



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA - MEC  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO -  
PPGAN**

**KARINE ALEIXES BARBOSA DE OLIVEIRA**

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, TEOR DE MINERAIS E  
COMPOSTOS BIOATIVOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-  
AZUKI (*Vigna angularis*)**

**TERESINA  
2019**

**KARINE ALEIXES BARBOSA DE OLIVEIRA**

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, TEOR DE MINERAIS E  
COMPOSTOS BIOATIVOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-  
AZUKI (*Vigna angularis*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de Pesquisa: Qualidade de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (Embrapa Meio-Norte)

**TERESINA  
2019**

**KARINE ALEIXES BARBOSA DE OLIVEIRA**

**COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, TEOR DE MINERAIS E  
COMPOSTOS BIOATIVOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-  
AZUKI (*Vigna angularis*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Aprovada em: 30/08/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.º Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (Embrapa Meio-Norte)  
Orientador/ Presidente

---

Prof.º Dr. Jorge Minoru Hashimoto (Embrapa Meio-Norte)  
1º Examinador Titular

---

Prof.ª Drª Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (PPGAN/UFPI)  
2ª Examinadora Titular

---

Prof.º Dr. Maurisrael de Moura Rocha (Embrapa Meio-Norte)  
Suplente

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, ao Universo, aos espíritos amigos e guerreiros, e a toda forma de Fé que esteve presente em minha vida para me iluminar e me guiar. Obrigada por serem, indiscutivelmente, minha fortaleza e estrela!

Aos meus pais, Carlos Alberto e Maria do Remédio, por sempre estarem presentes em minha vida e me apoiarem em cada etapa e em cada decisão minha. Obrigada por toda compreensão, paciência e por sempre confiarem em mim! Vocês são meu alicerce! Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof.º Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva, pela oportunidade de realizar este trabalho e por todo o conhecimento compartilhado. Obrigada pela confiança, por sua paciência, atenção e disponibilidade em todo esse tempo.

Ao Prof.º Dr. Jorge Minoru, pelas considerações importantíssimas para este trabalho e pela atenção e disponibilidade em tirar todas as minhas dúvidas.

À Profª. Drª. Regilda Saraiva, não existem palavras para descrever toda a minha gratidão por cada palavra de carinho, de apoio, de conforto.... Muito obrigada por toda ajuda e por ser essa mulher incrível e professora admirável! Obrigada, igualmente, pela confiança, pelo acolhimento, pelos momentos de muita compreensão e por nunca me julgar nos períodos que mais precisei de apoio: eu nunca me esquecerei de cada conselho. Obrigada, também, pela disponibilidade de realizar análises no laboratório de Bioquímica de Alimentos da Universidade Federal do Piauí (LABROM), assim como pelo convite de estagiar no mesmo, o qual permitiu que eu conhecesse parte do universo maravilhoso que é a Nutrição.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) pelo apoio e oportunidade para a realização do mestrado.

À EMBRAPA Meio-Norte, pelas facilidades para a realização das análises nos laboratórios e pelo fornecimento das linhagens de feijão-azuki.

Aos técnicos da EMBRAPA, em especial ao Sr. Duarte, por toda sua ajuda, dedicação, tempo e disponibilidade para me ensinar cada metodologia. Você é um ser humano incrível! Obrigada por toda compreensão e gentileza em fazer com que eu cumprisse com o trabalho da pesquisa.

Às estagiárias do laboratório de Bromatologia da EMBRAPA, Camila e Elane, pelos sorrisos sinceros, e pela gentileza em cada ajuda! Muito obrigada por tudo!

À Bruna, Rayanne, Daisy, Débora, Izabel... Obrigada por terem um coração enorme e sempre estarem dispostas a me ajudar.

À minha família e aos amigos por cada palavra de carinho, por cada abraço de consolo, por cada sorriso encorajador e apertos de mãos incentivadores! Obrigada pela força e convivência maravilhosa de vocês!

Ao Joe Ferry, não só por estar sempre ao meu lado, mas principalmente por ser meu companheiro, parceiro e melhor amigo (antes de tudo)! Obrigada por todo incentivo, por ter me arrancado risos (que às vezes não queriam sair), por toda paciência e por tornar tudo isso mais leve... Te amo.

E a todas as pessoas, todos os funcionários do departamento de Nutrição que conheci durante estes dois anos, aos quais agradeço por toda gentileza em querer me ajudar!

**OBRIGADA!**

***“Aponta pra fé e rema (...)”***

*(Marcelo Camelo)*

## RESUMO

OLIVEIRA, K. A. B. O. **COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, TEOR DE MINERAIS E COMPOSTOS BIOATIVOS DE LINHAGENS DE FEIJÃO-AZUKI (*Vigna angularis*)**. 2019. 67f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

O objetivo deste estudo foi caracterizar linhagens de feijão-azuki quanto à composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, carboidratos e proteínas), ao valor energético total (VET), ao conteúdo de elementos minerais e aos compostos bioativos nos grãos. As 14 linhagens foram obtidas do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte e os grãos obtidos a partir de campo de multiplicação realizado no período de janeiro a junho de 2018 em telado no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. Todas as análises foram desenvolvidas no período de junho de 2018 a abril de 2019. De cada linhagem foram obtidas farinhas para as análises. Determinaram-se os compostos bioativos das três linhagens com maior valor comercial, sendo analisados os compostos fenólicos e a atividade antioxidante. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média  $\pm$  desvio-padrão. Realizou-se a Análise de Variância e as médias foram comparadas com o teste de *Scott-Knott* ( $p \leq 0,05$ ). Em relação aos compostos bioativos, o tempo decorrido entre a moagem e as análises foram 10 meses, onde as amostras foram mantidas em refrigerador doméstico a uma temperatura de 4°C, em sacos de polietileno até o momento das análises. Assim, a linhagem BRA-00122305-6 se destacou apresentando os maiores conteúdos de compostos fenólicos (552,38 mg GAE/100 g), de antocianinas (0,74 mg CE/100 g) e também de atividade antioxidante (77,9% de inibição). Concluiu-se que as linhagens de feijão-azuki plantadas sob as condições do Nordeste brasileiro apresentam ótimas características nutricionais, minerais e funcionais, e, portanto, recomenda-se o seu consumo.

**Palavras-chave:** Proteínas; Carboidratos; Manganês; Flavonóides; Antioxidantes.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, K. A. B. O. **CENTESIMAL COMPOSITION, MINERAL CONTENT AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF AZUKI BEAN LINEAGE (*Vigna angularis*)**. 2019. 67f. Thesis (Master) - Postgraduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina-PI.

The objective of this study was to characterize lineage of azuki-bean for centesimal composition (moisture, ashes, lipids, carbohydrates and proteins), total energy value (VET), mineral content and bioactive compounds in the grains. The lineages were obtained from the Embrapa Mid-North Cowpea Active Germplasm Bank (AGB), where the grains were obtained from a multiplication field carried out from January to June 2018 in a screened in the experimental field of Embrapa Mid-North. All analyzes were performed from June 2018 to April 2019. From each strain, flour was obtained for the analyzes. The bioactive compounds of the three strains with the highest commercial value were determined, and the phenolic compounds and the antioxidant activity were analyzed. All analyzes were performed in triplicate and the results expressed as mean  $\pm$  standard deviation. The analysis of variance was performed and the means were compared with the Scott-Knott test ( $p \leq 0.05$ ). For bioactive compounds, the time between grinding and analysis was 10 months, where the samples were kept in a domestic refrigerator at a temperature of 4°C, in polyethylene bags until the time of analysis. So, the BRA-00122305-6 lineage highlighted out with the highest content of phenolic compounds (552.38 mg GAE / 100 g), anthocyanins (0.74 mg EC / 100 g) and also antioxidant activity (77.9 % inhibition). It can be concluded that the bean lineages planted under the conditions of northeastern Brazil have excellent nutritional, mineral and functional characteristics and, therefore, their consumption is recommended.

**Keywords:** Proteins; Carbohydrates; Manganese; Flavonoids; Antioxidants



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### QUADRO

1-Classificação Botânica de <i>Vigna angularis</i> (Feijão-azuki). .....	14
--------------------------------------------------------------------------	----

### FIGURAS

1-Planta de feijão-azuki .....	16
2-Inflorescência do feijão-azuki.....	16
3- Sementes de Feijão-azuki .....	17
4-Fluxograma para obtenção das farinhas de sementes de feijão-azuki.....	29

## LISTA DE TABELAS

1- Comparação da composição centesimal de feijão-azuki, feijão-caupi e feijão-comum, dados em base de 100 gramas de grãos. ....	18
2-Comparação do teor de minerais de feijão-azuki, feijão-caupi e feijão-comum, dados em base de 100 g de grãos .....	20
3-Linhagens avaliadas de feijão-azuki ( <i>Vigna angularis</i> ) .....	28
4-Composição centesimal e valor calórico de acessos de feijão-azuki. ....	38
5-Conteúdo de minerais de linhagens de feijão-azuki ( <i>Vigna angularis</i> ) .....	43
6-Conteúdo de elementos minerais das farinhas de feijão-azuki e porcentagem de adequação a Ingestão Dietética de Referência – DRI .....	44
7- Conteúdo de compostos fenólicos totais em linhagens de feijão-azuki .....	49
8- Conteúdo de flavonoides totais em linhagens de feijão-azuki.....	50
9- Conteúdo de taninos em feijão-azuki .....	51
10- Conteúdo de antocianinas em linhagens de feijão-azuki .....	53
11- Atividade antioxidante de feijão-azuki.....	54

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 FEIJÃO-AZUKI, ADZUKI ( <i>Vigna angularis</i> ).....	13
2.1.1 Taxonomia e Distribuição Geográfica.....	13
2.1.2 Importância Socioeconômica do Feijão .....	14
2.1.3 Características Agronômicas .....	15
2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL .....	18
2.3 CONTEÚDO DE ELEMENTOS MINERAIS .....	19
2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS.....	21
2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	25
3 OBJETIVOS .....	27
3.1 GERAL.....	27
3.2 ESPECÍFICOS .....	27
4 METODOLOGIA .....	28
4.1. LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO .....	28
4.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS .....	28
4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL .....	30
4.4.1 Umidade.....	30
4.4.2 Cinzas .....	30
4.4.3 Lipídios totais.....	30
4.4.4 Proteínas .....	31
4.4.5 Carboidratos Totais .....	31
4.4.6 Valor Energético Total .....	31
4.5 CONTEÚDO DE ELEMENTOS MINERAIS .....	31
4.5.1 Preparação das amostras.....	31
4.5.2 Determinação de Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobre (Cu).....	32
4.5.3 Determinação de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) .....	32
4.5.4 Determinação de Sódio (Na) e Potássio (K).....	33
4.5.5 Determinação de Fósforo (P).....	33
4.6 COMPOSTOS BIOATIVOS .....	33
4.6.1 Elaboração dos Extratos .....	33

4.6.2 Compostos Fenólicos Totais .....	34
4.6.3 Flavonoides Totais .....	34
4.6.4 Antocianinas Totais .....	35
4.6.5 Flavanóis Totais .....	35
4.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE .....	36
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1 Composição Centesimal .....	37
5.2 Conteúdo de Elementos Minerais .....	41
5.3 Compostos Bioativos .....	48
5.4 Atividade Antioxidante .....	54
6 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS .....	58

# 1 INTRODUÇÃO

O feijão é cultivado em quase todos os países de clima tropical e subtropical, e assume enorme importância na alimentação humana, fundamentalmente pelo seu baixo custo, além de ser um alimento rico em proteínas, principalmente para pessoas com carência na ingestão de proteína de origem animal. Ademais, o feijão tem plena aceitação nos mais diversos hábitos alimentares e o seu cultivo é disseminado por todo o Brasil (ALMEIDA et al., 2013). As duas principais espécies de feijões cultivadas no país são o feijão-comum cores (*Phaseolus vulgaris*) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), com produção nacional total de 1.786,4 e 715,0 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2019).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão, que também é um dos grandes consumidores mundiais, visto que o consumo é pequeno nos países mais desenvolvidos (DEPEC, 2017; FAOSTAT, 2018). Em 2018, a produção nacional total de feijão foi 3.014,4 mil toneladas, estando a região sul liderando a produção com 817,6 mil toneladas. Já a região Nordeste se encontra em 4º lugar com produção de 656,0 mil toneladas e o Piauí em 3º lugar com produção de 74,7 mil toneladas (CONAB, 2019).

Os dados nacionais enfatizam a importância socioeconômica da cultura do feijão. Todavia, outra espécie vem ganhando importância nacional, ainda que timidamente: o feijão-azuki, adzuki (*Vigna angularis*). Esta espécie foi introduzida no Brasil na época da imigração japonesa, que iniciou a 110 anos atrás, e que até hoje o consumo está restrito a essas comunidades, onde pouco se disseminou para o hábito de consumo do brasileiro (LOURENÇÃO, 2015).

O feijão-azuki pertence à Família *Leguminosae*, Subfamília *Faboidea*, Classe *Magnoliopsida*, Ordem *Fabales*, Gênero *Vigna*, Subgênero *Ceratotropis*, e espécie *Vigna angularis* (DAHMER et al., 2008). É uma das culturas mais importantes e tradicionais que originou-se no leste da Ásia e países Himalaianos (LAWN, 1995; HAN et al., 2005; DAHMER et al., 2008; SATO et al., 2015). No Brasil ainda não há estatísticas precisas de produção com esse tipo de feijão (ALMEIDA, 2013).

O feijão-azuki (*Vigna angularis*), comum na culinária asiática e medicina popular, é consumido e tem grande aceitação na China, no Japão e na Coreia, onde é usado para o preparo de doces, sorvetes, pães, misturado com arroz, broto de feijão, etc. (VIEIRA; VIEIRA; MOURA, 2000). É uma planta anual, geralmente de porte ereto e com pequena altura (20-60 cm), embora existam cultivares trepadores ou prostrados (VIEIRA; VIEIRA, 2001). As sementes são pequenas, alongadas ou ovais, lisas, com diferentes cores: vermelho-vinho, parda,

preta, branca, cinza, amarela esverdeada; embora, a cor mais comum seja vermelho-vinho (LUMPKIN; MCCLARY, 1994; VIEIRA; VIEIRA, 2001; CARVALHO et al., 2012). Em relação ao clima, se adapta bem a regiões quentes e secas, tolerando altas temperaturas, apresentando sensibilidade a geadas e a baixas temperaturas, principalmente durante o florescimento, sendo a temperatura ideal nessa fase de 24-26 °C. (LUMPKIN; MCCLARY, 1994).

Do ponto de vista nutricional, segundo dados em base seca (b.s.) e referência padrão da USDA (2018) em relação às sementes cruas, o feijão-azuki pode fornecer em média (em 100g) 22,95 g de proteínas, 72,66 g de carboidratos, 0,61 g de lipídios e 3,76 g de cinzas. Gohara et al. (2016) avaliaram a composição química das variedades de feijão-azuki (*Vigna angularis*) cultivadas na cidade de Maringá e Paraná, e as mesmas apresentaram valores similares em base seca (em 100g): 23,42 g de proteínas, 71,62 g de carboidratos, 0,52 g de lipídios e 4,43 g de cinzas. Sendo assim, o feijão-azuki demonstra ser um alimento fonte destes tipos de nutrientes, sendo uma ótima opção no consumo alimentar da população. Em relação ao teor de minerais, o feijão-azuki evidencia ser também uma boa fonte de uma variedade de minerais, com 100g de feijão-azuki fornecendo 7,1 mg de ferro, 162 mg de magnésio, 3,1 mg de zinco e 94,5 mg de cálcio (SONG; YU, 2018).

Além disso, o feijão-azuki é um alimento funcional e fonte de compostos bioativos, apresentando-se como uma nova opção de tratamento fitoterápico, sendo uma ótima opção para o tratamento de disfunções renais, hipertensão e diabetes. Estudos atuais apontam para uma grande capacidade terapêutica da planta, já que produz melhorias nos parâmetros da função renal e reduz significativamente os níveis de glicose, triglicérides, VLDL (“Very Low Density Lipoprotein”, lipoproteína de muito baixa densidade), alanina aminotransferase, ácido úrico e creatinina, além de produzir um aumento nos níveis de HDL (“High Density Lipoprotein”, lipoproteína de alta densidade) em ratos submetidos a um modelo de doença renal moderada (BARACHO et al., 2016).

O conhecimento da composição centesimal dos alimentos, do teor de minerais, assim como a quantificação de compostos bioativos é de extrema importância e necessário na verificação da adequação nutricional da dieta de indivíduos e de populações, em planejamento agropecuário, na indústria de alimentos, entre outras (TORRES et al., 2000).

Além disso, estudos relacionados à composição química do feijão-azuki são escassos na literatura, sendo importante estudar essas características cultivadas nas condições climáticas do Nordeste do Brasil, e dessa forma selecionar linhagens com melhor qualidade nutritiva e

funcional visando o lançamento de cultivares para o mercado e posterior comercialização no exterior.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FEIJÃO-AZUKI, ADZUKI (*Vigna angularis*)

O feijão-azuki foi domesticado na China há 12.000 anos e é cultivado em mais de 30 países do mundo (YANG et al., 2015). É uma das culturas mais importantes e tradicionais que se originou no leste da Ásia e países Himalaianos (LAWN, 1995; HAN et al., 2005; DAHMER et al., 2008; SATO et al., 2015).

É consumido e tem grande aceitação na China, no Japão e na Coreia, onde é usado para o preparo de doces, sorvetes, pães, misturado com arroz, broto de feijão, dentre outros. No Brasil, ele é cultivado em pequena escala em colônias japonesas (VIEIRA; VIEIRA; MOURA, 2000).

Além disso, o feijão azuki é um medicamento tradicional que tem sido usado como diurético e antídoto, para aliviar os sintomas de hidropisia e beribéri na China (YANG et al., 2015).

#### 2.1.1 Taxonomia e Distribuição Geográfica

O feijão pertence à família Leguminosae, subfamília Faboidiae, classe Magnoliopsida e à ordem Fabales (JESUS et al., 2010). Refere-se aos dois gêneros importantes: *Phaseolus* e *Vigna*. Aproximadamente 30 espécies de *Phaseolus* e *Vigna* são cultivadas como leguminosas, forragens, cobertura de solo e adubo verde (GOEL et al., 2002; DAHMER et al., 2008).

O gênero *Phaseolus* abrange aproximadamente 50 espécies nativas das Américas. Dentre elas, destacam-se: *P. vulgaris* (feijão-comum), *P. lunatus* (feijão-fava), *P. coccineus* (feijão trepador) e *P. acutifolius* (feijão tepari); todas domesticadas por civilizações pré-hispânicas e utilizadas para consumo humano (ORMEÑO-ORILLO et al., 2006; DAHMER et al., 2008).

Já o gênero *Vigna*, por ser bastante amplo e diversificado, está distribuído nos trópicos da África, América e Ásia. É dividido em subgêneros, dos quais *Vigna* (africano) e *Ceratotropis* (asiático) contêm importantes leguminosas graníferas (MARÉCHAL et al., 1978; DAHMER et al., 2008).

O subgênero *Vigna* compreende a espécie *Vigna unguiculata* (feijão-caupi) que é uma cultura essencial nos países dos trópicos e subtropicais da África, América Central e do Sul, e Ásia. O subgênero *Ceratotropis*, por sua vez, envolve 21 espécies, das quais são cultivadas e importantes economicamente: *V. radiata* (feijão-mungo-verde), *V. mungo* (feijão-mungo-preto), *V. umbellata* (feijão-arroz) e *V. angularis* (Willd.) Ohwi & H. Ohashi (feijão-azuki ou feijão-adzuki) (DAHMER et. al., 2008).

A classificação botânica do feijão-azuki está apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1.** Classificação botânica de *Vigna angularis* (feijão-azuki).

<b>Família</b>	Leguminosae
<b>Subfamília</b>	Faboidea
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordem</b>	Fabales
<b>Gênero</b>	<i>Vigna</i>
<b>Subgênero</b>	<i>Ceratotropis</i>
<b>Espécie</b>	<i>Vigna angularis</i> (Willd.) Ohwi & H. Ohashi

FONTE: DAHMER et. al., 2008

### 2.1.2 Importância Sócioeconômica do Feijão

O feijão tem um papel importante na dieta alimentar da população e também na geração de receitas dos pequenos produtores que se utilizam da força de trabalho familiar. A produção desse grão é bastante difundida em todo o território nacional e distribuída em três safras ao longo do ano, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial (CONAB, 2019).

O comércio mundial do feijão é bastante limitado em função do consumo ser eminentemente interno, pois poucos países produzem visando o comércio externo. Dessa forma, a pouca importância comercial do produto no âmbito mundial, aliada à falta de um real conhecimento do seu mercado e ao pequeno consumo entre os países do primeiro mundo, limita a expansão do comércio internacional. Outro fator determinante do pequeno fluxo internacional é o fato dos grandes produtores serem também os grandes consumidores do produto, o que torna pequeno o excedente exportável (CONAB, 2019).

A produção nacional total de feijão de 2018 foi 3.014,4 mil toneladas, estando a região sul liderando a produção com 817,6 mil toneladas. Já a região Nordeste se encontra em 4º lugar



com produção de 656,0 mil toneladas e o Piauí em 3º lugar com produção de 74,7 mil toneladas (CONAB, 2019).

Os dados nacionais enfatizam a importância socioeconômica da cultura do feijão. Todavia, outra espécie vem ganhando importância nacional, ainda que timidamente: o feijão-azuki, adzuki (*Vigna angularis*).

A área cultivada mundial de espécies de *Vigna* é de 20 milhões de hectares por ano. Na Índia, seu cultivo está confinado a zonas montanhosas do nordeste e do norte (FERY, 2002; SHWETA e KUMARI, 2017). O feijão-azuki é originário da Ásia, onde é cultivado e apreciado há séculos. Até o ano de 2007, o maior produtor em área cultivada foi a China (640 mil hectares), seguido do Japão (60 mil hectares), Coreia do Sul (25 mil hectares), e Taiwan (15 mil hectares) (ANDERSEN e CHANDYO, 2007). No Brasil, ainda não há estatísticas precisas de produção com esse tipo de feijão e seu consumo é restrito às colônias de imigrantes japoneses (ALMEIDA, 2013).

### **2.1.3 Características Agronômicas**

O feijão-azuki é uma planta anual, geralmente de porte ereto e com pequena altura (20-60 cm), embora existam cultivares trepadoras ou prostradas, as quais podem ser classificadas em precoces (plantas mais baixas e com hábito de crescimento determinado), intermediárias e tardias (mais altas e com hábito de crescimento indeterminado). O rendimento dessa espécie normalmente varia de 1600 kg.ha<sup>-1</sup> (cultivares precoces) a 2500 kg.ha<sup>-1</sup> (tardias) (LULMPKIN; MCCLARY, 1994) (VIEIRA; VIEIRA, 2001).

A planta apresenta folhas com três folíolos ovais, inteiros ou ligeiramente lobulados, lisos ou pouco pubescentes, que persistem até quando as vagens estão completamente maduras (VIEIRA; VIEIRA, 2001).



**Figura 1** – Planta de feijão-azuki.

Fonte: Arquivo pessoal.

As folhas primárias são cordiformes, diferindo das de outras espécies asiáticas de *Vigna*; e seus pecíolos são longos, onde exibem inflorescência em racimos com 2-20 flores amarelas autoférteis, cuja quilha apresenta, lateralmente, um esporão cônico, oco, e uma das asas enrolada em torno da quilha (VIEIRA; VIEIRA, 2001).



**Figura 2** – Inflorescência do feijão-azuki.

Fonte: Arquivo pessoal.

As vagens são cilíndricas e pequenas (5-13 cm de comprimento), onde existe um pequeno bico terminal. Ao amadurecerem, se apresentam desde pardo-claras até negras, dependendo da cultivar (VIEIRA; VIEIRA, 2001).

As sementes se apresentam em número de 4 a 10 em cada vagem e são pequenas, alongadas ou ovais, lisas, com diferentes cores: vermelho-vinho, parda, preta, branca, cinza, amarela esverdeada; embora, a cor mais comum seja vermelho-vinho. Além disso, a semente ainda apresenta hilo estreito, linear e branco. A massa de 100 sementes varia de 3 a 25 g, dependendo do cultivar (LUMPKIN; MCCLARY, 1994; VIEIRA & VIEIRA, 2001; CARVALHO et al., 2012).



**Figura 3** – Sementes de Feijão-azuki (*Vigna angularis*)

Fonte: //br.pinterest.com/

Em relação ao clima, se adapta bem a regiões quentes e secas, tolerando altas temperaturas, apresentando sensibilidade a geadas e a baixas temperaturas, principalmente durante o florescimento, sendo a temperatura ideal nessa fase de 24-26 °C. (LUMPKIN; MCCLARY, 1994).

Vieira (2002) ao estudar o comportamento de cultivares de feijão-azuki, verificou que o mesmo é adaptado ao clima quente e seco, com sensibilidade para temperaturas baixas no início do florescimento, onde a temperatura ótima varia de 24 a 26 °C. O ciclo de vida depende da época de plantio (a partir da data de semeadura), que variou de 65 a 83 dias. Ademais, não foi verificado acometimento por doenças, demonstrando ser uma espécie com uma certa resistência em relação às demais.

De acordo com Vieira (2000) este tipo de feijão apresenta elevado potencial de cultivo por agricultores familiares como opção de diversificação de culturas e geração de renda, pois alcança preços de mercado superiores ao feijão-comum.

No Brasil, vários estudos agrônômicos têm sido realizados com feijão-azuki, tais como os apresentados por Vieira, Vieira e Moura (2000); Vieira (2002); Guareschi et al. (2009); Jesus

et al. (2010); Carvalho et al. (2012); Almeida et al. (2013); Bastos et al. (2013); Rockenbach et al. (2016); Orsi et al. (2017) e Sousa et al. (2018). Certamente esse crescente número de pesquisas deve-se ao valor nutritivo que os grãos desta leguminosa apresentam.

## 2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Segundo dados da USDA (2018), o feijão-azuki possui o maior conteúdo de carboidratos (72,66 g/100 g) em relação aos outros feijões, enquanto que o conteúdo de lipídios se mostrou o menor dentre os demais. Além disso, exibe um teor de umidade mais alto (13,44 g/100 g). Uma comparação da composição centesimal dos tipos de feijões mais consumidos no Brasil com a do feijão-azuki está demonstrada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comparação da composição centesimal de feijão-azuki, feijão-caupi e feijão-comum, dados em g/100 gramas de grãos\*.

<b>Nutrientes</b>	<b>Feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i>)</b>	<b>Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)</b>	<b>Feijão-comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</b>
<b>Umidade</b>	13,44	11,95	11,75
<b>Valor energético Total**</b>	329	336	337
<b>Proteínas</b>	22,95	26,71	25,52
<b>Lipídios</b>	0,61	1,43	1,20
<b>Carboidratos (por diferença)</b>	72,66	68,48	69,45
<b>Cinza</b>	3,76	3,68	3,82

\*Dados em base seca, com exceção da Umidade que está em base úmida.

\*\*Valor Energético Total (VET) - Dados em Kcal.

Fonte: USDA, 2018.

Orsi et al. (2017), ao caracterizarem quimicamente o feijão-azuki obtiveram elevados teores de carboidratos (b.s) (73,64 %), proteínas (20,06 %) e baixo teor de lipídios (1,83 %). Da mesma forma, Gohara et al. (2016) também avaliaram a composição química (b.s.) em 100 g de grãos das cultivares de feijão-azuki cultivadas na cidade de Maringá e Paraná, e as mesmas apresentaram valores similares: carboidratos (71,62 %), proteínas (23,42 %) e lipídios (0,52 %).

Shweta e Kumari (2017) avaliaram a composição centesimal de cinco espécies de *Vigna*. Dentre as cinco, determinaram em *Vigna angularis*, base seca em 100 g de grãos, 62,48

% de carboidratos, 27,79 % de proteínas e 0,5 % de lipídios. Isso demonstra que o feijão-azuki se sobressai em relação às outras espécies por conter alto teor de proteínas.

As proteínas do feijão-comum podem ter sua digestibilidade reduzida em 40 a 70%, além de outras leguminosas, pela ação de fatores ligados ao tegumento (taninos), aos cotilédones (inibidores de natureza proteica, como os inibidores de proteases e lecitinas, e outros como taninos, fitatos, saponinas e alcaloides), à estrutura (compacta estrutura de suas proteínas, o que fornece resistência à hidrólise enzimática), a outros componentes do grão tais como amido, fibras, minerais e outras proteínas, e ao processamento e armazenamento (PINTO et al., 2016).

Esses fatores antinutricionais do feijão podem ser reduzidos pela cocção dos grãos. Sabe-se que uma das características que depreciam a qualidade do feijão é o elevado tempo necessário para o seu cozimento, mas nem sempre a maior capacidade de hidratação dos grãos é um indicativo de menor tempo de cocção (CORTE et al., 2003; BAPTISTA, 2016).

Rockenbach et al. (2016) avaliaram os efeitos da germinação na composição nutricional de feijão-azuki. De acordo com o estudo, constatou-se que o feijão-azuki germinado após seis dias, aumentou seus valores de proteínas, fibras solúveis, antioxidantes e melhorou a digestibilidade protéica. Portanto, o consumo de germinados de feijão-azuki poderia ser uma promissora opção na dieta humana.

Os resultados obtidos em tais estudos demonstram que o feijão-azuki é um alimento fonte destes tipos de nutrientes, sendo uma ótima opção no consumo alimentar da população.

### 2.3 CONTEÚDO DE ELEMENTOS MINERAIS

A deficiência de micronutrientes afeta quase a metade da população mundial, em especial mulheres, crianças e adolescentes. A deficiência de ferro é a mais importante entre os micronutrientes já que o ferro é um nutriente essencial para o crescimento humano, desenvolvimento e manutenção do sistema imunológico. A deficiência deste pode coexistir em populações que consomem dietas com quantidades insuficientes de alimentos de origem animal. Nestes casos, os programas de fortificação de alimentos são necessários para suprir a demanda deste micronutriente (WALKER et al., 2005; MARQUES et al., 2012)

Assim como o ferro, o zinco é um micronutriente essencial de grande importância na manutenção da saúde, desempenhando papéis essenciais nos fluidos corporais como constituintes de tecidos do organismo e reguladores do metabolismo de diversas enzimas,

atuando como catalisador em diversas reações biológicas, já que age capacitando o organismo para executar várias funções como produção energética e o crescimento (DOLINSKY, 2009; KING; SHAMES; WOODHOUSE, 2000). Sua deficiência afeta o sistema imunológico, impede o combate na formação de radicais livres, causa retardo no crescimento, atraso na maturação sexual, diminuição do apetite e hipoguesia, diminuição das funções cognitivas, acrodermatite enteropática, alopecia, diarreia, erupções cutâneas e afeta a síntese de DNA. Seu consumo diário segundo a RDA varia de acordo com a idade, para crianças e adolescentes de um a 18 anos a indicação seria de 3 a 15 mg/dia (PEREIRA et al., 2011; MARQUES et al., 2012).

O cobre ajuda na absorção do ferro, necessário para a produção de energia e regulador do colesterol; o manganês contribui na ativação de enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol; o fósforo é importante na formação dos ossos, bem como das contrações musculares; o magnésio é necessário para a atividade hormonal do organismo; o potássio no controle da pressão arterial, assim como o sódio é importante na regulação da mesma, participando da absorção de aminoácidos, glicose e água (LUGO, 2017).

O feijão-azuki é uma boa fonte de uma variedade de minerais, cada 100g de feijão azuki fornecendo 7,1 mg de ferro, 162 mg de magnésio, 3,1 mg de zinco e 87 mg de cálcio. Também contém vários aminoácidos, sendo o mais abundante o glutamato (3608 mg/100 g), seguido por aspartato, leucina, lisina e arginina (FDA, 2019). Uma comparação do teor de minerais dos tipos de feijões mais consumidos no Brasil com aquela do feijão-azuki está demonstrada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Comparação do conteúdo de elementos minerais de feijão azuki, feijão caupi e feijão comum, dados em mg/ 100 g de grãos.

<b>Nutrientes</b>	<b>Feijão azuki (<i>Vigna angularis</i>)</b>	<b>Feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i>)</b>	<b>Feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i>)</b>
<b>Cálcio</b>	66	110	83
<b>Ferro</b>	4,98	8,27	6,69
<b>Magnésio</b>	127	184	138
<b>Fósforo</b>	381	424	406
<b>Potássio</b>	1254	1112	1359
<b>Sódio</b>	5	16	12
<b>Zinco</b>	5,04	3,37	2,79
<b>Cobre</b>	1,094	0,845	0,699
<b>Manganês</b>	1,730	1,528	1,111

Fonte: USDA, 2018.

Os resultados obtidos por Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão comum, mostraram que os teores de minerais expressos em mg/100 g de amostra seca variaram de 4,46 a 6,40 para ferro; 122,53 a 207,41 para cálcio; 1,31 a 2,16 para manganês; 164,56 a 239,48 para magnésio; 1,22 a 2,74 para cobre; 2,34 a 3,35 para zinco; e 1172,55 a 1542,45 para potássio.

Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizarem o potencial nutricional da cultivar de feijão-caupi BRS Milênio, constataram que as sementes contêm alto teor de minerais em 100g de grãos: ferro (6,8 mg), zinco (4,1 mg), potássio (1430 mg), fósforo (510 mg) e manganês (1,5 mg).

Lugo (2017), ao avaliar a composição-química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo (*V. radiata*) mostraram que os teores de minerais expressos em mg/100 g de amostra seca variaram de 4,75 a 14,26 para ferro; de 0,98 a 1,83 para manganês; 150,98 a 190,86 para magnésio; 0,78 a 1,22 para cobre; 3,11 a 3,96 para zinco; 1165,74 a 1432,17 para potássio e 445,66 a 554 para fósforo.

Os resultados obtidos nestes estudos demonstram que o feijão, de uma maneira geral, e com certeza, o feijão-azuki, é um alimento fonte de minerais, sendo uma ótima opção no consumo alimentar da população.

## 2.4 COMPOSTOS BIOATIVOS

Em meados dos anos 1980, no Japão, foi introduzido o conceito de alimentos funcionais: alimentos que fazem parte de uma dieta normal, os quais elucidam benefícios fisiológicos ou abreviam o risco de doenças crônicas, além de suas funções básicas nutricionais (COSTA; ROSA, 2016).

A resolução N° 18 da ANVISA define alimentos funcionais como “O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde e que pode, além de exercer funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL, 1999).

Os alimentos funcionais, por tanto, proporcionam inúmeros benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, podendo desempenhar um papel potencialmente favorável na redução do risco de doenças crônicas não-transmissíveis (DOLINSKY, 2009).

Assim, as substâncias químicas responsáveis pelas propriedades funcionais desses alimentos são chamadas “compostos bioativos”, as quais apresentam atividades biológicas diversas, importantes à saúde humana. Essas substâncias recebem também a denominação de metabólitos secundários, uma vez que são produzidas pelos vegetais de acordo com determinadas situações de estresse biótico ou abiótico (SILVA, 2008).

Dessa forma, os compostos bioativos agem contra os radicais livres para proteger o organismo em relação ao estresse oxidativo. Essa função deles é responsável por diminuir o risco de doenças cardiovasculares por causa de sua atividade antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral, o que evita uma série de distúrbios crônico-degenerativos (PEREIRA; CARDOSO, 2012; OLIVEIRA et al., 2018).

Os compostos fenólicos são parte dos compostos bioativos e estão presentes em alimentos de origem vegetal, apresentando um ou mais anéis aromáticos com graus variáveis de hidroxilação, metilação e glicosilação, o que lhes conferem multifuncionalidade. É um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Esse grupo de metabólitos secundários é o que confere cor, adstringência e amargor ao fruto. Ademais, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação. Esses compostos podem ser classificados em diferentes grupos, de acordo com a função do número de anéis fenólicos e dos elementos estruturais que ligam esses anéis entre si. Assim, existem quatro grupos distintos: ácidos fenólicos, flavonóides, estilbenes e ligninas (SHAHIDI; NACZK, 1995; DOLINSKY, 2009; MANGARIS et al., 2014).

Os flavonóides são os principais agentes antioxidantes presentes na nossa dieta e estão amplamente distribuídos nas plantas fisiologicamente, no que alude à pigmentação e ao sabor de frutas e vegetais. Além disso, participam do crescimento e reprodução das plantas, possuem proteção contra patógenos, predadores e radicais livres. Ademais, têm a capacidade de diminuir a oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL), e conseqüentemente, o risco de doenças aterogênicas. Possuem dois anéis aromáticos que são ligados por três átomos de carbonos formando um heterociclo oxigenado, e podem ser subdivididos em seis classes: flavonóis, flavonas, isoflavonas, antocianinas, flavononas e flavanóis (catequinas e proantocianidinas – taninos condensados) (DOLINSKY, 2009).

As antocianidinas são pigmentos dissolvidos no vacúolo de tecidos epidermais que concedem a coloração rosa, vermelha, azul ou roxa em flores e frutos. São resistentes às condições oxidativas enquanto estão nas plantas, e a sua degradação é prevenida pela glicosilação, esterificação com diversos ácidos orgânicos e ácidos fenólicos. O conteúdo desses



compostos nos alimentos é proporcional à intensidade da cor e aumenta conforme a fruta amadurece (DOLINSKY, 2009; ES-SAFI; CHEYNIER; MOUTOUNET, 2002).

Os flavanóis existem na forma de catequinas (monômeros) e proantocianidinas (polímeros). As galocatequinas e epicatequinas são mais encontradas em certas sementes de leguminosas, e as proantocianidinas, também conhecidas como taninos condensados, são responsáveis pela característica adstringente das frutas e das bebidas, devido à polimerização do acetoaldeído. Essa polimerização dos taninos provoca a redução do conteúdo dessa substância que é normalmente encontrado no processo de amadurecimento de diversos tipos de frutas (DOLINSKY, 2009; DE PASCUAL-TERESA; SANTOS-BUEGA; RIVAS-GONZALO, 2000)

As leguminosas, principalmente o feijão, possuem muitas propriedades funcionais por terem muitos desses compostos fenólicos, os quais possuem capacidades antioxidantes. Por conta disso, assume papel relevante na prevenção ou diminuição do risco de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, Mal de Alzheimer e Parkinson (BUTTERFIELD et al., 2002; DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010).

O feijão-azuki, comum na culinária asiática e medicina popular, é um alimento funcional e com potencial teor de compostos bioativos, apresentando-se como uma nova opção de tratamento fitoterápico, sendo uma ótima opção para o tratamento de disfunções renais, hipertensão e diabetes. Estudos atuais apontam para uma grande capacidade terapêutica da planta, já que produz melhorias nos parâmetros da função renal e reduz significativamente os níveis de glicose, triglicérides, VLDL, alanina aminotransferase, ácido úrico e creatinina, além de produzir um aumento nos níveis de HDL em ratos submetidos a um modelo de doença renal moderada (BARACHO et al., 2016)

Complementando o estudo anterior, Sato et al. (2015) reafirmaram o valor preventivo que o feijão-azuki assume nas síndromes metabólicas, já que é uma leguminosa rica em polifenóis, como as proantocianidinas. Examinaram, portanto, se o extrato de feijão-azuki poderia induzir algum efeito benéfico nas vias de sinalização envolvidas no metabolismo da glicose em fígados diabéticos (como as vias AMPK ou “5'-monofosfato-adenosina proteína quinase ativada” ou de sinalização de insulina) em resposta à hiperglicemia. Concluíram que o metabolismo da glicose pode ser afetado positivamente pelo tratamento com o extrato do feijão e que a fosforilação da AMPK aumentou significativamente em células HepG2 estimuladas por glicose que foram tratadas com o extrato do feijão-azuki. Esses dados sugerem que o feijão-azuki pode potencialmente melhorar a intolerância à glicose.

Vale ressaltar que vários fatores podem afetar os níveis de compostos fenólicos em leguminosas, incluindo fatores genéticos e ambientais (BARROS et al., 2017). Além disso, a germinação, o processamento e estocagem, assim como variedade entre espécies influenciam a formação dos flavonóides (DOLINSKY, 2009).

Os polissacarídeos, polímeros naturais, são alguns fenólicos que não se apresentam na forma livre nos tecidos vegetais, esta família engloba os taninos e as ligninas (ANGELO; JORGE, 2007). Wu et al. (2019) ao compararem os efeitos hipoglicemiantes dos polissacarídeos de feijão-mungo, feijão azuki, ervilha e feijão-caupi, verificaram que o feijão-azuki foi o que exerceu maior atividade hipoglicêmica (efeito significativo), assim como o feijão-caupi. Isso porque, de acordo com a observação histopatológica do pâncreas de camundongos diabéticos induzidos por estreptocotocina (glicosamina-nitrosureia comumente usada para produzir o diabetes) o feijão azuki e o feijão-caupi possuem capacidade de intervir no dano dos tecidos pancreáticos, renovando-os.

Kawakami et al. (2017) ao avaliarem a caracterização estrutural de proantocianidinas de revestimento de semente de feijão-azuki, observaram que as sementes de feijão-azuki contêm uma variedade de pigmentos com potencial bioatividade, incluindo fenólicos, como a proantocianidina. As proantocianidinas são uma classe de compostos fenólicos oligoméricos ou poliméricos constituídos por unidades de flavan-3-ol que são encontradas em muitas plantas e alimentos.

Barros (2014), ao avaliar a influência do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi, observou que os compostos fenólicos totais, especificamente os flavonoides, foram os principais compostos bioativos a contribuir para a atividade antioxidante das cultivares de feijão-caupi, confirmado pela elevada correlação verificada. Além disso, verificou que mesmo após o cozimento das cultivares, estas mantiveram características nutritivas e funcionais relevantes, recomendando-se o consumo do feijão-caupi com o caldo de cocção para retenção de compostos com propriedades antioxidantes. Mediante o exposto, é provável que esta mesma concepção se aplique para o feijão-azuki, o qual presume-se ter significativas propriedades funcionais.

De forma semelhante, Delfino e Canniatti-Brazaca (2010) ao medirem a capacidade de hidratação e o tempo de cocção antes e após o armazenamento, além de avaliar os teores de taninos em feijão-comum e a interferência desses compostos na digestibilidade de proteínas, verificaram que o teor de taninos diminuiu com a cocção e com o tempo de armazenamento, enquanto a digestibilidade também aumentou com o tempo de armazenamento. Em

contrapartida, a absorção de água diminuiu com o tempo de armazenamento, ao mesmo tempo que o tempo de cocção aumentou. Rios (2000), ao estudar a época de colheita e o armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão, justificou a diminuição no teor de taninos devido à oxidação e à menor solubilidade, decorrentes de seu maior grau de polimerização, onde ocorre modificação de suas estruturas e dos componentes a eles ligados, fazendo com que o teor extraído seja menor após períodos de armazenamento dos grãos. Dessa forma, é provável que esta mesma explicação se adeque aos teores de taninos em feijão-azuki.

Lugo (2017), ao quantificar compostos bioativos em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) observou que o conteúdo de compostos fenólicos variou de 153,81 a 183,65 mg/100g, o conteúdo de flavanóides totais variou de 122,30 a 145,70 mg/100g, não foi identificada a presença de taninos condensados nas amostras de grãos integrais, e em relação ao conteúdo de antocianinas, estas variaram de 0,11 a 0,78 mg/100g. Em vista dos resultados obtidos para o feijão-mungo, existe probabilidade de identificar linhagens de feijão-azuki com elevado potencial para esses compostos bioativos.

Embora os mecanismos de ação de cada um dos componentes do feijão não estejam completamente elucidados, é provável que as ações sinérgicas dos seus compostos bioativos façam dele um alimento com ótimas propriedades funcionais. Dessa forma, é presumível que o feijão-azuki também tenha significativas propriedades funcionais (RAMÍREZ-CÁRDENAS; ROSA; COSTA, 2008).

## 2.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Antioxidantes são substâncias que retardam ou previnem significativamente a oxidação de lipídios ou de outras moléculas ao inibirem a iniciação ou propagação da reação de oxidação em cadeia. Deste modo, evitam a formação de compostos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, que são potencialmente tóxicos à saúde humana (PASSOTTO et al., 1998; HUBER, 2012). Os compostos fenólicos têm recebido muita atenção na última década, pois inibem a peroxidação lipídica, a lipoxigenase *in vitro*, processos aterogênicos e câncer. Isso porque possuem propriedades redutoras, a quais desempenham papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (HUBER, 2012).

O potencial antioxidante de um composto é, portanto, determinado pela reatividade dele como um doador de elétrons ou hidrogênio, capacidade de deslocar ou estabilizar um elétron desemparelhado, reatividade com outro antioxidante e reatividade com oxigênio molecular. Outros efeitos fisiológicos da ação de compostos antioxidantes seriam sua atuação como anticancerígenos e antimutagênicos sempre considerando que estes problemas ocorram por ação de radicais livres (MORAES; COLLA, 2006).

O feijão possui atividade antioxidante devido à presença de ácidos fenólicos e flavonoides, principalmente taninos. A atividade de retirada desses grãos é de aproximadamente 79,6%, muito próxima de algumas leguminosas africanas (HUBER, 2012).

O teste de DPPH é amplamente usado para avaliar o potencial de eliminação dos radicais livres e sua estabilidade e simplicidade, ou seja, consiste na redução do radical DPPH estável pela ação dos antioxidantes presentes na amostra. Essa alteração do radical DPPH pode ser acompanhada através do decréscimo da absorbância a 517 nm (DUDONNÉ et al., 2009). Esse tipo de teste é usado para a determinação da atividade antioxidante em frutas, hortaliças e leguminosas para ajudar na classificação do poder antioxidante de cada alimento e destacar sua importância como alimento funcional, por trazer benefícios à saúde da população (LUGO, 2017). Assim, diversos estudos como Gohara et al. (2016), Złotek et al. (2015) e Yang et al. (2011), abordam a determinação da atividade antioxidante do feijão-azuki.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

Caracterizar linhagens de feijão-azuki quanto a composição centesimal, ao teor de minerais e compostos bioativos nos grãos.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Analisar a composição centesimal e o conteúdo de elementos minerais em grãos de linhagens de feijão-azuki.
- Quantificar os compostos bioativos em linhagens de feijão-azuki.
- Selecionar linhagens com melhor qualidade nutritiva e funcional visando o desenvolvimento de linhagens/cultivares para o mercado.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

As análises de composição centesimal e minerais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte. As análises de compostos bioativos foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Todas as análises foram desenvolvidas no período de junho de 2018 a abril de 2019.

### 4.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

As linhagens foram obtidas do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte. Os grãos foram obtidas de plantas cultivadas em campo de multiplicação realizado em telado no campo experimental da Embrapa Meio-Norte. A colheita foi realizada no período de janeiro a junho de 2018, visando a redução de efeitos estocásticos nas análises. As 14 linhagens de feijão-azuki avaliadas apresentam potencial agrônomo e de mercado e poderão ser lançadas no mercado nos próximos anos (Tabela 3).

**Tabela 3** – Linhagens avaliadas de feijão azuki (*Vigna angularis*).

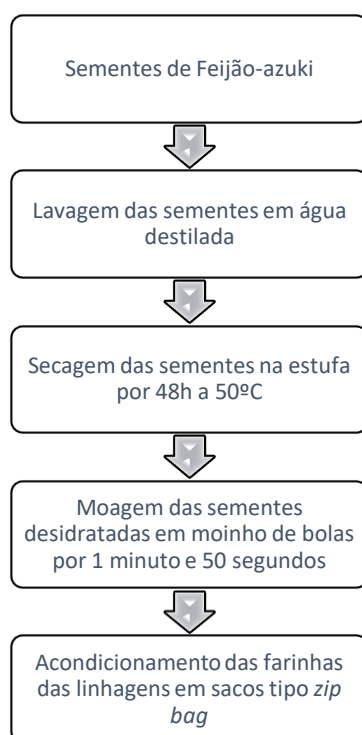
<b>Linhagens</b>	
BRA-00118739-2	BRA-00122305-6
BRA-00118740-0	BRA-00122306-4
BRA-00122314-8	BRA-00122315-5
BRA-00122316-3	BRA-00120529-3
BRA-00122339-5	BRA-00118819-2
BRA-00122317-1	BRA-00122313-0
BRA-00122318-9	BRA-00122319-7

### 4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As análises da composição centesimal e do conteúdo de minerais foram realizadas para as 14 linhagens de feijão-azuki. Já as análises de compostos bioativos foram realizadas em três

linhagens selecionadas a partir das informações obtidas sobre composição centesimal e minerais.

Aproximadamente 15g de grãos de cada linhagem (Figura 5), foram lavados com água deionizada e colocados em sacolas de papel e, posteriormente, foram colocados na estufa para secagem a 50 °C por 48 h. Após secagem foram colocados do dessecador por 30 minutos. Procedeu-se a moagem em moinhos de bola de zircônia (Retsch, modelo MM200, Haan, Alemanha) com as condições de programa P3, frequência 25 Hz e tempo de 1 minuto e 50 segundos, mantendo-se uma granulometria de 20 mesh. O produto resultante foi armazenado em embalagens tipo “zip bag” (sacos de polietileno) e estas amostras foram mantidas em refrigerador a uma temperatura de 4 °C no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, até o momento das análises, segundo metodologia descrita por Silva, Rocha e Brazaca (2009) com adaptações.



**Figura 1** – Fluxograma para obtenção das farinhas de sementes de feijão-azuki.

## 4.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

### 4.4.1 Umidade

A umidade foi determinada em base seca e realizada por meio do método de secagem em estufa a 105 °C (AOAC, 2005). Foram pesados 3 g da amostra triturada e homogeneizada, em cápsula de porcelana previamente tarada. Posteriormente as cápsulas com as amostras foram colocadas em estufa a 105 °C até peso constante, depois em dessecador por 30 minutos e pesou-se. O teor de umidade (%) foi quantificado pela fórmula:

Teor de umidade =  $(100 \times N) / P$ , onde:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra seca

### 4.4.2 Cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração em forno mufla a 550 °C, segundo a metodologia de AOAC (2005). Amostras de 3 g foram pesadas, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250°C por 4 h, posteriormente incineradas por 4 h ou até peso constante a 550 °C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 min e em seguida pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:

Teor de cinzas =  $(100 \times N) / P$ , onde:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas da amostra.

### 4.4.3 Lipídios totais

Os lipídios, correspondentes à fração extrato etéreo, foi determinada em extrator intermitente de *Soxhlet*, utilizando-se o solvente éter de petróleo PA (AOAC, 2005). Para extração, cerca de 3 g de amostras secas foram pesadas em triplicata, e foram colocadas em cartuchos de papel filtro e estes adicionados a 250 mL de éter de petróleo e mantidos em extração contínua por 6 h a 90 °C. Após o término da extração, os tubos com o resíduo foram transferidos para a estufa a 105 °C, durante 1h. Ao final, este foi resfriado em dessecador, pesado e o peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios (%) pela fórmula:



Teor de lipídios =  $(100 \times N) / P$ , onde:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas da amostra.

#### **4.4.4 Proteínas**

A determinação de proteínas foi baseada na determinação de nitrogênio, pelo método de macro *Kjeldahl*, segundo AOAC (2005), o qual se baseia na destruição da matéria orgânica (digestão) seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação. O fator 6,25 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteínas.

Para a etapa da digestão, procedeu-se a pesagem de 0,2 mg de amostra em tubo digestor, depois foi adicionado 2 g de catalizador e ao final adicionou-se 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. A digestão foi realizada a 410 °C durante 4 h. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação do nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula a seguir (AOAC, 2005):

Teor de proteínas =  $(V \times 0,14 \times F) / P$ , Onde:

V= volume de ácido sulfúrico utilizado menos ( - ) volume de hidróxido de sódio utilizado na titulação.

F = fator de conversão = 6,25.

P = peso da amostra (g).

#### **4.4.5 Carboidratos totais**

O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios e proteínas), segundo AOAC (2005).

#### **4.4.6 Valor energético total**

O valor calórico das linhagens de feijão-azuki foi estimado utilizando-se os fatores de conversão de ATWATER: 4 kcal.g<sup>-1</sup> para proteínas, 4 kcal.g<sup>-1</sup> para carboidratos e 9 kcal.g<sup>-1</sup> para lipídios (WATT; MERRIL, 1963).

### **4.5 CONTEÚDO DE ELEMENTOS MINERAIS**

#### **4.5.1 Preparação da amostra**

Para a determinação dos minerais, foram inicialmente realizadas a digestão das amostras de farinha das sementes (análise em triplicata). Em um tubo de digestão foram depositadas 0,2

g de amostra e 5,0 mL de solução digestora (ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 2:1) e pesadas 0,2 g de uma amostra conhecida para ser o padrão e um branco para a comparação das amostras. Essa solução foi aquecida por 2 h em bloco digestor elevando-se gradualmente a temperatura de 100 para 200 °C. Após a digestão foram aferidos os tubos com água Milli-Q, para obtenção de 20 mL de extrato, o qual foi homogeneizado com agitador tipo Vortex.

#### **4.5.2 Determinação de Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobre (Cu)**

A determinação do conteúdo mineral supracitado foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (1981).

A solução de extrato foi usada diretamente para fazer a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, China), selecionando cada elemento a ser analisado no programa do equipamento. O equipamento forneceu os resultados em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos em mg/100g.

Para a leitura de cada elemento no aparelho foi feita uma curva padrão com as seguintes concentrações: Ferro (Fe) – 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm e 4,0 ppm; Zinco (Zn) – 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm e 1,6 ppm; Manganês (Mn) – 1,0 ppm; 3,0 ppm e 5,0 ppm; Cobre (Cu) – 1,0 ppm; 2,0 ppm; 4,0 ppm e 8,0 ppm.

#### **4.5.3 Determinação de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)**

A determinação dos sais minerais supracitados foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama, segundo método descrito por Silva e Queiroz (1981).

Da solução do extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 0,2mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL que em seguida receberam a adição de 3,5 mL de lantânio e 3,3 mL de água Milli-Q. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex e depois foi realizada a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, China), selecionando o elemento a ser analisado no programa do equipamento. O equipamento forneceu os resultados em partes por milhão (ppm) e para fins de comparação com os dados da literatura esses valores foram convertidos em mg/100g.

Para a leitura de cada elemento no aparelho foi feita uma curva padrão com as seguintes concentrações: Cálcio (Ca) – 0,5 ppm, 1,0; 2,0 ppm; 4,0 ppm e 8,0 ppm; Magnésio (Mg) – 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 4,0 ppm e 8,0 ppm.

#### **4.5.4 Determinação de Sódio (Na) e Potássio (K)**

Da solução do extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 2,0 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL, em seguida adicionados 2,0 mL de água Milli-Q. A suspensão foi então homogeneizada em agitador tipo Vortex. Posteriormente foram realizadas as leituras no fotômetro de chama (modelo B462, marca microMal, São Paulo, Brasil) fazendo a leitura do branco, padrão e das amostras.

#### **4.5.5 Determinação de Fósforo (P)**

A determinação de fósforo foi realizada por colorimetria, segundo método descrito por Silva e Queiroz (2002).

Da solução do extrato, com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 0,2 mL do extrato para tubos de ensaio com capacidade de 20 mL que em seguida receberam a adição de 8,4 mL de água Milli-Q, 1,0 mL de Solução Ácida de Molibdato de Amônia (SAMA) e 0,4 mL de vitamina C a 2%. A suspensão foi, então, homogeneizada em agitador tipo Vortex e após aguardar 5 minutos para o desenvolvimento da cor (azul), foi procedida a leitura em espectrofotômetro UV-VIS (modelo 22PC, marca Spectrumlab, USA) a um comprimento de onda de 725 nm, usando-se uma cubeta de quartzo para a leitura das soluções e água destilada como branco.

### **4.6 COMPOSTOS BIOATIVOS**

Para as análises de compostos bioativos, a seleção das três linhagens de feijão-azuki, ocorreu de acordo com os critérios dos teores de proteínas, lipídios, zinco e ferro obtidos nas análises das 14 linhagens. Além disso, considerou-se a qualidade comercial das linhagens e as possibilidades de aceitação das mesmas no mercado. As três linhagens foram: BRA-00122339-5; BRA-00122305-6 e BRA-00118739-2.

#### **4.6.1 Elaboração dos Extratos**

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras de feijão-azuki, segundo metodologia de Rufino et al. (2007). Os solventes para extração dos compostos antioxidantes foram o metanol 50% (50:50, v/v), acetona 70% (70:30, v/v) e água, na proporção de 2:2:1 (10 mL metanol 50 %; 10 mL acetona 70 %; 5 mL água). Para a farinha das sementes foram pesadas 3 g por tratamento em tubos tipo Falcon de 50 mL. Os compostos bioativos foram extraídos primeiramente com 10 mL de metanol 50% por 60 min em ultrassom, à temperatura ambiente. Depois os tubos foram centrifugados a 4000 rpm durante 15 min e o sobrenadante foi filtrado

com papel filtro e recolhido em um balão volumétrico de 25 mL no escuro. Em seguida, 10 mL de acetona 70% foram adicionados ao resíduo e misturados para a realização do processo de extração durante 30 min em ultrassom e posterior centrifugação. Os dois sobrenadantes obtidos foram combinados no balão volumétrico de 25 mL e o volume completado com água Milli-Q, depois cada um dos extratos foi colocado em tubos Falcon com envelope de papel alumínio para manter na escuridão e em refrigeração para as demais análises.

#### **4.6.2 Compostos Fenólicos Totais**

O conteúdo de compostos fenólicos totais nos extratos foi determinado por espectrofotometria utilizando o reagente Folin-Ciocalteau (SINGLETON; ROSSI, 1965).

Em um balão volumétrico de 10 mL foram adicionadas alíquotas de 0,1 mL do extrato com 2 mL de água Milli-Q, e 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteau e misturadas deixando-se em repouso por 5 min. Posteriormente foram colocados 1,5 mL de carbonato de sódio 20% (m/v), completando-se o volume com água Milli-Q. Após 2 h de repouso em ausência de luz e temperatura ambiente, foi feita a leitura das absorvâncias a 765 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). As análises foram feitas em triplicata para cada tratamento; para o branco foi usado 0,1 mL do solvente de extração sendo 10 mL metanol 50 %; 10 mL acetona 70 %; 5 mL água (2:2:1).

Os resultados foram expressos em gramas de equivalentes a ácido gálico (GAE) por 100 g de amostra. A concentração de fenólicos totais foi obtida por meio da interpolação das absorvâncias em uma curva padrão de ácido gálico.

#### **4.6.3 Flavonoides Totais**

Para a determinação de flavonoides totais foi utilizado o método descrito por Kim, Jeong e Lee (2003), e modificado por Blasa et al. (2006). A solução do extrato original, anteriormente descrita, foi diluída para 1:3 visando à determinação deste composto em cada tratamento.

Em um tubo de ensaio de 5,0 mL, foi adicionado 1,0 mL do extrato, com 0,3 mL de nitrito de sódio ( $\text{NaNO}_2$ ) 5% (m/v) e homogeneizado com agitador tipo Vortex. Após 5 min, foi adicionado 0,3 mL de cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ) 10% (m/v) e misturado cada tubo com ajuda de um agitador Vortex. Após decorridos 6 min, foram pipetados 2,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M e misturado com agitador Vortex.

As análises foram realizadas em triplicata por linhagem e com branco usando 1,0 mL do solvente de extração no lugar do extrato. As absorvâncias das amostras foram mensuradas a

425 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). Diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg/L) foram utilizadas para a construção de uma curva padrão e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes a quercetina (mg EQ)/100 g de amostra.

#### **4.6.4 Antocianinas Totais**

Inicialmente foram pesadas 3,0 g de amostra do extrato obtido a partir das amostras de feijão-azuki em tubos tipo Falcon de 50 mL, a cada tubo foi adicionado 20 mL do solvente Metanol:HCl 1,5 N para extrair por ultrassom durante 30 minutos; depois foram centrifugados por 15 min, o sobrenadante foi filtrado e colhido em tubos Falcon de 50 mL com envelope de alumínio e armazenados no refrigerador por 12 h para poder usar o extrato na determinação de antocianinas.

A análise do conteúdo total de antocianinas foi realizada de acordo com o método de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). Para uma alíquota de 0,550 mL de amostra diluída, foram adicionados 5,0 mL da solução de cloreto de potássio (pH 1) em tubos de ensaio, homogeneizados e armazenados por 10 min na ausência de luz, tendo sido realizado procedimento equivalente com solução de acetato de sódio (pH 4,5) por triplicata para cada linhagem.

A absorbância foi medida em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda máximo de cada amostra no qual foi feita uma varredura no comprimento de onda de 480 até 520 nm e encontrou-se em qual comprimento a amostra tem maior absorbância, para depois ser usado o comprimento de onda como máximo. Em cada solução de pH 1,0 e pH 4,5 também foi feita a leitura no comprimento de onda de 700nm, e o branco foi feito com água destilada. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos (mg/100g) e expressos em equivalente à cianidina-3-glicosídeo ( $\epsilon = 26900$ ).

#### **4.6.5 Flavanóis Totais**

A determinação do teor de flavanóis totais foi baseada no método da vanilina (PRICE; SCOYOC; BUTLER, 1978). Inicialmente, foi preparado o reagente vanilina por meio da adição de 0,5 g do reagente em 200 mL de solução metanol-HCl a 4% (v/v). No procedimento, foram colocados em um tubo de ensaio 5,0 mL do reagente vanilina e depois foram adicionados 1,0 mL do extrato da amostra misturando com o auxílio do agitador Vortex, aguardando-se a reação por 20 min, na ausência de luz e em temperatura ambiente. Similarmente, foi feito um branco com a adição do reagente vanilina (5,0 mL) a mistura dos solventes do extrato (1,0 mL).

As análises foram realizadas em triplicata. Foi efetuado a leitura das absorvâncias do branco e das amostras em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) a 500 nm.

Foi utilizado a catequina como padrão, e os resultados foram expressos como miligrama de equivalente de catequina /100 g da amostra.

#### 4.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura dos radicais livres DPPH, desenvolvido por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Inicialmente, preparou-se uma solução do radical DPPH (100 µM) dissolvido em metanol a 80% (1:100 v/v), ajustando o valor da absorvância inicial ( $A_0$ ) desta solução, procedeu-se a homogeneização e a mistura foi mantida em local escuro, à temperatura ambiente, por 30 minutos.

As medidas das absorvâncias foram realizadas em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda de 515 nm, do radical, antes de adicionar a amostra ( $A_0$ ) e depois de adicionar a amostra, com 30 minutos de reação ( $A_t$ ). Um teste branco (B) com 2,9 mL DPPH e 100 µL do solvente foi conduzido paralelamente. O poder de sequestro de radicais pela amostra foi calculado pela fórmula:

$$\% \text{ Inibição} = [1 - (A_{30} - B) / A_0] \times 100$$

Foi construída uma curva padrão com Trolox em diferentes concentrações (0-100 mg/L) como referência. Os resultados foram expressos em µmol TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) por 10 g de amostra.

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância univariada no programa SISVAR – Sistema de Análise de Variância – versão 5.6 da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2008). Os resultados estão apresentados em tabelas com os valores das médias e desvios padrão. Para verificar a existência de diferenças entre as médias das linhagens foi utilizado o teste Scott-Knott,  $p \leq 0,05$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal das sementes de feijão-azuki está apresentada na Tabela 4.

#### 5.1.1 Umidade

O conteúdo de umidade (base úmida, b.u.) nos grãos variou de 3,79 (BRA-00118739-2) a 8,07% (BRA-00118740-0) no qual, não se observou diferença significativa entre as linhagens ( $p \leq 0,05$ ).

A umidade dos grãos de feijão-azuki da maioria dos trabalhos da literatura pesquisada foi bem maior à observada neste trabalho: 12,7% (HOLLAND et al., 1994); 10,92% (ORSI et al., 2017); 13,07% (GOHARA et al., 2016); 13,44% (TABNUT, 2019); e 12,02% (SHWETA e KUMARI, 2017).

Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizar quimicamente a cultivar BRS Milênio de feijão-caupi obtiveram teor de umidade de 6%, ou seja, apresenta níveis de umidade semelhantes ao deste trabalho.

A umidade tem um papel essencial na conservação de grãos/sementes de feijão, pois elevados teores de umidade favorecem o desenvolvimento de micro-organismos, aumentam a temperatura do grão e o processo respiratório, reduzindo a massa, a qualidade, o vigor e a germinação. Por isso a secagem dos grãos é um processo importante. Assim, a recomendação de armazenamento do feijão quanto ao teor de umidade deve ser de 13%, pois as condições de armazenamento podem afetar o valor nutritivo do feijão, bem como comprometer a segurança do produto. Dessa forma, constatou-se que o conteúdo de umidade dos grãos de feijão-azuki deste trabalho se situou dentro da faixa recomendada para o armazenamento de grãos (IFERT et al., 2014).

**Tabela 4** – Composição centesimal e valor calórico de linhagens de feijão-azuki. Teresina, 2018.\*

Linhagens	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	CHO (%) <sup>(1)</sup>	Proteínas (%)	VET (Kcal/100g) <sup>(2)</sup>
BRA-00122314-8	5,68±0,33a	4,04±0,58a	1,17±0,04c	75,09±1,34e	19,74±0,30c	389,39±1,10b
BRA-00120529-3	4,75±0,47a	3,64±0,59a	1,79±0,37d	77,64±0,95f	16,58±0,56a	396,18±7,10c
BRA-00122318-9	5,17±0,22a	3,43±0,93a	1,86±0,11c	77,67±1,35f	16,84±0,19a	396,48±6,40c
BRA-00122305-6	5,49±0,53a	4,04±0,43a	1,62±0,17d	72,61±1,48d	21,93±0,22d	390,89±3,43b
BRA-00122315-5	6,19±0,63a	3,59±0,36a	0,65±0,00b	75,31±0,20e	20,40±0,21c	389,11±3,31b
BRA-00122319-7	6,68±5,96a	4,13±0,50a	0,65±0,06b	74,61±0,96d	20,42±0,75c	385,20±3,62a
BRA-00122313-0	5,15±0,41a	3,93±0,26a	0,58±0,06b	77,43±0,86f	18,03±0,32b	386,11±1,27a
BRA-00122306-4	8,02±1,40a	4,46±0,05a	0,56±0,08b	76,25±0,14e	18,98±0,27c	383,82±1,58a
BRA-00118819-2	7,31±2,36a	4,29±0,59a	0,13±0,01a	70,76±0,11c	24,80±0,56e	383,47±2,33a
BRA-00122317-1	6,03±0,43a	4,56±0,11a	0,17±0,03a	76,37±0,09e	19,47±1,11c	382,38±0,125a
BRA-00122316-3	5,65±1,13a	4,43±0,13a	1,25±0,12c	73,67±1,50d	20,49±0,80c	389,29±3,85b
BRA-00122339-5	5,92±3,60a	4,56±0,09a	1,08±0,22c	73,69±0,12d	20,09±0,65c	390,05±3,75b
BRA-00118740-0	8,07±2,33a	4,19±0,11a	1,74±0,02d	63,18±0,32a	30,79±1,08g	392,45±4,81b
BRA-00118739-2	3,79±5,58a	4,12±0,06a	2,41±0,30e	66,75±0,89b	26,69±1,12f	395,52±1,81c
Média	6,04	4,10	1,13	73,56	21,12	389,67
**CV	37,35	10,46	14,86	1,28	3,15	0,52

\*Valores das médias das triplicatas ± desvio padrão; Valores em base seca com exceção da Umidade que está em base úmida; \*\*CV- Coeficiente de Variação; (1) Carboidratos: calculado pela Equação (100 – Lipídios – Proteína – Cinzas); (2) Valor Energético Total: calculado pelos fatores de conversão de ATWATER; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Skott-Knott.



### 5.1.2 Cinzas

Em relação ao conteúdo de Cinzas nos grãos de feijão-azuki, não houve diferença significativa, variando de 3,43 (BRA-00122318-9) a 4,56% (BRA-00122317-1 e BRA-00122339-5).

Os resultados desta pesquisa são similares aos apontados pela FDA (2017), onde o feijão-azuki apresenta teor de cinzas (b.s) de 3,60%. A USDA (2018) também apresenta resultados semelhantes para o feijão-azuki (3,76%), feijão-caupi (3,68%) e feijão-comum (3,82%) (Tabela 1).

Orsi et al. (2017) ao caracterizarem quimicamente o feijão-azuki obtiveram teores de cinzas (b.s) de 4,47%, Gohara et al. (2016) apresentaram valores similares ao avaliarem a composição química das variedades de feijão-azuki cultivadas na cidade de Maringá e Paraná (4,43 e 4,13%) e Shweta e Kumari (2017) determinaram (b. s.) 4 % de cinzas.

Os resultados desta pesquisa indicam que o feijão-azuki possui um bom teor de cinzas e, portanto, um indicativo de que pode conter altos teores de minerais. Isso porque o maior conteúdo de cinzas, que são resíduos inorgânicos, é um parâmetro de referência indicando que naquela amostra pode haver diferentes compostos minerais (LUGO, 2017).

### 5.1.3 Lipídios

O teor de lipídios é considerado um dos parâmetros mais importantes para se avaliar a importância nutricional dos grãos de feijão-azuki. Nesta pesquisa houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), variando de 0,13 a 2,41%, sendo que os menores teores foram encontrados na linhagem BRA-00118819-2 (0,13%).

Os valores de lipídios (b.s) nos grãos de feijão-azuki são bem variados na literatura, mas na maioria dos estudos apresenta baixo teor de lipídios, inclusive, menor do que em outros tipos de feijões. Segundo a USDA (2018), o teor estimado para o feijão-azuki (0,61%) é menor do que o estimado para o feijão-caupi (1,43%) e também para o feijão-comum (1,20%). Gohara et al. (2016) encontraram em seu estudo um teor de 0,52 e 0,51%. De forma similar, Shweta e Kumari (2017) determinaram 0,5 %. Já para Orsi et al. (2017), o valor encontrado foi 1,83%.

Estes valores se assemelham aos encontrados nesta pesquisa, embora algumas linhagens deste estudo superam, em qualidade, por terem teores bem mais baixos de lipídios (Tabela 4). Vale ressaltar que dados contraditórios podem advir do uso de diferentes metodologias.

#### 5.1.4 Carboidratos

Os carboidratos, além dos lipídios, é outro componente importantíssimo presente em feijões secos (SATHE, 2002). Houve diferença significativa entre as linhagens, variando de 63,18 a 77,67%, sendo que as linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00120529-3 (77,64%), BRA-00122318-9 (77,67%) e BRA-00122313-0 (77,43%).

Segundo dados da USDA (2018), o feijão-azuki possui conteúdo de carboidratos (b.s) (72,66%) mais alto que outros tipos de feijões, como o feijão-caupi (68,48%) e o feijão-comum (69,45%). De modo semelhante, Orsi et al. (2017) e Gohara et al. (2016) ao também caracterizarem quimicamente o feijão-azuki obtiveram elevados teores de carboidratos: 73,64% e 71,62%, respectivamente. Shweta e Kumari (2017) avaliaram a composição centesimal de cinco espécies de *Vigna*. Dentre as cinco, determinaram em *Vigna angularis*, um teor de 62,48 % de carboidratos. Esses dados corroboram com os resultados da presente pesquisa.

Os resultados de carboidratos desta pesquisa enfatizam a qualidade dos grãos de feijão-azuki plantados sob as condições do Nordeste brasileiro, apresentando, portanto, altos teores de carboidratos.

#### 5.1.5 Proteínas

O conteúdo de proteínas nos grãos das diferentes linhagens de feijão-azuki apresentou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), variando de 16,58% a 30,79%, sendo que a linhagem BRA-00118740-0 (30,79%) foi superior às demais, seguida pela BRA-00118739-2 (26,69%).

A FDA (2019) e a USDA (2018) caracterizam os grãos crus de feijão-azuki com teor de proteínas (b.s) de 24,27 e 22,95%, respectivamente, similares ao observado neste trabalho. Orsi et al. (2017), ao também caracterizar quimicamente o feijão-azuki obtiveram valor similar para teor de proteínas (b.s) (20,06%), assim como Gohara et al. (2016) (23,42 e 26,39%) e Shweta e Kumari (2017) (27,79%).

Os teores de proteínas encontrados nestes estudos representam o intervalo de valores encontrados neste trabalho, embora em algumas linhagens tenham apresentado valores mais elevados. Isso reafirma que os resultados são excelentes por ter um alto teor de proteínas na forma de grão, sendo uma ótima opção para fornecer este nutriente na forma de grão cozido, que é como normalmente pode ser consumido.

### 5.1.6 Valor Energético Total (VET)

Os resultados referentes ao conteúdo do VET nos grãos de feijão-azuki demonstraram diferenças significativas entre as linhagens, variando de 382,38 a 396,48 kcal/100 g, sendo as linhagens BRA-00120529-3 (396,18 Kcal/100 g) e BRA-00122318-9 (396,48 Kcal/100 g) as que obtiveram os maiores valores.

A USDA (2018) aponta 329 Kcal/100 g (b.s) em relação ao VET para o feijão-azuki, valor menor ao encontrado nesta pesquisa. Já Orsi et al. (2017) encontrou 391,27 Kcal/100 g (b.s) e Gohara et al. (2016), 384,84 Kcal/100 g (b.s).

As diferenças na composição centesimal observadas entre as linhagens e comparado a outras pesquisas com o feijão-azuki reforçam a interferência de alguns fatores na qualidade nutricional do grão, tais como o genótipo durante o desenvolvimento da planta (CASTELLÓN et al., 2003; RIBEIRO, 2010).

## 5.2 CONTEÚDO DE ELEMENTOS MINERAIS

Os resultados referentes ao conteúdo de elementos minerais apresentados pelas quatorze linhagens de feijão-azuki estão demonstrados na Tabela 5.

### 5.2.1 Ferro

Em relação ao conteúdo de ferro, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Fe variou de 3,66 (BRA-00122306-4) a 6,63 mg/100 g (BRA-00118739-2), sendo que as duas linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00122305-6 (6,09mg/100 g) e BRA-00118739-2 (6,63mg/100 g). Os valores de Fe descritos neste trabalho estão próximos aos descritos por USDA (2018), FDA (2019) e TABNUT (2019): 4,98; 7,1; e 4,98 mg/100 g, respectivamente para o feijão-azuki.

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, observaram teores de Fe que variaram de 4,46 a 6,40 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo. De modo semelhante, Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizarem o potencial nutricional da cultivar BRS Milênio de feijão-caupi, constataram que a semente contém 6,8 mg/100 g de Fe. Lugo et al. (2017) também encontrou valores próximos aos desta pesquisa ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.), as quais mostraram teor de Fe que variou de 4,75 a 14,26 mg/100 g.

Para o ferro, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 14 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de Fe, 36,71% deste mineral. Isso porque cumpre com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 4). O ferro é elemento essencial para o desenvolvimento normal e para a integridade funcional dos tecidos linfóides, sendo que a sua deficiência pode levar a alterações na resposta imunitária, prejudicando o crescimento, o desenvolvimento da linguagem, a redução da atividade física, a produtividade e o apetite (BRASIL, 2007). O feijão-azuki é, dessa forma, uma opção para o consumo alimentar saudável da população de leguminosas, já que pode contribuir nas deficiências de Fe.

### **5.2.2 Zinco**

Em relação ao conteúdo de zinco, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Zn variou de 3,20 (BRA-00118819-2) a 5,72 mg/100 g (BRA-00118739-2), sendo que a linhagem que mais se destacou foi: BRA-00118739-2 (5,72 mg/100 g). Estes teores são similares ao descrito por TABNUT (2019) (5,04 mg/100 g) e por USDA (2018) (5,04 mg/100 g) e menores do que o descrito por FDA (2019): 3,1 mg/100 g.

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, determinaram teores de Zn que variaram de 2,39 a 3,35 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo, embora algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores menores ao desta pesquisa. De modo semelhante, Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizarem o potencial nutricional da cultivar BRS Milênio de feijão-caupi, constataram que os grãos contêm 4,1 mg/100 g de Zn. Lugo et al. (2017) também encontrou valores próximos aos desta pesquisa ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de Zn variou de 3,11 a 3,96 mg/100 g.

Para o Zn, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 7 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de Zn: 57,57% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 6). O Zn é elemento essencial de grande importância na manutenção da saúde, e o teor obtido nesta pesquisa pode fornecer este micronutriente no consumo alimentar da população adulta.

**Tabela 5** – Conteúdo de minerais de acessos de feijão azuki (*Vigna angularis*). Teresina, 2018.\*

Linhagens	Fe	Zn	Cu	Mn	Ca	Mg	P	Na	K
BRA-00122314-8	5,13±1,11c	3,92±0,42b	0,51±0,11a	2,37±0,23c	298,55±9,16 d	250,22±10,69c	418,67±1,41b	21,11±2,41c	1312,23±13,99a
BRA-00120529-3	5,26±0,04c	3,82±0,19b	0,67±0,06b	2,29±0,82c	300,27±6,84d	228,31±10,54b	422,67±8,49b	25,16±0,57d	1318,83±0,00a
BRA-00122318-9	5,69±0,32c	4,46±0,09c	0,70±0,05b	1,96±0,09b	284,89±8,35c	230,20±2,85b	426,00±8,49b	20,85±0,55c	1404,55±13,99b
BRA-00122305-6	6,09±0,15d	4,61±0,18c	0,77±0,02c	2,49±0,14c	336,37±2,58d	249,25±4,48c	485,33±1,41c	25,06±2,71d	1411,14±0,00b
BRA-00122315-5	5,40±0,50c	3,60±0,15a	0,55±0,09a	2,23±0,12c	265,55±1,63c	242,81±5,48c	413,00±3,61b	28,95±1,99e	1444,11±0,00b
BRA-00122319-7	5,34±0,40c	3,35±0,25a	0,55±0,04a	2,23±0,03c	292,52±2,09d	256,89±3,88c	426,67±0,71b	21,00±4,59c	1450,71±0,00b
BRA-00122313-0	4,63±0,76b	3,98±0,39b	0,63±0,05b	2,15±0,07c	269,49±9,32c	212,97±1,22b	456,67±2,12b	20,64±0,54c	1305,64±13,99 a
BRA-00122306-4	3,66±0,69a	3,39±0,21a	0,63±0,07b	2,14±0,10c	301,72±12,10d	174,35±0,19a	375,33±12,02a	12,65±2,28b	1299,04±0,00 a
BRA-00118819-2	5,32±0,36c	3,20±0,10a	1,24±0,04d	1,50±0,10a	128,89±5,96b	152,32±2,48a	596,67±7,78e	8,23±0,16a	1483,68±34,26b
BRA-00122317-1	4,06±0,35b	3,69±0,34b	0,68±0,05b	2,34±0,05c	273,73±2,19c	193,89±2,52a	410,33±0,71b	37,80±4,92f	1384,77±19,78b
BRA-00122316-3	5,07±0,58c	4,44±0,58c	0,49±0,04a	2,47±0,24c	270,87±2,26c	213,39±8,04b	350,33±2,12a	12,95±2,32b	1397,96±11,42b
BRA-00122339-5	4,45±1,29b	4,25±0,45c	0,72±0,05c	2,48±0,12c	268,52±11,19c	205,85±2,40b	389,00±0,71a	21,81±1,50c	1457,30±27,98b
BRA-00118740-0	4,40±0,51b	3,96±0,05b	0,77±0,23c	1,80±0,15b	112,80±5,32b	162,26±10,39 a	563,00±22,63d	20,43±2,64c	1338,61±55,95a
BRA-00118739-2	6,63±0,13e	5,72±0,08d	0,75±0,08c	1,80±0,16b	75,44±6,10a	158,33±3,46a	515,67±4,95c	12,93±2,09b	1345,20±55,95a
Média Geral	5,14	4,03	0,67	2,16	248,54	209,36	446,38	20,69	1382,41
**CV	4,59	7,28	4,64	5,56	8,38	8,23	4,38	2,37	3,76

\*Valores das médias das triplicatas ± desvio padrão; Dados em mg/ 100g de grãos; \*\*CV – Coeficiente de Variação; Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), pelo teste de Skott-Knott.

**Tabela 6** – Conteúdo de elementos minerais das farinhas de feijão-azuki e porcentagem de adequação à Ingestão Dietética de Referência – DRI.

<b>Minerais</b>	<b>*DRI Mg/dia</b>	<b>Média (mg/100g)</b>	<b>Porcentagem de adequação a DRI</b>
Ferro	14	5,14	36,71
Zinco	7	4,03	57,57
Cobre	0,9	0,67	74,44
Manganês	2,3	2,16	93,91
Cálcio	1000	248,54	24,85
Magnésio	260	209,36	80,52
Fósforo	700	446,38	63,77
Sódio	1.500	20,69	1,38
Potássio	4.700	1382,41	29,41

\*Ingestão Dietética de Referência (BRASIL, 2012). Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

### 5.2.3 Cobre

Em relação ao conteúdo de cobre, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Cu variou de 0,51 (BRA-00122314-8) a 1,24 mg/100 g (BRA-00118819-2). O teor de Cu descrito por USDA (2018) (1,094 mg/100 g) e por TABNUT(2019) (1,094 mg/100 g) são similares ao deste trabalho, já que os valores descritos estão dentro da faixa de variação dos resultados deste estudo. No entanto, algumas linhagens (Tabela 5) superam estes valores determinados pela USDA (2018) e por TABNUT (2019).

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, determinou teores de Cu que variaram de 1,22 a 2,74 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo, embora algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores maiores ao desta pesquisa. De modo semelhante, Lugo (2017) encontrou valores próximos aos desta pesquisa ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de Cu que variou de 0,78 a 1,22 mg/100 g.

Para o Cu, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 0,9 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de Cu:

74,44% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 6).

### 5.2.3 Manganês

Em relação ao conteúdo de manganês, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Mn variou de 1,50 (BRA-00118819-2) a 2,49 mg/100 g (BRA-00122305-6), sendo que as três linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00122316-3 (2,47 mg/100 g), BRA-00122339-5 (2,48 mg/100 g) e BRA-00122305-6 (2,49 mg/100 g). O teor de Mn descrito por USDA (2018) (1,73 mg/100 g), e por TABNUT (2019) (1,73 mg/100 g) são similares ao deste trabalho.

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, determinaram teores de Mn que variaram de 1,31 a 2,16 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo, embora algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores menores ao desta pesquisa. De modo semelhante, Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizarem o potencial nutricional da cultivar BRS Milênio de feijão-caupi, constataram que os grãos contêm 1,5 mg/100 g de Mn. Lugo (2017) também encontrou valores próximos aos desta pesquisa ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de Mn que variou de 0,98 a 1,83 mg/100 g, embora algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores menores ao desta pesquisa.

Para o Mn, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 2,3 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de Mn: 93,91% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 6).

### 5.2.4 Cálcio

Em relação ao conteúdo de cálcio, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Ca variou de 75,44 (BRA-00118739-2) a 336,37 mg/100 g (BRA-00122305-6), sendo que a linhagem que mais se destacou foi: BRA-00122305-6 (336,37 mg/100 g). FDA (2019) (87 mg/100 g) apresentou valor similar ao deste trabalho, embora algumas linhagens (Tabela 5) superaram o valor determinado pela mesma. O teor descrito por USDA (2018) (66 mg/100 g) e por TABNUT (2019) (66 mg/100 g) são menores ao descrito nesta pesquisa.

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, determinaram teores de Ca que variaram de 122,53 a 207,41 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo, ressaltando que algumas linhagens da presente pesquisa superaram os valores do estudo citado.

Para o Ca, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 1000 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki são considerados fontes deste mineral, pois fornecem um teor de 24,85% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado fonte de um mineral quando fornece pelo menos 15% da DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 6).

### 5.2.5 Magnésio

Em relação ao conteúdo de magnésio, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Mg variou de 152,32 (BRA-00118819-2) a 256,89 mg/100 g (BRA-00122319-7), sendo que as três linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00122305-6 (249,25 mg/100 g), BRA-00122314-8 (250,22 mg/100 g) e BRA-00122319-7 (256,89 mg/100 g). O teor de Mg descrito por USDA (2018) (127 mg/100 g) está muito inferior aos valores encontrados neste trabalho. Já a FDA (2019) descreveu teor de 162 mg/100 g para Mg, similar ao deste estudo, uma vez que o valor descrito está dentro da faixa de variação dos resultados desta pesquisa. No entanto, algumas linhagens (Tabela 5) superaram este valor determinado por FDA (2019). O teor descrito por TABNUT (2019) (127 mg/100 g) é menor ao descrito neste trabalho.

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão comum, determinou teores de Mg que variaram de 164,56 a 239,48 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo, ressaltado que algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores menores ao desta pesquisa. De modo semelhante, Lugo (2017) também encontraram valores próximos aos desta pesquisa ao avaliarem a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de Mg que variou de 150,98 a 190,86 mg/100 g, embora algumas linhagens do estudo citado tenham apresentado valores menores ao desta pesquisa.

Para o Mg, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 260 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de Mg: 80,52% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 4).



### 5.2.6 Fósforo

Em relação ao conteúdo de fósforo, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de P variou de 350,33 (BRA-00122316-3) a 596,67 mg/100 g (BRA-00118819-2), sendo que as três linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00118739-2 (515,67 mg/100 g), BRA-00118740-0 (563 mg/100 g) e BRA-00118819-2 (596,67 mg/100 g). O teor de P descrito por USDA (2018) (381 mg/100 g) e por FDA (2019) (442 mg/100 g) e TABNUT (2019) (381 mg/100 g) são similares ao deste estudo, uma vez que os valores descritos estão dentro da faixa de variação dos resultados desta pesquisa. No entanto, algumas linhagens (Tabela 5) superaram estes valores determinados por USDA (2018) e FDA (2019).

Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizarem o potencial nutricional da cultivar BRS Milênio de feijão-caupi, constataram que a semente contém 510 mg/100 g de P, similar ao encontrado nesta pesquisa para o feijão-azuki. Lugo et al. (2017) também encontraram valores próximos aos desta pesquisa ao avaliarem a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de P que variou de 445,66 a 554 mg/100 g, embora algumas linhagens deste estudo tenham apresentado valores maiores ao da pesquisa citada.

Para o P, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) é recomendável 700 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de P: 63,77% deste mineral, cumprindo com o critério de que um alimento é considerado de alto conteúdo quando fornece pelo menos 30% do DRI (BRASIL, 2012) (Tabela 6).

### 5.2.7 Sódio

Em relação ao conteúdo de sódio, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de Na variou de 8,23 (BRA-00118819-2) a 37,80 mg/100 g (BRA-00122317-1), sendo que as três linhagens que mais se destacaram por conter menores teores de Na foram: BRA-00118819-2 (8,23 mg/100 g), BRA-00122306-4 (12,65 mg/100 g) e BRA-00118739-2 (12,93 mg/100 g). Estes teores são maiores que os descritos por FDA (2019) (1 mg/100 g), TABNUT (2019) (5 mg/100 g) e USDA (2018) (5 mg/100 g).

Lugo (2017) encontrou valores elevados de Na ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais variaram de 39,47 a 98,36 mg/100 g. Para o Na, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) (Tabela 6)

é recomendável 1.500 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um teor de 1,38% deste mineral, tendo, dessa forma, baixo teor de Na.

### **5.2.8 Potássio**

Em relação ao conteúdo de potássio, houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki ( $p \leq 0,05$ ). O teor de K variou de 1305,64 (BRA-00122313-0) a 1483,68 mg/100 g (BRA-00118819-2), sendo que as três linhagens que mais se destacaram foram: BRA-00122319-7 (1450,71 mg/100 g), BRA-00122339-5 (1457,30 mg/100 g) e BRA-00118819-2 (1483,68 mg/100 g). Estes teores são maiores que os descritos por FDA (2019) (1203 mg/100 g), TABNUT (2019) (1254 mg/100 g) e USDA (2018) (1359 mg/100 g).

Pires et al. (2005) ao avaliarem diferentes cultivares de feijão-comum, determinou teores de K que variaram de 1172,55 a 1542,45 mg/100 g, valores bem próximos aos estabelecidos para o feijão-azuki neste estudo. De modo semelhante, Frota, Soares e Arêas (2008) ao caracterizar o potencial nutricional da cultivar BRS Milênio de feijão-caupi, constatou que a semente contém 1430 mg/100 g de K. Lugo (2017) também encontrou valores próximos aos desta pesquisa ao avaliar a composição química em grãos integrais de linhagens de feijão-mungo, as quais mostraram teor de K que variou de 1165,74 a 1432,17 mg/100 g.

Para o K, de acordo com a Ingestão Dietética de Referência (DRI) (Tabela 6) é recomendável 4.700 mg/dia, portanto os grãos de feijão-azuki fornecem um alto teor de P: 29,41% deste mineral, sendo considerado um alimento fonte deste mineral.

## **5.3 COMPOSTOS BIOATIVOS**

### **5.3.1 Compostos fenólicos totais**

O conteúdo de compostos fenólicos totais obtidos nas linhagens de feijão-azuki está demonstrado na Tabela 7.

**Tabela 7** – Conteúdo de compostos fenólicos totais em linhagens de feijão-azuki (*Vigna angularis*).\*

Linhagens	Fenólicos Totais (mg GAE*/100g)
BRA-00122339-5	287,75±5,36a
BRA-00122305-6	552,38±5,33b
BRA-00118739-2	364,29±6,18c
**CV (%)	1,40
Média	401,49

\*Equivalentes de Ácido Gálico (GAE). Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ( $p \leq 0,05$ ). Os dados estão apresentados como média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. \*\*CV – Coeficiente de variação.

Existe diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki em relação ao conteúdo de compostos fenólicos totais, os quais variaram de 287,75 a 552,38 mg/100 g, sendo a linhagem BRA-00122305-6 a que apresentou o maior conteúdo de compostos fenólicos totais (552,38 mg/100 g).

Orsi et al. (2017) obtiveram em seu estudo com feijão-azuki 1.354,80 mg/100 g de compostos fenólicos totais em extrato aquoso, valor maior do que o obtido neste estudo. Além disso, obteve 76,82 mg/ 100g de compostos fenólicos totais em extrato alcoólico. Segundo estes autores, a diferença existente entre os extratos aquoso e alcoólico se deve principalmente à elevada concentração de compostos fenólicos solúveis em água, como as catequinas, no feijão-azuki.

Gohara et al. (2016) encontrou 81,87 mg/100 g de compostos fenólicos totais em metanol em extrato de feijão-azuki, valor inferior ao observado neste trabalho. Lugo (2017) afirma que a diferença com os resultados obtidos pode ser devido à metodologia utilizada para a extração dos compostos fenólicos, já que neste estudo a solução para extração utilizada foi metanol a 50% e acetona a 70%. Além disso, outros fatores que podem influenciar nos teores de compostos fenólicos totais podem ser as condições climáticas que prevalecem no Brasil, já que a maioria dos estudos deste tipo de feijão são da Ásia, assim como também o genótipo e os nutrientes do solo onde foi cultivado a cultura.

Mesmo assim, os teores deste trabalho referentes aos compostos fenólicos totais se mostraram muito satisfatórios, uma vez que os comparando com os do feijão-caupi obteve-se valores maiores para o feijão-azuki, com exceção da linhagem BRA-00122339-

5 (287,75mg/100 g) que apresentou valor similar ao obtido para o feijão-caupi no estudo de Cavalcante et al. (2017) envolvendo cinco cultivares de feijão-caupi, obtendo de 98,14 a 295,23 mg/100 g de compostos fenólicos em grãos crus.

Marathe et al. (2011) classificaram as leguminosas quanto ao seu conteúdo fenólico: baixo (<100 mg GAE / 100 g); médio (100-200 mg GAE / 100 g); ou alto (> 200 mg GAE / 100 g). Dessa forma, pode-se afirmar que os resultados deste trabalho tiveram altos teores de compostos fenólicos e que a presença de compostos fenólicos no grão das linhagens de feijão-azuki faz desta leguminosa um alimento que pode ajudar a reduzir o risco de doenças como câncer, doenças cardiovasculares, aterosclerose e diabetes.

### 5.3.2 Flavonóides totais

Os teores de flavonóides totais da farinha do feijão-azuki encontram-se na Tabela 8.

**Tabela 8** – Conteúdo de flavonoides totais em linhagens de feijão-azuki (*Vigna angularis*).\*

Linhagens	Flavonóides totais(mg EQ*/100 g)
BRA-00122339-5	143,10±0,03a
BRA-00122305-6	336,84±0,01b
BRA-00118739-2	242,87±0,02c
**CV (%)	9,30
Média	240,94

\*Equivalentes à Quercetina (EQ). Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ( $p \leq 0,05$ ). Os dados estão apresentados como média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. \*\*CV – Coeficiente de variação.

No presente estudo foi identificada a presença de flavonoides totais, as quais obtiveram diferença significativa entre si. A linhagem BRA-00122305-6 foi a que apresentou maior teor de flavonóides.

Os resultados verificados neste estudo foram maiores do que os obtidos por Gohara et al. (2016), os quais avaliaram o conteúdo de flavonoides em duas cultivares de feijão-azuki e obtiveram 7,21 e 9,03 mg EQ/100 g.

Liu, Cai e Xu (2017) quantificaram flavonoides em feijão-azuki por HPLC e obtiveram maiores teores: 40.473,00 mg EQ (Quercetina-3-O-Rutinoside)/100 g e 9.008 mg EQ (Quercetina-3-O-Glucosídeo)/100 g de flavonoides do feijão-azuki.

Pitura (2019) também obteve teores de flavonoides maiores do que os deste trabalho quando identificou glicosídeos flavonóides a partir de extratos de acetona de sementes secas de feijão preto, feijão-comum e feijão vermelho, e percebeu que os mesmos variaram com a classe do revestimento de sementes de feijão: 13.460 a 19.080 mg RE (Rutina)/ 100g da amostra.

Possivelmente essa diferença possa ser explicada pelo método e a curva padrão para expressar os equivalentes em catequina ou rutina, já que também foram usados outros comprimentos de onda pelo fato de usarem esses padrões. Além disso, houve diferentes testes de flavonoides e solventes utilizados, uma vez que o rendimento de extração do teor de flavonoides é muito dependente da polaridade do solvente (LUGO, 2017; PITURA, 2019).

### 5.3.3 Taninos

Os teores de taninos condensados da farinha do feijão-azuki encontram-se na Tabela 9.

**Tabela 9** – Conteúdo de taninos em feijão-azuki (*Vigna angularis*).\*

Linhas	Taninos (mg CE/100g)
BRA-00122339-5	72,35±10,07a
BRA-00122305-6	222,71±10,01b
BRA-00118739-2	206,29±11,41c
**CV (%)	6,30
Média	167,12

\*Equivalentes de Catequina (CE). Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ( $p \leq 0,05$ ). Os dados estão apresentados como média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. \*\*CV – Coeficiente de variação.

No presente estudo foi identificada a presença de taninos (flavanois) nas amostras de feijão-azuki (72,35, 206,29 e 222,71 mg CE/100 g), as quais obtiveram diferença estatisticamente significativa entre si. A linhagem BRA-00122305-6 foi a que apresentou

maior teor de taninos. São insuficientes os estudos que determinam esse tipo de composto, pois a maior parte tem apresentado apenas os compostos fenólicos totais e flavonoides totais. Os métodos tradicionais de análise de alimentos não incluem medidas quantitativas dos taninos e, em razão disso, pouco se sabe a respeito da natureza desses compostos nas espécies tropicais, em especial nas nativas do Nordeste Brasileiro (BEZERRA NETO, 2003; CUNHA, 2015).

Desses poucos estudos, o realizado por Luo et al. (2016) avaliaram como as diferentes partes do feijão-azuki contribuem na atividade antioxidante, anti-inflamatória e antidiabética. Os resultados para os grãos de feijão-azuki foram de 9.742 mg CE/100 g presentes na casca do feijão azuki, 1.917 mg CE/100 g presentes no grão inteiro e apenas 359 mg CE/100 g presentes no cotilédone, ou seja, a casca do feijão azuki contribuiu com 76,1% do teor de taninos.

Ao avaliar o teor de taninos em linhagens de feijão-caupi, Cunha (2015) obteve 199,32 e 127,52 mg catequina/100g em duas linhagens analisadas. Estes teores se assemelham aos obtidos neste trabalho para as linhagens de feijão-azuki (tabela 5).

A diferenciação dos teores de taninos, entre as cultivares de feijão-azuki estudadas, pode ser explicada por Mesquita (2007), que afirma que o teor de taninos em feijão varia de acordo com a coloração de tegumento em que se concentram e assumem concentrações de cerca de 7 a 11 vezes maior no tegumento do que no resto do grão. Mesmo havendo controvérsias sobre a relação existente entre a cor do tegumento das sementes e o conteúdo de taninos, a maior parte dos relatos menciona que os maiores teores de taninos condensados sejam encontrados em sementes coloridas, embora haja aqueles que relatam o contrário (HUBER, 2012).

Vale ressaltar que os teores de taninos também são influenciados pelas condições de armazenamento, uma vez que a quantidade de taninos no grão recém-colhido é maior do que após 3 e 6 meses de armazenamento, em virtude da oxidação e da menor solubilidade, decorrentes de seu maior grau de polimerização (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010)

Os taninos, também chamados de flavanois, são obtidos em várias espécies de plantas incluindo os cereais e as leguminosas. São polímeros que pertencem à subclasse flavanol dos flavanóides. (HUBER, 2012). Nas dietas para seres humanos e espécies de animais monogástricos, os taninos podem reduzir a digestibilidade da proteína, carboidratos e minerais; diminuir a atividade de enzimas digestivas, além de causar danos à mucosa digestiva ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos. Mostram-se, portanto, com a

capacidade de complexar e precipitar proteínas, exibindo propriedades antinutricionais (GOLANI; COCKELL; SEPEHR, 2005). Assim, os teores de taninos que estão presentes neste trabalho correspondem aos encontrados na literatura para o feijão-caupi.

### 5.3.4 Antocianinas

Os teores de antocianinas obtidos nas linhagens de feijão-azuki estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10** – Conteúdo de antocianinas em linhagens de feijão-azuki (*Vigna angularis*).\*

Linhagens	Antocianinas(mg CE*/100 g)
BRA-00122339-5	0,27±0,00a
BRA-00122305-6	0,74±0,12b
BRA-00118739-2	0,65±0,00c
**CV (%)	13,25
Média	0.55

\*Equivalente de Catequina (CE). Letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) ( $p \leq 0,05$ ). Os dados estão apresentados como média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão.

\*\*CV – Coeficiente de variação.

Houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki em relação a conteúdo de antocianinas e a que obteve o maior teor foi a linhagem BRA-00122305-6 (0,74 mg CE\*/100 g). A variação no teor de antocianinas das linhagens está associada à variabilidade genética, a qual pode contribuir para uma mudança no perfil dos compostos fenólicos de cada grão (CAVALCANTE et al., 2017). São poucos os estudos na literatura que quantificam o teor de antocianinas na maioria dos grãos.

Dentre estes poucos, Han et al. (2015) caracterizaram antocianinas de extratos de feijão-azuki utilizando o método do butanol ácido e encontrou teores de antocianinas em duas amostras de extrato de feijão-azuki superiores ao deste trabalho: 9.730 e 27.800 mg /100 g de peso seco. Vale ressaltar que a metodologia usada no referido estudo foi diferente.

Cavalcante et al. (2017) ao avaliarem o efeito do processamento térmico em composições químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi, observaram teores de antocianinas que variaram de 0,1 a 1,8 mg/100 g. Estes

valores são condizentes com os encontrados para o feijão-azuki neste trabalho. Cavalcante et al. (2017) concluíram que o processamento térmico causou uma diminuição no conteúdo total de antocianinas nos grãos das cinco cultivares de feijão-caupi. Assim, a soma dos níveis desses fitoquímicos nos grãos cozidos e no caldo de cozimento não ultrapassou os níveis encontrados nos grãos crus. Isso por causa do efeito da temperatura na estabilidade das antocianinas, em que a degradação é maior a temperaturas mais elevadas.

#### 5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante das linhagens de feijão-azuki está apresentada na tabela 11.

**Tabela 11** – Atividade antioxidante de feijão-azuki (*Vigna angularis*).\*

Linhagens	DPPH ( $\mu\text{mol TEAC}^*/100 \text{ g}$ )	% de Inibição
BRA-00122339-5	1055,22 $\pm$ 0,00a	74,13 $\pm$ 0,00a
BRA-00122305-6	1095,70 $\pm$ 10,10b	76 $\pm$ 10,10b
BRA-00118739-2	890,31 $\pm$ 10,16c	62,42 $\pm$ 10,16c
**CV (%)	0,82	0,82
Média	1013,743	70,85

\*Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC). Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott (1974) ( $p \leq 0,05$ ). Os dados estão apresentados como média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. \*\*CV – Coeficiente de variação.

Houve diferença significativa entre as linhagens de feijão-azuki em relação à atividade antioxidante e a que obteve o maior teor/ porcentagem foi a BRA-00122305-6 (1095,70  $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$  ou 76% de inibição do radical DPPH).

Orsi et al. (2017) ao caracterizar quimicamente o feijão-azuki vermelho, bem como avaliar a influência do cozimento sobre o seu teor de compostos fenólicos e a sua atividade antioxidante, observaram em seu estudo alta atividade antioxidante do feijão-azuki (64,13% de descoloração do radical DPPH). Comparando estes valores com os encontrados neste trabalho, percebemos que os deste trabalho foram superiores, com exceção da linhagem BRA-00118739-2 (62,42%). A média geral deste trabalho para as



três linhagens avaliadas em relação à porcentagem de inibição do radical foi de 70,85%, valor que representa alta atividade antioxidante do feijão-azuki.

Em contrapartida, Orsi et al. (2017) concluíram que o cozimento resultou na perda de parte da atividade antioxidante, já que o processamento térmico é um grande fator na redução do conteúdo tanto de fatores antinutricionais como de fatores nutricionais do feijão. Além disso, observa-se que a perda de atividade antioxidante no feijão cozido varia com o tipo de feijão, as condições de processamento e a composição de compostos fenólicos. Ainda no estudo de Orsi et al. (2017), mesmo no feijão-azuki cozido, ainda existe quase metade da porcentagem inicial de descoloração do radical DPPH (29,59%), indicando que o feijão-azuki cozido apresentou boas propriedades antioxidantes.

Yao et al. (2011) ao avaliarem a atividade antioxidante de variedades de feijão-azuki de 13 províncias da China, concluiu que feijão-azuki pode ser considerado uma boa fonte de compostos fenólicos, e o cultivo do feijão azuki em altitudes elevadas pode ser uma maneira efetiva de aumentar o potencial antioxidante e antidiabético dos grãos.

Han et al. (2015) utilizou o valor equivalente de Trolox (TE) para estimar a capacidade antioxidante de extratos de feijão-azuki em pó normal e polimerizado (taninos condensados, por exemplo) e encontrou os seguintes valores: 323 e 330 mmol de TE/ 100 g, respectivamente. A capacidade de redução do íon  $Fe^{3+}$  está associada à atividade antioxidante e esse poder redutor mostra-se dependente do teor de compostos fenólicos. Porém no seu trabalho, não foi encontrada essa correlação. Ao comparar estes valores com os deste trabalho, verificamos que os valores de TE neste estudo foram extrapolados em relação àqueles determinados por Han et al. (2015) (Tabela 11).

Diferente de Han et al. (2015), Umeda (2017) constatou em seu trabalho a correlação existente da atividade antioxidante e dos seus constituintes bioativos, ainda que presentes após tratamento térmico. Ao realizar a atividade antioxidante dos óleos de feijão crus e cozidos pelo método DPPH, verificou maior destaque para o feijão preto macerado/ cozido e o feijão carioca macerado: 76,44 e 72,54%, respectivamente. Observou, ainda, que, independente da variedade, o cru foi o tratamento que apresentou menores efeitos antioxidantes. Isso porque os antioxidantes fenólicos podem aumentar durante o aquecimento, em virtude da possível formação de produtos da reação de Maillard, como o hidroximetilfurfural (HMF), que produz uma elevada atividade antioxidante (SIDDHURAJU, 2006; DUENÑS et al., 2006). Esses valores se assemelham aos obtidos nesse trabalho para as linhagens BRA-00122339-5 (74,16%) e para a

linhagem BRA-00122305-6 (77,9%), rematando a eficiência do feijão-azuki como tendo uma boa atividade antioxidante.

Barros (2017) estudou diferentes cultivares de feijão-caupi cruas e cozidas e mostrou diferença significativa entre as cultivares, destacando-se a cultivar BRS Aracê com atividade antioxidante de 614,7  $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$  nos grãos crus; e na forma cozida a atividade antioxidante foi maior na cultivar BRS-Xiquexique com 419,8  $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$  e no grão da cultivar BRS Milênio de 552,1  $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$ . Assim, os resultados obtidos para o feijão-azuki deste trabalho superam os obtidos para o feijão-caupi, demonstrando que as condições climáticas e agronômicas do nordeste brasileiro influenciam positivamente no conteúdo de atividade antioxidante nos grãos desenvolvidos aqui em comparação com os estudos feitos na Ásia.

Vale ressaltar a dificuldade de encontrar dados da literatura para fazer uma comparação, particularmente considerando que os conteúdos nos extratos são determinados baseados em diferentes fundamentos para extração. Mesmo assim, os resultados deste trabalho superam os resultados descritos na literatura, apresentando alto teor de atividade antioxidante, além do conteúdo de compostos fenólicos ter influência no desenvolvimento de maior atividade antioxidante. Dessa forma, é demonstrado que o consumo deste tipo de alimento é uma boa opção para a população, com alto teor nutricional e funcional, para o consumo alimentar trazendo benefícios na prevenção de diferentes doenças crônicas.

## 6 CONCLUSÕES

- As linhagens BRA-00118819-2, BRA-00118740-0 e BRA-00118739-2 apresentaram melhor qualidade nutricional, no que se refere à composição centesimal de um alimento, especificadamente em relação ao teor de carboidratos, proteínas e lipídios.
- Existe variabilidade para o conteúdo de todos os minerais estudados, evidenciando a possibilidade de seleção de linhagens visando melhorar o potencial nutricional e contribuir para a saúde da população.
- A linhagem BRA-00118739-2 apresentou os maiores teores de ferro e de zinco.
- O conteúdo de elementos minerais nas linhagens de feijão-azuki nos grãos apresenta altos teores de manganês, cálcio e magnésio, portanto, são consideradas fonte destes minerais, sendo uma ótima opção no consumo alimentar da população.
- As linhagens de feijão-azuki evidenciaram alto teor de compostos fenólicos totais, assim como de flavonoides, evidenciando seu papel como alimento funcional.
- Em relação ao conteúdo de compostos bioativos e atividade antioxidante, a linhagem BRA-00122305-6 se destacou por seu potencial funcional de forma a contribuir na saúde e nutrição da população.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; MENDES, U. C. Higroscopicidade das Sementes de Feijão Adzuki. **Revista Científica de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 130–137, 2013.

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; MENDES, U. C.; COSTA, L. M.; CORRÊA, P. C.; ROCHA, A. C. Influência da Secagem na Qualidade Fisiológica do Feijão Adzuki. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 311-315, 2013.

ANDERSEN, P.; CHANDYO, R. K. **Food Security through Ricebean Research in India and Nepal (FOSRIN) Health and nutrition impacts of ricebean**. Bergen, Norway, Department of Geography, Universitet Bergen and Bangor, Wales, UK, CAZS Natural Resources, College of Natural Sciences, Bangor University, 2007.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, 2007.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.

BAPTISTA, J. E. C. **Qualidade Tecnológica de Grãos de Feijão Carioca Armazenados**. 2016. Dissertação – Universidade Federal de Lavras.

BARACHO, N. C. V.; MONTEIRO, N. F.; BORGES, M. G.; ARGUELHO, R. R. M. Effect of Aqueous Extract of the *Vigna Angularis* in Rats Subjected to Na Experimental Model Of Moderate Chronic Kidney Disease. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 31, n. 8, 2016.

BARROS, N. V. A. **Influência do Cozimento na Composição Centesimal, Minerais, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante de Cultivares de Feijão-Caupi**. 2014. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí.

BARROS, N. V. A.; ROCHA, M. M.; GLÓRIA, M. B. A.; ARAÚJO, M. A. M. Efeito da Cocção no conteúdo de Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante nos grãos de Cultivares de Feijão-Caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 5, 2017.

BASTOS, F. J. C.; CUNHA, F. N.; RIBEIRO, N. L.; SILVA, N. F.; ROCHA, A. C.; TEIXEIRA, M. B. Resposta do Feijão-azuki à Adubação Nitrogenada Sob Irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n. 6, p. 349 - 357, 2013.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Métodos de Análises Químicas em Plantas. **Imprensa Universitária**, p. 165, 2004.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M.C.; PIATTI, E. Raw Millefiori honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 217-222, 2006.

- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidante activity.** *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Unicef. **Cadernos de Atenção Básica: Carências de Micronutrientes** / Ministério da Saúde, Unicef; Bethsáida de Abreu Soares Schmitz. – Brasília: Ministério da Saúde, 2007.
- BRASIL. RDC nº 18, de 30 de abril de 1999. **Regulamento Técnico para estabelecer as Diretrizes Básicas Para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos.** Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=Mji00Q%2C%2C>>. Acesso em: 25, jun. 2019.
- BRASIL. RDC nº 54 de 12 de Novembro de 2012. **Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC\\_269\\_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3)>. Acesso em: 25, jun. 2019.
- BUTTERFIELD, D. A.; CASTEGNA, A.; POCERNICH, C. B.; DRAKEA, J.; SCAPAGNINIB, G.; CALABRESEC, V. Nutritional Approaches to Combat Oxidative Stress in Alzheimer’s Disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 13, n. 8, p. 444-461, 2002.
- CARVALHO, F. J.; CARNEIRO, L. B.; VAZ, D. C.; PEIXOTO, N.; CARDOSO, A. F. Comportamento de Genótipos de Feijão-azuki em Ipameri-GO. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, julho, 2012.
- CASTÉLLON, R. E. R.; ARAÚJO, F. M. M. C.; RAMOS, M. V.; ANDRADE-NETO, M.; FREIRE FILHO, F. R.; GRANGEIRO, T. B.; CAVADA, B. S. Composição Elementar e Caracterização da Fração Lipídica de Seis Cultivares de Caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.
- CAVALCANTE, R. B. M.; ARAÚJO, M. A. M.; ROCHA, M. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Efeito do Processamento Térmico na Composição Química, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante de Cultivares de Feijão-Caupi. *Revista Caatinga*, v. 30, n. 4, 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de grãos**, Quinto levantamento, Safra 2018/19. v. 6, p. 1-117, 2019.
- CORTE, A. D.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M. B. S.; DESTRO, D. Enviroment Effect on Grain Qualityin Early Common Bean Cultivars and Lines. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 3, n. 3, p. 193-202, 2003.
- COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos Funcionais – Compostos bioativos e Efeitos fisiológicos**. 2. Ed., Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

CUNHA, E. M. F. **Composição Química e Atividade Antioxidante de Linhagens de Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí.

DAHMER, N.; CONTERATO, I.; SCHIFINO-WITTMANN, M.T. Considerações Sobre o Controvérsio e Enigmático Complexo Phaseolus-Vigna e suas Espécies Economicamente Importantes. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 14, n. 4, p. 08-18, 2008.

DE PASCUAL-TERESA, S.; SANTOS-BUELGA, C.; RIVAS-GONZALO, J. C. Quantitative Analysis of Flavan-3-Ols in Spanish Foodstuffs and Beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.11, p.5331-5337, 2000.

DEPEC. Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. **Feijão**, 2017. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_feijao.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_feijao.pdf)>. Acesso em: 24, jun, 2019.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de Polifenóis e Proteínas e o Efeito na Digestibilidade Proteica de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 30, n. 2, 2010.

DOLINSKY, M. **Nutrição Funcional**. 1 ed. São Paulo: Roca, 2009.

DUDONNÉ, S.; VITRAC, X.; COUTIÈRE, P.; WOILLEZ, M.; MÉRILLON, J-M. Comparative Study of Antioxidante Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 1768-1774, 2009.

ES-SAFI, N. E.; CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M. Interactions Between Cyanidin 3-O-Glucoside and Furfural Derivatives and their Impact on Food Color Changes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.11, p. 5331-5337, 2000.

DUEÑAS, M.; FERNÁNDEZ, D.; HERNÁNDEZ, T.; ESTRELLA, I.; MUÑOZ, R. Bioactive phenolic compounds of cowpeas (*Vigna sinensis* L). Modifications by fermentation with natural microflora and with *Lactobacillus plantarum* ATCC 14917. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 297-304, 2005.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Estatísticas**. Disponível em: < <http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acesso em: 24, jun, 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERY, F.L. New opportunities in Vigna. In: (J Janick and A Whipkey, eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. p 354, 2002.

FDA. Food and Drugs Administration. **Base de Dados de Nutrição Alimentar**.

Disponível em:

<<https://consumer.fda.gov.tw/Food/tfndDetail.aspx?nodeID=178&f=0&id=784>>.

Acesso em: 24, jun, 2019.

- FROTA, M. G. K.; SOARES, K. M.; APARECIDA, R.; ARÊAS, G.; ALFREDO, J. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, 2008.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Anthocyanins; Characterization and measurement with UV visible spectroscopy**. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: Wiley, p. 1-13, 2001.
- GOEL, S.; RAINA, S.N.; OGIHARA, Y. Molecular evolution and phylogenetic implications of internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA in the *Phaseolus-Vigna* complex. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 22, n. 1, p. 1-19, 2002.
- GOHARA, A. K.; SOUZA, A. H.; GOMES, S. T. M.; VISENTAINER, M. M. Nutritional and Bioactive Compounds of Adzuki Bean Cultivars Using Chemometric Approach. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 104-113, 2016.
- GOLANI, G. S.; COCKELL, K. C.; SEPEHR, E. Effects of Antinutritional Factors on Protein Digestibility and Amino Acid Availability in Foods. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 3, p. 967-987, 2005.
- GUARESCHI, R. F.; ARAUJO, M. J. C.; GAZOLLA, P. R.; ROCHA, A. C. Produtividade de Feijão-azuki em Função de Doses de Potássio em Cobertura. **Global Science and Technology**, v. 02, n. 02, p.67 - 72, 2009.
- HAN, O.K.; KAGA, A.; ISEMURA, T.; WANG, X. W.; TOMOOKA, N.; VAUGHAN, D. A. A genetic linkage map for azuki bean (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 111, p. 1278-1287, 2005.
- HOLLAND, B., WELCH, A.A., UNWIN, I.D., BUSS, D.H., PAUL, A.A., SOUTHGATE, D.A.T. **The composition of foods**, 5th ed. Royal Society of Chemistry, 1994.
- HUBER, K. **Evidências da Interação entre Proteínas e Taninos de Feijão Comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus Efeitos na Digestibilidade Protéica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo.
- IFERT, E. C.; SILVA, J. G.; FONSECA, J. R.; VIEIRA, E. H. N. **Secagem, beneficiamento e armazenamento de grãos**. In: GONZAGA, A. C. O. *Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2014.
- JESUS, F. F.; ADRIANO, F. C.; PEIXOTO, F. C.; PELÁ, A.; PEIXOTO, N. **Desenvolvimento e Produção de Sementes de Feijão Adzuki em Função da Adução Química**. Anais do VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação. Universidade Estadual De Goiás, 2010.
- KAWAKAMI, W.; OSHIMA, A.; YANASE, E. Structural characterization of proanthocyanidins from adzuki seed coat. **Food Chemistry**. v. 239, p. 1110–1116, 2018.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v.81, p. 321-326, 2003.

KING, J. C.; SHAMES, D. M.; WOODHOUSE, L. Zinc Homeostasis in Humans. **The Journal of Nutrition**, v. 130, p. 1360-1366, 2000.

LAM-SANCHEZ, A.; DURIGAN J.F.; CAMPOS, S.L.; SILVESTRE, S.R.; PEDROSO, P.A.C.; BANZATTO, D.A. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, v. 2, p. 35-44, 1990.

LAWN, R.J. **The Asiatic Vigna species**. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. **Evolution of Crop Plants**. Harlow: Longman, 1995.

LIU, R.; CAI, Z.; XU, B. Characterization and quantification of flavonoids and saponins in adzuki bean (*Vigna angularis* L.) by HPLC–DAD–ESI–MSn analysis. **Chemistry Central Journal**, v. 11, n. 93, 2017.

LOURENÇÃO, G. V. N. Dos mares do Japão às Terras Brasileiras: Algumas considerações sobre o Brasil, a imigração japonesa e sua influência na agricultura. **Tomo**, n. 26, 2015.

LUGO, L. M. N. Composição físico-química e atividade antioxidante em grãos integrais e brotos de linhagens de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

LUMPKIN, T. A.; McCLARY, D.C. **Azuki bean: Botany, production and uses**. Cambridge: CAB International, 1994.

LUO, J.; CAI, W.; TONG, W.; XU, B. Phytochemical distribution in hull and cotyledon of adzuki bean (*Vigna angularis* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.), and their contribution to antioxidant, anti-inflammatory and anti-diabetic activities. **Food Chemistry**, v. 201, p. 350-360, 2016.

MANGANARIS, G. A.; GOULAS, V.; VICENTE, A. R.; TERRY, L. A. Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 5, p. 825–833, 2014.

MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N.; SHARMA, A. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, n. 9, p. 2005-2012, 2011.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J.M.; STAINIER, F. **Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique**. Boissiera: Geneve, 1978.



- MARQUES, M. F.; MARQUES, M. M.; XAVIER, E. R.; GREGÓRIO, E. L. Fortificação de alimentos: uma alternativa para suprir as necessidades de micronutrientes no mundo contemporâneo. **HU Revista**, v. 38, n. 1 e 2, p. 29-36, 2012.
- MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**. v.31, n.4, 2007
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, Legislação e Benefícios à Saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, p. 109-122, 2006.
- OLIVEIRA, R. S.; LUCAS, C. P.; ANTONUCCI, G.; SILVA, F. C. Compostos Bioativos Naturais: Agentes Promissores na Redução do Estresse Oxidativo e Processos Inflamatórios. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 2, p. 258-273, 2018.
- ORMEÑO-ORRILLO, E.; VINUESA, P.; ZÚÑIGA-DÁVILA, D.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Molecular diversity of native bradyrhizobia isolated from Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Peru. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 29 p. 253-262, 2006.
- ORSI, D. C.; NISHI, A. C. F.; CARVALHO, V. S.; ASQUIERI, E. R.. Caracterização química, atividade antioxidante e formulação de doces com feijão-azuki (*Vigna angularis*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017
- PASSOTTO, J. A.; PENTEADO, M. V. C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do  $\beta$ -caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 68-72, 1998.
- PEREIRA, T. C.; SARON, M. L. G.; CARVALHO, W. A.; VILELA, M. M.; HOEHR, N. F.; HESSEL, G. Research on zinc blood levels and nutritional status in adolescents with autoimmune hepatitis. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 48, n. 1, p. 62-65, 2011.
- PEREIRA, R. J., CARDOSO, M.G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of biotechnology and biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.
- PINTO, J. V. **Propriedades Físicas, Químicas, Nutricionais e Tecnológicas de Feijões (*Phaseolus Vulgaris* L.) de Diferentes Grupos de Cor**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás.
- PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Composição Físico-Química de Diferentes Cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 2, p. 157-162, 2005.
- PITURA, K. Characteristic of flavonol glycosides in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. **Food Chemistry**, v. 272, p. 26-32, aug. 2019.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, p. 1214–1218, 1978.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; ROSA, C. O. B.; COSTA, N. M. B. **Propriedades funcionais do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.)**. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: benefícios para a saúde**. Viçosa, 2008.

RIBEIRO, N. D. Potential for increasing the nutritional quality in common beans through plant breeding. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1367-1376, 2010.

RIOS, A. O. Avaliação da época de colheita e do armazenamento no escurecimento e digestibilidade de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras.

ROCKENBACH, R.; ÁVILA, B.; MONKS, J.; PERES, W.; GULARTE, M.; ELIAS, M. **Efeitos da Germinação na Composição Nutricional de Feijão-azuki**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, 2016.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico 127**, p. 1-4, 2007.

SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. **Critical Reviews In Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 175-223, 2002.

SATO, S.; MUKAI, Y.; KATAOKA, S.; KURASAKI, M. Azuki bean (*Vigna angularis*) extract stimulates the phosphorylation of AMP-activated protein kinase in HepG2 cells and diabetic rat liver. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 2312–2318, 2015.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Applications**. Lancaster: Technomic Publishing Co, p. 235-273, 1995.

SHWETA, R. K.; KUMARI, M. Proximate and anti-nutritional composition of underutilized and common *Vigna* species of Himachal Pradesh. Bulletin of Environment, **Pharmacology and Life Sciences**, v. 6, n. 5, p. 24-31, 2017.

SIDDHURAJU, P. The antioxidant activity and free radical scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia*) (Jacq.) Marechal seed extracts. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 149-157, 2006.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, A. M. Base de dados de alimentos funcionais e seus compostos bioativos. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação (Mestrado em Nutrição) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV. Impresso. Universidade, p. 59-63, 1981.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002.

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SOUSA, J. B.; TEIXEIRA, M. B.; JAKELAITIS, A.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. Desempenho de Culturas Cultivadas em Sucessão à Soja Tratada com Diferentes Herbicidas Residuais. **Planta daninha**, v. 36, 2018.

SONG, H. Y.; YU, R. C. Optimization of culture conditions for gamma-aminobutyric acid production in fermented adzuki bean milk. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 26, p. 74-81, 2018.

TABNUT. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. Departamento de Informática em Saúde, Escola Paulista de Medicina. Disponível em: <<https://tabnut.dis.epm.br/alimento/16001/feijao-azuki-sementemadura-cru>> Acesso em: 22.08.2019.

TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M.; GARBELOTTI, M. L.; PHILIPPI, S. T.; RODRIGUES, R. S. M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.

USDA. United States Department of Agriculture. **National Nutrient Database**, 2018. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>>. Acesso em: 25, jun. 2019.

UMEDA, W. M. **Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2017. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; MOURA, W. M. Comportamento de Feijão-azuki em Diferentes Épocas de Plantio em Coimbra e Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 47, n. 272, p. 411-420, 2000.

VIEIRA, C; VIEIRA, R. F. **Leguminosas graníferas**. 206p. Este capítulo: p. 79-85. Viçosa, 2001.

VIEIRA, R. F. Comportamento de Cultivares de Feijão-azuki em diferentes épocas de plantio em Ponte Nova e Leopoldina, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 49, n. 286, 2002.

WALKER, C. F. et al. Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 1, p. 5-12, 2005.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, and prepared**. Washington DC: Consumer and Food Economics Research. Agriculture Handbook, 1963.

WU, G.; LIU, D.; WAN, Y.; HUANG, X.; NIE, S. Comparison of hypoglycemic effects of polysaccharides from four legume species. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 299-304, 2019.

YANG, Y.; CHENG, X.; WANG, S.; WANG, L.; REN, G. Influence of altitudinal variation on the antioxidant and antidiabetic potential of azuki bean (*Vigna angularis*). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, p. 117-124, 2011.

YANG, K.; TIAN, Z.; CHEN, C.; LUO, L.; ZHAO, B.; WANG, Z.; YU, L.; LI, Y.; SUN, Y.; LI, W.; CHEN, Y.; LI, Y.; ZHANG, Y.; AI, D.; ZHAO, J.; SHANG, C.; MA, Y.; WU, B.; WANG, M.; GAO, L.; SUN, D.; ZHANG, P.; GUO, F.; WANG, W.; LI, Y.; WANG, J.; WARSHNEY, R. V.; WANG, J.; LING, H.; WAN, P. Genome sequencing of adzuki bean (*Vigna angularis*) provides insight into high starch and low fat accumulation and domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, n. 43, p. 13213-13218, 2015.

YAO, Y.; CHENG, X.; WANG, L.; WANG, S.; REN, G. Biological potential of sixteen legumes in china. **International Journal of molecular sciences**, v. 12, p. 7048-7058, 2011.

ZLOTEK, U.; SZYMANOWSKA, U.; BARANIAK, B.; KARAS, M. Antioxidant activity of polyphenols of adzuki bean (*Vigna angularis*) germinated in abiotic stress conditions. *Acta Scientiarum polonorum Technologia Alimentaria*, v. 14, p. 55-63, 2015.