



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

MARIA MARLENE DA SILVA VIEIRA

## **CAPITULO I**

**QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**

POMBAL - PB

2015

MARIA MARLENE DA SILVA VIEIRA

**QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FELJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais – Linha de pesquisa: Tecnologia de Alimentos em Sistemas Agroindustriais.

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. D. Sc. ADRIANA FERREIRA DOS SANTOS

POMBAL – PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL  
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG

DIS

V658q

Vieira, Maria Marlene da Silva.

Qualidade física, química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de oito cultivares de feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp / Maria Marlene da Silva Vieira. – Pombal, 2017.

85f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Adriana Ferreira dos Santos".

1. Feijão verde. 2. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 3. Feijão-caupi. 4. Compostos bioativos. 5. Atividade antioxidante. I. Santos, Adriana Ferreira dos. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 633.35(043)

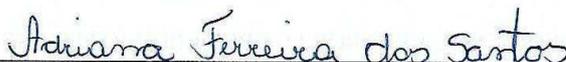
MARIA MARLENE DA SILVA VIEIRA

**QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E  
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE**  
*Vigna unguiculata (L.) Walp.*

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindustriais – Linha de pesquisa: Tecnologia de Alimentos em Sistemas Agroindustriais.

CONCEITO: Aprovado em 31/07/2015

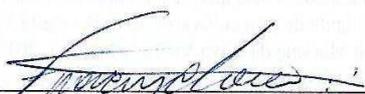
EXAMINADORES:



Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Adriana Ferreira dos Santos

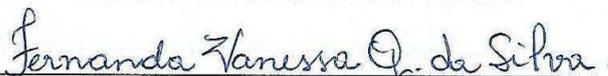
- Orientadora -

UATA/CCTA/UFCG



Prof. D. Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa

UATA/ CCTA/UFCG



Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Fernanda Vanessa Gomes da Silva

DTA/CTDR/UFPB

POMBAL-PB  
2015

A Deus, que sempre se fez presente em minha vida...

A nossa Senhora Santíssima, por iluminar os meus caminhos.

A minha mãe Maria, que não mediu esforços para que seus filhos tivessem acesso educação, lutando contra todas as barreiras proposta pela vida, exemplo de força e dedicação.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente em minha vida iluminando o meu caminho.

À minha orientadora, professora Adriana Ferreira, pela orientação, pelos valorosos ensinamentos durante toda minha jornada acadêmica desde a graduação até o Mestrado, pelo incentivo à pesquisa, pela amizade, confiança, compreensão e apoio incondicional.

A Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de realização desta Pós-Graduação.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, pelo compromisso com o ensino, pesquisa e extensão.

Aos membros da Banca de Qualificação, prof. D. Sc. Franciscleudo e Osvaldo pelas valorosas observações e correções no projeto inicial.

Aos membros da Banca de Defesa Prof. D. Sc. Franciscleudo Bezerra e D. Sc. Fernanda Vanessa por terem aceitado participar de minha defesa.

Aos meus pais pelo incentivo em todas as etapas da minha vida, pelo interesse em meus estudos, pelo amor incondicional e pelos ensinamentos que levarei por toda a minha vida.

Aos meus irmãos, que mesmo distantes sempre se fizeram presentes, com palavras de incentivo.

Ao meu esposo Gilvan por estar sempre ao meu lado me encorajando, me ajudando em todos os momentos, demonstrando seu carinho e amor.

A minha grande amiga Júlia que é um anjo de Deus na minha vida, pelo companheirismo, pela amizade verdadeira, pelas conversas, e sua valiosa colaboração que foram fundamentais em todas as etapas deste trabalho.

Aos técnicos de laboratório Climene, Jeanne, Wélida, Emanuel, Fabiola e Professora Maíra pela colaboração, amizade e pelas contribuições dadas para realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório Ana Marina, Amanda, Deocleciano, Diego, Jaízia e Jaqueline pela gratificante amizade e valiosa colaboração na condução deste trabalho.

E aos demais familiares e amigos que eu não mencionei, mas que estiveram presentes e contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, por meio de sentimentos, palavras de incentivo ou atitudes.

**Muito obrigada!!!**

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

VIEIRA, M. M. S. **QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 2015. 99f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2015.

## RESUMO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física, química, compostos bioativos e atividade antioxidante em oito cultivares de feijão-caupi verde. As cultivares utilizadas no experimento foram provenientes de oito cultivares de feijão-caupi, nomeadamente, Costela de Vaca, BRS Marataoã, BRS Itaim, BR 17-Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão e Patativa. O trabalho foi subdividido em dois experimentos. No primeiro foram realizadas avaliações físicas de comprimento de vagens verdes, comprimento, largura, espessura, peso e número de grãos de 10 vagens verde e químicas que incluiu a composição centesimal, com determinação da umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e valor energético, pH, acidez, e açúcares, no segundo foram realizadas as avaliações de compostos bioativos como os compostos fenólicos, ácido ascórbico, flavonoides e antocianinas, e atividade antioxidante. Para as avaliações químicas os grãos foram submetidos a dois procedimentos: cru e cozido e para as avaliações de compostos bioativos e atividade antioxidante também avaliando os grãos crus e cozido incluindo o caldo de cocção, foram avaliados de forma independentemente. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata nas cultivares cruas, cozidas e no caldo de cocção e as análises físicas contendo 30 repetições das oito cultivares. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e detectando efeito significativo no teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Verificou-se que todas as cultivares reuniram boas características físicas com exceção da cultivar BRS 17-Gurguéia. Em relação às características químicas, o conteúdo de umidade ficou na faixa de 54,31-63,99% nas cultivares cruas BR 17-Gurguéia e BRS Marataoã e aumentou nas cozidas 68,75-70,79% respectivamente. O conteúdo de cinzas, proteínas, lipídeos e valor energético diminuíram de forma significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as cultivares cozidas. O teor de carboidrato diminuiu para todas as cultivares após o cozimento com exceção da cultivar Patativa. Para o conteúdo de açúcares totais as cultivares cruas apresentaram teores de 9,35-10,8 mg /100 g BRS Novaera e Costela de Vaca, após o cozimento, pode-se observar a redução destes, com teores de e de 0,73-1,49 mg/100 g Costela de Vaca e Setentão respectivamente. Para os compostos bioativos, a cultivar Costela de Vaca apresentou o maior teor de clorofila na sua forma crua, no feijão cozido o maior teor de clorofila foi observado para a cultivar BRS Novaera sendo observado também ser a cultivar que obteve a menor perda deste composto. A cultivar Costela de Vaca apresentou o maior teor de carotenoides antes e após o cozimento. Após o cozimento as cultivares apresentaram um aumento no teor de flavonoides para todas as cultivares com exceção das cultivares Costela de Vaca e Setentão. Foram constatadas pequenas concentrações de antocianinas nas cultivares cruas, cozidas e no caldo de cocção. Após o cozimento houve uma redução no teor de ácido ascórbico para todas as cultivares com exceção das cultivares BRS Itaim (4,23 mg/100g) e a cultivar Patativa (5,56 mg/100g) que apresentou um leve aumento depois de cozido. Antes do cozimento, a cultivar BRS Marataoã apresentou maior atividade antioxidante (97,71 g feijão. g DPPH<sup>-1</sup>). Os caldos de cocção também apresentaram relevante teor de compostos bioativos, com destaque para as cultivares Costela de Vaca 43,34 mg/100g e BRS Marataoã 51,88 mg/100g e atividade antioxidante com destaque para a cultivar BRS Marataoã (79,59 g feijão. g DPPH<sup>-1</sup>). Concluiu-se que as cultivares apresentaram boas características físicas com exceção da cultivar BRS 17-Gurguéia. Mesmo após o processamento térmico, as cultivares manteve características nutritivas e funcionais relevantes, sendo recomendado o seu consumo juntamente com o seu caldo de cocção para uma maior retenção de compostos com propriedade antioxidante.

**Palavras chaves:** feijão verde, *Vigna unguiculata*, compostos bioativos, antioxidantes.

VIEIRA, M. M. S. **Physics, Chemistry Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity in cultivars of green bean *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 2015. 99F. Dissertation (Masters in Agribusiness Systems) - Federal University of Campina Grande - PB, 2015.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the physical, chemical, bioactive compounds and antioxidant activity in eight cowpea green cultivars. The cultivars used in the experiment were from eight cowpea cultivars, namely, Costela de Vaca, Marataoã BRS, BRS Itaim, BR-17 Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão and Patativa. The work was divided into two experiments. In the first it was conducted physical evaluations long green pods, length, width, thickness, weight and number of 10 green and chemical pods grains that included the chemical composition, with determination of moisture, ash, lipids, proteins, carbohydrates and energy value, pH, acidity and sugars in the second were conducted reviews of bioactive compounds such as phenolic compounds, ascorbic acid, flavonoids and anthocyanins, and antioxidant activity. For chemical evaluations grains underwent two procedures: raw and cooked and reviews of bioactive compounds and antioxidant activity also evaluating the raw and cooked grains including broth cooking were evaluated so independently. All analyzes were carried out in quadruplicate in raw, cooked cultivars and cooking broth and physical analysis containing 30 repetitions of the eight cultivars. The data were submitted to analysis of variance and detecting significant effect on the F test, the averages were compared by Tukey test at 5% probability. It was found that all cultivars gathered good physical characteristics except BRS 17-Gurguéia. With regard to chemical characteristics, the moisture content was in the range of 54.31 to 63.99% in raw cultivars BR-17 and BRS Gurguéia Marataoã and increased in cooked from 68.75 to 70.79% respectively. The content of ash, protein, lipids and energy value decreased significantly ( $p < 0.05$ ) for all cultivars cooked. The carbohydrate content decreased for all cultivars after cooking with the exception of Patativa cultivar. For total sugars content of the raw samples had levels of 9.35 to 10.8 mg / 100 g BRS Novaera and Costela de vaca, after baking, can observe the reduction thereof with contents of 0.73 and -1.49 mg / 100 g Costela de vaca and Setentão respectively. For bioactive compounds, to cultivate Costela de vaca had the highest chlorophyll content in its raw form, the baked beans the highest chlorophyll content was observed for BRS Novaera being observed also be cultivating showed the lowest loss of this compound. Cultivar Costela de vaca had the highest carotenoid content before and after cooking. After cooking the cultivars showed an increase in flavonoid content for all cultivars with the exception of Costela de vaca cultivars and Setentão. Small concentrations of anthocyanins were found in raw varieties, cooked in broth and cooking. After cooking there was a reduction in the ascorbic acid content in all cultivars except for BRS Itaim (4.23 mg / 100g) and cultivate Patativa (5.56 mg / 100g) which showed a slight increase after cooked. Before cooking, BRS Marataoã showed higher antioxidant activity (97.71 g beans. DPPH  $g^{-1}$ ). cooking broths also presented relevant content of bioactive compounds, especially the Costela de vaca cultivars 43.34 mg / 100g and BRS Marataoã 51.88 mg / 100g and antioxidant activity especially BRS Marataoã (79.59 g beans. DPPH  $g^{-1}$ ). It was concluded that the cultivars showed good physical characteristics except BRS 17-Gurguéia. Even after thermal processing cultivars kept nutritional relevant functional characteristics, their consumption is recommended along with their cooking broth for greater retention of compounds with antioxidant properties.

**Key words:** green bean, *Vigna unguiculata*, bioactive compounds, antioxidants.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca crua e cozida.....	45
Figura 2 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã crua e cozida.....	45
Figura 3 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim crua e cozida.....	45
Figura 4 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia crua e cozida.....	45
Figura 5 – Cultivar de feijão-caupi BRS Novaera crua e cozida.....	46
Figura 6 – Cultivar de feijão-caupi BRS Paulistinha crua e cozida.....	46
Figura 7 – Cultivar de feijão-caupi Setentão crua e cozida.....	46
Figura 8 – Cultivar de feijão-caupi Patativa.....	46
Figura 9 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca crua e cozida e o caldo.....	67
Figura 10 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã crua e cozida e o caldo.....	70
Figura 11 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim crua e cozida e o caldo.....	70
Figura 12 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia crua e cozida e o caldo.....	70
Figura 13 – Cultivar de feijão-caupi BRS Novaera crua e cozida e o caldo.....	71
Figura 14 – Cultivar de feijão-caupi BRS Paulistinha crua e cozida e o caldo.....	71
Figura 15 – Cultivar de feijão-caupi Setentão crua e cozida e o caldo.....	71
Figura 16 – Cultivar de feijão-caupi Patativa crua e cozida e o caldo.....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela – 1 Comprimento das vagens verdes, número de grãos por vagem e peso dos grãos em cultivares de feijão-caupi verde. Pombal – PB, 2013.....	51
Tabela – 2 Comprimento, largura e espessura dos grão sem cultivares de feijão-caupi verde. Pombal – PB, 2013.....	52
Tabela – 3 Peso de 10 vagens verdes, peso de 10 vagens verdes umedecidas, peso de grãos de 10 vagens verdes, peso de grãos de 10 vagens verdes umedecida sem cultivares de feijão-caupi verde, Pombal- PB, 2013.....	53
Tabela – 4 Composição Centesimal: umidade, cinzas e proteínas em cultivares de feijão caupi verde cru e cozido. Pombal-PB, 2014.....	55
Tabela – 5 Composição Centesimal: Lipídeos, carboidratos e valor energético, em cultivares de feijão-caupi verde cru e cozido. Pombal-PB, 2014.....	57
Tabela – 6 Valores médios de pH, Acidez Total Titulável e Açúcares Totais em cultivares de feijão-caupi verde cru e cozido. Pombal-PB, 2014.....	59
Tabela – 7 Teor de clorofila totais em cultivares de feijão caupi verde cru e cozido. Pombal – PB, 2014,.....	75
Tabela – 8 Teor de carotenoides totais em cultivares de feijão-caupi verde cru e cozido. Pombal – PB, 2014.....	76
Tabela – 9 Teor de Flavonoides totais em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2014.....	78
Tabela – 10 Teor de antocianinas totais em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2014.....	79
Tabela – 11 Teor de ácido ascórbico em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2015.....	79
Tabela – 12 Compostos fenólicos em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2015.....	81
Tabela – 13 Atividade Antioxidante em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2015.....	83

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO I: QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA, COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp</b> .....	i
<b>RESUMO GERAL</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
2.1 FEIJÃO-CAUPI.....	14
2.1.1 Produção.....	15
2.1.2 Mercado do feijão-caupi como feijão verde.....	17
2.1.3 Vagens e grãos verdes.....	18
2.1.4 Qualidade química.....	19
2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO PARA O FEIJÃO.....	21
2.3 COMPOSTOS BIOATIVOS.....	22
2.3.1 Compostos Fenólicos.....	23
2.3.2 Flavonoides totais.....	24
2.3.3 Antocianinas.....	25
2.3.4 Carotenóides.....	26
2.3.5 Ácido Ascórbico.....	27
2.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	28
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30
<b>CAPITULO II: QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp</b> .....	39
<b>RESUMO</b> .....	40
<b>ABSTRAT</b> .....	41
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	42
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	44
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	44
2.2 AVALIAÇÕES.....	47
2.2.1 Avaliações dos caracteres físicos.....	47
2.2.2 Avaliações químicas.....	47
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	51
3.1 ANÁLISES FÍSICAS.....	51
3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	53

<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	71
<b>CAPITULO III: AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIATIVOS E ATIVIDADE</b>	
<b>ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE <i>Vigna unguiculata (L.) Walp</i></b> .....	65
<b>RESUMO</b> .....	76
<b>ABSTRAT</b> .....	77
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	78
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	69
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO ..	79
2.2 AVALIAÇÕES DOS COMPOSTOS BIATIVOS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	72
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	74
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	75
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	84
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	85

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é uma das mais importantes leguminosas produzidas em regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento da África, América Latina e Ásia, sendo a principal fonte de proteínas, calorias, fibras alimentares, minerais e vitaminas para um grande segmento da população mundial (PHILLIPS et al., 2003; CARVALHO et al., 2012).

A produtividade de vagens e grãos frescos tem sido característica mais estudada para esse sistema de produção, entretanto, maiores informações tem-se feito necessárias quanto as características tecnológicas, de qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante (OLIVEIRA et al., 2003).

Representa um dos principais componentes da dieta alimentar, para as zonas rural e urbana, gerando emprego e renda para milhares de pessoas, necessitando, portanto, de uma maior atenção por parte das pesquisas. É uma cultura bastante versátil em termo de mercado, podendo ser comercializada na forma de grãos secos e vagem, farinha para acarajé e sementes (ROCHA, 2009).

O feijão-caupi tem uma grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda. É rico em proteína, minerais e fibras (SINGH, 2006; FROTA et al., 2008) e constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste.

Além do aspecto nutricional, deve-se mencionar a qualidade tecnológica do feijão que engloba os atributos sensoriais e a qualidade para o cozimento dos grãos, que é determinada pela rápida absorção de água pelos grãos e pelo tempo de cocção reduzido. Outro fator importante quando se determina a qualidade do feijão é o tempo pós-colheita. O consumidor brasileiro prefere produtos de colheita recente, pois a coloração do tegumento e a qualidade culinária são afetadas à medida que aumenta os meses de armazenamento (RIOS ABREU; CORREA, 2002; NASAR-ABBAS et al., 2008).

A identificação de cultivares de feijão com menor tempo de cozimento, com rápida capacidade de hidratação, com tegumentos que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica, após o cozimento, será determinante para aceitação de uma cultivar para o consumo (CARBONELL et al., 2003). Além disso, cultivares de feijão com tempo de cozimento menor do que trinta minutos são desejáveis, pois significa economia de energia e de capital (CARNEIRO et al., 1999; RODRIGUES et al., 2005).

Os vegetais são alimentos muito utilizados, tendo em vista que vários estudos clínicos e epidemiológicos têm associado uma dieta rica em vegetais com a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como as cardiovasculares, neurológicas e várias formas de câncer. Além do seu potencial nutritivo, estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos bioativos, como carotenóides, vitaminas e compostos fenólicos, muitos dos quais desempenham importantes funções biológicas, com destaque para aqueles com ação antioxidante (LIMA et al., 2004).

Os compostos fenólicos encontrados no feijão são importantes fitonutrientes e são reconhecidos por reduzirem o risco de desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose, cancro e outras doenças crônicas (NAMIKI, 1990; RAMARATHNAM et al., 1995). As propriedades benéficas dos compostos fenólicos têm sido atribuídas, em parte, a sua atividade antioxidante (BENINGER; HOSFIELD, 2003).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade física, química, compostos bioativos e atividade antioxidante em cultivares de feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., popularmente conhecido por feijão macassar ou de corda, representa um alimento de grande importância, tanto no aspecto econômico, pelo baixo custo de produção, por apresentar ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e como suprimentos dos valores nutricionais que o constitui, importante fonte de proteína, carboidratos, alto teor de fibras, vitaminas, minerais, além de possuir baixa quantidade de lipídios (SILVA, 2011).

O feijão-caupi é uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata*(L.) Walp. (FREIRE FILHO et al., 2005). É uma cultura de origem africana, introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988).

Além de uma grande plasticidade, ou seja, elevada capacidade de adaptação aos diferentes ecossistemas, apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica, rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, pois tem uma ótima capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais (FREIRE FILHO et al., 2005).

O feijão-caupi é utilizado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. Este pode ser comercializado como grãos secos (mercado principal), grãos imaturos (feijão fresco ou feijão verde), farinha para acarajé e sementes. Bastante apreciado por seu sabor e cozimento mais fácil, é utilizado em vários pratos típicos da região Nordeste, sendo o baião-de-dois o mais popular, prato típico onde o feijão-caupi e o arroz são cozidos juntos (ANDRADE et al., 2010).

O feijão-verde é um segmento de mercado muito importante, de grande volume, sobre o qual se dispõem de poucas informações. Tanto a produção quanto a comercialização ocorrem em torno dos centros urbanos. Devido a seu sistema de produção exigir muito trabalho manual, principalmente na colheita e na debulha, é um mercado onde predomina a agricultura familiar. As vagens verdes e os grãos verdes, a granel, são comercializados em feiras livres, já o feijão debulhado e embalado é comercializado em mercearias e supermercados. É um produto que apresenta preços atrativos e constitui uma importante opção de negócio, inclusive com possibilidade de avanços no processamento industrial do

produto, como enlatamento, resfriamento e congelamento (ANDRADE et al., 2010; ROCHA, 2009).

### 2.1.1 Produção

O feijão-caupi é considerado uma importante fonte alimentar e componente essencial dos sistemas de produção nas regiões secas dos trópicos, que cobrem parte da Ásia, Estados Unidos, Europa, Oriente Médio e Américas Central e do Sul (SINGH et al., 2002).

A Nigéria, Níger e o Brasil são os países que possuem a maior área cultivada e maiores produções de feijão-caupi do mundo, entretanto, a Croácia, República de Macedônia, Trinidad e Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas detêm as maiores produtividades, acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2011).

A produção média anual de feijão-caupi no Brasil, no período de 2005 a 2009, foi de 513.619 toneladas (t). Neste mesmo período, a região Nordeste teve uma produção média anual de 426.367 t, confirmando sua superioridade em relação a outras regiões produtoras. Entretanto, apresentou a menor média de produtividade (330 kg ha<sup>-1</sup>), em relação às demais regiões. Nessa região, as condições de cultivo não são satisfatórias, contudo, constitui-se uma situação de oportunidade, necessitando apenas de investimento em tecnologia de produção. Na região Centro-Oeste, pode-se destacar o salto de produção que foi de 3.759 t, em 2006, para 104.349 t, em 2009, com uma produtividade média anual, no período de 2006 a 2009, de 960, kg ha<sup>-1</sup>, valor bem superior ao da média nacional, que foi de 369 kg ha<sup>-1</sup>, evidenciando como uma importante alternativa para os arranjos produtivos desta região, especialmente no cultivo de safrinha (FREIRE FILHO et al., 2011).

A maior produção concentra-se no Nordeste, com 84% da área plantada e 68% da produção nacional. Em 2011 foram colhidos no Brasil aproximadamente 1,6 milhão de hectares, com produção de 822 mil toneladas, média de 525 kg ha<sup>-1</sup>. Contudo, a produtividade de feijão-caupi nas regiões tradicionais ainda é considerada baixa, principalmente escassez ou excesso de plantas por área (CARDOSO et al., 2006).

Para o feijão-caupi pode-se identificar já bem estabelecidos, três segmentos de mercado: grãos secos, feijão-verde (vagem verde ou grão verde debulhado) e sementes. O mercado de feijão processado industrialmente está em fase inicial. No mercado de grãos secos, nas regiões Norte e Nordeste, feijão-comum e o feijão-caupi embora não competindo no campo, competem por mercado e sempre que há uma queda na oferta de feijão-caupi o mercado é suprido por feijão-comum de outras regiões do País e, às vezes, importado. Estima-

se que nas regiões Norte e Nordeste há um déficit permanente de oferta de feijão-caupi, respectivamente de 17.576,7 e 102.281,3 toneladas. Já na região Centro-Oeste, onde o cultivo do feijão-caupi ainda está expandindo-se, há um superávit de 38.271,7 toneladas (FREIRE FILHO et al, 2011).

Na região do Cariri Brejo Paraibano as variedades de feijão-caupi mais cultivadas são Sempre Verde, Canapu, Rabo de Peba, Galanjão que é resultado de seleções praticadas pelos agricultores, o que favorece para a redução da produtividade na região (SANTOS et al, 2009).

O desenvolvimento e o lançamento de variedades melhoradas de ciclo curto de maturação (60-70 dias) com altas produtividades fizeram com que a produção do feijão-caupi, no mundo, aumentasse cerca de seis vezes nas últimas décadas. Uma revolução silenciosa, mas em maior magnitude em comparação com a de cereais e de todas as demais leguminosas (SINGH, 2010).

Linhares (2007), avaliando o comportamento de cultivares de caupi, constatou que os cultivares apresentaram respostas diferenciadas à fertilidade do solo, nos diferentes períodos de avaliação, para a massa seca, assim como para o peso seco de grãos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Sobral et al. (2006), testando 14 acessos de feijão-caupi, concluíram que a caracterização foi eficiente na descrição preliminar e na identificação dos potenciais acessos a serem incorporados em programas de melhoramento genético de feijão-caupi. Dantas et al. (2002), avaliando genótipos de caupi sob salinidade, constataram que os genótipos Parambu, IPA 201 e EPACE 10 foram os únicos que desenvolveram mecanismos de tolerância aos níveis de 3,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup> de salinidade do solo, podendo ser utilizados como testemunhas em pesquisas futuras. Oliveira et al. (2002) indicaram a linhagem CNCX-409-12F e a cultivar IPA 206 como alternativas ao produtor por serem as mais produtivas entre as de melhor qualidade.

Embora considerada uma cultura tropical, compatível com as condições ecológicas locais, ainda apresenta baixa produtividade, tanto no sistema solteiro como no consorciado (MIRANDA et al., 1996). Segundo Pereira et al. (1992), dentre as principais causas que limitam a produtividade do feijão-caupi no Nordeste, merece destaque o emprego de cultivares tradicionais com baixa capacidade produtiva, razão pela qual Maia et al. (1986) admitem que o aumento de produtividade possa ser alcançado mediante a simples utilização de sementes de qualidade superior.

É importante avaliar e validar novas linhagens no ambiente de exploração do agricultor, levando-se em conta o manejo e o sistema de produção e o nível tecnológico destes

em condições edafoclimáticas locais, de forma a identificar os materiais genéticos que melhores respostas apresentarem em termos de componentes de produção e produtividade, uma vez que nem sempre as cultivares mais produtivas atende a demanda de comércio da região ou local, bem como as exigências e avaliações dos agricultores e suas famílias, tais como cor e tamanho do grão, facilidade no beneficiamento, tempo para o cozimento e sabor (SANTOS, 2009).

### **2.1.2 Mercado do feijão-caupi como feijão-verde**

Atualmente vem aumentando o interesse dos produtores e consumidores, respectivamente, para a produção e consumo do feijão-caupi na forma de grãos verdes ou frescos, popularmente conhecido como feijão-verde. Para esse sistema de cultivo, o feijão-caupi é tratado como uma hortaliça. Na fase de colheita, os grãos apresentam em torno de 60 a 70% de umidade (Rocha, 2009), ou seja, um pouco antes ou depois do estágio em que param de acumular fotossíntese e iniciam o processo de desidratação natural. É fácil de reconhecer, pois as vagens estão bem intumescidas e começam a sofrer uma leve mudança de tonalidade (FREIRE FILHO et al., 2005).

Quando se fala em feijão-verde, o termo verde refere-se mais ao estágio em que a vagem é colhida do que propriamente à cor dos grãos. É um produto que tem um grande potencial para a expansão do consumo, como também para processamento industrial do feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2001).

O cultivo do feijão-caupi para o mercado de feijão-verde envolve atualmente tanto agricultores familiares quanto empresariais. A agricultura familiar utiliza baixo nível de tecnologia no cultivo, geralmente é praticada em condições de sequeiro, a colheita e pós-colheita são realizadas de forma totalmente manual e o comércio gira em torno de feiras, quitandas e pequenos mercados na forma de vagens verdes e grãos debulhados. A agricultura empresarial utiliza média tecnologia no cultivo; geralmente é praticada tanto em condições de sequeiro, quanto em condições irrigada; a colheita e pós-colheita é realizada de forma semi-mecanizada e o comércio envolve feiras, quitandas e supermercados na forma de vagens verdes, grãos debulhados e grãos ensacados (SOUSA, 2013).

A cadeia produtiva do feijão-verde apresenta uma série de aspectos que necessitam ser resolvidos. Todo o comércio é realizado na forma de vagem ou de grãos debulhados, sem nenhum processamento adequado. Sua representatividade é prejudicada por um processo errôneo de colheita, pois não se tem uma referência exata do “ponto de colheita”. Além disso,

não existe um conhecimento suficiente e adequado sobre as características do feijão-caupi própria para o consumo na forma de feijão-verde por parte dos produtores, distribuidores e, principalmente consumidores (FREIRE FILHO et al., 2007; LIMA, 2009).

O feijão-verde apesar de ter um elevado consumo, este é desordenado devido ao seu curto período de safra, que depende das variações pluviométricas. Para se incentivar a produção ordenada, em sistemas de irrigação, é necessário que se encontrem formas de conservação desse feijão para que a produção tenha mercado garantido. A conservação de feijão-caupi verde é, também, uma forma de agregar valor, garantir seu consumo em qualquer época do ano, principalmente na entressafra, e difundir o seu consumo em outras regiões (BRITO, 2008).

### **2.1.3 Vagens e grãos verdes**

Embora estudos tenham identificado cultivares altamente produtivas (Oliveira et al., 2002, 2003; Nascimento et al., 2004), o feijão verde ainda não é comprado pela cultivar e nem pelos seus atributos de qualidade, o que determina a escolha do consumidor é o preço (OLIVEIRA et al., 2001). Isso denota que a qualidade do feijão-verde deixa a desejar e o melhoramento pode contribuir em muito para agregação de valor e conquista de novos mercados.

Outras características que são igualmente importantes no melhoramento para feijão-verde são as relacionadas com a qualidade física do grão, tais como a cor, o brilho e a textura do grão, pois estas estão intimamente ligadas à preferência e ao hábito alimentar do consumidor (BUTCHER et al., 2005). Segundo Ehlers et al. (2002), o desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi com grãos de tegumento verde e com persistência dessa cor, representa uma boa alternativa para o mercado de feijão imaturo, pois tais cultivares pode ser colhida próximo ao estágio de maturidade do grão seco sem perder ou perder muito pouco de sua cor verde.

Alguns trabalhos preliminares têm sido realizados no sentido de avaliar e selecionar genótipos com características mais adequadas a esse mercado (OLIVEIRA et al., 2002; ANDRADE et al., 2005; ROCHA et al., 2006; ANDRADE et al., 2010; ROCHA et al., 2012). Alguns cruzamentos foram realizados entre genótipos de feijão-caupi com o objetivo de reunir características mais adequadas ao mercado de feijão-verde. Souza (2005) avaliou 62 populações F3 e F4 oriundas do cruzamento entre os parentais Capela e Costelão, que apresentavam boas características de vagens e grãos para o mercado de feijão-verde. Onde foi

concluído que as populações descendentes desse cruzamento mostraram ampla variabilidade genética e algumas progênies destacaram-se pelo seu rendimento elevado de grãos, cor de vagem roxa e grão branco, constituindo-se em potenciais linhagens a serem recomendadas como cultivares para produção de grãos verdes.

Os objetivos do melhoramento têm sido aumentar a produtividade de grãos e vagens verdes, a qualidade do grão (cor e tamanho), a relação grão/vagem, a resistência a pragas e doenças, a adaptabilidade e estabilidade da produção, a facilidade de debulha, a qualidade nutricional e a adequabilidade à conserva. Em curto prazo, essas avaliações preliminares poderão resultar em recomendações de novas cultivares e/ou a seleção de parentais para cruzamentos focados em caracteres associados à produção, mercado e consumo do feijão-caupi como feijão-verde (SOUSA, 2013).

O tipo de material genético a ser explorado no melhoramento do feijão-caupi para o mercado de feijão-verde depende do sistema de cultivo que irá ser adotado. Para a agricultura familiar, as cultivares deve apresentar preferencialmente crescimento indeterminado, porte semiprostrado, amplo ciclo produtivo, vagens grandes e atrativas, uniformes, bem granadas e de fácil debulha. Para a agricultura empresarial, as cultivares deve possuir preferencialmente crescimento determinado, porte ereto a semiereto, precoces, maturação uniforme, vagens de tamanho médio-grande, atrativas, uniformes, bem granadas, de fácil debulha e com longo período de preservação pós-colheita (SOUSA, 2013).

#### **2.1.4 Qualidade química**

A composição química do feijão é importante na qualidade do produto final e tem sido estudada por diferentes autores. Nas sementes do feijão a composição química pode variar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais, tipo de solo, armazenamento, processamento e modificações genéticas (AFONSO, 2010).

Os feijões na dieta humana são uma importante fonte de energia, proteínas, vitaminas, minerais e fibras, especialmente para a população que vive nos países em desenvolvimento (RAMIRÉZ-CÁRDENAS et al., 2010).

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e contém todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média) vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras alimentares e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média), sendo que a composição destes nutrientes pode variar de acordo com as práticas agrônômicas realizadas na cultura e manejo pós-colheita (ANDRADE, 2010). É rico

em lisina e outros aminoácidos essenciais, porém, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. Constitui-se, ainda, numa excelente fonte das vitaminas tiamina e niacina e contém razoáveis quantidades de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e folacina (FREIRE FILHO et al., 2005; FROTA et al., 2008).

A qualidade nutricional das proteínas das leguminosas é influenciada pelo gênero, espécie, variedade botânica, concentração de fatores antinutricionais, tempo de estocagem, tratamento térmico e, em geral, é inferior àquela da proteína de origem animal (BRESSANI, 1993; CRUZ et al., 2003). No entanto, o alto custo da proteína animal faz com que as proteínas vegetais sejam o principal componente da dieta de diversas populações (IQBAL et al., 2006). Na dieta, o feijão além de aumentar a quantidade de proteínas também contribui para melhorar sua qualidade, quando a fonte protéica da dieta é constituída de leguminosas e cereais. Isto porque enquanto as leguminosas apresentam deficiência em aminoácidos sulfurados, os cereais apresentam deficiência em lisina (IQBAL; KHALIL; SHAH, 2003).

Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, visando o consumo humano, na forma de conserva ou desidratado. Assim, exerce efetiva participação na dieta alimentar da população, por constituir-se em excelente fonte de proteínas e carboidratos de baixo custo (SILVA; OLIVEIRA, 1993). O feijão contém uma grande diversidade de flavonóides, antocianinas, proantocianidinas e isoflavonas, bem como alguns ácidos fenólicos (CHOUNG et al., 2003).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de determinar a composição química de grãos secos e verdes de feijão-caupi, principalmente no que se refere aos teores de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais (CARVALHO et al., 2012; CASTELLÓN et al., 2003; GIAMI, 2005; LIMA et al., 2003; MAIA et al., 2000; SALGADO et al., 2005; SOUZA; SILVA et al., 2002).

Em estudo sobre a composição química do feijão-caupi, cultivar BRS Milênio obtida por melhoramento genético, Frota et al., (2008) verificaram teores de proteína, cinzas, ferro, zinco e fibras solúveis e insolúveis de, respectivamente, 24,5%, 2,6%, 6,8 mg/100 g, 4,1 mg/100 g, 2,7 g/100 g e 16,6 g/100 g.

Pinheiro (2013) avaliou a composição química de genótipos de feijão-caupi crus e cozidos, observando-se variações significativas ( $p < 0,05$ ) no conteúdo de proteínas (25,59 - 31,41%), ao passo que não houve diferença estatística significativa nos teores de cinzas (3,56 - 3,79%) e lipídeos (1,6 - 2,54%) entre os genótipos na forma crua.

## 2.2 MÉTODOS DE COCÇÃO PARA O FEIJÃO

O feijão caupi, como a maioria das sementes de leguminosas, requer tratamento térmico antes do seu consumo, a fim de inativar fatores antinutricionais como inibidores de amilases e lecitinas e também melhorar a digestibilidade da proteína e a sua palatabilidade (MENCION; VAN DER POEL, 1993; LIENER, 1994; LALLES; JANSMAN, 1998; CARBONARO et al., 2000).

Dentre os métodos mais comumente utilizados para o processamento dos feijões destacam-se o descascamento, maceração, cozimento, germinação e fermentação (EGOUNLETY; AWORH, 2003; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). O cozimento leva a uma série de mudanças nas características físicas e na composição química dos alimentos vegetais. Antes do consumo, os vegetais são submetidos a processos de cozimento que utilizam a fervura com ou sem pressão ou o cozimento a vapor (XU; CHANG, 2011). Phillips et al., (2003) enfatizam que a qualidade do cozimento é medida em função da digestibilidade, solubilidade e conteúdo protéico e relatam que os fatores que afetam o tempo e a qualidade do cozimento do feijão-caupi estão determinados pelo grau de embebição de água pelo grão, tempo de armazenamento, pH da água e tamanho do grão.

O tempo de cozimento é fator fundamental para a aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores, pois a disponibilidade de tempo para o preparo das refeições é, muitas vezes, restrita (RODRIGUES et al., 2005). A identificação de cultivares com menor tempo de cozimento, rápida capacidade de hidratação, com tegumentos que não se partam durante o cozimento e com alta expansão volumétrica, após o cozimento, é desejável (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

O processamento térmico de leguminosas leva a perda da integridade da estrutura celular, com migração de componentes por lixiviação ocasionando a redução dos constituintes fitoquímicos. Além disso, o tratamento térmico pode promover a degradação térmica, pode haver perdas de nutrientes por ação enzimática ou por fatores não enzimáticos, como luz e oxigênio (VOLDEN et al., 2008; 2009).

De maneira geral, os estudos mostram que os métodos de processamento de feijões, tais como a maceração e cozimento afetam de forma significativa o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante (XU; CHANG, 2011).

A maceração e o cozimento reduzem os fatores antinutricionais, mas também ocorrem perdas no conteúdo nutritivo do alimento como, principalmente vitaminas e minerais (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008), ao passo que os processos de

germinação e fermentação tem sido responsáveis pelo aumento do valor sensorial e nutricional de legumes (EGOUNLETY; AWORH, 2003).

Para Melo et al. (2009), a ação antioxidante de um alimento é fortemente influenciada pela cocção, e fortes evidências indicam que o processo de cocção pode não alterar, pode aumentar ou reduzir a ação antioxidante do mesmo. A redução observada nestes parâmetros bioquímicos deve-se a destruição de compostos bioativos ou conversão destes em substâncias com atividade pró-oxidante, após o cozimento.

Granito; Paolini; Pérez (2008) enfatiza que o contato com a água a elevadas temperaturas pode aumentar a solubilidade dos compostos e estes podem migrar para a água de cocção ou é possível a sua conversão em compostos voláteis que são liberados no vapor durante o cozimento.

Pereira et al. (2014) avaliaram o efeito da cocção no conteúdo de ferro e zinco em cinco cultivares de feijão-caupi antes e depois da imersão, para determinar a retenção destes minerais. Observaram-se elevados teores de ferro e zinco nas cultivares de feijão-caupi cruas (Fe: 5,1 a 6,4 mg/100 g; Zn: 3,5 a 4,5 mg/100 g) e cozidas (Fe – 1,46 a 2,26 mg/100 g; Zn: 1,18 a 1,89 mg/100 g), e após o cozimento, tanto em panela regular como de pressão, houve uma redução no conteúdo de minerais. Além disso, com a utilização da panela normal, houve uma maior porcentagem de retenção do mineral ferro, e com o uso da panela de pressão, uma maior retenção de zinco.

### 2.3 COMPOSTOS BIOATIVOS

Uma ampla variedade de espécies reativas de oxigênio é produzida no curso normal do metabolismo biológico e eles possuem várias funções fisiológicas importantes, como a produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de substâncias biológicas importantes (BARREIROS; DAVID, 2006). Entretanto, o seu acúmulo nas células pode potencializar os danos às moléculas de lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos. Este processo pode eventualmente ser responsável pelo desenvolvimento de doenças crônicas, incluindo o câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas, como o Alzheimer e Parkinson (CHAIEB et al., 2011).

Diversos são os fatores que podem interferir no conteúdo de compostos bioativos em legumes, como fatores genéticos, diferenças nas condições agrônomicas e ambientais como a sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, adição de nutrientes, poluição atmosférica, danos mecânicos e ataque de patógenos. Outros fatores secundários

podem interferir no poder de extração destes compostos da matriz alimentar, como o tipo de solvente utilizado, grau de polimerização, tempo e temperatura de extração além da interação destes com outros constituintes do alimento (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; MARATHE et al., 2011).

### **2.3.1 Compostos Fenólicos**

Os compostos fenólicos são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina, originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, formam-se em condições de estresse como infecções, ferimentos, exposição à radiação ultravioleta, dentre outros. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007; NACZK; SHAHID, 2004).

Os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autoxidação. Os antioxidantes fenólicos interagem, preferencialmente, com o radical peroxil por este ser mais prevalente na etapa da autoxidação e por possuir menor energia do que outros radicais, fato que favorece a abstração do seu hidrogênio (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas (SOARES, 2002). Com relação à estrutura química, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático 28 com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. A diversidade estrutural destes compostos deve-se à grande variedade de combinações que acontece na natureza. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenólicos simples, cumarinas, taninos condensados, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

O feijão contém uma grande diversidade de compostos bioativos como os flavonóides, antocianinas, proantocianidinas e isoflavonas, bem como alguns ácidos fenólicos (CHOUNG et al., 2003). 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 do feijão um alimento com propriedades funcionais (RAMÍREZ-CÁRDENAS; ROSA; COSTA, 2008).

Vários pesquisadores têm demonstrado os efeitos protetores das leguminosas, nomeadamente o feijão, no aparecimento de vários tipos de câncer ao nível do trato

gastrointestinal, carcinoma mamário, câncer da próstata, entre outros. Estas propriedades anticancerígenas têm sido atribuídas, em parte, devido ao feijão ser um alimento vegetal rico em fibras, fitonutrientes e pobre em gordura total e saturada (THOMPSON et al., 2008).

Segundo Cardador-Martinez et al. (2002) a elevada atividade antioxidante no feijão branco deve-se ao teor de taninos condensados, supondo-se assim que estes sejam os compostos fenólicos mais importantes nessas sementes. Os valores de taninos condensados também diferem bastante, variando desde 0,3 a 35,70 mg EC/g para diferentes cultivares (ESPINOSA-ALONSO et al., 2006; BOATENG et al., 2008).

Em feijões, os compostos fenólicos estão presentes predominantemente no tegumento dos grãos, apresentando atividade antimutagênica e antioxidante, com redução dos agentes pró-oxidantes, quelação de íons metálicos e diminuição da ação dos radicais livres, como o oxigênio singleto, e assim, prevenindo os danos oxidativos às biomoléculas, como o DNA, lipídeos e proteínas (BOATENG et al., 2008; MARATHE et al., 2011).

Em relação ao teor de compostos fenólicos em feijão-caupi, Cai; Hettiarachchy; Jalaluddin (2003) observaram diferentes teores em 17 cultivares desta leguminosa, variando de 34,6 a 376,6 mg/100 g de farinha. Dentre os ácidos fenólicos, o maior componente identificado foi o ácido protocatequóico, seguidos dos ácidos p-hidroxibenzóico, caféico, p-cumárico, ferúlico e ácido cinâmico.

Em estudos realizados por Pinheiro (2013), foram analisados genótipos de feijão-caupi crus e cozidos e, para o feijão cru, observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os três genótipos, sendo que a cultivar Pingo de Ouro 1-2 apresentou uma maior concentração destes compostos (437 mg/100 g), seguida das linhagens MNC03-737F-5-9 (76 mg/100 g) e MNC03-737F-5-4 (66 mg/100 g). Após o cozimento, em todos os genótipos, foi observada uma diminuição no teor de compostos fenólicos, com destaque para a cultivar Pingo de Ouro 1-2 (366 mg/100g), seguida das linhagens MNC03-737F-5-9 (59,50 mg/100 g) e MNC03-737F-5-4(48,66 mg/100 g).

### 2.3.2 Flavonóides totais

Os flavonóides representam um dos grupos mais importantes e diversificados entre os produtos de origem vegetal e são amplamente distribuídos no reino vegetal (MACHADO et al., 2005). A atividade biológica dos flavonóides e de seus metabólitos depende da sua estrutura química e dos vários substituintes da molécula, uma vez que a estrutura básica pode sofrer uma série de modificações, tais como, glicosilação, esterificação, amidação,

hidroxilação, entre outras alterações que irão modular a polaridade, toxicidade e direcionamento intracelular destes compostos (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Segundo Cheynier (2005), conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: flavonois, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas, diidroflavonois e chalconas.

Para Huber; Rodriguez-Amaya (2008), os mecanismos precisos pelos quais os flavonóides exercem seus efeitos benéficos à saúde permanecem incertos. No entanto, recentes estudos especulam que a explicação dos efeitos celulares provém de sua clássica atividade antioxidantes. Outros modos de ação também têm sido atribuídos aos flavonóides, como inibição da proliferação celular, atividade estrogênica, antiinflamatória, antifibrótica, anticoagulante, antibacteriana, antiaterogênica e anti-hipertensiva. Acredita-se que os flavonóides, quando ingeridos de forma regular por meio da alimentação diária, podem auxiliar na prevenção de várias doenças, como cânceres, doenças cardiovasculares e inflamatórias (YANG; LIN; KUO, 2008).

O perfil de ingestão dos flavonóides provenientes de alimentos vegetais varia entre as populações, por causa dos hábitos alimentares, além das diferenças existentes entre as espécies vegetais em função de fatores intrínsecos, como um sistema de enzimas controladas geneticamente que regulam a síntese e distribuição nas plantas, e fatores extrínsecos como estação do ano, incidência de radiação ultravioleta, clima, composição do solo, preparo e processamento do alimento (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008; YANG; LIN; KUO, 2008).

### **2.3.3 Antocianinas**

Antocianinas (*anthos*, em grego, significa flor; e *kyanos*, meio azul) são os pigmentos mais importantes nas plantas visíveis ao olho humano. Elas pertencem à classe generalizada de compostos fenólicos em nomeado bloco dos flavonóides. Elas são glicosídeos derivados de poliidroxi e polimetoxi de 2- fenilbenzopirílium (cátion) ou sais de flavílium e que apresentam em sua estrutura química um resíduo de açúcar na posição 3, facilmente hidrolizado por aquecimento com HCl 2N, como produtos desta hidrólise obtém-se o componente glicídico e a aglicona, denominadas antocianidina. A distribuição das seis antocianidinas mais comuns nas partes comestíveis das plantas é cianidina (50%), pelargonidina (12%), peonidina (12%), delphinidina (12%), petunidina (7%) e malvidina (7%) (KONG et al., 2003; DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; CARVALHO et al., 2010).

As antocianinas são responsáveis pela cor de um grande número de flores e frutas vermelhas, apresentando grande concentração nas cascas de uvas escuras. Estes compostos são de interesse para a indústria de alimentos porque eles podem ter algumas aplicações como corantes naturais em alimentos (KONG et al., 2003; CARVALHO et al., 2010).

Vários efeitos benéficos à saúde têm sido atribuídos aos compostos fenólicos presentes nas frutas, vegetais, chás e vinhos. Estudos epidemiológicos, clínicos e *in vitro* mostram múltiplos efeitos biológicos relacionados aos compostos fenólicos da dieta, tais como: atividades antioxidantes, antiinflamatória, antimicrobiana e anticarcinogênica (ABE et al., 2007).

A quantificação e identificação dos componentes fenólicos da dieta têm atraído grande interesse devido à sua importância nutricional, cada dia mais dados podem ser encontrados na literatura científica sobre o perfil fenólico de alimentos. Além disso, a grande diversidade de compostos fenólicos dispersos nos tecidos vegetais e suas diferentes estruturas químicas deslumbraram a necessidade de desenvolver um grande número de técnicas analíticas para identificação e quantificação. As primeiras técnicas desenvolvidas foram às espectrofotométricas, que têm interesse do ponto de vista do controle de qualidade, mas não fornecem informações suficientes a partir de um ponto de vista nutricional; tem sido necessário recorrer a técnicas mais precisas, tais como cromatográficas, para permitir a identificação de cada um dos polifenóis de interesse (MARTÍNEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000).

#### **2.3.4 Carotenóides**

Os carotenóides são os pigmentos responsáveis pela maior parte das cores amarelo e laranja das frutas vermelhas e vegetais, devido à presença em sua molécula de um cromóforo constituído exclusivamente ou principalmente de uma cadeia de ligações duplas conjugadas. Eles estão presentes em todos os tecidos fotossintéticos, juntamente com a clorofila, bem como tecidos vegetais não fotossintéticos como componentes de cromoplastos, que podem ser considerados como degenerados cloroplastos. Devido à capacidade das plantas sintetizarem esses compostos, os alimentos de origem vegetal contêm, além dos carotenóides principais, pequenas quantidades de precursores e derivados, proporcionando uma composição complexa e variável. Já os alimentos de origem animal não possuem a mesma riqueza, são incapazes de biossintetizar carotenóides e, portanto, dependem da alimentação para sua obtenção

(RODRIGUES-AMAYA, 1999; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2004; RODRIGUES-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008).

Quimicamente, os carotenóides são tetraterpenoides C40 formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenoides C5, exceto na posição central, onde a junção ocorre no sentido cauda-cauda, invertendo assim a ordem e resultado numa molécula simétrica. Ciclização, hidrogenação, desidrogenação, migração de duplas ligações, encurtamento ou alongamento da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de funções com oxigênio ou a combinação destes processos resultam na diversidade de estruturas dos carotenóides. A cadeia poliênica pode ter de 3 a 15 duplas ligações conjugadas e o comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção e a cor da molécula. Todas são baseadas em 7 diferentes grupos terminais, dos quais somente 4 ( $\beta$ ,  $\epsilon$ ,  $\kappa$  e  $\psi$ ) são encontradas em carotenóides de vegetais superiores (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA et al., 2004; UENOJO, JUNIOR; PASTORE, 2007; RODRIGUES-AMAYA, KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Em carotenóides naturais apresentam apenas três elementos: C, H e O. O oxigênio pode estar presente como grupo hidroxila, metóxi, epóxi, carboxila ou carbonila. Entre os carotenóides, podemos distinguir dois grupos: os carotenos, que são hidrocarbonetos e xantofilas, que têm oxigênio em sua molécula. Os carotenóides hidrocarbonetos, denominados simplesmente de carotenos tem como exemplo o  $\beta$ -caroteno e licopeno, onde o licopeno possui sua cadeia acíclica e o  $\beta$ -caroteno a cadeia bicíclica. (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA et al., 2004; RODRIGUES-AMAIA, KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Os carotenóides têm alegação de possuírem um importante papel em relação à prevenção do câncer e existem evidências de que sejam importantes no tratamento dessa doença. Em vários tipos de cânceres seu poder antiproliferativo é observado em estudos em cultura de células neoplásicas, em modelos animais de carcinogênese induzida e em estudos clínicos (MAIO, 2010).

### **2.3.5 Ácido Ascórbico**

O ácido Ascórbico ocorre naturalmente em alimentos sob duas formas: a forma reduzida (geralmente designada como ácido ascórbico) e a forma oxidada (ácido desidroascórbico). Ambos são fisiologicamente ativos e encontrados nos tecidos orgânicos. Uma nova oxidação do ácido desidroascórbico para o ácido dicetogulônico produz uma

inativação irreversível da vitamina. A vitamina C funciona no interior do corpo humano, encaixando-se em ambos os lados da reação de óxido-redução, que acrescenta ou retira átomos de hidrogênio de uma molécula. Quando se oxida forma o ácido desidroascórbico pela retirada, por agentes oxidantes, de dois átomos de hidrogênio. Reduz-se pelo acréscimo de dois átomos de hidrogênio, formando novamente o ácido ascórbico, segundo Anderson et al. (1988); Pauling (1988, apud ARANHA et al., 2000).

O termo vitamina C é uma denominação genérica para todos os compostos que apresentam atividade biológica do ácido ascórbico. Dentre eles, o ácido ascórbico é o mais largamente encontrado nos alimentos e possui maior poder antioxidante. A vitamina C é um nutriente essencial que protege contra o câncer por vários mecanismos, incluindo o seu papel na promoção da formação de colágeno no corpo e em inibir a formação de compostos *N*-nitrosos no estômago. Em plantas, também desempenha um papel protetor contra espécies reativas de oxigênio que são formadas a partir da fase fotossintética e processos respiratórios. O ácido ascórbico está ligado ao crescimento celular, estando envolvido no ciclo celular e outros mecanismos de crescimento da célula vegetal e divisão, bem como atuando como cofator para muitas enzimas. Talvez, a vitamina C seja o mais abundante antioxidante solúvel em água no corpo (BYERS; PERRY, 1992; SILVA; NAVES, 2001; BARATA-SOARES et al, 2004).

## 2.4 ANTIOXIDANTES

Um antioxidante é qualquer substância capaz de retardar ou impedir danos devido à oxidação estando presente em pequenas concentrações, quando em comparação com o reagente oxidante. As substâncias antioxidantes podem apresentar diferentes propriedades protetivas e agir em diversas etapas do processo oxidativo, funcionando por diversos mecanismos (SILVA et al., 2010).

Mais especificamente, antioxidantes agem nos organismos vivos por meios de diferentes mecanismos. Dentre estes, podem ser citados: a complexação de íons metálicos, a captura de radicais livres, a decomposição de peróxido, a inibição de enzimas responsáveis pela geração de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e a modulação de vias sinalizadoras celulares (OLIVEIRA et al., 2009).

A utilização de compostos antioxidantes encontrados na dieta ou mesmo sintéticos é um dos mecanismos de defesa contra os radicais livres (ANTUNES, 1999). Os vegetais contêm muitos compostos com potencial antioxidante, como vitamina C, carotenóides,

clorofilas, e uma variedade de antioxidantes fitoquímicos como compostos fenólicos simples, glicosídeos e flavonóides (PRADO, 2009).

Embora os mecanismos de ação de cada um dos componentes do feijão não estejam completamente elucidados, é provável que as ações sinérgicas dos compostos bioativos façam do feijão um alimento com propriedades funcionais, com a sua capacidade antioxidante contribuindo na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como doenças cardiovasculares, diabetes, cânceres e hipertensão (RAMÍREZ-CÁRDENAS; ROSA; COSTA, 2008).

Para avaliar o potencial e a efetividade da capacidade antioxidante dos alimentos, na literatura científica tem sido descrito diferentes métodos para a mensuração da capacidade antioxidante (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006).

Um dos ensaios mais utilizados atualmente para avaliar a atividade antioxidante utiliza o radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrilidrazil) e consiste na redução deste radical estável pela ação dos antioxidantes presentes na amostra. O DPPH é um radical livre estável, na presença de um antioxidante doador de hidrogênio pode ser reduzido em meio alcoólico, dando origem a picrilhidrazina. Esta alteração pode ser observada por meio de espectrofotometria, havendo uma diminuição da absorbância a 517 nm e alteração da coloração original, violeta escura, para a cor amarela clara. Quanto maior for esta alteração da coloração mais DPPH reduzido e, portanto, maior atividade antioxidante da substância testada (DUDONNÉ et al., 2009; KOLEVA et al., 2002).

## REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labruscal.* e *Vitis viniferal.* **ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, n. 2, v. 2, p. 394-400, 2007.
- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2010.
- ANDRADE, D. F. **Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação.** 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2010, 470 p.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, abr./jun. 2010.
- ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. **Anais.** Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD-ROM.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.
- BARATA-SOARES, A. D.; GOMEZ, M. L. P. A.; MESQUITA, C. H. de; LAJOLO, F. M. Acida scorbicbio synthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology.** v. 16, n. 3, p. 147-154, 2004.
- BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.
- BENINGER, C.W.; HOSFIELD, G.L., 2003. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51, 7879–7883.
- BOATENG, J.; VERGHESE, M.; WALKER, L.T.; OGUTU, S. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 9, p. 1541-1547, 2008.
- BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, Philadelphia, v. 9, n. 2, p. 237-297, 1993.
- BRITO, E. S. **Feijão-caupi.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 97p.
- BUTCHER, J.; MORELOCK, T.; WILLIAMS, D. Effect of storage conditions and genotype on shelflife of fresh southern pea. **Hort Science**, v.40, n.3, p. 882, 2005.

BYERS, T.; PERRY, G. Dietary carotenes, vitamin c, and vitamin e as protective antioxidants in human cancers. **annual review of nutrition**. v. 12, p.139-159, 1992.

CAI, R.; HETTIARACHCHY, N. S.; JALALUDDIN, M. High-performance liquid chromatography determination of phenolic constituents in 17 varieties of cowpeas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 51, n. 6, p. 1623-1627, 2003.

CARBONARO, M. et al. Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 3, p. 742-749, 2000.

CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. **Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes**. *Bragantia*, v.62, n.3, p.369-379, 2003.

CARDADOR-MARTINEZ, A.; LOARCA-PINA, G.; OOMAH, B.D., 2002. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50, 6975-6980.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 37, n. 01, p. 102-105, 2006.

CARNEIRO, J. D. S. et al. Potencial Tecnológico dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, GO. **Anais...**Goiânia: Embrapa, 1999, Goiânia. 80p. p.408-411.

CARVALHO, A. F. U.; SOUSA, N. M.; FARIAS, D. F.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; SILVA, R. M. P.; VIANA, M. P.; GOUVEIA, S. T.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, M. B.; LIMA, G. P. G.; MORAIS, S. M.; BARROS, C. C.; FREIRE FILHO, F. R. F. Nutritional ranking of 30 Brazilian genotype cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 81-88, 2012.

CARVALHO, A. R. F.; OLIVEIRA, J.; FREITAS, V.; MATEUS, N.; MELO, A.. A theoretical interpretation of the color of two classes of pyrano anthocyanins. **journal of molecular structure: theochem** v. 948, p. 61-64, 2010.

CASTELLÓN, 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**. Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.

CHAIEB, N.; GONZÁLEZ, J. L.; LÓPEZ-MESAS, M.; BOUSLAMA, M.; VALIENTE, M. Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes cultivated in Tunisia. **Food Research International**, v. 44, n. 4, p. 970-977, 2011.

CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, n. 1, p. 223S-229S, 2005. Suplemento.

CHOUNG, M. G. CHOI, B. R.; AN, Y. N.; CHU, Y. H.; CHO, Y. S. Anthocyanin profile of Korean cultivated kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 24, p. 7040-7043, 2003.

CRUZ, G. A. D. R. et al. Protein quality and *in vivo* digestibility of different varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 157-162, 2003.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.

DEGÁSPARI, C.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **visão acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DUDONNÉ, S.; VITRAC, X.; COUTIÈRE, P.; WOILLEZ, M.; MÉRILLON, J.-M. Comparative study of antioxidant 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, n. 5, p. 1768-1774, 2009.

EGOUNLETY, M.; AWORH, O. C. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotylomageocarpa* Harms). **Journal of Food Engineering**, v. 56, n. 2-3, p. 249-254, 2003.

EHLERS, J.D.; FERY, R.L.; HALL, A.E. Cowpea breeding in the USA: new varieties and improved germplasm. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Ed.) **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, p.62-77, 2002.

ESPINOSA-ALONSO, L.G.; LYGIN, A.; WIDHOLM, J.M.; VALVERDE, M.E.; PAREDES-LOPEZ, O., 2006. Polyphenols in wild and weedy Mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54,4436-4444.

FAOSTAT. **Production Crops**. Disponível em:

<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=cn#cnanchor>. Acesso em: 18 maio 2011.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J.P.P. de; WATT, E. E. (Org.). **O feijão-caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 26-46.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 81p, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 286-290, 2007.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GIAMI, S. Y.

Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 7, p. 665-673, 2005.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PÉREZ, Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 994-999, 2008.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

IQBAL, A. et al. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 331-335, 2006.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; SHAH, H. Nutritional yield and amino acid profile of rice protein as influenced by nitrogen fertilizer. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v. 19, n. 1, p. 127-134, 2003.

KOLEVA, I. I.; BEEK, T. A. V.; LINSSEN, J. P. H.; GROOT, A.; EVSTATIEVA, L. N. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. **Phytochemical Analysis**, v. 13, n. 1, p. 8-17, 2002.

KONG, J.-M.; CHIAA, L.-S.; GOHA, N.-K.; CHIAA, T.-F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins: review. **Phytochemistry**, v. 64, p. 923-933, 2003.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LALLES, J. P.; JANSMAN, A. J. M. **Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed**. Wageningen: Wageningen Press, 1998. p. 219-232.

LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, London, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.

LIMA, E. D. P de.A.; JERÔNIMO, E de. S.; LIMA, C. A de A.; GONDIM, P. J de. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.

LIMA, E. D. P. A. Feijão-caupi verde, minimamente processado: aspectos de conservação. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009a, Belém, PA. **Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 73-84. 1 CD-ROM.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata*L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LINHARES, L. C. F. **Comportamento de três cultivares de caupi, submetidas à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de Várzea do rio Pará**. 2007. 58f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

MAIA, A. F.; ASSUNÇÃO, M. V.; ALVES, J. F. Influência do método de debulha e da umidade na produção de sementes de feijão de corda. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 17, n. 2, p. 91 – 100, 1986.

MAIA, F. M. M.; OLIVEIRA, J. T. A.; MATOS, M. R. T.; MOREIRA, R. A.; VASCONCELOS, I. M. Proximate composition, amino acid content and haemagglutinating and trypsin-inhibiting activities of some Brazilian *Vigna unguiculata*(L) Walp cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 4, p. 453-458, 2000.

MAIO, R.; BERTO, J. C.; CORRÊA, C. R.; CAMPANA, Á. O.; PAIVA, S. A. R. Ingestão dietética, concentrações séricas e teciduais orais de carotenóides em pacientes com carcinoma epidermoide da cavidade oral e da orofaringe. **Revista Brasileira de Cancerologia**. v. 56, n. 1, p. 7-15, 2010.

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. 2005-2011, 2011.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. caracas. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**. v.50, n.1, p. 5-18, 2000.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Antioxidant capacity of vegetables submitted to thermal treatment. **Nutrire**, São Paulo, v. 34, n.1, p. 85-95, 2009.

MENCION, J. P.; VAN DER POEL, A. F. B. Process technology and antinutritional factors: principles, adequacy and process optimization. In: VAN DER POEL, A. F. B.; HUISMAN, J.; SAINI, H. S. (Eds.). **Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds**. Wageningen Pers: Wageningen, 1993, p. 419-434.

MIRANDA, P.; COSTA, A. F.; OLIVEIRA, L. R.; TAVARES, J. A.; PIMENTEL, M. L.; LINS, G. M. L. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp., nos sistemas solteiro e consorciado. IV – tipos ereto e semiereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 9, n. especial, p. 95-105, 1996.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influence of spices phenolic compounds on lipoperoxidation and lipid profile of rats tissues. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, New York, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NAMIKI, M., 1990. Antioxidants/antimutagens in food. **Journal of Nutrition**, 29, 273-300.

NASAR-ABBAS, S. M. et al. Nitrogen retards and oxygen accelerates colour darkening in faba beans (*Vicia fabal.*) during storage. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam v.47, p. 113-118, 2008.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, V. R. F.; ARRUDA, F. P.; NASCIMENTO, I. S. S.; ALVES, A. U. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 01, p. 77-80, 2003.

OLIVEIRA, A. P.; TAVARES SOBRINHO, J.; NASCIMENTO, J. T.; ALVES, A. U.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002.

OLIVEIRA, M. R. T.; BORTOLUZZI, C. R.; BARACUHY, J. G. V.; DANTAS JÚNIOR, R. O agronegócio do feijão macassar verde: alternativas para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 3., 2001, Goiânia. **Anais**. Goiânia: ABAR, 2001. DAF1001.

OLIVEIRA, V. R. de.; RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; LONDERO, P. M. G. Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, 2009.

PEREIRA, E. J.; CARVALHO, L. M. J.; Dellamora-Ortiz, G. M.; CARDOSO, F. S. N.; CARVALHO, J. L. V.; VIANA, D. S.; FREITAS, S. C.; ROCHA, M. M. Effect of cooking methods on the iron and zinc contents in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) to combat nutritional deficiencies in Brazil. **Food & Nutrition Research**, v. 58, n. 20694, 2014.

PEREIRA, J. A.; BELARMINO FILHO, J.; SANTOS, J. F.; ARANHA, V. S. **Caracteres agrônômicos e suas correlações em linhagens de feijão-macassar**. EMEPA, 1992 (Boletim de pesquisa 06).

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, n. 7, p. 791-800, 2006.

PHILLIPS, R. D. et al. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 193-213, 2003.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização Química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Piauí.

PRADO. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**, Piracicaba, 2009.

RAMARATHANAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S., 1995. The contribution of plant food antioxidants to humans health. **Trends in Food Science & Technology**, 6, 75-82.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

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. 298.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M.; CORREA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 23, suppl., p. 39-45, 2002.

ROCHA, M. de M. O feijão-caupi para consumo na forma de grãos fresco. **Agrosoft Brasil**, 11 nov. 2009. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 5 jul. 2010.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F. **Avaliação agrônômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 16 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; FILHO, A. C.; GARCIA, SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 525-530, 2005.

RODRIGUEZ-AMAYA D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, international life sciences institute, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN J. Fontes Brasileiras de Carotenóides: **Tabelas Brasileira de Composição de Carotenóides**. Brasília: MMA/SBF, 2008.

ROGINSKI, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, v. 92, n. 2, p. 235-254, 2005.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 525-530, 2005.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, C. H.; SANTOS, M. C. C. A. **Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião cariri paraibano**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222, 2009.

SILVA, C. R. de M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 14 n. 2, maio/ago., 2001.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 11, n. 2, p. 133-135, 1993.

SILVA, S.Z.; **Resistência e qualidade de cultivar de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) a *Callosobruchus maculatos* (fabr.)** (Coleoptera: bruchidial), Cascavel, 2011.

SINGH, B. B. **The quiet revolution**. IITA Research to Nourish Af, R4D Review, Ibadan, Edition 5, p. 8-11, Sep. 2010. Disponível em: <[http://r4dreview.org/vvpcontent/uploads/2011/01/sept2010\\_low\\_res.pdf](http://r4dreview.org/vvpcontent/uploads/2011/01/sept2010_low_res.pdf)>. Acesso em 14 mar. 2012.

SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÔ, M. (Ed.) **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, p.22-40, 2002.

SINGH, B.B. Cowpea breeding at IITA: highlights of advances impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina. Tecnologias para o agronegócio: **anais...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição da PUECAMP**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOBRAL, P. V. C.; RAMOS, S. R. R.; ROCHA, M. DE M.; FREIRE FILHO, F.R.; SANTOS, J. O.; **Caracterização agrônômica de variedades tradicionais de feijão caupi do Branco ativo de germoplasma da Embrapa Meio Norte**. Teresina-PI, p.4, 2006.

SOUSA, J. L. M. **Seleção de genótipos de feijão-caupi em condição de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes**. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, 2013.

SOUZA e SILVA, S. M.; MAIA, J. M.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R. **Composição Química de 45 Genótipos de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*(L.)Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 2p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 149).

SOUZA, C. L. C. **Variabilidade, correlações e análise de trilha em populações de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.) para produção de grãos verdes**. 2005. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

THOMPSON, M.D.; THOMPSON, H.J.; BRICK, M.A.; MCGINLEY J.N.; JIANG, W.; ZHU, Z.; WOLFE, P., 2008. Mechanisms associated with dose-dependent inhibition of rat mammary carcinogenesis by dry bean (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Journal of Nutrition**. 138, 2091-2097.

UENOJO M.; JUNIOR M. R. M.; PASTORE G. M.. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**. v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

VOLDEN, J.; BERGE, G. I. A.; BENGTSSON, G. B.; HANSEN, M.; THYGESEN, I.E.; WICKLUND, T. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea*L. ssp. *Capitataf. rubra*). **Food Chemistry**, v. 109, n. 3, p. 595-605, 2008.

VOLDEN, J.; BERGE, G. I. A.; HANSEN, M.; WICKLUND, T.; BENGTSSON, G. B. Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (*Brassica oleracea*L. ssp. *botrytis*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 63-73, 2009.

XU, B.; CHANG, S. K. C. Reduction of antiproliferative capacities, cell-based antioxidant capacities and phytochemical contents of common beans and soybeans upon thermal processing. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 974-981, 2011.

YANG, R.; LIN, S.; KUO, G. Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. **Asian Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 17, supp. 1, p. 275- 279, 2008.

## CAPITULO II

### QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE

*Vigna unguiculata* (L.) Walp.

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade física e química de oito cultivares de feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp. As amostras utilizadas no experimento, nomeadamente, Costela de Vaca, BRS Marataoã, BRS Itaim, BR 17-Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão e Patativa. Foram realizadas avaliações físicas de comprimento de vagens verdes, comprimento, largura, espessura, peso e número de grãos de 10 vagens verde. Peso de 10 vagens verdes, peso de grãos de 10 vagens verdes, peso de 10 vagens verdes umedecidas e peso de grãos verdes de 10 vagens umedecidas. Os grãos verdes de cada cultivar foram submetidos a dois métodos: cru e cozido para as avaliações químicas de umidade, cinzas proteínas, lipídeos, carboidrato, valor energético, pH, acidez e açúcares totais. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado para as avaliações físicas e químicas. Detectando significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Verificou-se que todas as cultivares apresentaram boas características físicas com exceção da cultivar BRS 17-Gurguéia. Em relação às características químicas, o conteúdo de umidade apresentou 54,31 a 63,99% para as cultivares cruas BR 17-Gurguéia e BRS Marataoã, aumentando nas cozidas para 68,75 a 70,79%, respectivamente. O conteúdo de cinzas, proteínas, lipídeos e o valor energético diminuíram de forma significativa ( $p < 0,05$ ) para todas as cultivares cozidas. O teor de carboidrato diminuiu para todas as cultivares após o cozimento com exceção da cultivar Patativa. Para o conteúdo de açúcares totais as cultivares cruas apresentaram teores de 9,35 a 10,8 mg /100 g BRS Novaera e Costela de Vaca, após o cozimento, pode-se observar a redução para teores de 0,73 a 1,49 mg/100 g para Costela de Vaca e Setentão, respectivamente. Pode-se concluir que todas as cultivares apresentaram boas características físicas com exceção da cultivar BRS 17-Gurguéia. O cozimento afetou a composição centesimal das cultivares de feijão-caupi, com aumento no teor de umidade para todas as cultivares e perdas no conteúdo de cinzas, proteínas lipídeos e carboidratos (com exceção da cultivar BRS Patativa) e valor energético. Mesmo após o cozimento as cultivares mantiveram importantes características nutritivas.

**Palavras chaves:** qualidade, feijão verde, *Vigna unguiculata*.

**PHYSICS AND CHEMISTRY QUALITY IN CULTIVARS OF GREEN BEAN*****Vigna unguiculata* (L.)Walp.****ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the physical and chemical quality in eight green bean cultivars *Vigna unguiculata* (L.) Walp. The samples used in the experiment, namely Costela de vaca, Marataoã BRS, BRS Itaim, BR-17 Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão and Patativa. Physical assessments were conducted length of green pods, length, width, thickness, weight and number of grains 10 green pods. Weight 10 green beans, grain weight of 10 green pods, weight 10 moistened green pods and weight of green grain moistened 10 pods. Green beans of each cultivar were subjected to two methods: raw and cooked for humidity and chemical evaluations, ashes proteins, lipids, carbohydrates, energy value, pH, acidity and the amount of sugars. The design was randomized to the physical assessments and chemical. Detecting significance of the F test, the averages were compared by Tukey test at 5% probability. It was found that all cultivars showed good physical characteristics except BRS 17-Gurguéia. With regard to chemical characteristics, moisture content presented from 54.31 to 63.99% for raw cultivars BR-17 and BRS Gurguéia Marataoã, increasing the cooked to 68.75 to 70.79%, respectively. The content of ash, protein, lipids and energy value decreased significantly ( $p < 0.05$ ) for all cultivars cooked. The carbohydrate content decreased in all cultivars after cooking with the exception of the Patativa cultivar. For total sugars content of the raw samples presented content from 9.35 to 10.8 mg / 100 g BRS Novaera and Costela de vaca, after cooking, it was possible to observe a reduction to levels from 0.73 to 1.49 mg / 100 g to Costela de vaca and Setentão respectively. It can be concluded that all the cultivars showed good physical characteristics except BRS 17-Gurguéia. The cooking affected the chemical composition of cowpea cultivars with increased moisture content for all cultivars and loss in ash content, lipid proteins and carbohydrates (except BRS Patativa) and energy value. Even after cooking cultivars remained important nutritional characteristics.

**Key words:** quality, green beans, *Vigna unguiculata*.

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa altamente rica em proteínas, sendo considerada como uma das leguminosas de maior importância econômica e social, principalmente para as regiões Norte e Nordeste, onde constitui um dos mais importantes componentes na alimentação da população (FREIRE FILHO et al., 2005).

Na região Nordeste a produção de feijão-caupi é feita por pequenos agricultores familiares que ainda utilizam técnicas tradicionais, tendo grande participação na área cultivada, porém uma participação modesta na produção da região (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2011). Entretanto, apesar de tal importância, a cultura apresenta baixa produtividade média nestas regiões, sendo que uma das causas é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, além de que a utilização inadequada das adubações interfere negativamente na produtividade da cultura (GUALTER et al., 2008).

Os sistemas de preparo do solo determinam as condições físicas, químicas e biológicas do solo influenciando o crescimento das plantas e produtividade das culturas (BIZARI et al., 2011). Oliveira et al. (2001) afirmam que para obtenção de elevadas produtividades na cultura do feijoeiro é necessária a realização de uma adubação equilibrada em matéria orgânica e NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

No feijão são reconhecidas três partes distintas: tegumento, cotilédone e o eixo embrionário (DUEÑAS et al., 2006). A parte mais importante em termos de peso é o cotilédone. Este contém proteínas e hidratos de carbono, enquanto que o revestimento (tegumento) da semente contém a maior concentração de compostos fenólicos (SHAHIDI et al., 2007).

A produção e o consumo de grãos verdes representam um mercado altamente promissor para o feijão-caupi, tornando-se boa opção de renda para a agricultura familiar (ROCHA et al., 2007). Por essa razão, tornou-se uma importante fonte de emprego e renda regional. A produção de grãos verdes tem um grande potencial para a expansão do consumo, como também para processamento industrial, especialmente, quando produzido na entressafra, ocasião em que o produto alcança elevados preços no mercado (FREIRE FILHO et al., 2007).

A variabilidade na composição química pode ser também atribuída ao ano de cultura, uma vez que se verifica que o seu perfil nutricional pode variar de ano para ano (BARAMPAMA; SIMARD, 1994; SOTELO et al., 1995; SAMMÁN, 1999).

A qualidade nutricional do grão de feijão-caupi é muito importante e tem impactos positivos sobre a saúde do consumidor. Neste sentido, estudos têm sido conduzidos sobre a

avaliação de genótipos quanto às características nutricionais, principalmente quanto aos teores de proteína, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais nos grãos secos (SILVA, 2002; SALGADO et al., 2005; NUNES et al., 2005; HENSHAW, 2008). Em relação aos minerais, os teores de ferro e zinco tem sido a ênfase dos programas de biofortificação (FRANCO et al., 2009; BARRETO et al., 2009, ROCHA et al., 2009; NUTTI et al., 2009). A farinha de feijão-caupi tem sido usada na fortificação de alimentos, na formulação de produtos da panificação (MOREIRA-ARAÚJO, 2009; FROTA et al., 2010). Comparado aos trabalhos conduzidos em grãos secos, ainda são escassos estudos sobre a qualidade nutricional do feijão caupi em grãos verdes (LIMA et al., 2003; SALGADO et al., 2005).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade física e química em cultivares de feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal (LTPOV) e no Laboratório Química e Bioquímica e Análise de Alimentos (LQBAA), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Pombal – PB, no período de dezembro de 2013 a outubro de 2014.

### 2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram utilizadas no experimento amostras de oito cultivares de feijão, nomeadamente, Costela de Vaca (Figura 1), BRS Marataoã (Figura 2), BRS Itaim (Figura 3), BR 17-Gurguéia (Figura 4), BRS Novaera (Figura 5), Paulistinha (Figura 6), Setentão (Figura 7) e Patativa (Figura 8). A produção das vagens das cultivares de feijão-caupi foi proveniente de cultivos realizados em área experimental do setor de Agricultura da Unidade Acadêmica de Agronomia, UAGRA/CCTA/UFCG. Após a colheita as vagens das cultivares dos feijões-caupi verde foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem vegetal (LTPOV) da UATA/CCTA/UFCG onde foram realizadas primeiramente as análises físicas.

Após as avaliações físicas, o restante das vagens das oito cultivares do feijão caupi foram embalados em saco de papel Kraft, com capacidade para 1,0 kg, envolto em saco plástico, devidamente fechado identificado e armazenado à -18°C em freezer vertical, até às posteriores avaliações de compostos bioativos e atividade antioxidante.

As vagens retiradas da câmara fria foram debulhadas para a obtenção dos grãos, para cada cultivar e selecionados manualmente para remoção de sujidades e de grãos verdes fora do padrão de qualidade. Os grãos verdes de cada cultivar foram submetidos a dois métodos diferentes para a realização das análises físico-químicas:

- Cru: feijão macerado até a obtenção de uma massa homogênea.
- Cozido: foram realizados testes com tempos de 5 min, 10 min e 15 min de cozimento em panela de pressão e em microondas. Após os testes pode-se concluir que o cozimento em panela de pressão com o tempo de 10 min, foi o mais eficaz para todas as cultivares de feijão. Os feijões foram cozidos sem maceração em proporção feijão: água de 1:3 (p/v) em panela de pressão doméstica de 4L, durante 10 minutos depois da saída constante de vapor pela válvula de pressão. Após a cocção os feijões foram

separados do caldo, com auxílio de peneiras plásticas e armazenados em potes plásticos (50g) submetidos ao congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para avaliações químicas.

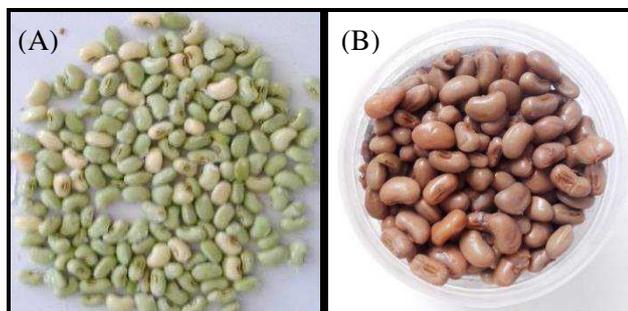


Figura 1 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

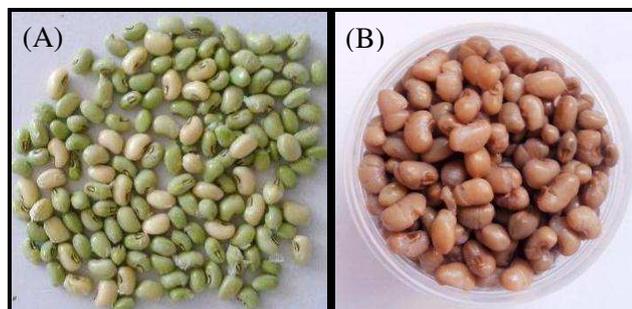


Figura 2 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

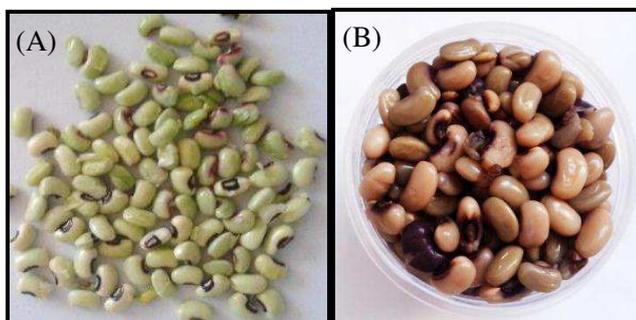


Figura 3 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

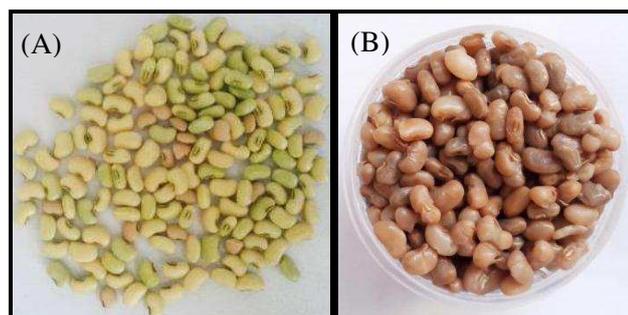


Figura 4 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

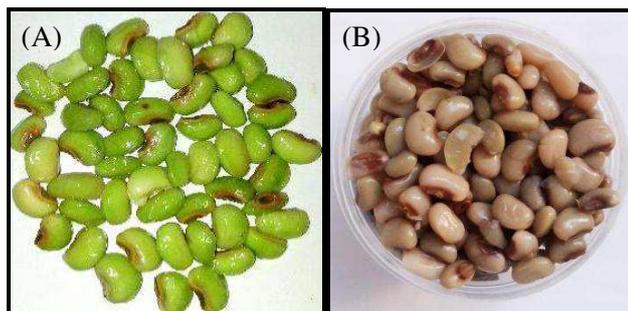


Figura 5 – Cultivar de feijão-caupi BRS Novaera.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

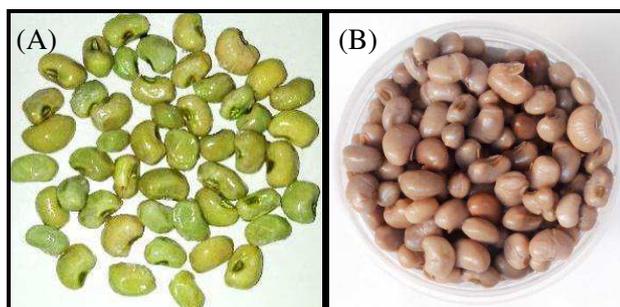


Figura 6 – Cultivar de feijão-caupi Paulistinha.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

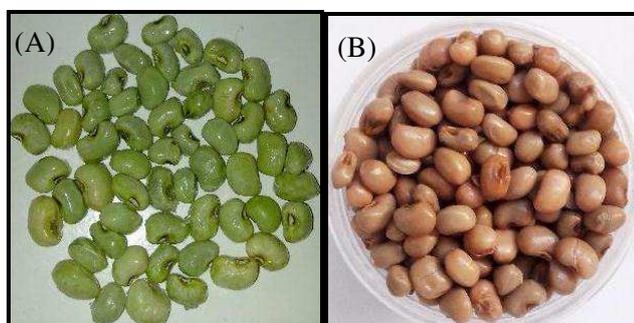


Figura 7 – Cultivar de feijão-caupi Setentão.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

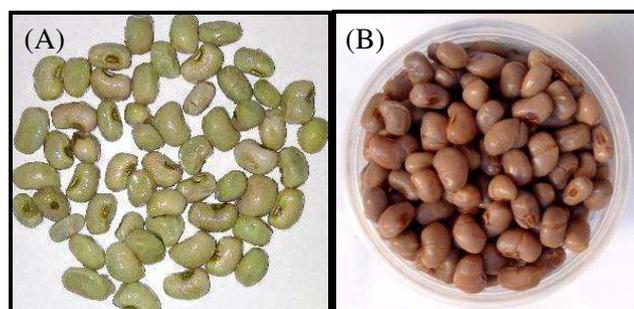


Figura 8 – Cultivar de feijão-caupi Patativa.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão.

## 2.2 AVALIAÇÕES

### 2.2.1 Avaliações das características físicas

Foram avaliados os seguintes caracteres: comprimento de vagens verdes (CVV), comprimento, largura, espessura, peso e número de grãos de 10 vagens verde (NGVV). Para isso, de cada cultivar colhida, retirou-se uma amostra de 10 vagens, pesou-se e, em seguida, colocou-se de molho em água, por um período de trinta minutos para grãos e uma hora para vagens. Após esse período, a amostra foi retirada e pesada novamente. Assim, foram avaliados também os seguintes caracteres: peso de 10 vagens verdes (P10VV), peso de grãos de 10 vagens verdes (PG10VV), peso de 10 vagens verdes umedecidas (P10VVU) e peso de grãos verdes de 10 vagens umedecidas (PG10VV).

### 2.2.2 Avaliações Químicas

- a) **Umidade (%)**: determinada por meio de secagem em estufa a 105°C até peso constante de acordo com os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foram pesados 5-10 g da amostra triturada e homogeneizada, em quadruplicata, em cápsula de porcelana previamente tarada. Colocou-se a cápsula com a amostra em estufa a 105°C por 24 horas, em seguida colocou-se em dessecador por 30 minutos e pesou-se. O teor de umidade foi obtido pela fórmula:

Teor de umidade =  $100 \times N / P$ , na qual:

N = n° de gramas de umidade

P = n° de gramas de amostra.

- b) **Cinzas (%)**: determinada pela incineração da amostra em mufla a 550°C até que as cinzas ficassem brancas ou ligeiramente acinzentadas (IAL, 2008). Amostras de 5g foram pesadas, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250°C por 4 horas, posteriormente incineradas por 12 horas a 550°C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 minutos e em seguida pesados. O teor de cinzas foi obtido pela fórmula:

Teor de cinzas =  $100 \times N / P$ , em que:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas de amostra.

- c) **Proteínas (%)**: foi determinada pelo Método de Kjeldahl, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação, utilizando-se o fator de conversão genérico 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína segundo o método descrito pelo IAL (2008). Para a etapa da digestão, procedeu-se a pesagem de 0,2g de amostra em papel manteiga, sendo este conjunto colocado em tubo digestor juntamente com 3mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica. A digestão foi realizada a 400°C durante, em média, 4 horas. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação do nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Teor de proteína} = V \times 0,14 \times F / P, \text{ na qual:}$$

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.

- d) **Lipídios (%)**: foram determinados como extrato etéreo através da extração contínua pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para extração, 5g das amostras secas trituradas, em quadruplicata, foram colocados em cartuchos e estes adicionados a 200 mL de hexano e mantidos em extração contínua por seis horas a 60°C. Após o término da extração, os *reboilers* com o resíduo foram transferidos para a estufa a 105°C, durante uma hora. Ao final, este foi resfriado em dessecador, pesado e o peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios pela fórmula:

$$\text{Teor de lipídios} = 100 \times N / P, \text{ na qual:}$$

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas de amostra.

- e) **Carboidratos (%)**: o teor de carboidratos foi determinado pela diferença entre 100 e a soma das percentagens de umidade, proteína, lipídios e cinzas (BRASIL, 2011).
- f) **Valor energético (Kcal/100 g)**: calculado por meio da Equação abaixo, multiplicando-se os valores obtidos pelos fatores de conversão adequados: proteínas e carboidratos por 4 Kcal.g<sup>-1</sup>, e lipídios por 9 Kcal.g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011).

$$\text{Valor energético} = [(P (\%) \times 4 \text{ kcal/g}) + (C (\%) \times 4 \text{ kcal/g}) + (L (\%) \times 9 \text{ kcal/g})]$$

Onde: P (%) = percentual de proteínas; C (%) = percentual de carboidratos; L (%) = percentual de lipídios.

- g) **Potencial Hidrogeniônico - pH:** determinado em pHmetro, com inserção direta do eletrodo, de acordo com IAL (2008).
- h) **Acidez Titulável – AT (% de ácido cítrico):** por titulometria com NaOH 0,1 M, segundo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008).
- i) **Açúcares solúveis totais (g/100g):** foram determinados pelo método da Antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Os extratos foram obtidos através da diluição de 1g de feijão (cru e cozido) em 200 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 50 µL do extrato, 950 µL de água destilada e 2,0 mL da solução de Antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.

### 2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as avaliações físicas o delineamento foi o inteiramente casualizado com oito cultivares contendo 30 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1987), utilizando o programa computacional ASSISTAT 7.7 versão beta (SILVA, 2013).

Para as avaliações químicas o experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado com oito cultivares contendo 4 repetições de 150 g de feijão/parcela). Os dois procedimentos avaliados: cru e cozido foram avaliados de forma independente. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e detectando efeito significativo no teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de

probabilidade, de acordo com Gomes (1987), utilizando o programa computacional ASSISTAT 7.7 versão beta (SILVA, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ANÁLISES FÍSICAS

As análises físicas de comprimento das vagens verdes, comprimento, largura e espessura dos grãos, número de grãos por vagem e peso dos grãos por vagens estão demonstrados na Tabela 1.

Em relação ao comprimento das vagens os valores variaram de 14,62 cm para a cultivar BRS Novaera a 22,39 cm para a cultivar Costela de Vaca. Andrade (2010), estudando 20 linhagens de feijão caupi obteve vagens com valores médios variando de 18,2 (MNC00-599F-11) a 22,32 cm (MNC00-595F-26). O mercado de feijão verde exige vagens grandes e atrativas (Freire Filho et al., 2011), desta forma assim todas as cultivares do presente trabalho com exceção da cultivar BRS Novaera estão dentro do padrão citado na literatura.

O número de grãos por vagens apresentou média variando de 9,70 para a cultivar BRS Novaera a 16,80 para a cultivar Costela de Vaca. As menores médias foram observados para a cultivar BRS Novaera e BRS Itaim, essas cultivares merecem maior atenção por parte da seleção, pois os agricultores preferem cultivar com vagens grandes. As demais cultivares apresentaram médias superiores a média das cultivares nacionais, que é de 13 grãos, segundo Freire Filho et al. (2011). Sousa, 2013 trabalhando com genótipos de feijão caupi verde encontrou valores médios que variaram de 13,10 a 16,75, valores que corroboram com os do presente trabalho para a maioria das cultivares.

O peso de grãos por vagem variou de 3,53 g BRS Novaera a 6,40 g Paulistinha. Antonio et al., (2013), avaliando 30 acessos de feijão caupi obteve peso médio que variaram de 2,30 a 4,27 g para o peso de grãos por vagem.

**Tabela 1** - Comprimento (cm) das vagens verdes (30 vagens), número de grãos por vagem (10 vagens) e peso (g) dos grãos (10 vagens) de oito cultivares de feijão-caupi verde. CCTA/UFCEG, Pombal – PB, 2013.

Cultivares	Comprimento das vagens (cm)	Número de grãos por vagem	Peso dos grãos por vagem (g)
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	22,39 a	16,80 a	5,36 abc
BRS Marataoã	18,76 bc	15,40 a	5,01 abcd
BRS Itaim	17,59 d	12,30 b	4,66 bcd
BR 17-Gurguéia	17,07 d	16,70 a	3,69 d
BRS Novaera	14,62 e	9,70 b	3,53 d
Paulistinha	19,11 b	16,00 a	6,40 a
Setentão	17,87 cd	15,50 a	3,98 cd

Patativa	18,80 bc	15,8 a	5,95 ab
<b>CV (%)</b>	<b>7,06</b>	<b>12,97</b>	<b>24,74</b>

Os dados estão apresentados como média de trinta repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de Tukey) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 2, verificou-se que para o comprimento, largura e espessura dos grãos a cultivar BR 17-Gurguéia foi a que obteve a menor média para as respectivas características, sendo a maior média de comprimento 1,29 cm para a cultivar BRS Itaim, a maior largura 0,84 cm para as cultivares BRS Novaera e BRS Itaim e a cultivar Patativa foi a cultivar que obteve a maior média de espessura 0,70 cm.

**Tabela 2** - Comprimento (cm), largura (cm) e espessura (cm) dos grãos de 30 grãos de oito cultivares de feijão-caupi verde. CCTA/UFCG, Pombal – PB, 2013.

Cultivares	Comprimento dos grãos (cm)	Largura dos grãos (cm)	Espessura dos grãos (cm)
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	1,18 b	0,79 bc	0,63 c
BRS Marataoã	1,08 c	0,69 de	0,63 c
BRS Itaim	1,29 a	0,84 a	0,66 abc
BR 17-Gurguéia	0,98 d	0,65 e	0,50 d
BRS Novaera	1,20 b	0,84 a	0,65 bc
Paulistinha	1,10 c	0,82 ab	0,68 ab
Setentão	1,06 c	0,74 cd	0,64 bc
Patativa	1,12 c	0,80 ab	0,70 a
<b>CV (%)</b>	<b>7,30</b>	<b>8,59</b>	<b>8,15</b>

Os dados estão apresentados como média de trinta repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de Tukey) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

O peso de 10 vagens verdes, peso de 10 vagens verdes umedecidas, peso de grãos de 10 vagens verdes e peso de grãos de 10 vagens verdes umedecidas estão demonstrados na Tabela 3.

Observou-se que as maiores médias para peso de vagens entre as cultivares foram obtidas para as cultivares Costela de Vaca (116,66 g), Setentão (100,00 g) e Patativa (98,52 g), sendo a menor média observada para a cultivar BR 17-Gurguéia (50,00g). Para as vagens umedecidas as maiores médias foram observadas para as cultivares Costela de Vaca (131,74 g) e BRS Novaera (123,42 g) e a menor obtida pela cultivar BR 17-Gurguéia (64,59 g).

Para o peso de grãos de 10 vagens verdes as cultivares as que obtiveram as maiores médias foram a Paulistinha (59,63g), Patativa (55,88g) e a Costela de Vaca (54,62g), sendo observadas as menores médias para as cultivares BR 17-Gurguéia (32,72 g) e BRS Novaera (33,22). Em relação ao peso de grãos umedecidos a maior média foi observada para a cultivada para a cultivar BRS Novaera (68,54 g) e a menor média a cultivar BR 17-Gurguéia

(38,76 g). Estes resultados são específicos para as cultivares estudadas devido às condições do solo, do clima, entre outras características edafoclimáticas.

**Tabela 3** - Peso de 10 vagens verdes (P10VV), peso de 10 vagens verdes umedecidas (P10VVU), peso de grãos de 10 vagens verdes (PG10VV), peso de grãos de 10 vagens verdes umedecidas (PG10VVU) de oito cultivares de feijão-caupi verde. CCTA/UFCG, Pombal – PB, 2013.

Cultivares	P10VV (g)	P10VVU (g)	PG10VV (g)	PG10VVU (g)
	Média	Média	Média	Média
Costela de Vaca	116,66 a	131,74 a	54,62 abc	65,45 a
BRS Marataoã	86,66 bc	97,67 c	45,91 abcd	52,40 bc
BRS Itaim	66,66 cd	74,25 d	43,95 bcd	50,14 cd
BR 17-Gurguéia	50,00 d	64,59 d	32,72 d	38,76 d
BRS Novaera	66,66 cd	123,42 ab	33,22 d	68,54 a
Paulistinha	87,66 bc	96,83 c	59,63 a	62,50 abc
Setentão	100,00 ab	108,33 bc	40,19 cd	63,54 ab
Patativa	98,52 ab	111,74 bc	55,88 ab	67,40 a
<b>CV (%)</b>	10,53	6,45	11,94	7,70

Os dados estão apresentados como média de trinta repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de *Tukey*) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os valores para umidade, cinza e proteína das cultivares de feijão caupi verde cru e submetido ao cozimento estão demonstradas na Tabela 4.

O conteúdo de umidade dos feijões crus variou de 54,31 na cultivar BR 17-Gurguéia a 63,99% na cultivar BRS Marataoã, seguida da cultivar Costela de Vaca com 63,42% de umidade, apresentando diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares. Estes resultados estão dentro do esperado segundo a literatura, visto que Diniz et al (2001) ao avaliar 4 cultivares de feijão caupi verde produzidos em Campina Grande PB, obteve teores nos grãos na faixa de 63,24% (Manteiguinha), 67,37% (Fígado de galinha), 69,41% (Corujinha) e 70,46% (Vajão). Esses teores de umidades altos em grãos de feijão verdes são normais no início do seu processo de formação onde os grãos estão com alto teor de umidade e baixo teor

de matéria seca CARVALHO (1983). Esse mesmo autor também comenta que quando os grãos se aproximam do estágio de maturação fisiológica, esses, também, atingem o maior percentual de matéria seca. Os grãos de feijão, a partir desse ponto, têm sua umidade diminuída, em função da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente.

Para os grãos cozidos, o conteúdo de umidade aumentou para todas as cultivares variando de 68,75 para a cultivar BR 17-Gurguéia a 76,71 para a cultivar Costela de Vaca. Tal fato pode ser explicado pela embebição dos grãos durante esse processamento (BRIGIDE; CANNIATTI-BRAZACA, 2006). Segundo Afonso, (2010), os teores de água variam de cultivar para cultivar, segundo as propriedades e características dos tegumentos (permeabilidade e composição), composição química, temperatura de cozimento (a absorção aumenta com a temperatura) e condições fisiológicas das cultivares.

Com relação ao conteúdo de cinzas, observou-se que nos feijões crus variou de (1,66%) para as cultivares Costela de Vaca e Patativa a(3,08%) para a cultivar BR 17-Gurguéia. Após o cozimento, houve uma redução no teor de cinzas totais em todas as cultivares, com os menores valores obtidos para a Costela de Vaca (0,69%) e BRS Novaera (0,72%). A diminuição no conteúdo de cinzas totais também foi verificada por outros autores. Pinheiro (2013) analisando sementes de feijão-caupi genótipo Pingo de Ouro crus e cozidos também observou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no conteúdo de cinzas após o cozimento (3,56% e 1,31%), respectivamente. Ramírez-Cárdenas; Leonel; Costa (2008), em estudo sobre a composição centesimal do feijão-comum, observaram uma redução de 4% no teor de cinzas após o cozimento. Esta diminuição após o cozimento também foi observada por El-Jasser (2011) ao analisar feijão-caupi cru e cozido, apresentando teores de 3,17% e 2,73%, respectivamente.

Esta diminuição no teor de cinzas pode ser atribuída à perda de minerais por difusão na água empregada pelo tratamento térmico (BARAMPANA; SIMARD, 1995). Ahvenainen (1996), afirma que a manutenção das quantidades minerais em um alimento é um desafio, uma vez que, logo após a colheita, reações químicas e físicas passam a ocorrer e podem influenciar na qualidade, sendo que os principais determinantes das perdas são os métodos de cocção, pois a temperatura, o tempo e o tipo de cocção influenciam diretamente na quantidade final destes nutrientes.

A proteína encontrada nas oito cultivares de feijão caupi verde cru variou de 7,53% na cultivar Costela de Vaca até 18,42% para a cultivar Patativa. Esses teores aproximaram dos resultados encontrados por Diniz et al., (2001), trabalhando com feijão caupi verde obtendo uma variação no percentual de proteína entre 7,48% (Corujinha) e 9,12% (Manteiguinha) e

Andrade et al. (2010), trabalhando com vinte linhagens de feijão-caupi de tegumento e cotilédone verdes encontrou valores que variaram de 14,77% (BRS Paraguaçu) e 18,97% (MNC05-847B-123).

Segundo Salgado et al. (2006), o baixo teor de proteína em grãos verdes quando em relação aos grãos secos, provavelmente se deve a estágios de maturação dos grãos, que no caso dos grãos secos é maior e, portanto, ocorre maior alocação de nutrientes nos grãos, quando comparados aos grãos verdes. Para o feijão cozido houve uma redução no teor de proteína que variou de 5,89% na cultivar Costela de Vaca até 8,72% para a cultivar BRS Itaim. Os processamentos térmicos como o cozimento podem provocar alterações físico-químicas nas proteínas, amido e outros componentes das leguminosas, afetando o seu valor nutritivo (POEL et al., 1990; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

**Tabela 4** – Composição Centesimal: umidade, cinzas e proteínas em oito cultivares de feijão caupi verde cru e cozido. CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2014.

Composição Centesimal	Cultivares	Processamento	
		Cru (%)	Cozido (%)
		Média	Média
Umidade (%)	Costela de Vaca	63,42 ab	76,71 a
	BRS Marataoã	63,99 ab	70,79 bcd
	BRS Itaim	62,75 b	71,30 bc
	BR 17-Gurguéia	54,31 b	68,75 e
	BRS Novaera	61,71 b	70,27 cd
	Paulistinha	59,77 b	69,48 de
	Setentão	62,53 a	71,66 bc
	Patativa	62,08 b	71,76 b
	CV(%)	7,49	0,86
Cinzas (%)	Costela de Vaca	1,66 c	0,69 c
	BRS Marataoã	2,43 b	1,01 a
	BRS Itaim	1,95 bc	0,84 b
	BR 17-Gurguéia	3,08 a	1,05 a
	BRS Novaera	1,86 bc	0,72 c
	Paulistinha	1,82 bc	0,99 a
	Setentão	2,08 bc	1,06 a
	Patativa	1,66 c	0,82 b
	CV(%)	13,13	3,93

<b>Proteínas (%)</b>	Costela de Vaca	7,53 d	5,89 a
	BRS Marataoã	11,88 c	7,31 a
	BRS Itaim	10,83 c	8,72 a
	BR 17-Gurguéia	15,40 b	6,32 a
	BRS Novaera	10,66 c	7,08 a
	Paulistinha	11,55 c	6,99 a
	Setentão	11,45 c	7,86 a
	Patativa	18,42 a	5,99 a
	CV(%)	4,95	18,11

Os dados estão apresentados como média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de *Tukey*) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

De acordo com as cultivares estudadas, o teor de lipídios variou de 0,30% Patativa a 0,76% BRS Marataoã no feijão cru, apresentando diferença estatisticamente significativa entre as cultivares TABELA 5. Após o cozimento observou-se uma redução no teor de lipídeos com valores que variaram de 0,12% Patativa a 0,66% BRS Marataoã, não diferindo estatisticamente entre si. Os feijões apresentam, geralmente, um baixo conteúdo de lipídios em comparação com outros macronutrientes (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2006). El-Jasser (2011), observou-se uma redução no teor de lipídios após o cozimento, apresentando o feijão seco cru e cozido de 1,3% e 1,1%, respectivamente.

O teor de carboidrato no feijão cru variou de 17,55 Patativa a 27,06 Paulistinha. Nunes et al, (2005), avaliando 14 genótipos de feijão-caupi verdes seco em estufa obtiveram valores que variaram de 43,17 Vargem Roxa-THE a 50,53 Olho de Pomba. Após o cozimento houve uma redução no teor de carboidrato para todas as cultivares com exceção da cultivar Patativa que teve um teor maior de carboidrato no feijão cozido quando comparado ao feijão cru. Apesar da diminuição após o cozimento, o teor de carboidratos continuou expressivo, confirmando ser esse alimento uma boa fonte energética.

As cultivares apresentaram valores energéticos totais no feijão verde cru de 140,87 Kcal/100g, para a cultivar BRS Marataoã e 165,70 Kcal/100g BR 17-Gurguéia. O feijão cozido apresentou uma redução no valor energético com teores de 92,35 Kcal/100g e 123,05 Kcal/100g para as cultivares Costela de Vaca e BR 17-Gurguéia, respectivamente. Essa diminuição após o cozimento também foi observada por Barros, (2014), trabalhando com quatro cultivares de feijão caupi verde seco (BRS Aracê, BRS Xiquexique, BRS Milênio e BRS Tumucumaque), em que o feijão cru apresentou médias variando de (362,39, 355,69 354,25 e 351,10 Kcal/100g) e (162,06, 158,38, 171,16, e 158,43 Kcal/100g) no feijão cozido respectivamente. Segundo o mesmo autor a diminuição do valor energético dos genótipos

após o cozimento pode ser atribuída à redução dos teores de alguns macronutrientes, como os carboidratos, no caso do presente trabalho a única exceção foi para a cultivar Patativa que apresentou teor de carboidrato maior no cozido.

**Tabela 5** – Composição Centesimal: lipídeos, carboidratos e valor energético das cultivares de feijão-caupi verde cru e cozido. CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2014.

Composição Centesimal	Cultivares	Processamento	
		Cru (%)	Cozido (%)
		Média	Média
<b>Lipídeos (g/100g)</b>	Costela de Vaca	0,74 a	0,59 a
	BRS Marataoã	0,76 a	0,66 a
	BRS Itaim	0,54 ab	0,35 a
	BR 17-Gurguéia	0,63 a	0,44 a
	BRS Novaera	0,68 a	0,24 a
	Paulistinha	0,55 ab	0,38 a
	Setentão	0,40 bc	0,27 a
	Patativa	0,30 c	0,12 a
	CV(%)	26,24	60,18
<b>Carboidratos (%)</b>	Costela de Vaca	27,04 a	15,84 d
	BRS Marataoã	21,60 a	20,21 bc
	BRS Itaim	23,34 a	18,76 cd
	BR 17-Gurguéia	24,60 a	23,42 a
	BRS Novaera	25,97 a	21,68 abc
	Paulistinha	27,06 a	22,15 ab
	Setentão	23,33 a	19,11 bc
	Patativa	17,55 a	21,28 abc
	CV(%)	17,84	6,68
<b>Valor energético (Kcal/100g)</b>	Costela de Vaca	144,96 a	92,35 e
	BRS Marataoã	140,87 a	116,08 bcd
	BRS Itaim	141,56 a	113,17 cd
	BR 17-Gurguéia	165,70 a	123,05 a
	BRS Novaera	152,68 a	117,25 abc
	Paulistinha	159,43 a	120,00 ab
	Setentão	142,83 a	110,44 d
	Patativa	146,68 a	110,24 d
	CV(%)	11,29	2,39

Os dados estão apresentados como média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de Tukey) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

Em relação ao pH o feijão verde cru e cozido não apresentaram diferença estatística entre as cultivares, sendo a cultivar Patativa a que obteve a maior média (7,04) no feijão cru (TABELA 6). Resultados semelhantes ao do presente trabalho foi encontrado por Medeiros (2004), trabalhando com feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp *in natura* e seco obtendo valores de pH que variaram de 6,37 a 6,98 no feijão *in natura*. A qualidade do feijão relacionada ao período de armazenamento refrigerado e ao pH foi observada por Rigueira, Lacerda-Filho e Volk (2009), que encontraram valores próximos da neutralidade (pH = 6,36) ao final do período do armazenamento.

A medida de pH de um alimento deve ser considerada na sua avaliação da qualidade, sob o ponto de vista microbiológico e químico. Na avaliação microbiológica, os alimentos se dividem em pH inferiores ou superiores a 4,5 que, de modo geral, indicam o seu grau de deterioração, atestado pela acidez ou basicidade desenvolvida. Nos aspectos químicos, a maior parte das reações ocorre durante o armazenamento e processamento dos alimentos e são significativamente alteradas, devido à variação da concentração hidrogeniônica do meio (GOMES; OLIVEIRA, 2011).

Para os teores de acidez para todas as cultivares, verificou-se que tanto para o feijão cru quanto o cozido apresentaram-se com baixa acidez, confrontando com os resultados do pH apresentando teores elevados. Medeiros, (2004), também observou baixa acidez trabalhando com feijão verde *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *in natura*, obtendo valores que variaram de 0,11 a 0,16 no feijão *in natura*.

A determinação da acidez em conjunto com a medida de pH em grãos de feijão são parâmetro que pode contribuir na avaliação da qualidade tecnológica, nutricional e microbiológica destes produtos. As condições inadequadas de armazenamento podem levar à acidificação do tecido, conduzindo ao defeito de textura (LIU; MCWATTERS; PHILLIPS, 1993). A acidificação do tecido pode ser devida a processos biológicos como a hidrólise enzimática (lípsases) de lipídios em ácidos graxos, à oxidação desses ácidos em ácidos orgânicos, hidrólise da fitina por ação da fitase, formando fosfato inorgânico e devido à ação de micro-organismos (RIBEIRO; PRUDENCIO-FERRREIRA; MIYAGUI, 2005).

O teor de açúcares totais no feijão verde cru variou de 9,35 na cultivar Setentão a 10,81 na cultivar Costela de Vaca não diferindo estatisticamente entre as cultivares e para o feijão verde cozido variou de 0,73 para a cultivar Costela de Vaca a 1,49 para a cultivar Setentão, respectivamente. O elevado teor de açúcar no feijão-caupi verde, segundo Stanley

(1991), decorre da ativação da enzima frutose 2-6 biofosfatase responsável pela síntese específica de sacarose em presença de elevada proporção de triose-fosfato/ortofosfato.

**Tabela 6** – pH, Acidez Titulável e Açúcares Totais das oito cultivares de feijão-caupi verde cruas e cozidas. CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2014.

Físico-química	Cultivares	Processamento	
		Cru (%)	Cozido (%)
		Média	Média
pH	Costela de Vaca	6,62 a	6,73 a
	BRS Marataoã	6,64 a	6,75 a
	BRS Itaim	6,39 a	6,55 a
	BR 17-Gurguéia	6,53 a	6,79 a
	BRS Novaera	6,67 a	6,77 a
	Paulistinha	6,75 a	6,62 a
	Setentão	6,75 a	6,68 a
	Patativa	7,04 a	6,72 a
	CV(%)	4,47	1,53
Acidez Total Titulável (g/100g de ácido cítrico)	Costela de Vaca	0,23 c	0,12 d
	BRS Marataoã	0,34 b	0,14 cd
	BRS Itaim	0,36 b	0,16 bcd
	BR 17-Gurguéia	0,44 a	0,19 abc
	BRS Novaera	0,25 c	0,15 cd
	Paulistinha	0,35 b	0,21 ab
	Setentão	0,34 b	0,21 a
	Patativa	0,34 b	0,19 abc
	CV(%)	4,24	12,44
Açúcares totais (g/100g)	Costela de Vaca	10,81 a	0,73 c
	BRS Marataoã	9,45 a	1,43 a
	BRS Itaim	10,37 a	1,38 a
	BR 17-Gurguéia	10,38 a	1,47 a
	BRS Novaera	10,31 a	0,93 bc
	Paulistinha	9,85 a	1,42 a
	Setentão	9,35 a	1,49 a
	Patativa	9,74 a	0,96 b
	CV(%)	6,95	7,73

Os dados estão apresentados como média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais entre as linhas (Teste de Tukey) não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).

#### 4 CONCLUSÕES

- ✓ As cultivares apresentaram boas características físicas com exceção da cultivar BRS 17-Gurguéia;
- ✓ O cozimento afetou a composição centesimal das cultivares de feijão-caupi verde, com aumento no teor de umidade para todas as cultivares e perdas no conteúdo de cinzas, proteínas lipídeos e carboidratos (com exceção da cultivar BRS Patativa) e valor energético;
- ✓ Após o cozimento as cultivares mantiveram importantes características nutritivas.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2010.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.
- ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens de tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.
- ANTONIO, R. P., ALBUQUERQUE, L. B., SILVA, P. S. L., SILVA, A. E. A., SILVEIRA, L. M., FILHO, J. T. **Avaliação agrônômica de acessos de feijão caupi coletados no Rio Grande do Norte**. III CONAC – Congresso Nacional de Feijão Caupi. Recife-Abril, 2013.
- BARAMPANA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1994.
- BARRETO, G. P. M.; BENASSIB, M. T.; MERCADANTE, A. Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 10, p. 1856-1861, 2009.
- BARROS, N. V. A. **Influência do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.
- BIZARI, D. R.; MATSURA, E. M.; DEUS, F. P.; MESQUITA, M. Diferentes sistemas de manejo do solo no consumo de água do feijoeiro irrigado em Campinas-SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.5, n.3, p.143-152, 2011.
- BRASIL. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO**. 4 ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.
- CARVALHO, N.M. de E.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 2a.ed.Rev., Campinas, Fudação Cargill, 1983, 429p.
- DUEÑAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I., 2006. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. *Food Chemistry*, **98**, 95-103.
- EL-JASSER, A. S. H. Chemical and biological properties of local cowpea seed protein grown in Gizan Region. **International Journal of Agricultural and Biological Sciences**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 68-75, 2011.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina, 2011. 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 81p, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 38, n. 3, p.286-290, jul./set. 2007.

FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRAARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, suppl. 1, p. 44-50, 2010.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2011.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; ALCANTARA, R. M. C. M.; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.4, p.469-474, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

LIMA, E. D. P de. A.; JERÔNIMO, E de. S.; LIMA, C. A de A.; GONDIM, P. J de. S.; ALDRIGUE, M. L.; CAVALCANTE, L. F. Características físicas e químicas de grãos verdes de linhagens e cultivares de feijão caupi para processamento tipo conserva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.

LIU, K.; PHILLIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H.; Mechanism of pectin change during soaking and cooking as related to hard-to-cook defect in cowpeas. *J. Agric. Food Chemistry*., v. 41, n. 9, p. 1476, 1993.

MEDEIROS, U. K. L., **Estudo da secagem do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) - Análise experimental do processo combinado Leito fixo/leito de Jorro**. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Regional, Natal/RN, 128p.2004.

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; FROTA, K. M.; MENESES, N. A.; MARTINS, L. S.; ARAÚJO, M. A. M. Utilização de biscoito à base de farinha de feijão caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp) em pré-escolares com anemia ferropriva. In: II CONGRESSO

NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. 2009, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2009, v.1. CD-ROOM.

NUNES, L. N.; SILVA, S. M. S.; ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R e RIBEIRO, V. Q.. **Composição química de grãos verdes de genótipos de feijão-caupi**. Teresina, PI, 2005.

NUTTI, M. R.; ROCHA, M. M.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V.; FREIRE

FILHO, F. R.; SILVA, K. J. D. Biofortificação de feijão-caupi no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJAO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 26-38. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização Química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Piauí.

POEL, T. et al. Thermal inactivation of lectins and trypsin inhibitor activity during steam processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) and effects on protein quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 53, n. 2, p. 215-228, 1990.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. **Biodisponibilidade de zinco e ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos**. 2006. 171 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008.

RIBEIRO, H. J. S. S. PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar IAPAR 44, para envelhecimento acelerado. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 165-169, 2005.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, out./dez. 2009.

ROCHA, M. de M. **O feijão-caupi para consumo na forma de feijão fresco**. 2009. Disponível em: <<http://agrosoft.com/pdf.php/?node=212374>>. Acesso em: dez. 2012.

ROCHA, M. de M.; SOARES, M. da C.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação preliminar de genótipos de feijão-caupi para feijão-verde. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 12, n. 1, p. 153-156, 2007.

- SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, 25(3): 525-530, jul.-set. 2005.
- SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; SCHULLER, A. R. P.; ARAÚJO, A. L. L. Resposta fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, 2006.
- SAMMÁN, N.; MALDONADO, S.; ALFARO, M.E.; FARFAN, N.; GUTIERREZ, J., 1999. Composition of different bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) of northwestern Argentina (region NOA): cultivation zone influence. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, **47**, 2685-2689.
- SHAHIDI, F.; HO, C-T. **Antioxidant measurement and applications**. Washington: American Chemical Society, 2007. p. 2-7. (ACS Symposium Series 956).
- SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.
- SILVA, S. M. de S. et al. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 149).
- SOUSA, J. L. M. **Seleção de genótipos de feijão-caupi em condições de sequeiro e irrigado para o mercado de vagens e grãos verdes**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal do Piauí, 2013.
- SOTELO, A.; SOUZA, H.; SANCHEZ, M., 1995. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). **Plant foods for Human Nutrition**, **47**, 93-100.
- STANLEY J. K. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold. 1991. 532p.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p.508-515, 1954.

### **CAPÍTULO III**

#### **AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM CULTIVARES DE FEIJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**

## COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM VARIEDADES DE FEIJÃO VERDE *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar os teores dos compostos bioativos e atividade antioxidante em oito cultivares de feijão caupi verde cru, cozido e seus caldos de cocção. Foram analisadas oito cultivares: Costela de Vaca, BRS Marataoã, BRS Itaim, BR 17-Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão e Patativa. Os grãos de cada cultivar foram submetidos a dois procedimentos diferentes para realização das análises: cru e cozido. Analisou-se: clorofila, carotenóides, flavonóides, antocianinas, ácido ascórbico, fenólicos e a atividade antioxidante. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata para as cultivares cruas, cozidas e no caldo de cocção. Realizou-se Análise de Variância e detectando significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ( $p < 0,05$ ). Para os compostos bioativos, a cultivar Costela de Vaca destacou-se com o maior teor de clorofila e carotenóides na sua forma crua, no feijão cozido o maior teor de clorofila foi observado para a cultivar BRS Novaera sendo observado também ser a cultivar que obteve a menor perda deste composto. A cultivar Costela de Vaca obteve o maior teor de carotenóides antes e após o cozimento. Após o cozimento as cultivares apresentaram um aumento no teor de flavonóides para todas as cultivares com exceção das cultivares Costela de Vaca e Setentão. Foram constatadas pequenas concentrações de antocianinas nas cultivares cruas, cozidas e no caldo de cocção. Após o cozimento houve uma redução no teor de ácido ascórbico para todas as cultivares com exceção das cultivares BRS Itaim (4,23 mg/100g) e a cultivar Patativa (5,56 mg/100g) que apresentou um leve aumento depois de cozido. Os caldos de cocção também apresentaram relevante teor de ácido ascórbico valores estes próximos aos do encontrado no feijão cozido apresentando diferença estatística entre si para a maioria das cultivares. A cultivar BRS Marataoã apresentou os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais antes do cozimento (87,74 mg/100 g), após o cozimento houve uma redução destes compostos em todas as cultivares analisadas, com a cultivar Setentão apresentando a maior concentração de compostos fenólicos 46,29 mg/100 g. Em todos os caldos de cocção, detectou-se a presença de compostos fenólicos, com o maior conteúdo para o caldo da cultivar BRS Marataoã (51,88mg/100 g), observou-se também que a cultivar Costela de Vaca obteve uma maior concentração de compostos fenólicos no caldo de cocção (43,34 mg/100g) em comparação ao feijão cozido (30,62 mg/100g). Para a atividade antioxidante, antes do cozimento, a cultivar BRS Marataoã apresentou maior atividade antioxidante (97,71 g feijão. g DPPH<sup>-1</sup>). Após o cozimento, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa na atividade antioxidante das cultivares estudadas, com exceção da cultivar BR 17-Gurguéia que obteve maior atividade antioxidante no cozido. Nos caldos de cocção as cultivares BRS Marataoã com 79,59 e Costela de Vaca com 83,60 foram as que apresentaram as menores concentração de antioxidante e conseqüentemente maior poder em combater radicais livres. Foi constatada forte correlação entre a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos, flavonóides totais e ácido ascórbico. As cultivares mantiveram características nutritivas e funcionais importantes, recomendando-se o consumo do feijão-caupi verde juntamente com o caldo de cocção para uma maior retenção de compostos com propriedades antioxidantes.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, compostos bioativos, antioxidantes.

## BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANTE ACTIVITY IN GREEN BEAN VARIETY *Vigna unguiculata* (L.)Walp.

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in eight bean cultivars cowpea green raw, cooked and their cooking broths. Eight cultivars were analyzed: Costela de Vaca, Marataoã BRS, BRS Itaim, BR-17 Gurguéia, BRS Novaera, Paulistinha, Setentão and Patativa. The grain of each cultivar were submitted to two different procedures for carrying out the analyzes: raw and cooked. analyzed: chlorophyll, carotenoids, flavonoids, anthocyanins, ascorbic acid, phenolic compounds and antioxidant activity. All analyzes were performed in quadruplicate for raw varieties, cooked in broth and cooking. It was conducted analysis of variance and detecting significance of the F test, the averages were compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). For the bioactive compounds, to cultivate Costela de vaca stood out with the highest content of chlorophyll and carotenoid in its raw form, the baked beans the highest chlorophyll content was observed for cultivar BRS Novaera being observed also be cultivating showed the lowest loss of this compound. Cultivar Costela de vaca had the highest carotenoid content before and after cooking. After cooking the cultivars showed an increase in flavonoid content for all cultivars with the exception of Costela de vaca cultivars and Setentão. Small concentrations of anthocyanins were found in raw varieties, cooked in broth and cooking. After cooking there was a reduction in the ascorbic acid content in all cultivars except for BRS Itaim (4.23 mg / 100g) and cultivate Patativa (5.56 mg / 100g) which showed a slight increase after cooked. Cooking broths had also relevant ascorbic acid content values close to those found in the baked beans presenting statistical difference between them for most cultivars. A BRS Marataoã had the highest total phenolic content before cooking (87.74 mg / 100 g) after cooking there was a reduction of these compounds in all cultivars analyzed, with the cultivar Setentão having the highest concentration of compounds fenólicos 46,29 mg / 100 g in all cooking broths detected the presence decomposed phenolics, with the highest content to the broth of BRS Marataoã (51,88mg / 100 g), it was also observed that the Costela de vaca cultivar obtained a higher concentration of phenolic compounds in the juice of cooking (43.34 mg / 100g) compared to the cooked beans (30.62 mg / 100g). For the antioxidant activity, before cooking, BRS Marataoã showed higher antioxidant activity (97.71 g beans. DPPH  $g^{-1}$ ). After cooking, there was a statistically significant decrease in antioxidant activity of cultivars except cultivar BR-17 Gurguéia which obtained the highest antioxidant activity in cooked. In cooking broths BRS Marataoã cultivars with 79.59 and Costela de vaca with 83.60 were the ones that had the lowest concentration of antioxidant and consequently greater power to fight free radicals. Strong correlation between antioxidant activity and content of phenolic compounds, total flavonoids and ascorbic acid was found. Cultivars kept important nutritional and functional characteristics, recommending the consumption of green cowpea along with the broth cooking for greater retention of compounds with antioxidant properties.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, bioactive compounds, antioxidants.

## 1 INTRODUÇÃO

Os vegetais são alimentos muito utilizados, tendo em vista que vários estudos clínicos e epidemiológicos têm associado uma dieta rica em vegetais com a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como as cardiovasculares, neurológicas e várias formas de câncer. Além do seu potencial nutritivo, estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos bioativos, como carotenóides, vitaminas e compostos fenólicos, muitos dos quais desempenham importantes funções biológicas, com destaque para aqueles com ação antioxidante (LIMA et al., 2004).

Dentre as leguminosas, o feijão caracteriza-se por ser um alimento com um bom valor nutritivo, elevado teor de proteínas, fibras alimentares, que apresentam efeito hipoglicêmico e hipocolesterolêmico, carboidratos complexos e compostos fenólicos com elevada atividade antioxidante (SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009).

Os antioxidantes são moléculas naturais, que previnem a formação descontrolada de radicais livres e espécies reativas de oxigênio ou que inibem a sua reação com as estruturas biológicas, interrompendo a reação em cadeia e formando radicais com baixa reatividade para propagar esta reação, sendo neutralizados por reação com outro radical, formando produtos estáveis ou podem ser reciclados por outro antioxidante (VALKO et al., 2004).

Um radical livre é uma estrutura química que possui um elétron desemparelhado, tornando-o muito instável, reativo e com capacidade para combinar-se inespecificamente com as diversas moléculas integrantes da estrutura celular e derivados. Existem compostos igualmente reativos e são classificadas de maneira mais ampla, como espécies reativas de oxigênio (AFONSO, 2010).

Desta forma, os antioxidantes são substâncias que podem retardar ou inibir danos oxidativos, evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia e, dessa forma, podem prevenir doenças inibindo os prejuízos causados por radicais livres no organismo (SILVA; ROCHA; CANNIATTI BRAZACA, 2009).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de compostos bioativos e atividade antioxidante em cultivares de feijão caupi cru, cozido.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal (LTPOV) e no Laboratório de Química e Bioquímica e Análise de Alimentos (LQBAA), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Pombal – PB, no período de Dezembro de 2013 a abril de 2015.

### 2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA, INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As amostras utilizadas no experimento foram provenientes de oito cultivares de feijão, nomeadamente, Costela de Vaca (Figura 9), BRS Marataoã (figura 10), BRS Itaim (Figura 11), BR 17-Gurguéia (Figura 12), BRS Novaera (Figura 13), Paulistinha (Figura 14), Setentão (Figura 15) e Patativa (Figura 16). Os grãos verdes de cada cultivar foram submetidos a dois métodos diferentes para a realização das análises de compostos bioativos e atividade antioxidante:

- Cru: feijão sem cocção submetido à maceração até a obtenção de uma massa homogênea.
- Cozido: os feijões foram cozidos sem maceração em proporção feijão: água de 1:3 (p/v) em panela de pressão doméstica de 4L, durante 10 minutos depois da saída constante de vapor pela válvula de pressão.

Logo após a cocção, os feijões foram separados do caldo, com auxílio de peneiras plásticas e armazenados em potes plásticos (50g) e submetidos ao congelamento a -18°C, para avaliações posteriores. Os caldos de cocção obtidos do cozimento foram armazenados em recipientes plásticos com capacidade para (50 ml), para as análises de compostos bioativos e antioxidantes.

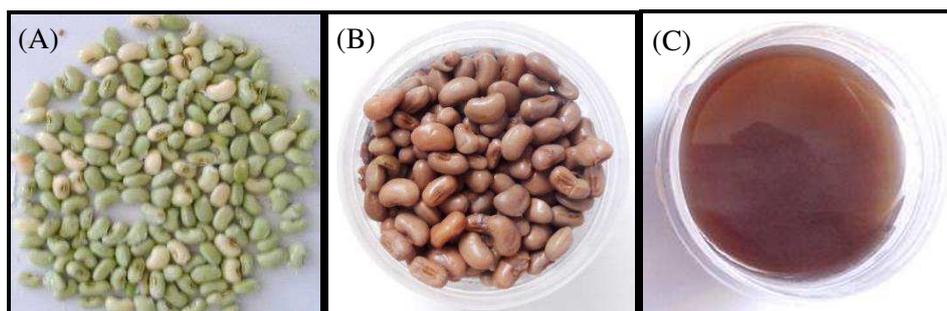


Figura 9 – Cultivar de feijão-caupi Costela de Vaca.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

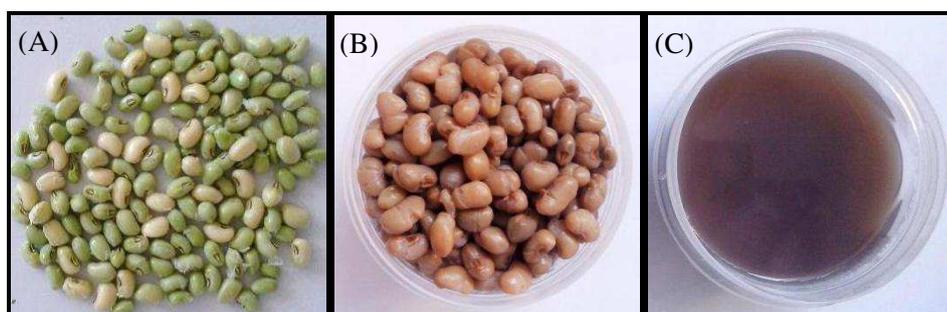


Figura 10 – Cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

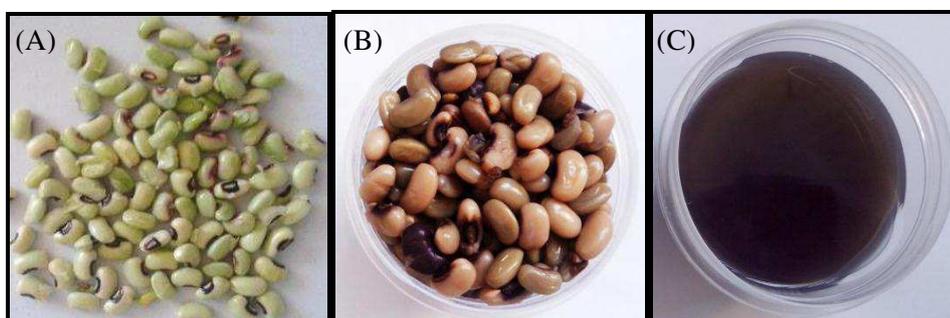


Figura 11 – Cultivar de feijão-caupi BRS Itaim.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

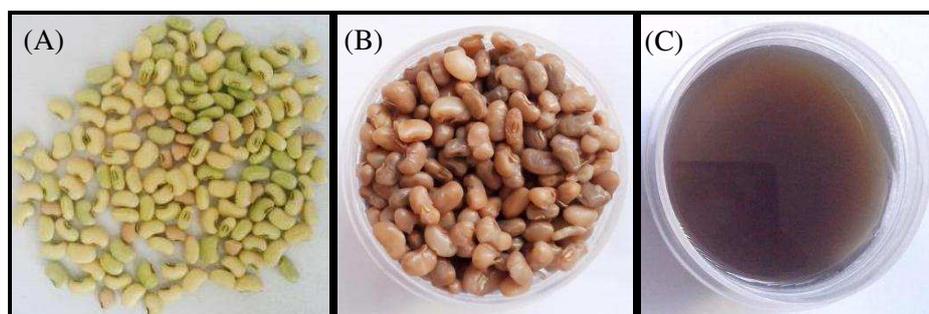


Figura 12 – Cultivar de feijão-caupi BR 17-Gurguéia.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

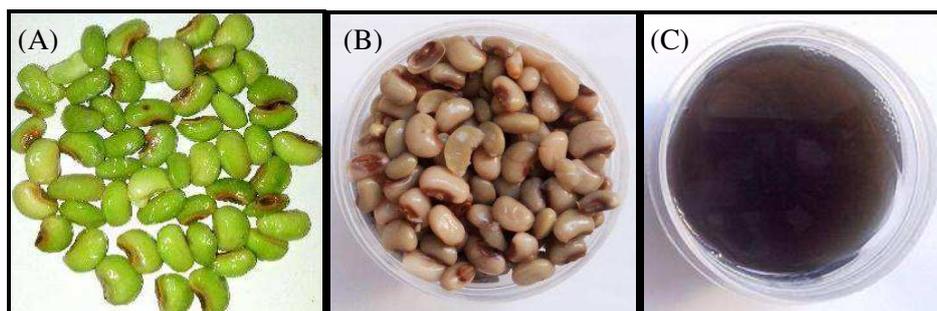


Figura 13 – Cultivar de feijão-caupi BRS Novaera.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

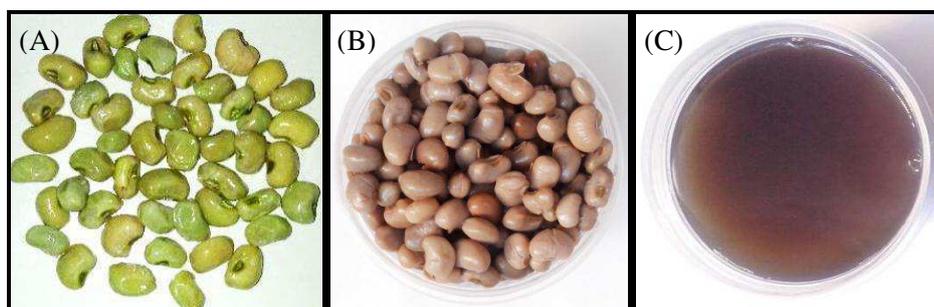


Figura 14 – Cultivar de feijão-caupi Paulistinha.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

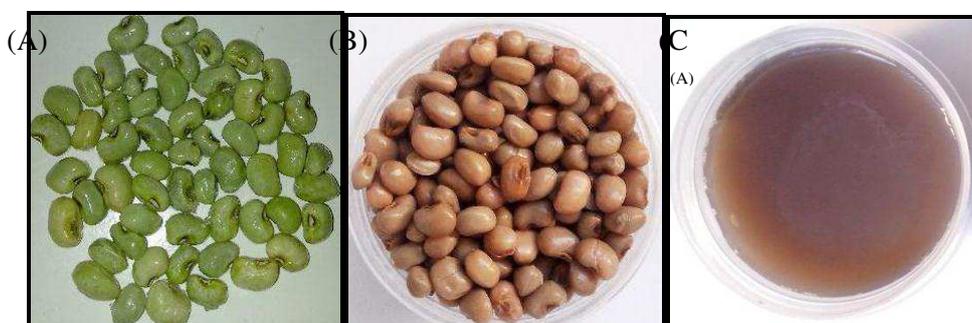


Figura 15 – Cultivar de feijão-caupi Setentão.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

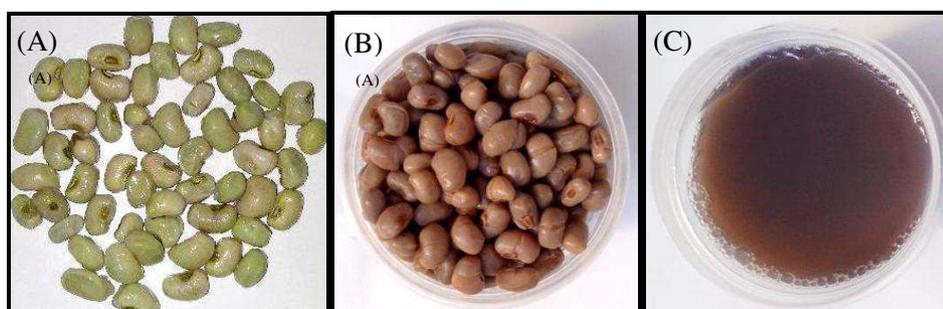


Figura 16 – Cultivar de feijão-caupi Patativa.

Legenda: (A): Cultivar crua; (B): Cultivar cozida a vapor em panela de pressão; (C): Caldo de cocção.

## 2.2 AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

- a) Carotenóides ( $\mu/100g$ ) e clorofilas ( $mg/100g$ ):** foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987) e calculados pela equação abaixo. Cerca de 0,5 g de amostra fresca foi macerado em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ) e 10 ml de acetona (80%) gelada em ambiente escuro. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a  $10^\circ C$  e 3.000 rpm por 10 minutos e os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 656 e 663 nm.

$$\text{Carotenóides} = [(1000 \text{ Abs. } 470 - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb})/198] \times 100/1000$$

$$\text{Clorofila} = [(17,3 \text{ Abs. } 646 + 7,18 \text{ Abs. } 663)/\text{massa (g)}] \times 100/1000$$

Onde:  $Ca = [(12,21 \text{ Abs. } 663 - 2,81 \text{ Abs. } 646)/\text{massa (g)}] \times 100/1000$ ;  $Cb = [(20,13 \text{ Abs. } 646 - 5,03 \text{ Abs. } 663) /\text{massa (g)}] \times 100/1000$ ; Ca = Clorofila A; Cb = Clorofila B; Abs. = absorvância.

- b) Flavonóides e Antocianinas ( $mg/100g$ ):** determinados de acordo com a metodologia de Francis (1982) e calculados pelas Equações abaixo. Cerca de 1g de amostra foi macerada em almofariz com 10 mL de etanol - HCl (1,5 N) na proporção 85:15 (v/v) em ambiente escuro e deixados em repouso por 24 horas na geladeira. As amostras foram filtradas e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 374 e 535nm para a determinação de flavonóides e antocianinas respectivamente.

$$\text{Flavonóides (mg/100 g)} = Fd \times \text{Abs}/76,6$$

$$\text{Antocianinas (mg/100 g)} = Fd \times \text{Abs}/98,2$$

Onde: Fd = fator de diluição; Abs. = absorvância a 374 e 535nm.

- c) Ácido ascórbico ( $mg/100g$ ):** foi determinado através do método de Tillmans por meio de titulação da amostra com solução de 2,6 diclorofenol indofenol, de acordo com metodologia descrita por Carvalho et al. (1990). Cerca de 1 g da amostra foi diluída em 50 ml de ácido oxálico 0,5%, homogeneizada por 1 minuto e em seguida titulada com solução de 2,6 diclorofenol indofenol (DFI) 0,2% até mudança de coloração. Os resultados foram expressos em  $mg/100g$  de ácido ascórbico.

- d) Compostos fenólicos (mg/100g de ácido gálico):** foram estimados a partir do método de Folin & Ciocalteu descrito por Water house (2006). Os extratos foram preparados a partir da diluição de 0,5 g (feijão cru) e de 1,0 g (feijão cozido e caldo de cocção) em 10 mL de água destilada e deixada em repouso por 1h. Alíquotas de 300  $\mu$ L (feijão cru), 250  $\mu$ L (feijão cozido) e 100  $\mu$ L (caldo de cocção) dos extratos foram transferidas para tubos, onde foram adicionados 1.825  $\mu$ L, 1.875  $\mu$ L e 2.025  $\mu$ L de água nos extratos dos feijões cru, cozido e caldo de cocção respectivamente, juntamente com 125  $\mu$ L do reagente folin ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após, foi adicionado 250  $\mu$ L de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40°C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico, e as leituras foram medidas em espectrofotômetro a 765 nm.
- e) Determinação da atividade antioxidante sequestrante do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil):** para determinação nos feijões (cru e cozido) tomou-se em um Becker 1g de feijão adicionando 4 mL de metanol 50% e deixou-se extraído por 1h. Em seguida, foi centrifugado a 3.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 10 mL, o resíduo foi transferido para um Becker adicionando 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 h. Em seguida, foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado, juntamente, ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada. Para o caldo, os extratos foram preparados a partir da diluição de 1g em 10 mL de água destilada e deixada em repouso por 1 h. Em tubos de ensaio foram preparadas três concentrações diferentes (10, 30 e 50 $\mu$ L) e em triplicata, a partir do extrato obtido. Foram utilizados 0,1 mL de cada concentração da amostra com 3,9 mL da solução de DPPH. As leituras foram realizadas em comprimento de onda a 515 nm, no qual, foi observada a redução da absorbância até sua estabilização. O resultado é expresso na forma de EC50, que corresponde à concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (RUFINO et al., 2007).

### 2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado com 8 cultivares contendo 4 repetições de 150g de feijão/parcela, para os feijões submetidos aos dois procedimentos: cru e cozido, os quais foram avaliados independentemente. Os caldos da cocção também foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado com 8 cultivares contendo 4 repetições de 50 mL de caldo/parcela. Os resultados foram apresentados em tabelas com as respectivas médias de cada variável estudada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1987), utilizando o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para clorofila nos grãos de feijão caupi cru e cozido podem ser observados na Tabela 7. Para o feijão cru o maior teor de clorofila foi registrado na cultivar Costela de Vaca com média de 7,23 mg/100g, e não diferiu significativamente da cultivar Setentão com 6,78 mg/100g. A cultivar que registrou a menor média nos teores de clorofila foi a BR 17-Gurguéia com 2,07 mg/100g. Após o cozimento houve uma redução no teor de clorofila sendo as cultivares Patativa (0,48mg/100g) e Setentão (0,62 mg/100g) as que obtiveram as menores médias não diferindo estatisticamente entre si, e as maiores médias obtidas pelas cultivares BRS Marataoã (2,12 mg/100g) e Costela de Vaca (2,35mg/100g). Oliveira et al, (2013), trabalhando com três cultivares de feijão caupi verde obteve médias que variaram de (3,00 mg/100g) para a cultivar BRS-Guariba a (3,26 mg/100g) para a cultivar BRS-Tumucumaque.

A clorofila, principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese, constitui um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética de plantas e, em contrapartida, ao crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes. A alteração no processo fotossintético é fator determinante na produtividade agrícola (BASTOS et al, 2012). Nascimento (2009), também afirma que o teor de clorofila total é uma característica importante, pois indica a eficiência na absorção de radiação solar pelas folhas e, em consequência, maior taxa fotossintética resultando, por sua vez, em maiores produtividades de grãos.

**Tabela 7.** Teor de clorofila totais em oito cultivares de feijão caupi verde cru e cozido. Pombal – PB, 2014.

Cultivares	Processamento (mg/100 g)	
	Cru	Cozido
	Média	Média
Costela de Vaca	7,23 a	2,35 a
BRS Marataoã	4,7 b	2,12 a
BRS Itaim	4,4 bc	1,71 ab
BR 17 Gurguéia	2,07 d	1,72 ab
BRS Novaera	3,23 cd	2,51 a
Paulistinha	3,22 cd	1,23 ab
Setentão	6,78 a	0,62 b
Patativa	3,41 cd	0,48 b
CV(%)	13,07	36,64

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

Fonte: AUTORA, 2015.

Com relação ao teor de carotenóides pode-se observar na Tabela 8 que a cultivar Costela de Vaca com (3,04  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ), foi estatisticamente superior as demais cultivares avaliadas tanto no feijão cru quanto no cozido. As menores médias de carotenóides foram observadas para a cultivar BRS 17-Gurguéia (1,06  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) no feijão cru e no feijão cozido a menor média foi obtida para a cultivar Patativa com (0,38  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ). Estes valores estão abaixo do encontrado por Oliveira et al., (2013), onde as três cultivares de feijão caupi verde estudadas obtiveram médias de 5,32 mg/100g BRS-Guariba, 5,62 mg/100g BRS-Potengi a 6,91 mg/100g (BRS-Tumucumaque) em feijão cru.

Os carotenóides são os pigmentos responsáveis pela maior parte das cores amarelo e laranja das frutas vermelhas e vegetais, devido à presença em sua molécula de um cromóforo constituído exclusivamente ou principalmente de uma cadeia de ligações duplas conjugadas. Eles estão presentes em todos os tecidos fotossintéticos, juntamente com a clorofila, bem como tecidos vegetais não fotossintéticos como componentes de cromoplastos, que podem ser considerados como degenerados cloroplastos. São biossintetizados por plantas, algas, fungos, leveduras e bactérias. Devido à capacidade das plantas sintetizarem esses compostos de novo, os alimentos de origem vegetal contém, além dos carotenóides principais, pequenas quantidades de precursores e derivados, proporcionando uma composição complexa e variável (RODRIGUES-AMAYA, 1999; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2004; RODRIGUES-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008).

**Tabela 8.** Teor de carotenóides totais em oito cultivares de feijão caupi cru e cozido. Pombal – PB, 2014.

Cultivares	Processamento ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	
	Cru	Cozido
	Média	Média
Costela de Vaca	3,04 a	1,03 a
BRS Marataoã	2,08 bc	0,98 a
BRS Itaim	1,72 cd	0,74 abc
BR 17 Gurguéia	1,06 e	0,77 abc
BRS Novaera	1,29 e	0,94 ab
Paulistinha	1,28 e	0,65 abc
Setentão	2,42 b	0,43 bc
Patativa	1,33 de	0,38 c
<b>CV(%)</b>	10,25	29,32

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

**Fonte:** AUTORA, 2015.

O teor de flavonóides nos grãos de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção estão descritos na Tabela 9. Dentre as cultivares avaliadas as cultivares Setentão e BR 17-Gurgueia apresentaram as maiores concentrações de flavonóides, 7,28 mg/100g e 6,96 mg/100g, não diferindo estatisticamente entre si quando avaliadas na forma crua. O cozimento provocou uma leve redução no teor de flavonóides apenas para as cultivares Costela de Vaca (5,29 mg /100 g) e Setentão (6,60 mg/100 g), para as demais cultivares houve uma aumento no teor de flavonóides. Para os caldos de cocção, observou-se uma leve lixiviação de flavonóides, sendo a cultivar Costela de Vaca a que apresentou a maior média 0,29 (mg/100g).

Em estudo Pinheiro, (2013), avaliando três genótipos de feijão-caupi apresentou concentrações nos feijões cru e cozido variando de 6,43 mg/100g a 4,24 mg/100g para a cultivar Pingo de ouro 1-2, 5,09 a 2,54 para a linhagem MMCO3-737F-5-9 e 3,90 a 2,71 mg/100g para a linhagem MNCO3-737F-5-4. Estes resultados assemelham-se aos do presente trabalho para o feijão cru. Sendo que para o feijão cozido o referido autor observou uma redução nas concentrações de flavonóides para todos os genótipos avaliados, resultados estes contrários ao do presente trabalho no qual houve um aumento após o cozimento para seis das oito cultivares.

Os flavonóides representam um dos grupos mais importantes e diversificados entre os produtos de origem vegetal e são amplamente distribuídos no reino vegetal. A distribuição dos flavonóides nos vegetais depende de diversos fatores, de acordo com o filo/ordem/família do vegetal, bem como da variação das espécies. O mesmo composto ainda pode apresentar diferentes concentrações, dependendo do órgão vegetal em que se encontra (MACHADO et al, 2008).

Flavonóides e isoflavonoides compreendem uma classe de fitoquímicos que não podem ser sintetizados por humanos, ocorrendo somente através da ingestão dietética. O preparo dos alimentos para consumo pode, algumas vezes, resultar em perdas destes compostos, em maior ou menor grau, variando de acordo com o tipo de alimento e o tipo de preparo empregado. Todavia, os flavonóides são compostos relativamente estáveis, pois resistem à oxidação, altas temperaturas e moderadas variações de acidez (ROSS; KASUME, 2002; MACHADO et al., 2008).

**Tabela 9.** Teor de Flavonóides totais em oito cultivares de feijã-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção .Pombal – PB, 2014.

Cultivares	Processamento (mg GAE*100 g)		Caldo de cocção (mg GAE*100 g)
	Cru	Cozido	
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	5,37 ab	5,29 b	0,29 a
BRS Marataoã	4,83 ab	5,39 b	0,18 bc
BRS Itaim	4,13 b	8,01 ab	0,14 c
BR 17-Gurguéia	6,96 a	8,28 a	0,18 bc
BRS Novaera	4,56 ab	6,00 ab	0,15 c
Paulistinha	5,24 ab	6,34 ab	0,22 b
Setentão	7,28 a	6,60 ab	0,22 b
Patativa	5,18 ab	6,07 ab	0,16 c
<b>CV(%)</b>	<b>21,59</b>	<b>18,59</b>	<b>9,57</b>

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de *Tukey*.

FONTE: AUTORA, 2015.

Os teores de antocianinas no feijão cru variou de 0,40 mg/100g para a BR 17-Gurguéia a 1,07mg/100g para a cultivar BRS Itaim (Tabela 10). O cozimento causou redução no teor de antocianinas em todas as cultivares estudadas bem como no caldo de cocção, sendo a cultivar BRS Itaim 1,07 mg/100g a que obteve a maior média no feijão cru, 0,35 mg/100g no feijão cozido e 0,10 mg/100g no caldo de cocção.

Resultado inferior ao do presente trabalho foi observado por Santana et al., (2011), ao analisar os compostos bioativos de três cultivares de feijão, tipo fradinho (*Vigna unguiculata*), carioquinha (*Phaseolus vulgaris*) e o feijão-fava (*Phaseolus lunatus L.*), com concentrações de antocianinas de 0,00029 mg/100g, 0,0028 mg/100g e 0,00037 mg/100g, respectivamente. Em estudo realizado por Barros (2014), não identificou a presença de antocianinas em cultivares de feijão caupi (BRS Xiquexique, BRS Milênio, BRS Aracê e BRS Tumucumaque), antes e depois do cozimento.

Pesquisas que busquem a identificação e quantificação de antocianinas (Háet al., 2010a, 2010b) e flavonois ou taninos condensados (OJWANG; DYKES; AWIKA, 2012; OJWANG et al., 2013) em amostras de feijão-caupi foram desenvolvidas. Nestes estudos, são avaliados basicamente genótipos, cultivares e linhagens de tegumento escuro, pois estes compostos bioativos concentram-se nesta parte do grão. Isto justifica o baixo teor de antocianinas nas cultivares estudadas por se tratar de grãos que apresentam cor clara.

**Tabela 10.** Teor de Antocianinas totais em oito cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2014.

Cultivares	Processamento (mg/100 g)		Caldo de cocção (mg/100 g)
	Cru	Cozido	
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	0,74 abc	0,22 ab	0,08 b
BRS Marataoã	0,45 bc	0,11 ab	0,05 c
BRS Itaim	1,07 a	0,35 a	0,10 a
BR 17 Gurguéia	0,40 c	0,09 ab	0,05 c
BRS Novaera	0,46 bc	0,04 b	0,05 c
Paulistinha	0,49 bc	0,17 ab	0,05c
Setentão	0,79 ab	0,28 ab	0,06 c
Patativa	0,58 bc	0,34 a	0,05 c
<b>CV(%)</b>	26,54	57,54	11,75

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de *Tukey*.

Fonte: AUTORA, 2015.

De acordo com a tabela 11, o teor de ácido ascórbico entre as cultivares cruas variou de 4,15 mg/100g para a cultivar BRS Itaim a 8,29 mg/100g para a cultivar Costela de Vaca. Após o cozimento houve uma redução no teor de ácido ascórbico para todas as cultivares com exceção das cultivares BRS Itaim (4,23 mg/100g) e a cultivar Patativa (5,56 mg/100g). Os caldos de cocção também apresentaram relevante teor de ácido ascórbico valores estes próximos aos do encontrado no feijão cozido apresentando diferença estatística entre si para a maioria das cultivares. Considerando o somatório dos conteúdos obtidos nas cultivares cozidas, e respectivos caldos de cocção, estas constituem importantes aliados à saúde.

**Tabela 11.** Teor de Ácido Ascórbico em oito cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. Pombal – PB, 2015.

Cultivares	Processamento (mg/100g)		Caldo de cocção (mg *100g <sup>-1</sup> )
	Cru	Cozido	
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	8,29 a	5,57 a	5,13 a
BRS Marataoã	7,27 ab	5,57 a	4,01 ab
BRS Itaim	4,15 d	4,23 b	3,34 b
BR 17 Gurguéia	5,40 cd	5,12 ab	4,01 ab
BRS Novaera	6,23 bc	6,02 a	5,35 a
Paulistinha	6,85 abc	5,79 a	5,13 a
Setentão	7,05 ab	5,57 a	5,13 a
Patativa	5,39 cd	5,56 a	4,91 ab

CV(%)	9,87	9,37	14,72
-------	------	------	-------

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

FONTE: AUTORA, 2015.

Para o feijão-caupi verde cru, observou-se diferença estatisticamente significativa entre as oito cultivares estudadas. A cultivar BRS Marataoã obteve maior teor de compostos fenólicos (87,74 mg/100 g), seguido da cultivar Paulistinha (81,58 mg/100 g). As cultivares BR 17-Gurguéia e BRS Novaera foram as que obtiveram os menores teores destes compostos (44,19 e 45,00mg/100 g), respectivamente.

Com relação às cultivares cozidas, todas diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ), com a cultivar Setentão apresentando a maior concentração de compostos fenólicos 46,29mg/100 g, sendo as cultivares BRS Itaim (26,08 mg/100g) e BRS Novaera (26,05 mg/100g), as que obtiveram as menores concentrações deste composto.

Em todos os caldos de cocção, detectou-se a presença de compostos fenólicos, com o maior conteúdo para o caldo da cultivar BRS Marataoã (51,88mg/100 g), observou-se também que a cultivar Costela de Vaca obteve uma maior concentração de compostos fenólicos no caldo de cocção (43,34 mg/100g) em comparação ao feijão cozido (30,62 mg/100g).

O presente estudo obteve resultados inferiores para algumas variedades e próximas aos de Adebooye; Singh (2007), que ao avaliarem o efeito da cocção no teor de compostos fenólicos em duas variedades de feijão-caupi, obtiveram teores que variaram de 40 a 50 mg/100 g nos grãos cozidos, com exceção da variedade Setentão no presente trabalho com teor de 46,29 mg/100g deste composto. Giami (2005) constatou perdas após a cocção de linhagens de feijão-caupi, apresentando o feijão-caupi cru concentrações que variaram de 0,99 mg/100g a 1,96 mg/100g e de 0,52 mg/100g a 0,78 mg/100g no feijão-caupi cozido. Silva (2009) encontraram valores de compostos fenólicos na cultivar Supremo de 74mg/100g no grão cru e de 10 mg/100g no grão cozido.

Segundo Barros (2014), vários fatores podem interferir no conteúdo de compostos fenólicos em legumes, como fatores genéticos e ambientais, além de fatores inerentes às condições de extração destes compostos da matriz alimentar, como tipo de solvente utilizado, por exemplo. Dessa forma, isso pode justificar as diferenças observadas no conteúdo destes compostos quando comparados com outros estudos. Segundo o mesmo autor apesar da redução dos compostos fenólicos após o cozimento, os teores desses compostos continuam

expressivos, considerando-se o somatório dos conteúdos obtidos nas cultivares cozidas e respectivos caldos de cocção, mostrando que mesmo após o cozimento, as cultivares analisadas ainda constituem importantes aliados à saúde com preservação da sua funcionalidade.

**Tabela 12.** Compostos fenólicos totais em cultivares de feijão-caupi verde cru, cozido e no caldo de cocção. CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2015.

Cultivares	Processamento (mg/100 g)		Caldo de cocção (mg/100 g)
	Cru	Cozido	
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	70,48 bc	30,62 bc	43,34 b
BRS Marataoã	87,74 a	28,49 bc	51,88 a
BRS Itaim	61,69 c	26,08 c	20,08 f
BR 17 Gurguéia	44,19 d	33,70 b	18,86 fg
BRS Novaera	45,00 d	26,05 c	15,64 g
Paulistinha	81,58 ab	32,30 b	31,50 d
Setentão	79,39 ab	46,29 a	37,31 c
BRS Patativa	79,44 ab	33,39 b	26,43 e
<b>CV(%)</b>	8,64	7,56	6,12

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

FONTE: AUTORA, 2015.

A atividade antioxidante das cultivares de feijão-caupi verde analisada pelo método de captura dos radicais livres DPPH, antes, após o cozimento e o caldo de cocção, está demonstrada na Tabela 13. Dos resultados para atividade antioxidante expressos em EC50 (g de feijão/g de DPPH), observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre os feijões crus. A cultivar BRS Marataoã foi a que apresentou a menor concentração 97,71 para reduzir em 50% o radical DPPH, demonstrando que essa cultivar possui um maior poder em combater radicais livres. Comportamento diferente observou-se para o feijão cozido, onde a cultivar Setentão apresentou a menor concentração de antioxidante, de 129,32 obtendo o melhor desempenho. Nos caldos de cocção as cultivares BRS Marataoã com 79,59 e Costela de Vaca com 83,60 foram as que apresentaram as menores concentração de antioxidante e consequentemente maior poder em combater radicais livres. Após o cozimento, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa na atividade antioxidante das cultivares estudadas, com exceção da cultivar BR 17-Gurguéia que obteve maior atividade antioxidante no cozido com 147,76 que no feijão cru com 179,31.

Pinheiro, (2013), estudando duas linhagens MNC03-737F-5-9, MNC03-737F-5-4 e uma cultivar Pingo de Ouro 1-2 de feijão-caupi antes e após cozimento, também observou uma diminuição na atividade antioxidante dos genótipos estudados após o cozimento, obtendo valores de 7,83 mg/L (Pingo de Ouro 1-2), 33,37 mg/L (MNC03-737F-5-4) e 69,5 mg/L (MNC03-737F-5-9) no feijão cru e 25,83 mg/L, 38,0 mg/L, 79,85 mg/L, no feijão cozido respectivamente. Huber (2012) ao estudar o efeito da cocção na atividade antioxidante de feijão comum, obtiveram valores de 87,3 mg/L e de 126,5 mg/L para o feijão cru e cozido da cultivar BRS9435-Cometa e de 99,9 mg/L e 140,1 mg/L para o feijão cru e cozido da cultivar Xamego, respectivamente.

Embora vários autores tenham demonstrado que existe uma correlação positiva entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante de feijões, os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os de Heinonen; Lehtonen; Hopla (1998), os quais afirmam que a atividade de um extrato não pode ser explicada apenas com base em seu teor de fenólicos totais, requer também a caracterização da estrutura dos compostos ativos. Korus; Gumul; Czechowska (2007), afirma que a atividade antioxidante não depende somente da quantidade, mas também do tipo de compostos bioativos (taninos, flavonóides, ácidos carboxílicos C6-C1 e C6-C3, dentre outros) redutores de radicais livres presentes na amostra.

Para Melo et al., (2009), a comparação da ação antioxidante de vegetais crus e cozidos é complicada e deve-se levar em consideração que o teor dos compostos bioativos em vegetais, em termos quantitativos e qualitativos, varia em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edificas). Assim, a retenção destes constituintes em vegetais cozidos pode estar relacionada com o seu teor inicial e as condições de processamento aplicadas.

De acordo com Barros, (2014), a redução da ação antioxidante após o cozimento pode ocorrer devido ao processamento térmico promover a destruição de compostos bioativos levando a redução dos mesmos, e/ou a formação de novos compostos com ação pró-oxidante, o qual foi observado no presente trabalho para todas as cultivares com exceção da cultivar BR 17-Gurguéia que obteve maior atividade antioxidante no cozido com 147,76 que no feijão cru com 179,31.

Dentre os compostos bioativos analisados, verificou-se forte correlação entre os teores de compostos fenólicos e dentre estes os flavonóides totais e ácido ascórbico, dos extratos dos feijões e a atividade antioxidante avaliada pelo método utilizado.

Assim, os compostos fenólicos, flavonóides e ácido ascórbico, contribuíram para os resultados da atividade antioxidante das cultivares analisadas, visto que a cultivar BRS

Marataoã crua, a cultivar Setentão cozida e os caldos de cocção das cultivares BRS Marataoã e Costela de Vaca apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos, que se refletiu nas suas maiores capacidades de sequestrar os radicais livres DPPH.

**Tabela 13.** Atividade Antioxidante em cultivares de feijão-caupi cru, cozido e nos caldos de cocção. CCTA/UFCG, Pombal-PB, 2015.

Cultivares	Processamento (mg/100 g)		Caldo de cocção (mg/100 g)
	Cru	Cozido	
	Média	Média	Média
Costela de Vaca	119,04 b	194,52 ab	83,60 cd
BRS Marataoã	97,71 c	218,71 ab	79,59 d
BRS Itaim	165,94 a	239,56 ab	172,78 b
BR 17-Gurguéia	179,31 a	147,76 ab	245,08 a
BRS Novaera	178,68 a	276,11 a	254,40 a
Paulistinha	103,66 c	163,53 ab	143,79 bc
Setentão	109,72 bc	129,32 b	105,35 cd
Patativa	111,19 bc	147,92 ab	168,82 b
CV(%)	3,59	25,59	14,06

Média de quatro repetições.

Letras minúsculas iguais não apresentam diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ), segundo o teste de Tukey.

FONTE: AUTORA, 2015.

#### 4 CONCLUSÕES

- ✓ Para os compostos bioativos, a presença de clorofila, carotenoides e antocianinas nas cultivares foi detectada em pequenas concentrações após o cozimento. Para o conteúdo de flavonoides observou-se um aumento após o cozimentos em seis das oito cultivares analisadas. O teor de ácido ascórbico diminuiu após o cozimento para todas as cultivares com exceção da cultivar Patativa. O cozimento também afetou o conteúdo de compostos fenólicos, porém, observou-se um aumento deste nos caldos de cocção para as cultivares Costela de Vaca e BRS Marataoã.
- ✓ Antes do cozimento, a cultivar BRS Marataoã apresentou maior atividade antioxidante. Após o cozimento, o caldo de cocção apresentou melhores resultados em relação aos grãos cozidos para seis das oito cultivares analisadas, com destaque novamente para cultivar BRS Marataoã e para a cultivar Costela de Vaca. Os compostos fenólicos totais, os flavonoides e o ácido ascórbico foram os principais compostos bioativos a contribuir para a atividade antioxidante das cultivares de feijão-caupi.
- ✓ Após o processamento, as cultivares mantiveram-se suas características nutritivas e funcionais consideráveis, podendo recomendar o consumo do feijão-caupi verde com o seu caldo de cocção para melhor aproveitamento dos seus compostos com propriedades antioxidantes.

## REFERÊNCIAS

- ADEBOOYE, O. C.; SINGH, V. Effect of cooking on the profile of phenolics, tannins, phytate, amino acid, fatty acid and mineral nutrients of whole-grain and decorticated vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp). **Journal of Food Quality**, [S.l.], v. 30, n. 6, p. 1101-1120, 2007.
- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2010.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.
- BARROS, N. V. A. **Influência do cozimento na composição centesimal, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante de cultivares de feijão-caupi**. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.
- BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; JÚNIOR, A. S. A.; NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.1, n.1, p.31-37, 2012.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic, p. 181-207, 1982.
- GIAMI, S. Y. Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 18, n. 7, p. 665-673, 2005.
- GOMES, F. P. E. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo, Nobel, p. 96-125, 1987.
- HA, T. J.; LEE, M.; JEONG, Y. N.; LEE, J. H.; HAN, S.; PARK, C.; PAE, S.; HWANG, C.; BAEK, I.; PARK, K. Anthocyanins in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp ssp. *unguiculata*]. **Food Science Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 821-826, 2010a.
- HA, T. J.; LEE, M.; PARK, C.; PAE, S.; SHIM, K.; KO, J.; SHIN, S.; BAEK, I.; PARK, K. Identification and characterization of anthocyanins in yard-long beans (*Vigna*
- HEINONEN, M.; LEHTONEN, P. J.; HOPLA, A. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 1, p. 25-31, 1998.

HUBER, K. **Evidências da interação entre proteínas e taninos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) e seus efeitos na digestibilidade protéica.** 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KORUS, J.; GUMUL, D.; CZECHOWSKA, K. Effect of extrusion on the phenolic composition and antioxidant of dry beans of *Phaseolus vulgaris* L. **Bio Food Tech**, Canadá, v. 45, p.139-146, 2007.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **MethodsEnzymol.**, San Diego, v.148, p. 362-385, 1987.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

MACHADO, H.; NAGEM, T.J.; PETERS, V.M.; FONSECA, C.S.; OLIVEIRA, T.T. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia Reprodução**, UFJF, v. 26, p. 33-39, 2008.

MELÉNDEZ-MARTINEZ A. J.; VICARIO I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**. v. 54 n. 2, p. 209-215, 2004.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Antioxidant capacity of vegetables submitted to thermal treatment. **Nutrire**, São Paulo, v. 34, n.1, p. 85-95, 2009.

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca.** Teresina: UFPE, 2009. 109p. Dissertação Mestrado

OJWANG, L. O.; DYKES, L.; AWIKA, J. Ultra performance liquid chromatography- tandem quadrupole mass spectrometry profiling of anthocyanins and flavonols in cowpea (*Vigna unguiculata*) of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 14, p. 3735-3744, 2012.

OJWANG, L. O.; YANG, L.; DYKES, L.; AWIKA, J. Proanthocyanidin profile of cowpea (*Vigna unguiculata*) reveals catechin-o-glucoside as the dominant compound. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 35-43, 2013.

OLIVEIRA, K. J. A. **Compostos bioativos e capacidade antioxidante em melões comercializados na Paraíba.** Pombal, 2013. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Campina Grande.

PINHEIRO, E. M. **Caracterização química, poder antioxidante e efeito do cozimento de genótipos de feijão-caupi.** 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Piauí.

RODRIGUEZ-AMAYA D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Washington, International Life Sciences Institute, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN J. Fontes Brasileiras de Carotenóides: **Tabelas Brasileira de Composição de Carotenóides**. Brasília: MMA/SBF, 2008.

ROSS, J. A.; KASUME, C. M. Dietary Flavonoids: Bioavailability, Metabolic Effects, and Safety. **Annual Review Nutrition**. v. 22, p. 19–34 2002.

RUFINO, M.S.M.; et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Julho, 2007.

SANTANA, G. A.; RÊGO JÚNIOR, N. O.; SILVA, M. V. Avaliação quantitativa de compostos bioativos em feijões. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 25, n. 194-195, p. 1-2, 2011. Encarte.

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**. Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2009.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.

SILVA, K. J. D. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatistica.pdf>. Acesso em: dez. 2012.

*unguiculatasp. sesquipedalis*L.) by High-Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detection and Electrospray Ionization/Mass Spectrometry (HPLC – DAD – ESI/MS) analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 4, p. 2571- 2576, 2010b.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Journal Molecular and Cellular Biochemistry**. [S.l.], v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.