalta-se, ainda, que apesar de a vitamina C ser muito sensível a degradações, em função do calor, O₂ e pH, concentrações consideráveis foram observadas nos pães enriquecidos, principalmente naqueles que receberam FPG como substituinte, apesar do processamento, durante elaboração da massa e da exposição ao calor durante o assamento.

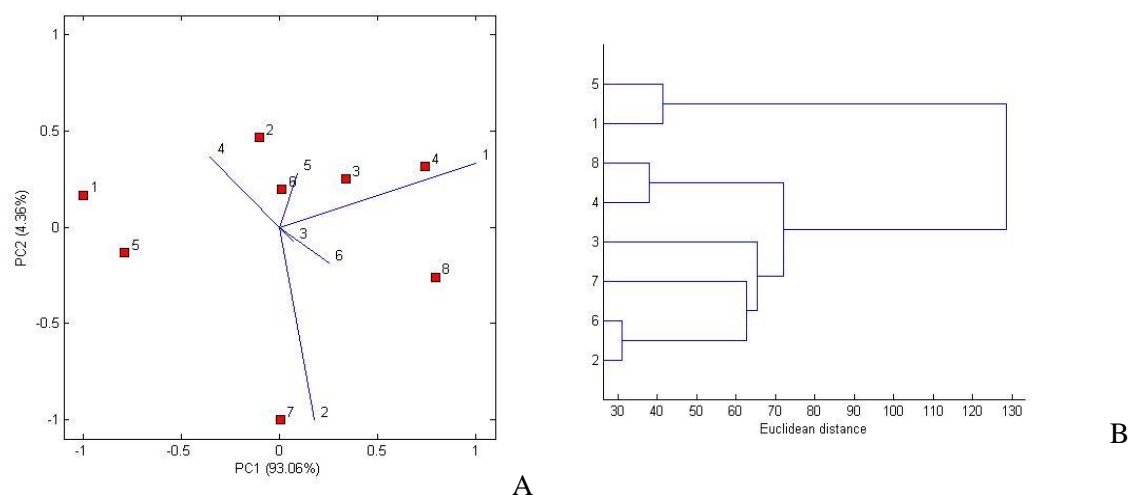
A necessidade diária de ingestão de vitamina C estimada para crianças em idade escolar, segundo a *United State Department of Agriculture* (2011)⁴⁵, corresponde a 30 mg de

ácido ascórbico por dia. Dessa forma, o consumo de uma porção (50 g) de pães doces com a substituição dupla de FPG e PG, com ou sem FCP (T₇ e T₈), forneceria 7,13% a mais da recomendação diária para essas crianças, contribuindo assim para o atendimento dessas necessidades.

Os altos teores de fenólicos e vitamina C encontrados nos substituintes utilizados, principalmente na FCP e FPG, respectivamente, refletiram-se, também, em maior atividade antioxidante dos pães doces. Na verdade, essas matérias-primas também apresentam alta atividade antioxidante, conforme descrito a seguir: FCP (ABTS = $1.555,43 \pm 66,66 \mu\text{M}$ de trolox g^{-1} ; DPPH = $13,34 \pm 6,52 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $73,27 \pm 1,60 \%$ proteção e FRAP = $3.664,07 \pm 57,81 \mu\text{M}$ sulfato ferroso g^{-1}); FPG (ABTS = $308,43 \pm 9,66 \mu\text{M}$ de trolox g^{-1} ; DPPH = $22,45 \pm 7,18 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $41,04 \pm 6,16 \%$ proteção e FRAP = $222,93 \pm 9,83 \mu\text{M}$ sulfato ferroso g^{-1}); PG (ABTS = $75,97 \pm 13,81 \mu\text{M}$ de trolox g^{-1} ; DPPH = $78,38 \pm 4,96 \text{ mg mL}^{-1}$; β -caroteno/ácido linoleico = $12,13 \pm 5,00 \%$ proteção e FRAP = $82,02 \pm 2,67 \mu\text{M}$ de sulfato ferroso g^{-1}). A alta capacidade antioxidante das farinhas pode ser associada à concentração, principalmente dos compostos fenólicos e vitamina C, no processo de secagem, conforme já determinado em goiaba por Nunes et al.⁴⁶.

Pela Análise de Componentes Principais (Figura 4a), constata-se que o primeiro componente (PC₁) descreve 93,06% da variância total entre fenólicos, vitamina C e a capacidade antioxidante dos pães doces. Logo, considerando-se o PC₁, bem como a Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA), observa-se nitidamente, a formação de dois grupos, sendo um deles subdivididos em dois subgrupos (Figura 4b). Dessa forma, o primeiro grupo é representado pelos subgrupos I: T₂, T₆, T₇ e T₃; II: T₄ e T₈, tendo em comum os maiores teores de fenólicos totais, vitamina C e maior capacidade antioxidante, a despeito do método de determinação utilizado. Por outro lado, o segundo grupo é formado apenas pelos tratamentos T₁ e T₅, com os menores teores daqueles compostos e menor capacidade antioxidante. Nota-se que o segundo grupo apresenta os maiores valores de DPPH IC₅₀, o que representa, efetivamente, menor capacidade antioxidante (Figura 4).

Figura 4. Análise dos componentes principais (PCA) das diferentes metodologias de antioxidantes [ABTS^{*+}, DPPH, antioxidante β -caroteno/ácido linoleico, redução do ferro (FRAP), vitamina C] e de compostos fenólicos (Folin-Ciocalteu) dos pães doces de gabirola e pequi.



Legenda: (•) 1: formulação padrão; 2: 1,5% de FCP; 3: 10,5% FPG; 4: 1,5% FCP + 10,5% FPG; 5: 20% PG; 6: 1,5% FCP + 20% PG; 7: 10,5% FPG + 20% PG; 8: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. (A) (•) 1: Folin-Ciocalteu; 2: Vitamina C; 3: ABTS^{*+}; 4: DPPH; 5: antioxidante β -caroteno/ácido linoleico e 6: redução do ferro (FRAP).

Dos 11 compostos fenólicos analisados (catequina, resveratrol, ácidos gálico, clorogênico, *p*-cumárico, *m*-cumárico, *o*-cumárico, cafeico, ferúlico e *trans*-cinâmico e vanilina), nenhum foi observado nos pães doces controle, enquanto os seis primeiros foram observados nos pães doces enriquecidos com FCP, FPG e PG e as combinações, à exceção da catequina, não detectada em T₃, T₅ e T₇ e vanilina em T₂ (Tabela 2).

Dos seis fenólicos identificados nos pães enriquecidos, cinco foram identificados na FCP, destacando-se como majoritário a catequina ($538,73 \pm 35,04 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), seguida pelo resveratrol ($233,33 \pm 11,23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido gálico ($200,02 \pm 1,35 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido *p*-cumárico ($17,14 \pm 0,07 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e ácido *m*-cumárico ($10,18 \pm 0,06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), além do ácido clorogênico ($62,84 \pm 4,97 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), não identificado nos pães (Figura 4b). Vanilina não foi identificada na FCP. Roesler et al.⁴⁷ relataram que a casca de pequi apresenta componentes fenólicos como o ácido gálico, ácido quinico, quercetina e quercetina 3-O-arabinose, detectados utilizando espectrometria de massa por ionização de electropulverização

(ESI-MS). Vieira⁴⁸, ao analisar o perfil fenólico da FCP, identificou a presença de ácido gálico (44,53 mg 100 g⁻¹), ácido elágico (1.002,3 mg 100 g⁻¹) e etil galato (5.205,9 mg 100 g⁻¹), enquanto Rocha et al.⁴⁹ relataram ter identificado o ácido gálico na ordem de 26,54 mg g⁻¹, valor superior ao encontrado no presente trabalho, como composto majoritário na FCP.

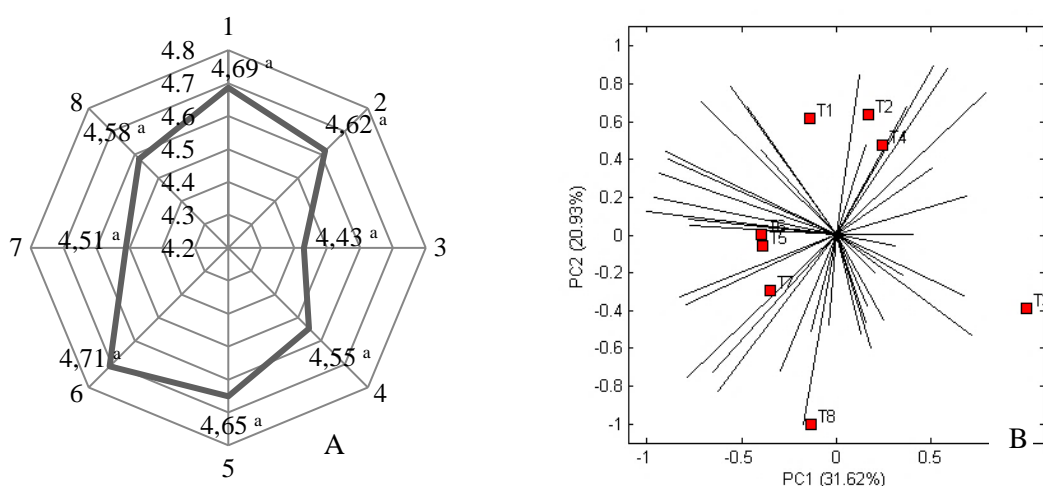
Já na polpa de gabirola e sua farinha, o ácido gálico foi o majoritário (FPG: 157,17 ± 2,93 mg 100 g⁻¹; PG: 28,75 ± 1,40 mg 100 g⁻¹), seguido pela vanilina (FPG: 29,61 ± 0,77 mg 100 g⁻¹). Em concentrações inferiores a 10 mg 100 g⁻¹ foram identificados resveratrol (FPG: 8,83 ± 0,13 mg 100 g⁻¹; PG: 6,32 ± 0,30 mg 100 g⁻¹), ácido *p*-cumárico (FPG: 2,05 ± 0,19 mg 100 g⁻¹; PG: 0,07 ± 0,00 mg 100 g⁻¹) e ácido *m*-cumárico (FPG: 0,17 ± 0,01 mg 100 g⁻¹ e PG: 0,06 ± 0,00 mg 100 g⁻¹), embora a catequina não tenha sido identificada nessas matérias-primas. Na literatura consultada não foi encontrado nenhum trabalho que relate a identificação de compostos fenólicos na FPG, enquanto poucos trabalhos descrevem a identificação desses componentes na polpa de gabirola. Malta et al.⁵⁰ identificaram e quantificaram compostos fenólicos por ESI-TOF-MS presentes na gabirola (*Campomanesia cambessedeanana* Berg), dentre eles, destacam-se: propil galato, etil galato e catequina, enquanto que, Alves et al.⁵¹ identificaram apenas a catequina (23,32 ± 1,64 mg 100 g⁻¹) por LC-ESI-MS/MS em frutos de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. Cabe ressaltar que as variações qualitativas e quantitativas observadas em comparação com os diferentes estudos disponíveis na literatura podem ser atribuídas a: i) diferentes espécies de gabirola; ii) estádios de maturação dos frutos; iii) condições edafo-climáticas e iv) interferentes relacionados a fatores metodológicos.

Os resultados de perfil fenólico observados na FCP, FPG e PG são congruentes com aqueles obtidos a partir dos pães enriquecidos (Tabela 2). Assim como vanilina não foi identificada na FCP e catequina na FPG e PG, também não o foram nos pães adicionados exclusivamente de FCP, PG e sua farinha. A catequina, seguida pelo ácido gálico e resveratrol, foi o composto fenólico de maior impacto quantitativo nos pães, considerando-se a adição de FCP, enquanto o ácido gálico, seguido pelo resveratrol, considerando-se a adição de PG e sua farinha (p<0,05). Embora não detectada na FCP e pães que a tiveram como substituto exclusivo, aparentemente a FCP contribuiu para o incremento de vanilina nos pães com FPG e PG (T₄, T₆ e T₈). Isso pode ser explicado em função do limite de detecção do equipamento, abaixo das concentrações de vanilina existente na FCP, quando avaliada isoladamente.

Características sensoriais dos pães doces

Oitenta e seis crianças participaram da análise sensorial dos pães doces, com predominância daquelas matriculadas na 3ª série (38,37%), seguidas daquelas matriculadas na 4ª série (25,58%) e 1ª e 2ª séries (16,28% cada). Os pães doces com FCP, FPG, PG e as combinações não diferiram entre si, tampouco dos pães controle ($p > 0,05$, Figura 5a). Logo, as substituições realizadas não interferiram na aceitação sensorial dos pães. As notas atribuídas aos pães doces, a despeito do tratamento, variaram de 4,43 a 4,71, indicando faixa de aceitação, em termos hedônicos, entre “gostei” e “adorei”.

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



Um Mapa de Preferência Interno foi construído a partir dos resultados de aceitação sensorial, sendo os provadores representados pelos vetores e os tratamentos pelos pontos (Figura 5b). Observa-se que, o primeiro componente principal (PC_1) explicou 31,62% e o segundo (PC_2), 20,93% da variância entre as amostras quanto à aceitação. A separação

espacial das amostras de pães sugere que os provadores deram notas diferentes para as amostras e as menores notas devem-se ao tratamento T₃ (10,5% FPG), no entanto, todas as amostras foram bem aceitas, visto que, os demais tratamentos ficaram bem distribuídos, não havendo uma formulação mais aceita do que a outra.

Para que um novo alimento ou preparação seja introduzido na alimentação escolar, recomenda-se que seja submetido a testes de aceitabilidade e que o índice de aceitação seja maior ou igual a 85% ⁵³. Baseado nessa diretriz nota-se que todas as formulações poderiam ser inseridas na alimentação escolar, exceto o T₃ (10,5% FPG), que apresentou 82,56% das notas de aceitação entre 4 e 5, no entanto, estatisticamente, não há diferenças pelo teste de Tukey ($p > 0,05$, Tabela 3) entre os diferentes tratamentos, quanto ao índice de aceitabilidade.

Tabela 3: Índice de aceitabilidade (%) de pães doces de gabirola e pequi ofertados para 86 escolares de 6 a 10 anos.

Notas e escala hedônica	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
1 “detestei”	2,33	2,33	4,65	2,33	2,33	2,33	4,65	3,49
2 “não gostei”	-	1,16	2,33	2,33	-	-	1,16	-
3 “indiferente”	1,16	2,33	10,47	8,14	3,49	5,81	8,14	10,47
4 “gostei”	19,77	20,93	10,47	12,79	18,60	8,14	10,47	6,98
5 “adorei”	76,74	73,26	72,09	74,42	75,58	83,72	75,58	79,07
∑ 4 “gostei” e 5 “adorei”	96,51 ^a	94,19 ^a	82,56 ^a	87,21 ^a	94,19 ^a	91,86 ^a	86,05 ^a	86,05 ^a

Legenda: T₁: formulação padrão; T₂: 1,5% de FCP; T₃: 10,5% FPG; T₄: 1,5% FCP + 10,5% FPG; T₅: 20% PG; T₆: 1,5% FCP + 20% PG; T₇: 10,5% FPG + 20% PG; T₈: 1,5% FCP + 10,5% FPG + 20% PG. Abreviações: FCP: farinha da casca de pequi; FPG: farinha da polpa de gabirola e PG: polpa de gabirola. No somatório das notas, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição parcial da farinha de trigo, por farinhas da casca de pequi e polpa de gabirola e de água por polpa de gabirola, promoveu alterações na coloração da crosta e miolo dos pães e nas propriedades texturais do miolo. Contudo, as substituições promovem diferenças significativas na composição centesimal dos pães, a exceção do teor proteico. Enquanto, os tratamentos que apresentam em comum a farinha da casca de pequi, combinada ou não com a polpa de gabirola e sua farinha, se destacam pelos maiores teores de fenólicos

totais, vitamina C, bem como maior capacidade antioxidante. Ademais, todas as formulações testadas são sensorialmente bem aceitas e não se diferem significativamente entre si e entre a formulação padrão. Além dos benefícios nutricionais e funcionais, as formulações atenderam às exigências energéticas do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), podendo contribuir com mais de 50% da recomendação diária de energia para crianças entre seis e dez anos. Diante disso, os pães desenvolvidos representam uma alternativa promissora para a alimentação escolar, valorizando frutos do Cerrado, promovendo sustentabilidade e diversificação alimentar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (PROCAD 88881.068456/2014-01), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) (PQ304413/2016-0) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (PPM-00355-17) pelo aporte financeiro, além disso, os autores agradecem à Escola Municipal “Álvaro Botelho” por sua parceria e às famílias, às crianças e aos professores envolvidos no projeto.

REFERÊNCIAS

1. STRASSBURG, B.B.N. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, v. 1, n. 99, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>>.
2. TEIXEIRA, N. et al. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. *Food Research International*, v. 119, p. 325–48, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.058>>.
3. MACHADO, G. G. L. et al. Metabolomics and proteomics of *Campomanesia pubescens* fruits throughout developmental stages. *Food Chemistry*, v. 485, n. 1, 144479, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144479>>.
4. ALVES, A.M. et al. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 3, p. 837–44, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300021>>.
5. PEREIRA, M.C. et al. Characterization and antioxidant potential of brazilian fruits from the Myrtaceae family. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 12,

- p. 3061–7, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf205263f>>.
6. LEÃO, D.P. et al. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, v. 225, p. 146–53, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027>>.
 7. LEÃO, D.P. et al. Potential of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peels as sources of highly esterified pectins obtained by microwave assisted extraction. *LWT - Food Science and Technology*, v. 87, p. 575–80, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.037>>.
 8. LARA, C.B., BUNDY, D., DRAKE, L., GELLI, A. State of school feeding worldwide 2013. Rome, Italy: *World Food Programme*; 2013.
 9. LOCATELLI, N.T., CANELLA, D.S., BANDONI, D.H. Positive influence of school meals on food consumption in Brazil. *Nutrition*, v. 53, p. 140–4, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.02.011>>.
 10. FRANÇA, F.C.O. et al. School meals' centesimal and mineral composition and their nutritional value for Brazilian children. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 48, p. 97–104, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tem.2018.03.013>>.
 11. SOARES, P. et al. The effect of new purchase criteria on food procurement for the Brazilian school feeding program. *Appetite*, v. 108, p.288–94, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.10.016>>.
 12. SCHNEIDER, S., THIES, V.F., GRISA, C., BELIK, W. Chapter Three - Potential of public purchases as markets for family farming: An analysis of Brazilian School Feeding Program between 2011 and 2014. ____In: *Advances in Food Security and Sustainability*, p. 69–95, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2016.09.003>>.
 13. CUNHA, M. C. et al. Physical, chemical and sensory implications of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) sweet bread made with flour, pulp and fruit by-product. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 95, p. e20201550, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765202320201550>>.
 14. GARZÓN, R. et al. Diversity among maize populations from Spain and the United States for dough rheology and gluten-free breadmaking performance. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 52, n. 4, p. 1000–8, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ijfs.13364>>.
 15. JEKLE, M., FUCHS, A., BECKER, T. A normalized texture profile analysis approach to evaluate firming kinetics of bread crumbs independent from its initial texture. *Journal of Cereal Science*, v. 81, p. 147–52, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.007>>.
 16. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 19th ed. Gaithersburg, 2012.
 17. ZOU, M.L. et al. Accuracy of the Atwater factors and related food energy conversion factors with low-fat, high-fiber diets when energy intake is reduced spontaneously. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 86, n. 6, p.1649–56, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ajcn/86.5.1649>>.
 18. 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, p. 1390–3, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf960282f>>.
19. WATERHOUSE, A.L. Determination of total phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, v. 11, n. 1, p. 130–43, 2002.
 20. STROHECKER, R., HENNING, H.M. Análisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: *Paz Montolvo*, 428 p. 1967.
 21. RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, n. 9-10, p. 1231–7, 1999. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)>.
 22. BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, v. 28, p. 25–30, 1995. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)>.
 23. MILLER, H.E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 48, n. 2, p. 91, 1971. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF02635693>>.
 24. PULIDO, R., BRAVO, L., SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 3396–402, 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jf9913458>>.
 25. RAMAIYA, S.D. et al. Sugars, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 93, n. 5, p. 1198–205, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/jsfa.5876>>.
 26. 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, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.045>>.
 27. RIBANI, M. et al. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, v. 27, n. 5, p. 771–80, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000500017>>.
 28. STONE, H., BLEIBAUM, R., THOMAS, H.A. Sensory evaluation practices. *Press A*, editor. New York, 81–115 p. 2012.
 29. FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039–42, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>.
 30. PINHEIRO, A.C.M., NUNES, C.A., VIETORIS, V. Sensomaker: A tool for sensorial characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 37, n. 3, p. 199–201, 2013.
 31. SHIBAO, J., BASTOS, D.H.M. Maillard reaction products in foods: Implications for human health. *Revista de Nutrição*, v. 24, n. 6, p. 895–904, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000600010>>.
 32. ANGIOLONI, A., COLLAR, C. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, n. 3, p. 747–58, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.008>>.
 33. SHITTU, T.A., RAJI, A.O., SANNI, L.O. Bread from composite cassava-wheat flour: Effect of backing time and temperature on some physical properties of

- bread loaf. *Food Research International*, v. 40, n. 2, p. 280-290, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.012>>.
34. HO, L.H., AZZI, N.A.A., AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. *Food Chemistry*, v. 139, n. 1–4, p. 532–9, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.039>>.
 35. MIKULEC, A. et al. Cistus extract as a valuable component for enriching wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, v. 118, n. 2, p. 108713, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108713>>.
 36. BOZ, H., KARAOĞLU, M.M. Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials. *Czech Journal of Food Science*, v. 31, n. 5, p. 457–66, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.17221/410/2012-CJFS>>.
 37. TSATSARAGKOU, K., GOUNAROPOULOS, G., MANDALA, I. Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*, v. 58, n. 1, p. 124–9, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.043>>.
 38. ZAMBELLI, R.A. et al. Effect of açai powder and chitosan incorporation on bread quality. *International Journal of Food Engineering*, v. 3, n. 2, p. 89–94, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.18178/ijfe.3.2.89-94>>.
 39. TURFANI, V. et al. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT - Food Science and Technology*, v. 78, n. 6, p. 361–6, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.030>>.
 40. GÓMEZ, M. et al. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research Technology*, v. 216, n. 1, p. 51–6, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9>>.
 41. FEILI, R. et al. Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Science and Technology*, v. 1, n. 2, p. 30–6, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.13189/fst/2013.010203>>.
 42. SIQUEIRA, B. dos S. et al. Effect of soaking on the nutritional quality of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flour. *Food Science and Technology*, v. 33, n. 3, p. 500–6, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000081>>.
 43. COUTO, E.M. Utilização da farinha da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, 2007.
 44. SILVA, M.R. et al. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural*, v. 38, n. 6, p. 1790–3, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000600051>>.
 45. United States Department of Agriculture (USDA) (2011). Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Retrieved from https://fnic.nal.usda.gov/sites/fnic.nal.usda.gov/files/uploads/recommended_intakes_in_dividuals.pdf. Acessado dia: 30 de dezembro de 2019.
 46. NUNES, J.C. et al. Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. *Food Chemistry*, v. 197, p. 881–90, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.050>>.
 47. ROESLER, R. et al. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and

- characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, v. 110, n. 3, p. 711–7, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.048>>.
48. VIEIRA, D.P.F. Farinha da casca de pequi: Caracterização físico-química, perfil de fenólicos, antioxidantes e avaliação do potencial como fonte de pectina via extração por micro-ondas. 130f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, Minas Gerais. 2017.
49. ROCHA, L.B et al. Gallic acid as the major antioxidant in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit peel. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 17, n. 4, p. 592–8, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_062>.
50. MALTA, L.G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. *Food Research International*, v. 53, n. 1, p. 417–25, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.024>>.
51. ALVES, A.M. et al. Ascorbic acid and phenolic contents, antioxidant capacity and flavonoids composition of Brazilian Savannah native fruits. *Food Science and Technology*, v. 37, n. 4, p. 564–9, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-457X.26716>>.
52. SILVA, C.A.A., FONSECA, G.G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties and potential applications. *Food Science and Biotechnology*, v. 25, n. 5, p. 1225–32, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10068-016-0195-3>>.
53. MUNIZ, V.M., CARVALHO, A.T. O Programa Nacional de Alimentação Escolar em município do estado da Paraíba: Um estudo sob o olhar dos beneficiários do Programa. *Revista de Nutrição*, v. 20, n. 3, p. 285–96, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-52732007000300007>>.