



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

EDJANE MAYARA FERREIRA CUNHA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE LINHAGENS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

Teresina-PI
2015

EDJANE MAYARA FERREIRA CUNHA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE LINHAGENS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

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

Linha de Pesquisa: Qualidade de Alimentos.

Orientadora: Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis
Moreira- Araújo (DN/PPGAN-UFPI).

Teresina-PI
2015

EDJANE MAYARA FERREIRA CUNHA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE LINHAGENS DE
FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**

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

Linha de Pesquisa: Qualidade de Alimentos.

Orientadora: Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira- Araújo (DN/PPGAN-UFPI).

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN/UFPI)
(Orientadora/Presidente)

Prof^a. Dr^a. Deborah Helena Markowicz Bastos (DN/FSP/USP)
(1^a Examinadora)

Prof^o. Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (Embrapa Meio-Norte)
(2^o Examinador)

Dedico esta dissertação à Deus, por ser presença constante, sustento e fortaleza em minha vida;

Também, dedico este trabalho aos meus pais, Maria Edna e Raimundo Nonato, pelo incentivo e apoio incondicional em todas as minhas escolhas e decisões.

“A vitória desta conquista é, também, de vocês!”

Dedicatória especial

À minha Orientadora, Professora Pós-Doutora Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo. Com ela aprendi muito mais do que conhecimentos acerca da nutrição e dos alimentos; aprendi a cultivar a generosidade, a humildade, a ser verdadeira e ética em tudo a ser feito. Ela sabe ser dedicada, competente e múltipla em tudo que faz: amiga-mãe-mulher-orientadora. “Você é exemplo. Muito Obrigada!”

Agradecimentos

A Deus Pai, minha fortaleza e meu refúgio em todos os momentos da vida, principalmente, nas dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Obrigada, pela sua condução em todo o meu progresso acadêmico e por ter facilitado tudo em minha vida.

Aos meus pais, Raimundo Nonato da Cunha e Maria Edna S. F. Cunha, pela educação e exemplo de vida e a meus irmãos, Edmundo Ferreira Cunha e Edmara Nayara Ferreira Cunha pelo amor, incentivo e apoio.

À minha grande família (avó, tios (em especial, ao meu tio Paulo Borges da Cunha) tias, primos e primas) porto seguro com quem SEMPRE posso contar e que, continuamente, torcem pelo meu sucesso.

À minha professora e orientadora, Pós-Dr^a Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo, pela orientação, dedicação, amizade e, principalmente, pelo exemplo de profissionalismo transmitido durante esses 7 anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), por meio do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, pela oportunidade e estrutura para a realização deste curso de Mestrado.

À Embrapa, na pessoa do Prof^o. Dr^o. Maurisrael de Moura Rocha, pelo fornecimento das amostras e pela disponibilidade em contribuir para a realização deste trabalho.

À Prof^a Pós-Dr^a. Maria Beatriz Abreu Glória e ao Prof. Dr^o. Maurisrael de Moura Rocha pelas contribuições e sugestões oferecidas na elaboração inicial deste trabalho, durante a qualificação do projeto.

Ao professor e estatístico MSc. Marcos Antônio da Mota Araújo, pela disponibilidade e paciência em me atender e especialmente pelos conselhos, incentivos e torcida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, pelos conhecimentos repassados.

À minha AMIGA-AFILHADA (anjo amiga), MSc. Rayssa Gabriela Costa Lima Porto, que para mim também é uma inspiração como pessoa, amiga, profissional. “Você foi extremamente presente em toda essa minha caminhada. Obrigada pelos conhecimentos repassados. Obrigada pelos momentos de conversa, conselhos e descontração. Obrigada pela confiança e apoio. Obrigada pela amizade!!!”

À minha AMIGA-IRMÃ-COMADRE Gina Kathaline da Costa Abreu, com a qual eu descobri que ter laços de família, vai muito além de vínculos sanguíneos. “Obrigada pela sua amizade sincera e gratuita, que muito me sustentou durante essa jornada”.

À Érica Pinheiro, querida amiga que Deus me presenteou. Mesmo a quilômetros de distância foi muito presente durante esta minha fase. Com ela dividi angústias e alegrias. “Muito obrigada por ter me oferecido o seu ombro amigo (seu ouvido amigo) ”.

À Amanda Castro, Luana Silva, Ana Maria Barradas e Lumara Noronha, pessoas maravilhosas, que surgiram em minha vida durante esse mestrado e que muito me alegram com suas conversas, conselhos, brincadeiras e amizade.

Às minhas lindíssimas, carinhosas e sempre disponíveis colaboradoras (Stefany Rodrigues, Florence Fontes, Raísa Santos e Jannyce Oliveira) por todo o esforço, colaboração e momentos compartilhados. “A ajuda de vocês foi imprescindível. Muito Obrigada!!!”.

Aos anjos que fazem ou fizeram parte do Departamento de Nutrição, os quais nunca mediram esforços para me ajudar: Dona Maíza Silva, Srº Osvaldo Santana, Srº Gilson Lima, Karoline Melo, Nilson Silva, Srº Ribamar Lima, Jéssica Sousa e Lainna Carvalho.

Às minhas colegas de mestrado da turma 2013-2015, com as quais tive momentos de descontração e de troca de conhecimentos, em especial à Ana Raquel que é presença amiga desde o curso de graduação em Nutrição.

Aos queridos colegas que formam o grupo LABROMBIOQ-DN/UFPI que, mesmo em meio aos afazeres do curso de graduação, sempre estavam dispostos a ajudar.

À turma 2013/2º de Bioquímica de Alimentos do curso de Graduação em Nutrição da UFPI, por todo o carinho e afeição a mim dedicado. “Vocês foram ótimos alunos”.

Aos professores Drª. Deborah Helena Markowicz Bastos e Dr. Kaesel Jackson Damasceno e Silva (componentes da banca avaliadora), pelas contribuições sugeridas.

E a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a minha formação profissional e para que esse momento se concretizasse.

Muito Obrigada!

*“Assina, aquele que fez,
quando no momento de fazer,
não sabia-se como”*

Abraham Lincoln

CUNHA, E. M. F. **COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM LINHAGENS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

RESUMO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de determinar a composição química e a atividade antioxidante de duas linhagens de feijão-caupi, antes e após o cozimento em dois diferentes lotes. As análises foram realizadas em triplicata nas linhagens cruas e após o cozimento sob pressão em panela doméstica. Os resultados obtidos foram expressos como média e desvio-padrão. Realizou-se análise de variância por meio do método de *One Way ANOVA: Post Hoc* e as médias comparadas pelos testes t de *Student* e de *Tukey* ao nível de 5%. Observou-se que o cozimento influenciou a composição centesimal, exceto para proteínas, com diferença significativa ($p \leq 0,05$) para todos os outros nutrientes, quando comparou-se as amostras cruas e cozidas. O conteúdo de umidade variou 10,21 a 10,27% nas linhagens cruas, apresentando aumento (62,02 – 62,69%) nas linhagens cozidas. Ao passo que o conteúdo, nos feijões crus, de cinzas (3,68 – 3,70%), lipídios (1,48 – 2,18%) e carboidratos (63,25 – 63,30%), reduziram-se após o cozimento. Os grãos cozidos apresentaram 1,41 – 1,49%, 1,27 – 1,96% e 15,24 – 14,11%, respectivamente, para o nutrientes cinzas, lipídios e carboidratos. O conteúdo de compostos bioativos (exceto antocianinas), as amostras cruas da linhagem MNC04-774F-78 apresentaram os maiores teores destes compostos com significativa ($p \leq 0,05$) redução dos mesmos nas amostras cozidas e retenção no caldo de cocção. Quanto a atividade antioxidante (pelos dois métodos ABTS e DPPH), a linhagem MNC04-774F-78 apresentou maior atividade. Houve diferença estatisticamente significativa na atividade antioxidante dos extratos das amostras crua, cozida e caldo de cocção, nas duas linhagens analisadas. Concluiu-se que embora o cozimento tenha promovido alterações na composição centesimal, teores de composto bioativos e atividade antioxidante das duas linhagens analisadas, as mesmas ainda mantiveram as características nutritivas e funcionais.

Palavras-chave: feijão-caupi; compostos bioativos, antioxidantes; cozimento

CUNHA, E. M. F. CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN LINES cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). 2015. 86 f. Dissertation (Master) - Graduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI.

ABSTRACT

This study aimed to determine the chemical composition and antioxidant activity in two lineages of cowpea in two different lots, before and after cooking. The analyzes were performed in triplicate in both raw lineage and after steaming in a domestic pressure cooker. The results were expressed as averages and standard deviation. An analysis of variance through the One Way ANOVA: Post Hoc and the averages compared by the Student t-test and Tukey at 5%. With relation to their composition, it was observed that cooking was able to promote significant difference ($p < 0.05$) for all nutrients (except proteins) when a comparison is made between raw and cooked samples. The moisture content ranged from 10.21 to 10.27% in raw lineages and with a significant increase (from 62.02 - 62.69%) in cooked lineages. Whereas the content in raw beans, of ash (3.68 - 3.70%), lipids (1.48 - 2.18%) and carbohydrates (63.25 - 63.30%), decreased significantly ($p \leq 0.05$) after cooking. The grains presented 1.41 to 1.49%, 1.27 to 1.96%, and 15.24 to 14.11%, respectively, for the ashes nutrients, lipids and carbohydrates. For the content of bioactive compounds (except anthocyanins), the raw samples of MNC04-774F-78 the lineage that showed the highest levels of such compounds; with significant ($p \leq 0.05$) reduction of the compounds in the cooked samples and significant ($p \leq 0.05$) retaining of the compounds in the cooking broth. Also in antioxidant activity (in both methods, ABTS and DPPH), the MNC04-774F-78 lineage, demonstrated higher activity. A statistically significant difference was also observed in the antioxidant activity of the extracts of the raw sample, the cooked sample and the cooking broth, in both analyzed lineages. It is concluded that although cooking has contributed to a change in chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity of the two analyzed lineages, they still remained nutritional and functional characteristics.

Keywords: cowpea; bioactive compounds, antioxidants; cooking

LISTA DE TABELAS

1. Composição centesimal de duas linhagens de feijão-caupi antes e após o processamento térmico. Teresina-Piauí, 2015.....53
2. Compostos bioativos de duas linhagens de feijão-caupi antes e após o processamento térmico e no caldo de cocção. Teresina, 2015.....58
3. Atividade antioxidante de duas linhagens feijão-caupi antes e após o processamento térmico e no caldo de cocção. Teresina, 2015.....63

LISTA DE FIGURAS

1. Distribuição aproximada das regiões produtoras de feijão-caupi no Brasil.....	20
2. Estrutura básica dos flavonóides.....	28
3. Estrutura básica das antocianinas.....	30
4. Estrutura química básica dos taninos hidrolisáveis.....	32
5. Estrutura química básica dos taninos não hidrolisáveis ou condensados.....	32
6. Planta Feijão-caupi (floração).....	40
7. Vagem de Feijão-caupi.....	40
8. Grãos crus de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-774F-78.....	41
9. Grãos crus de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-795F-159.....	41
10. Grãos cozidos de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-774F-78.....	42
11. Grãos cozidos de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-795F-159.....	42
12. Fluxograma da preparação do extrato metanol-acetona das linhagens de feijão-caupi.....	46
13. Fluxograma da preparação do extrato metanol-HCl 1,5N das linhagens de feijão-caupi para análise de antocianinas.....	48

Lista de Siglas

MEC: Ministério da Educação e Cultura

UFPI: Universidade Federal do Piauí

PRPPG: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

PPGAN: Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição

CCS: Centro de Ciências da Saúde

DN: Departamento de Nutrição

Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

SSD: Descendência de uma única semente

SPD: Descendência de uma única viagem

ton: Toneladas

ha: Hectares

FAT: Fibra alimentar total

OH: hidroxila

O²⁻: óxido

HCl 2N: Ácido clorídrico a 2 normal

NaOH 1N: Hidróxido de Sódio a 1 normal

TBHQ: terc butil hidroquinona

PG: Propilgalato

BHT: Butil-hidroxitolueno

BHA: Butil-hidroxianisol

DPPH: 2,2-Difenil-1-picril-hidrazila

ABTS: 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

TRAP: Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power (Poder antioxidante de reducción férrica)

ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity (Capacidade de Absorção de Radicais de Oxígenio)

TBARS: Ácido tiobarbitúrico

LDL: lipoproteína de baixa densidade

nm: Nanômetro

TEAC: Capacidade antioxidante trolox equivalente (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity")

pH: Potencial Hidrogeniônico

LABROMBIOQ: Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos

T1: Tratamento 1

T2: Tratamento 2

mL: Milímetros

p/v: Peso por Volume

°C: Celsius

AOAC: Association of Official Agricultural Chemists

g: Gramas

Kcal: Quilocalorias

v/v: Volume por Volume

NaNO₂: nitrito de sódio

AlCl₃: Cloreto de Alumínio

EQ: Equivalentes

ϵ : coeficiente de absorção molar

DP: Desvio Padrão

ANOVA: Análise de Variância (Analysis of Variance)

Mg: Miligramas

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Lista de Tabelas.....	iii
Lista de Figuras.....	iv
1.0. INTRODUÇÃO.....	17
2.0. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1. Produção do Feijão Caupi.....	19
2.2. Melhoramento Genético do Feijão-caupi.....	21
2.3. Qualidade Nutricional e Funcional do Feijão-caupi.....	23
2.4. Compostos Bioativos no Feijão Caupi.....	26
2.4.1. Compostos Fenólicos Totais.....	26
2.4.1.1. Flavonóides.....	28
2.4.1.2. Antocianinas.....	29
2.4.2. Taninos.....	31
2.5. Atividade Antioxidante.....	34
2.6. Influência do cozimento em feijões.....	37
3. Objetivos.....	40
Geral	40
Específicos.....	40
4. Metodologia.....	41
4.1. Protocolo experimental.....	41
4.2. Local e período do estudo.....	42
4.3. Análises das amostras.....	42
4.3.1. Preparo das amostras.....	42
4.3.2. Valor Nutritivo.....	44
4.3.2.1. Umidade.....	44
4.3.2.2. Cinzas.....	44
4.3.2.3. Proteínas totais.....	45
4.3.2.4. Lipídios totais.....	45
4.3.2.5. Carboidratos totais.....	46
4.3.2.6. Valor energético total.....	46

4.3. Compostos Fenólicos Totais.....	46
4.3.1. Obtenção dos extratos.....	46
4.3.2. Determinação do Teor de Compostos Fenólicos.....	48
4.4. Flavonóides Totais.....	48
4.5. Antocianinas Totais.....	48
4.6. Taninos Condensados.....	50
4.7. Atividade Antioxidante.....	50
4.7.1. Método ABTS.....	50
4.7.2 Método DPPH.....	51
4.8 Análise Estatística.....	51
5. Resultados e Discussão.....	53
5.1. Composição Centesimal.....	53
5.2. Compostos Bioativos.....	57
5.3. Atividade Antioxidante.....	63
6. Conclusões.....	67
Referências.....	68
Apêndices.....	82

1.0. INTRODUÇÃO

O consumo de vegetais tem sido associado a uma dieta saudável. Justifica-se esta relação pelo conteúdo em determinados componentes bioativos que este tipo de alimento apresenta principalmente os chamados fitoquímicos, muitos dos quais desempenham funções biológicas, com destaque para aqueles com ação antioxidante (LIMA et al., 2004).

Os feijões são leguminosas amplamente consumidas em grandes quantidades por todas as classes sociais fazendo, assim, parte dos hábitos alimentares de boa parte da população mundial (BONETT et al., 2007). O feijão constitui importante fonte protéica, principalmente em países onde o consumo de proteína animal é restrito. Além de seu teor protéico relativamente alto, o feijão possui fibras alimentares, que apresentam efeito hipoglicêmico e hipocolesterolêmico, carboidratos complexos e vitaminas do complexo B. Esse grão também apresenta substâncias antioxidantes, os polifenóis, principalmente os taninos (SILVA et al., 2009).

O feijão-caupi ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é um componente da dieta alimentar de povos em países subdesenvolvidos, no Brasil tem sido bastante cultivado por pequenos e médios produtores das regiões Norte e Nordeste. No cenário mundial, o caupi tem grande importância econômica e social, especialmente na Índia e continente africano. Devido a sua rusticidade, a espécie exibe reconhecida capacidade de adaptação frente a estresses hídrico, térmico e salino (FREIRE FILHO et al., 2004).

De acordo com Andrade Júnior et al. (2002), o feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma excelente fonte de proteínas e apresenta carboidratos, vitaminas e minerais, além de possuir fibras alimentares, baixa quantidade de gordura. O autor também afirma que, pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano, *in natura*, na forma de conserva ou desidratado.

Estudos de mecanismos de quimioprevenção têm focalizado a atividade biológica de vários compostos encontrados em frutas e vegetais consumidos na dieta normal. Dentre os mais importantes compostos antioxidantes encontram-se a vitamina C, vitamina E e β -caroteno. Outros compostos tais como os ácidos

fenólicos, flavonóides, terpenos e glucosinolatos, também são alvos de recentes pesquisas (HASSIMOTTO, 2005).

Tais compostos, apesar de não apresentarem importância nutricional direta, têm recebido muita atenção devido a sua atividade biológica. Uma atraente hipótese sugere que os alimentos vegetais contenham compostos metabólicos secundários, que quando ingeridos frequentemente na dieta, apresentam efeitos benéficos à saúde, como anti-inflamatório e antioxidante (HASSIMOTTO, 2005).

Estes compostos possuem tal ação, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também por causa de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de ácidos graxos e de óleos (MAILLARD et al., 1996; SOARES et al., 2008).

Nesse sentido, muitos estudos têm verificado uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos, sendo estes considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com atividade antioxidante (SILVA, 2008). Assim uma dieta rica em tais compostos é associada a efeitos benéficos a saúde, incluindo a redução dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis.

Entretanto, o processamento e os procedimentos para a preservação dos alimentos podem ser responsáveis tanto pelo aumento quanto pelo decréscimo da ação antioxidante, dependendo de muitos fatores, tais como: estrutura química, potencial de oxirredução, sua localização na matriz e possíveis interações com outros componentes do alimento (NICOLI et al., 1999).

Diante do exposto e tendo em vista que o feijão caupi é um alimento regional de fácil acesso que faz parte dos hábitos alimentares da população brasileira, é importante determinar a composição química e atividade antioxidante em linhagens de feijão-caupi.

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção do Feijão-caupi

O feijão-caupi é uma Dicotiledônea pertencente à ordem Rosales, família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, e à espécie *Vigna unguiculata*. Esta é uma leguminosa que constitui-se uma excelente fonte protéica, podendo ser utilizada para adubação verde, forrageira, capacidade de fixar nitrogênio e rusticidade, que lhe confere uma capacidade de suportar temperaturas elevadas e locais com limitações hídricas (LIMA et al., 2003).

Segundo dados da FAO (2015), no ano de 2013 o continente africano deteve a maior produção e consumo de feijão-caupi no mundo; ficando em destaque, nesse segmento, o Níger e a Nigéria com respectivamente 1,5 milhões e 2,9 milhões de toneladas da produção mundial que alcançou um total aproximado de 6,22 milhões de toneladas. Neste mesmo ano, os continentes Asiático e Europeu obtiveram uma produção de 207 mil toneladas e 24 mil toneladas, alcançando com isso áreas produtivas de 172 mil hectares e 7 mil hectares, respectivamente.

Introduzido no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia, o feijão-caupi constitui-se como uma cultura genuinamente africana. A partir da Bahia, o feijão-caupi foi disseminado por todo o País (FREIRE FILHO et al., 2011). Dias (2008) afirmou que, no Piauí, o cultivo de feijão-caupi tenha se disseminado em meados do ano 1697, sugerindo que houve uma intensa disseminação desta cultura, principalmente na região Nordeste e desta para todo o País.

Tradicionalmente cultivado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, o feijão-caupi constitui em uma das principais opções sociais e econômicas para as populações rurais do país (OLIVEIRA et al., 2010). Nessas regiões, a cultura apresenta grande importância socioeconômica, uma vez que é responsável por fixar mão-de-obra no campo, gerar emprego e renda e ser a principal fonte de proteínas (FREIRE FILHO et al., 2011). Por ser de fácil adaptação a solos de baixa fertilidade e com períodos de seca prolongada, o feijão-caupi é amplamente cultivado nestas regiões do país, onde o consumo de tal leguminosa ocorre em qualquer fase de seu desenvolvimento (RIBEIRO et al. 2010).

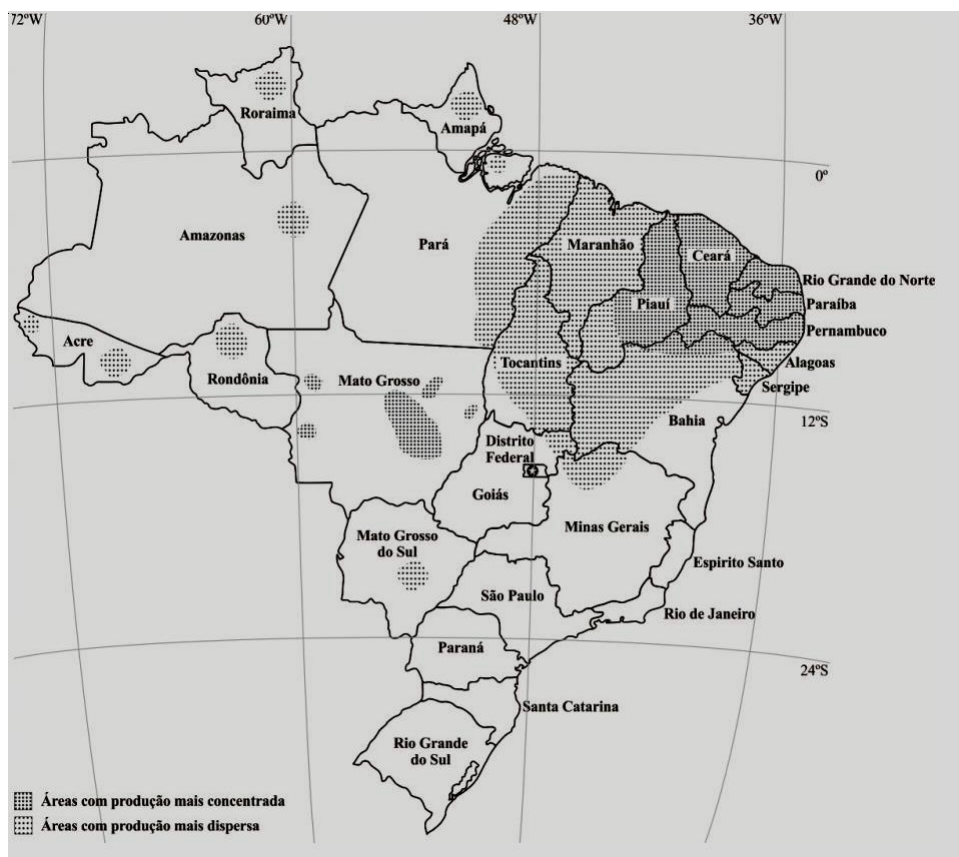


Figura 1. Distribuição aproximada das regiões produtoras de feijão-caupi no Brasil.

Fonte: Freire Filho et al., (2011)

No Brasil, podem se identificar já bem estabelecidos três segmentos de mercado para o feijão-caupi: grãos secos, feijão verde (vagem verde ou grão verde debulhado) e grãos. Destaca-se, também, o mercado de feijão processado industrialmente que embora esteja em fase inicial, possui excelente perspectiva (FREIRE FILHO et al., 2011). No entanto, O mercado externo tem preferência por feijão-caupi da classe comercial branco e subclasse fradinho, cuja característica apresenta grãos brancos de coloração preta ou marrom em volta do hilo. Esse tipo de grão é também importado por cerealistas brasileiros para atender aos mercados das regiões sul e sudeste (VILARINHO et al., 2012).

Ainda sob a utilização de práticas tradicionais, a produção de feijão-caupi nas regiões Nordeste e Norte é desenvolvida, principalmente, por agricultores familiares. O contrário pode ser percebido na produção desta cultura na região

Centro-Oeste, onde o feijão-caupi passou a ser cultivado em larga escala a partir de 2006, principalmente por médios e grandes empresários que praticam uma lavoura altamente tecnificada (FREIRE FILHO et al., 2011).

Devido às variações climáticas que ocorrem a cada ano no Brasil, a quantidade de área cultivada é inconstante, fazendo com que a produção e a produtividade do feijão-caupi sejam diferentes de ano para ano. A produção no Brasil, entre 2004 e 2008, foi em torno de 1,3 milhões de hectares de área colhida, alcançou uma produção de 482 mil toneladas e um rendimento de 366 Mg ha⁻¹ (DAMASCENO-SILVA, 2009). De acordo com dados da FAO 2015, no ano de 2013, foi estimado que no mundo cultivou-se cerca de 12 milhões de hectares de feijão caupi, obtendo-se uma produção mundial de 6,23 milhões de toneladas de grãos secos e um rendimento médio de 5219.09 Hg ha⁻¹.

Atualmente, um dos focos do melhoramento genético do feijão-caupi tem sido a produtividade, qualidade de grãos e porte de planta, permite o desenvolvimento de genótipos com boas características produtivas e com estrutura de planta adaptada à colheita mecânica. Isto torna possível a mudança no perfil do sistema produtivo e o estímulo à iniciativa empresarial para a produção em grande escala (FROTA et al., 2000).

Neste sentido, é importante e necessário a avaliação de novas linhagens e cultivares no ambiente de exploração do agricultor, levando-se em conta o manejo e o sistema de produção e o nível tecnológico destes em condições locais, de forma a identificar os materiais genéticos que melhores respostas apresentarem em termos de componentes de produção e produtividade de grãos, bem como às exigências e avaliações dos agricultores e suas famílias e do comércio da região, principalmente cor e tamanho do grão, facilidade no beneficiamento, tempo para o cozimento e sabor (SANTOS, 2013).

2.2. Melhoramento Genético do Feijão-caupi

O feijão-caupi é uma espécie autógama, com reprodução preferencialmente por autofecundação, devido à ocorrência de cleistogamia, (abertura da flor após a autopolinização), no entanto, ocorre uma pequena taxa de cruzamento natural (<1%), praticada principalmente por algumas espécies de

insetos. No Brasil, o inseto que é responsável pela maior parte dos cruzamentos naturais é o mamangava, uma espécie de abelha do gênero *Bombus* spp. Essa taxa de cruzamento aparentemente baixa, requer cuidados na produção de sementes e manutenção da pureza das cultivares.

A fase inicial do melhoramento do feijão-caupi, caracterizou-se pela utilização de métodos de introdução de germoplasma, seleção massal, seleção de plantas com teste de progênie e genealógico e, posteriormente, os métodos de descendência de uma única semente (SSD) e de descendência de uma única vagem (SPD). O método genealógico foi o mais utilizado na geração de cultivares, seguido do método SPD (FREIRE-FILHO et al., 2011).

O melhoramento do feijão-caupi, inicialmente, foi voltado principalmente para o aumento da produtividade de grãos, posteriormente para a resistência a doenças, principalmente às viroses, e atualmente além dessas duas características, está sendo dada uma grande ênfase à qualidade de grão e à arquitetura de planta (FREIRE FILHO et al., 2000). Bertini et al., (2009) afirmaram que no Nordeste do Brasil que o melhoramento genético tem promovido o desenvolvimento de várias cultivares de feijão-caupi, visando predominantemente à incorporação de caracteres agrônômicos desejáveis.

De acordo com Freire Filho et al., (2011), o melhoramento genético do feijão-caupi objetiva, em curto prazo, desenvolver cultivares de porte semiprostrado, com arquitetura moderna, adequadas à agricultura familiar, onde a colheita é realizada manualmente; desenvolver cultivares de porte ereto e semiereto com arquitetura moderna, adequadas ao cultivo totalmente mecanizado para agricultura empresarial; aumentar a produtividade e a adaptabilidade e estabilidade da produção; aumentar a resistência a pragas e doenças; aumentar a resistência a altas temperaturas e estresses hídricos; aumentar os teores de proteínas, ferro, zinco e fibra alimentar digestível dos grãos; melhorar a qualidade visual e culinária dos grãos e desenvolver cultivares a todas as regiões do país.

Cultivares melhoradas e linhagens elites de feijão-caupi têm apresentado produtividades de grãos secos superiores a 3 ton./ha (BEZERRA, 1997), demonstrando que a produtividade de grãos pode ser aumentada por meio do uso de cultivares melhoradas. Estudos visando avaliação de genótipos têm sido conduzidos, principalmente, com base na seleção para produtividade de grãos e

seus componentes (OLIVEIRA, 2008; FREIRE FILHO et al., 2001 e 2002; OLIVEIRA et al., 2002; VIEIRA et al., 2000).

O mercado do feijão-caupi é diversificado e dinâmico quanto a características qualitativas e tecnológicas e as mudanças climáticas globais exigem genótipos adaptados aos novos ambientes. Isso requer um trabalho permanente de melhoramento e o desenvolvimento de novos genótipos que atendam as demandas de toda a cadeia produtiva do feijão-caupi no Brasil (OLIVEIRA, 2008).

O aumento do valor nutritivo de culturas amplamente consumidas em todo o mundo surge como estratégia sustentável para atenuar os problemas de deficiências em micronutrientes. A introdução de produtos agrícolas biofortificados, variedades melhoradas geneticamente que apresentem maior conteúdo de minerais e vitaminas, complementa os sistemas de intervenção nutricional existentes, proporciona maior sustentabilidade e baixo custo para produtores e consumidores (RIOS et al., 2009).

A produção de novos genótipos de feijão-caupi por meio do melhoramento genético tem produzido uma ampla variação na sua composição química e propriedades nutricionais. Em função disso, para a sua efetiva utilização são necessários mais estudos sobre os aspectos bioquímicos das novas cultivares desenvolvidas, pois assim, obtém-se dados sobre o comportamento dos grãos quanto à variação do teor protéico, fração lipídica, digestibilidade e outros parâmetros bioquímicos (CASTÉLLON et al., 2003; GIAMI, 2005).

2.3. Qualidade Nutricional e Funcional do Feijão-caupi

O consumo, das diversas espécies, de feijão torna-se vantajoso, pois sob o ponto de vista nutricional, esta leguminosa possui componentes e substâncias necessários à saúde humana. É considerado um substituto das proteínas animais por possuir baixo teor de gordura e sódio e não conter nenhum colesterol, além de ser um acumulado de proteínas, fibras, complexo de carboidratos, vitaminas do complexo B e minerais e apresenta maior teor de fibra alimentar quando comparado aos cereais (trigo, arroz e milho) e a várias hortaliças (PAULA, 2004; LONDERO et al., 2008). Também, o feijão possui compostos fenólicos com ação antioxidante que podem reduzir a incidência de doenças. Por essa razão, cada vez mais, essa leguminosa tem feito parte da dieta diária da população brasileira e, por

isso, tem sido cultivada na maioria dos estados brasileiros, durante todos os meses do ano e a sua produção provém de quase todo território nacional (SIDDHURAJU et al., 2002; MARTINEZ, 2011)

A má nutrição com proteínas-calorias é uma síndrome nutricional que afeta milhões de pessoas em países em desenvolvimento, principalmente devido ao alto preço para obtenção de proteínas de origem animal. Leguminosas, como o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), são importantes opções para suplementação protéica de origem vegetal, desde que associadas com outras fontes calóricas, como cereais (IQBAL et al., 2006).

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, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média). Assim, exerce efetiva participação na dieta alimentar da população, por constituir-se em excelente fonte de proteínas e carboidratos de baixo custo (FROTA et al., 2008).

A composição química dos genótipos de feijão-caupi pode variar devido à manipulação genética, práticas agronômicas, manejo pós-colheita e de armazenamento, idade das sementes e no processamento aplicado na preparação dos grãos para consumo humano (UZOGARA; OFUYA, 1992; FERREIRA NETO et al., 2005).

O teor protéico dos grãos do feijão-caupi é de, aproximadamente, 25%, com valores aceitáveis de aminoácidos, exceto metionina, cistina e cisteína. A qualidade nutricional de leguminosas como o feijão-caupi é ainda limitada pela presença de fatores antinutricionais estáveis e não estáveis a altas temperaturas de cocção (PHILLIPS et al., 2003). Como em outras leguminosas, a maioria das proteínas de feijão-caupi são globulinas e albuminas compreendendo aproximadamente 65% a 80% e 4% a 12% do total de proteínas dos grãos, respectivamente (FROTA, 2007).

O feijão-caupi, assim como outras leguminosas, apresenta baixo conteúdo de lipídios, que varia de 1,5 a 2,0%, tendo com grandes influenciadores desse conteúdo, os fatores genéticos e ambientais. Esse tipo de feijão mostrou grande variabilidade na composição de ácidos graxos e contém substancial quantidade de ácidos graxos insaturados (45,6 – 78,1%). Dentre os saturados o palmítico é predominante com uma variação de 20,6 a 38,6%, enquanto o ácido esteárico ocorre em concentrações de 3,9 a 8,3% (OLUWATOSIN, 1998).

Para McWatters et al., (2003), o feijão-caupi é uma leguminosa rica em amido e proteínas, de cujos grãos facilmente se obtém farinha que pode ser misturada com farinha de trigo. Os autores, também afirmaram que além de ser uma boa fonte de vitaminas do complexo B, os grãos de feijão-caupi contém substancial quantidade de lisina, quando misturado com cereais, produz misturas com boa complementação de aminoácidos, além de melhorar o conteúdo de nutrientes da farinha.

A composição total de carboidratos de feijões comuns em base seca varia de 60 a 65%. O principal carboidrato de reserva presente no feijão é o amido. Resultados obtidos com diversas cultivares de feijão-caupi apontaram variação de 40,5 a 63,6% no teor de amido dependendo da cultivar e das condições ambientais (FROTA, 2007).

As fibras alimentares totais (FAT) representam os carboidratos não digeríveis, presentes principalmente no tegumento dos grãos e os seus percentuais dependem do estágio de formação desta camada (DINIZ et al, 2001). No feijão-caupi verde as FAT representam cerca de 35% do total de carboidratos, porcentagem que é reduzida para 29,33% no grão maduro. Com relação ao aspecto qualitativo, constata-se que 90,9% das FAT do feijão-caupi maduro é constituído por fibras insolúveis (SALGADO et al, 2005).

Além disso, o feijão comum contém uma grande diversidade de flavonoides, 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 compostos bioativos façam do feijão um alimento com propriedades funcionais, como a sua capacidade antioxidante contribuindo na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como doenças cardiovasculares, diabetes, cânceres e hipertensão (RAMÍREZ-CÁRDENAS; ROSA; COSTA, 2008).

Muitos estudos têm fornecido evidências convincentes de que os compostos alimentares naturais presentes no feijão-caupi possuem diversas atividades biológicas, incluindo atividades quimiopreventivas contra várias doenças inflamatórias crônicas.

Dentro dessa perspectiva, Gutiérrez-Urbe et al. (2011) na intenção de avaliar a atividade antiproliferativa de extratos a base de feijão-caupi contra células

mamárias cancerígenas, atestaram que os compostos fenólicos livres em extrato de grãos inteiros de feijão-caupi sem tegumento, em uma concentração de aproximadamente 100 mg de ácido gálico (GAE)/L, inibiram em 65% a proliferação de células mamárias cancerígenas (MCF-7). Estes autores, também, verificaram que os extratos do tegumento ou cotilédones foram capazes de inibir a proliferação de tais células, mas a uma extensão significativamente menor, indicando, assim, efeitos sinérgicos entre os compostos fenólicos e outros fitoquímicos associados a estas partes anatômicas

De posse de todos esses benefícios nutricionais o feijão-caupi torna-se, portanto, uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria e qualidade de vida, especialmente em áreas crescentes, nos meios rural e urbano (SOUZA, 2005).

2.4. Compostos Bioativos no Feijão-Caupi

2.4.1. Compostos Fenólicos Totais

Os compostos bioativos são, em sua maioria, metabólitos secundários. Geralmente, estão relacionados com os sistemas de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta ou as agressões de insetos ou patógenos. Como existem em grande número, eles podem ser subdivididos em grupos (compostos fenólicos, glicosinolatos e carotenóides) com milhares de compostos distintos. Algumas substâncias são próprias de alguma espécie ou gênero de plantas, outras são unidas por um complicado critério de classificação (CARRATU; SANZINI, 2005).

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; e são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autoxidação (SHAHIDI et al., 1992).

Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil compostos fenólicos, dentre eles, destacam-se os flavonóides,

ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

A análise dos compostos fenólicos pode ser influenciada por fatores como a natureza do composto, o método de extração utilizado, tamanho da amostra, tempo e condições de armazenamento, o padrão utilizado como referência e a presença de possíveis interferentes (SHAHIDI; NACZK, 1995). Ainda não foi adotado um método padrão de extração para todos os compostos fenólicos ou para classes específicas devido à sua complexidade presente nos alimentos. Além disso, apresenta diferenças de reatividade entre cada composto fenólico e os reagentes utilizados (MACHEIX et al., 1990). O método de *Folin-Ciocalteu* empregado para análise de compostos fenólicos é espectrofotométrico não específico, pois detecta todos os grupos fenólicos presentes no alimento, inclusive as proteínas extraíveis. Também apresenta a desvantagem de reduzir algumas substâncias como ácido ascórbico. O reagente *Folin-Ciocalteu* muitas vezes é utilizado como substituto do reagente *Foli-Denis* por ter maior estabilidade na reação além de ser mais sensível à presença de fenóis (NACZK; SHAHIDI, 2004).

No feijão comum, apesar de alguns compostos presentes serem considerados tradicionalmente como antinutrientes devido à sua interferência sobre a absorção e utilização de outros nutrientes, atualmente tem se demonstrado muito interesse na sua atuação. Entre estes compostos, destacam-se os fenólicos devido à sua atividade antioxidante que está sendo relacionada à prevenção de doenças como câncer, doenças cardiovasculares, auxílio ao controle glicêmico e de lipídeos sanguíneos além de retardar danos celulares causados pelo envelhecimento (MARTÍNEZ et al., 2002).

O feijão-de-corda, como outras leguminosas, apresenta substâncias polifenólicas na composição de seus grãos. Alguns autores atribuem características antinutricionais à presença de polifenóis, embora outros autores destaquem a atividade antioxidante decorrente da presença deste tipo de substância (ASSIS; NAHAS, 1999; GONÇALVES, 2008).

2.4.1.1. Flavonóides

Os flavonóides são estruturas polifenólicas de baixo peso molecular encontradas naturalmente nos vegetais. São os responsáveis pelo aspecto colorido

das folhas e flores, podendo estar presentes em outras partes das plantas (MOON et al., 2006).

A estrutura básica dos flavonóides consiste de 15 carbonos distribuídos em dois anéis aromáticos, interligados via carbono heterocíclico do pirano. Conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavononas e flavonas (CHEYNIER, 2005).

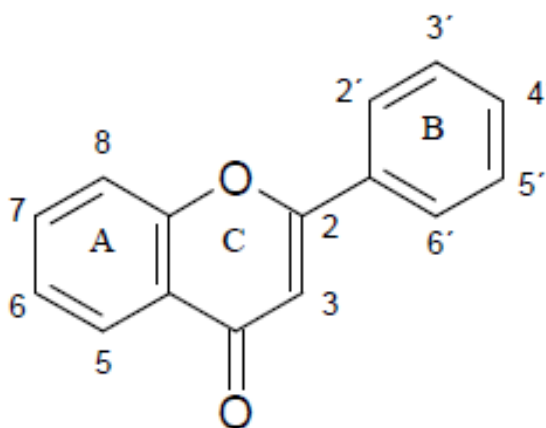


Figura2. Estrutura básica dos Flavonóides

Fonte: Behling et al., (2004)

Os flavonóides são antioxidantes efetivos devido às suas propriedades seqüestrantes de radicais livres e por quelar íons metálicos 29, protegendo assim os tecidos dos radicais livres e da peroxidação lipídica. A propriedade antioxidante é direcionada sobre o radical hidroxil (OH) e o ânion superóxido (O₂⁻), que são espécies altamente reativas envolvidas na iniciação da peroxidação lipídica. Além destes efeitos importantes, os flavonóides têm propriedades estabilizadoras de membrana, podendo afetar alguns processos do metabolismo intermediário (GALATI et al., 2002; BEHLING et al., 2004).

Middleton et al., (2000) afirmaram que aos flavonóides, têm sido associados vários mecanismos de ação antioxidante, os quais incluem: a) opressão da formação de espécies reativas do oxigênio pela inibição do sistema enzimático responsável pela geração de radicais livres (ciclooxigenase, lipoxigenase ou xantina oxidase); b) quelação de íons metálicos que podem iniciar a produção de radicais hidroxil pela Reação de *Fenton* ou *Harber-Weis*; c) seqüestro de radicais

livres; d) regulação positiva ou proteção das defesas antioxidantes por induzir a fase II de enzimas como glutathione transferase que aumenta a excreção de espécies oxidadas ou e) indução de enzimas antioxidantes como a metalotioneína que é uma proteína queladora de metais, com propriedades antioxidantes.

Em seres humanos e animais, os flavonóides apresentam efeitos potenciais como antioxidante, antiinflamatório, antimicrobiano, cárdio-protetor, analgésico, antialérgico, anticancerígeno, antidiabético, antiúlceras. Acredita-se que os flavonóides, quando ingeridos de forma regular através da alimentação diária, podem auxiliar na prevenção de doenças do sistema cardiovascular (SIMÕES et al., 2003).

De acordo com Janssen-Heininger et al., (2000) várias pesquisas sugerem uma conexão entre o consumo de flavonóides, a sub-regulação dos mediadores inflamatórios e prevenção de doenças inflamatórias, visto que estes mediadores inflamatórios são importantes marcadores biológicos envolvidos em várias condições inflamatórias crônicas, que podem ser aliviadas por polifenóis vegetais. Diante disso, Ojwang (2012) afirmou que a associação entre a atividade antioxidante dos polifenóis de feijão-caupi com seu potencial anti-inflamatório e prevenção de doenças crônicas, ainda, é desconhecida; por essa razão, os flavonóides presentes no feijão-caupi e seu potencial para reduzir o risco de doenças crônicas inflamatórias ligadas devem ser investigados.

2.4.1.2. Antocianinas

As antocianinas constituem o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis do reino vegetal, respondendo por colorações que variam do azul ao vermelho em diversas flores, frutos e folhas. Pertencem às classes dos flavonóides distinguindo-se dos demais componentes dessa classe pela capacidade de participar de transferência de prótons, isomerização e tautomerização, enquanto os flavonóides incolores geralmente apresentam um único estado químico em solução (MAZZA et al., 2004).

Estes compostos são glicosídeos 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. As antocianidinas têm como estrutura básica

o cátion 2-fenilbenzopirílium, também denominado flavílium. As antocianinas encontradas em alimentos são todas derivadas das agliconas pertencentes a três pigmentos básicos: pelargonidina (vermelha), cianidina (vermelho) e delphinidina (violeta) (VOLP et al., 2008).

Por serem compostos fitoquímicos que conferem a qualidade visual de frutas e vegetais, as antocianinas contribuem para a formação dos pigmentos vermelhos, azuis e roxos em tecidos vegetais. As antocianinas são os compostos fitoquímicos que conferem a qualidade visual de frutas e vegetais, contribuindo para os pigmentos vermelhos, azuis e roxos em tecidos vegetais. Elas estão distribuídas principalmente na pele de frutos e vegetais, por conseguinte, a diferença de cor externa entre os vegetais é largamente determinada pela natureza e a concentração de antocianinas contida em tais alimentos. (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009). Na literatura sobre o assunto, o teor de antocianinas nos vegetais varia consideravelmente, mas há também a variabilidade dos compostos específicos de antocianinas presentes nestes alimentos (LEONG; OEY, 2012).

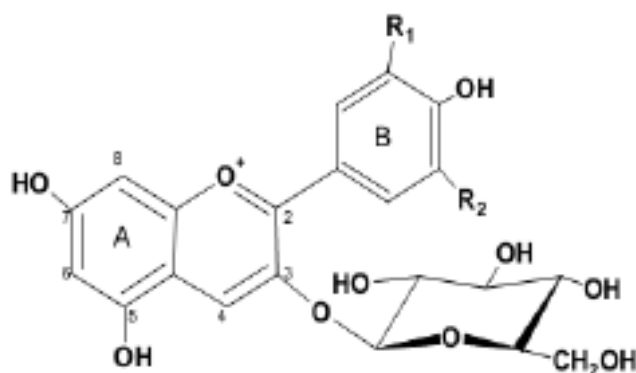


Figura 3. Estrutura básica das antocianinas

Fonte: Malacrida; Motta (2006).

Diversos estudos têm-se centrado no isolamento e caracterização de pigmentos assim como na sua contribuição para a cor do tegumento do feijão comum (HEIMLER et al., 2005). Takeoka et al. (1997) identificaram três tipos de antocianinas em feijões comum: delphinidina 3-glicósido (56%), petunidina 3-glucósido (26%), e malvidina 3-glucosido (18%). Beninger e Hosfield (2003) também obtiveram essas mesmas antocianinas no revestimento de grãos de outros

genótipos desta leguminosa e, concluíram que essas eram as antocianinas principais e mais ativas em termos de atividade antioxidante.

Dodson et al., (2005), evidenciaram a presença de delphinidina 3-glicósido, peonidina 3-glucósido e outro tipo desconhecido em genótipos de feijão-caupi. Em consonância com os autores acima, Ha et al., (2010) realizaram estudos para identificação de antocianinas no feijão-caupi, e identificaram cinco tipos de antocianinas nesta leguminosa: delphinidina 3-glicósido, cianidina 3-glicósido, petunidina 3-glucósido, peonidina 3-glucósido e malvidina 3-glucósido, fato este que os levaram a inferir que essas são as principais antocianinas presentes neste tipo de feijão.

A atividade antioxidante das antocianinas se deve à deficiência de elétrons do núcleo flavílio e à presença de hidroxilas livres assim como de outras estruturas químicas na molécula, podendo ocorrer variações quanto à intensidade da atividade antioxidante em função da antocianina, acilações e co-pigmentações (SOOBRAATTE et al., 2005; WADA et al., 2007).

As antocianinas são associadas com uma ampla gama de atividades biológicas, incluindo antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena e inibição de alfa-glucosidase. Além disso, estes pigmentos podem reduzir o risco de doença cardíaca coronária por meio da modulação da proteção arterial, inibição da agregação plaquetária, ou proteção endotelial. Por esta razão, as indústrias alimentar e medicinal estão cada vez mais interessadas em alimentos naturais com um elevado teor de antocianinas bioativas para o desenvolvimento de suplementos com utilização terapêutica e preventiva (Ha et al., 2010)

2.4.2. Taninos

Os taninos são compostos fenólicos hidrossolúveis que contêm um grande número de grupos hidroxílicos, entre outros grupos funcionais (1 a 2 por 100D) sendo, portanto, capazes de unir-se às proteínas e a outras macromoléculas. Nessa visão, são classificados em dois grupos: taninos hidrolisáveis e os não hidrolisáveis ou condensados (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000).

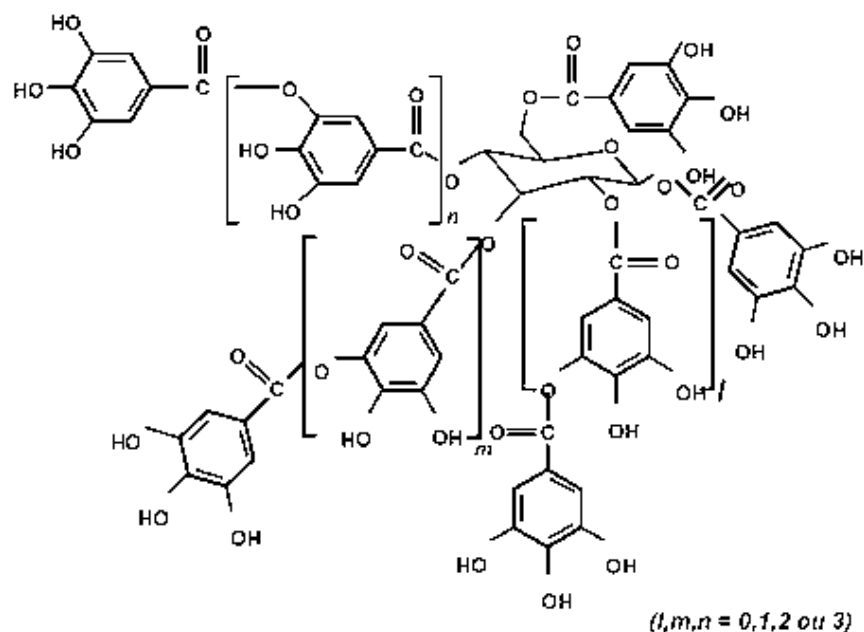


Figura 4. Estrutura química básica dos taninos hidrolisáveis

Fonte: Battestin et al., (2004)

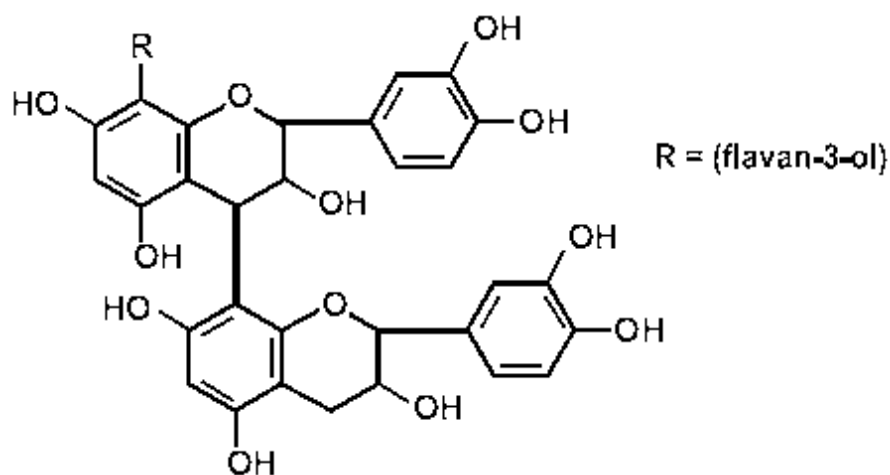


Figura 5. Estrutura química básica dos taninos não hidrolisáveis ou condensados

Fonte: Lekha; Lonsane (1997).

Os taninos condensados estão presentes em diversos produtos de origem vegetal, o que confere às frutas, hortaliças e condimentos um alto valor nutritivo e boas propriedades terapêuticas. Esses alimentos apresentam substâncias que estão relacionadas com efeitos benéficos ao organismo humano, como a ação antioxidante, o que certamente vem contribuindo para uma contínua melhoria da

saúde humana, como o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças (SCHWAGER et al., 2008; ROESLER et al., 2007; WACH et al., 2007; BERNARDES et al., 2011).

Os taninos presentes no feijão comum possuem a capacidade de formar complexos insolúveis com minerais, proteínas e amidos biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais. Os complexos formados com as proteínas são insolúveis e de baixa digestibilidade, tornando-as indisponíveis. Eles também podem inibir enzimas do trato digestório e aumentar a excreção de nitrogênio nas fezes. Os taninos são inibidores da atividade de tripsina, quimotripsina e α -amilase. Além disso, estes compostos diminuem a biodisponibilidade de minerais, como o ferro e zinco (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

Adeyemi e Olorunsanya (2012) afirmaram que vários estudos têm mostrado que o feijão-caupi contém compostos fenólicos em três grupos principais, nomeadamente, os flavonoides, ácidos fenólicos e taninos; e que tais compostos fenólicos estão concentrados principalmente no tegumento do grão.

Chang et al. (1994) verificaram aumento da concentração de taninos em feijão-caupi durante o processo de maturação, com o escurecimento dos grãos em diferentes graus. Os autores relataram que a maioria dos taninos estava presente na casca. Conseqüentemente, o processo de descortiçamento pode reduzir em 96% o teor de taninos e o aquecimento em água por 30 minutos remove de 38 a 76% dos taninos. Lumen; Salamat (1980) observaram que a maceração de feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) em solução de NaOH 1N foi o meio mais efetivo para redução de 70% dos taninos presentes em leguminosas; sem a maceração de grãos, essa quantidade original permanece no feijão comum, mesmo após o cozimento por 60 minutos. O tanino residual em feijões cozidos pode atuar como inibidor de tripsina resistente ao calor (SILVA; SILVA, 1999).

No entanto, os métodos tradicionais de análise de alimentos não incluem medidas quantitativas dos taninos e, em razão disso, pouco se sabe a respeito da natureza desses compostos nas espécies tropicais, em especial nas nativas do Nordeste Brasileiro (BEZERRA NETO, 2003).

2.5. Atividade Antioxidante

Na atualidade os grupos de compostos fitoquímicos apresentam um grande interesse nutricional por auxiliar na manutenção da saúde humana. Estudos científicos têm sido realizados por diferentes autores, demonstrando o conteúdo de compostos bioativos existentes em frutos e vegetais nativos (ROCHA, 2011).

As propriedades biológicas destes compostos fenólicos estão relacionadas com a atividade antioxidante que cada fenol exerce sobre determinado meio. A atividade dos antioxidantes, por sua vez, depende de sua estrutura química, podendo ser determinada pela ação da molécula como agente redutor (velocidade de inativação do radical livre, reatividade com outros antioxidantes e potencial de quelação de metais) (MAMEDE; PASTORE, 2004).

Existem duas categorias básicas de antioxidantes, sintética e natural. Em geral, os antioxidantes sintéticos são compostos fenólicos com estruturas de vários graus de substituição do grupo alquila, enquanto que os antioxidantes naturais podem ser compostos fenólicos (tocoferóis, flavonóides e ácidos fenólicos), compostos de azoto (derivados de clorofila, alcalóides, aminoácidos, e aminas), ou carotenóides, bem como o ácido ascórbico. Apesar de antioxidantes sintéticos como terc butil hidroquinona (TBHQ), propilgalato (PG), butil-hidroxitolueno (BHT) e butil-hidroxianisol (BHA), que são mais amplamente utilizados no processamento de alimentos, são mais baratos, mas há preocupações sobre seus efeitos colaterais. Há antioxidantes naturais presentes em alimentos como constituintes endógenos (ASGHAR et al., 2015).

Estes antioxidantes pertencem ao grupo de compostos fenólicos que inclui ácidos fenólicos, fenilpropanoloides, flavonóides e as isoflavonas, antocianidinas e antocianinas, fitatos, esteróis e carotenóides. Vitaminas C e E e fosfolipídios também pode atuar como antioxidantes em alimentos (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000)

O interesse em encontrar antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico tem aumentado consideravelmente, com o intuito de substituir antioxidantes sintéticos, os quais têm sido restringidos devido ao seu potencial carcinogênico, além de provocar aumento do peso do fígado e significativa proliferação do retículo endoplasmático (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

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). Estes métodos podem basear-se no poder de redução de metal (FRAP; CUPRAC), na captura do radical hidroxila (método de desoxirribose), na captura de radicais orgânicos (DPPH, ABTS), na captura de radical peroxila (TRAP, ORAC), produtos formados pela peroxidação lipídica (TBARS, oxidação de LDL, co-oxidação de β -caroteno) entre outros (FRANKEL; MEYER, 2000; SANCHÉZ-MORENO, 2002).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para se determinar *in vitro*, de forma a permitir rápida seleção de substâncias e/ou misturas promissoras. Nota-se aumento no uso da avaliação da capacidade antioxidante em alimentos, produtos naturais, fármacos e cosméticos (TOMEI; SALVADOR, 2007). Também é crescente a busca e a validação de metodologias para a avaliação da atividade antioxidante em matrizes complexas, como alimentos, produtos naturais e fluidos biológicos (SANCHES-MORENO, 2002; TIVERON, 2010).

Essas metodologias vêm sendo bastante utilizadas na determinação da atividade antioxidante de alimentos e produtos naturais devido a sua relativa simplicidade, principalmente os métodos indiretos (reação de oxi-redução entre o oxidante e o antioxidante) como o DPPH \cdot , o ABTS \cdot^+ e o FRAP, que propicia a aplicação em rotinas de laboratório (TOMEI; SALVADOR, 2007).

O método do radical DPPH é um dos métodos mais utilizados para identificar o potencial antioxidante em diversas matrizes alimentares (BERETTA et al., 2005). O método de sequestro de radicais livres (DPPH) está baseado na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante, ou seja, presença de elétrons desemparelhados do DPPH é responsável pela forte absorção máxima no comprimento de onda de 515 nm, resultando na cor púrpura, que sofre uma alteração de cor para amarelo, quando o elétron desemparelhado forma um par com o hidrogênio doado pelo composto antioxidante, convertendo o DPPH para sua forma reduzida (BERTONCELJ et al., 2007; SAXENA et al., 2010).

Um método para o rastreamento de atividade antioxidante é relatado como um ensaio de descoloração aplicável a ambos os antioxidantes lipofílicos e hidrofílicos, incluindo flavonoides, hydroxycinnamates, carotenoides, antioxidantes e plasma. O radical monocátion pré-formado de 2,2'-azinobis- (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-

sulfônico) (ABTS • +) é gerado por oxidação de ABTS com persulfato de potássio e é reduzida na presença de tais antioxidantes doadores de hidrogênio. As influências de tanto a concentração de antioxidante e duração de reação sobre a inibição da absorção de cátion radical são tomadas em consideração quando se determina a atividade antioxidante (RE et al., 1999).

Os autores acima afirmaram ainda, que este ensaio melhora claramente o ensaio TEAC original (o ensaio / ABTS ferryl mioglobina) para a determinação da atividade antioxidante, em um número de maneiras: em primeiro lugar, a química envolve a geração direta do monócation radical ABTS sem envolvimento de um radical intermediário; em segundo lugar, é um ensaio de descoloração; assim, o cátion radical é pré-formado antes da adição de sistemas de teste de antioxidantes, em vez da geração do radical ter lugar continuamente na presença do antioxidante. Assim, os resultados obtidos com o sistema aperfeiçoado podem não ser sempre diretamente comparáveis com os obtidos utilizando o ensaio inicial TEAC; e em terceiro lugar, é aplicável a ambos os sistemas aquosos e lipofílicos.

As matérias-primas *in natura* disponíveis contêm numerosos fitoquímicos além dos compostos fenólicos como, por exemplo, compostos nitrogenados, carotenóides, ácido ascórbico e tocoferóis. Muitos destes fitoquímicos apresentam significativa capacidade antioxidante e são associados à baixa incidência e baixa mortalidade de câncer em seres humanos (ZHENG; WANG, 2001).

Nesse sentido, Minetto et al. (2009), ao avaliarem os teores de fenólicos totais e da atividade antioxidante pela redução do radical DPPH do feijão (*Phaseolus vulgaris*), identificaram que o feijão cru demonstrou um alto poder de redução do radical DPPH, equivalendo a 67,1% de redução do radical livre. Dentro dessa perspectiva, Lima et al. (2009) mediram a capacidade dos extratos etanólicos dos feijões-caupi em seqüestrar o radical DPPH e com base nestes dados evidenciaram que aos 15 minutos iniciais, todas as amostras apresentaram uma porcentagem de inibição da oxidação, superior a 70%; e entre 30 e 45 minutos ocorreu uma elevação para 78,98 a 83,21% de inibição.

Entretanto, a eficácia da ação antioxidante dos componentes bioativos depende da concentração destes no alimento, que recebe influência direta de fatores genéticos, condições ambientais, grau de maturação, variedade da planta, entre outros. Além disso, o processamento dos alimentos pode afetar o teor, a atividade e a biodisponibilidade destes compostos, uma vez que podem ser

degradados ou lixiviados para a água de cocção (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999; ROBARDS et al., 1999).

2.6. Influência do cozimento em feijões

Considera-se tempo de cozimento de grãos de leguminosas o período necessário para o produto atingir grau de maciez aceitável pelo consumidor (SARTORI, 1996). Vários são os fatores que interferem na capacidade de cozimento nas grãos de feijão como: armazenamento, absorção de água e as propriedades de tegumento.

Vários caracteres são importantes para a aceitação comercial de grãos de feijão, entre eles a boa capacidade de cozimento. A capacidade de cozimento de um feijão constitui-se em uma das características de controle genético, oferecendo a possibilidade de realizar a seleção em populações segregantes para este caráter (BALDONI; SANTOS, 2005).

O desenvolvimento de grãos de feijão de rápido cozimento atende às necessidades do mercado consumidor que dispõe de tempo reduzido para o preparo da refeição e quer diminuir os custos com a utilização de energia. Grãos de feijão com tempo de cozimento menor do que 30 minutos são desejáveis, pois significa economia de energia e de capital (CARNEIRO et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2013).

Nos programas de melhoramento do feijoeiro, é imprescindível que as linhagens em um dado momento sejam avaliadas quanto ao tempo de cozimento, pois este é um dos caracteres de maior importância na aceitação de uma cultivar de feijão pelos consumidores. Em trabalhos realizados anteriormente (ELIA et al., 1997; BELICUAS et al., 2002; JACINTO-HERNANDEZ et al., 2003) ficou evidenciado que este caráter é controlado geneticamente, porém, a capacidade de cozimento é afetada pelas diferenças entre as linhagens, composição química e propriedades físicas da semente tais como: tamanho, peso, volume e composição da, além de sofrer efeito pronunciado do ambiente, especialmente relacionado às condições de armazenamento (PAULA, 2004).

O cozimento é essencial no preparo do feijão para o consumo de mesa, garantindo a inativação de fatores antinutricionais, além de proporcionar a caracterização dos atributos sensoriais de textura exigidas pelo consumidor

(BRASSINELO, 2010). O cozimento excessivo pode resultar em decréscimo do valor nutricional do feijão (WASSIMI et al., 1988). Por isso, é necessário determinar o tempo de cozimento necessário para se obter a maciez considerada ideal para o consumo e que propicie o reconhecimento dos atributos sensoriais de maior aceitação do feijão.

Entretanto, Ramírez-Cárdenas et al (2008), afirmaram que em geral os processamentos, dentre eles o cozimento, podem reduzir o conteúdo de proteínas e da maioria dos macros e micros nutrientes, particularmente vitaminas e minerais, como também de outros compostos presentes nos alimentos, tais como os compostos bioativos. Barampama e Simard (1995) observaram em feijão comum, uma diminuição no conteúdo de lipídios após o cozimento, o que poderia ser devido à interferência durante a análise provocada pela formação de um complexo lipídeo-proteína.

A qualidade do cozimento é medida em função da digestibilidade, solubilidade e conteúdo protéico e os fatores que afetam o tempo e a qualidade do cozimento do feijão-caupi são determinados pelo grau de embebição de água pelo grão, tempo de armazenamento, pH da água e tamanho do grão (PHILIPS et al., 2003).

Um estudo realizado por Bennink e Barret (2004) visando quantificar o teor fenólico na água de cozimento e no feijão comum após o cozimento, observou-se que no feijão comum existe uma grande quantidade de compostos fenólicos, no entanto mais de 50% desses compostos são eliminados para a água de cozimento.

Entretanto, de acordo com Bressani et al. (1982) e Silva e Silva (1999) a elevação da temperatura durante o processo de cozimento de feijões comuns pode ocasionar alterações no teor dos polifenóis nesta leguminosa. Estes compostos podem: ligar-se com algumas proteínas, serem eliminados na água de cozimento, permanecer livres, ou sofrer polimerização. Ainda foram sugeridas as seguintes hipóteses: os polifenóis livres podem tanto influenciar indiretamente a digestão das proteínas por inibição da atividade enzimática como, durante o cozimento, os polifenóis podem penetrar no cotilédono e reagir com suas proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática.

Tendo em vista a preocupação crescente dos consumidores com a dieta, os benefícios dos compostos fenólicos totais e de sua atividade antioxidante na saúde humana, a importância dos nutrientes do feijão para o organismo e a escassez de dados referentes aos teores desses compostos no feijão-caupi, torna-se necessário

investigar a composição química e atividade antioxidante em linhagens de feijão-caupi e os possíveis efeitos do cozimento, permitindo uma maior valorização do feijão-caupi como alimento e incentivar o seu consumo.

3. Objetivos

Geral

- ✓ Determinar a composição química e atividade antioxidante em duas linhagens de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), antes e após o cozimento.

Específicos

- ✓ Analisar a composição centesimal, valor energético total em duas linhagens de feijão-caupi, antes e após o cozimento.
- ✓ Quantificar o teor de compostos fenólicos totais, flavonóides, antocianinas e taninos das amostras de feijão-caupi, antes e após o cozimento e no caldo de cocção.
- ✓ Determinar a atividade antioxidante das linhagens de feijão-caupi, antes e após o cozimento e do caldo de cocção.

4.0. METODOLOGIA

4.1. Protocolo experimental

As amostras de feijão-caupi mulatinho de duas linhagens diferentes foram produzidas e fornecidas pelo Setor de Recursos Genéticos e Melhoramento da Embrapa Meio-Norte de Teresina-PI, e mantidas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (LABROMBIOQ) do Departamento de Nutrição (DN), do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), a uma temperatura de -18° até o momento das análises.

Foram estudadas as linhagens de feijão-caupi MNC04-774F-78 (TE97-309G-18 X TE97-304G-4) e MNC04-795F-159 (MNC99-518G-2 X IT92KD-279-3) dos lotes de 2013 e 2014. Todas as análises foram realizadas em triplicata.



Figura 6: Planta feijão-caupi (floração)
Fonte: Freire-Filho; Ribeiro (2005)



Figura 7: Vagem de feijão-caupi
Fonte: Revista Rural (2007)

4.2. Local e período do estudo

As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (LABROMBIOQ) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), no período de Outubro de 2013 a Setembro de 2014.

4.3. Análises das amostras

4.3.1. Preparo das amostras

Os grãos foram selecionados manualmente para remoção de sujidades e daqueles que estavam fora do padrão de qualidade. Em seguida, os mesmos foram submetidos a dois procedimentos diferentes para a realização das análises:

- T1(CRU) - Feijão cru, moído em moinho de rotor tipo ciclone TE-651/2-TECNAL até a obtenção de um pó homogêneo.

Linhagem MNC04-774F-78



Lote 2013

Lote 2014

Figura 8: Grãos crus de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-774F-78

Linhagem MNC04-795F-159



Lote 2013

Lote 2014

Figura 9: Grãos crus de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-795F-159

- T2 (COZIMENTO SEM MACERAÇÃO) - O feijão foi cozido sem maceração prévia em uma proporção feijão:água de 1:8 (p/v) em panela de pressão doméstica por 13 minutos. Após a cocção o caldo foi separado dos grãos com auxílio de peneira doméstica e homogeneizados no graal com pistilo para análises posteriores. Os caldos de cocção obtidos do cozimento das duas linhagens foram armazenados em tubos tipo Falcon de plásticos (50 mL) para análises subsequentes.

Linhagem MNC04-774F-78



Lote 2013

Lote 2014

Figura 10: Grãos cozidos de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-774F-78

Linhagem MNC04-795F-159



Figura 11: Grãos cozidos de feijão-caupi mulatinho - linhagem MNC04-795F-159

4.3.2. Valor Nutritivo

4.3.2.1. Umidade

A determinação de umidade foi realizada por meio do método de secagem em estufa (AOAC, 2005). Foram pesados 5 g da amostra triturada e homogeneizada, em triplicata, em cápsula de porcelana previamente tarada. Colocou-se a cápsula com a amostra em estufa a 105 °C por 24 horas (*overnight*), 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 = nº de gramas de umidade

P = nº de gramas de amostra.

4.3.2.2. Cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração em forno mufla, sendo os resultados obtidos em porcentagem (AOAC, 2005). Amostras de 3 g foram pesadas, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250 °C por 4 horas, posteriormente incineradas por 12 horas a 550 °C. Após, os cadinhos com amostra com as cinzas 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 = nº de gramas de cinzas.

P = nº de gramas de amostra.

4.3.2.3. Proteínas totais

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

Para a etapa da digestão, procedeu-se a pesagem de 0,5 mg de amostra em papel manteiga, sendo este conjunto colocado em tubo digestor juntamente com 7 mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica. A digestão foi realizada a 350°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 (AOAC, 2005):

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

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

F = fator de conversão = 6,25.

P = peso da amostra.

4.3.2.4. Lipídios totais

Os lipídios (correspondentes à fração extrato etéreo) foram obtidos em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se o solvente Hexano PA (AOAC, 2005). Para extração, 2 g das amostras secas trituradas, em triplicata, obtidas da análise de umidade, 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 tubos de extração 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.

4.3.2.5. Carboidratos totais

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

4.3.2.6. Valor Energético Total - VET

O Valor Energético Total das linhagens de feijão-caupi foi calculado utilizando-se os fatores de conversão de Atwater: 4kcal/g para carboidratos, 9 kcal/g para lipídios e 4kcal/g para proteínas (WATT; MERRIL, 1963).

4.4. Compostos Fenólicos Totais

4.4.1. Obtenção dos extratos

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras de feijão-caupi, segundo metodologia de Rufino et al., (2007) (Figura 12). Os solventes utilizados para extração os compostos antioxidantes foram o metanol 50% (50:50, v/v), acetona 70% (70:30, v/v) e água, na proporção de 2:2:1. Cerca de 4 g das amostras foram pesadas em tubos para centrífuga (50 mL) e os compostos bioativos foram extraídos com 10 mL de metanol 50% por 30 minutos em ultrassom, à temperatura ambiente. Os tubos foram centrifugados a 4000 rotações por minuto durante 15 minutos e o sobrenadante foi recolhido em um balão volumétrico (10 mL). Em seguida, 10 mL de acetona 70% foi adicionada ao resíduo, e extraiu-se durante 30 minutos em ultrassom, e centrifugou-se conforme descrito. Os dois sobrenadantes obtidos foram combinados no balão volumétrico (25 mL) e completou-se o volume com água milli-Q.

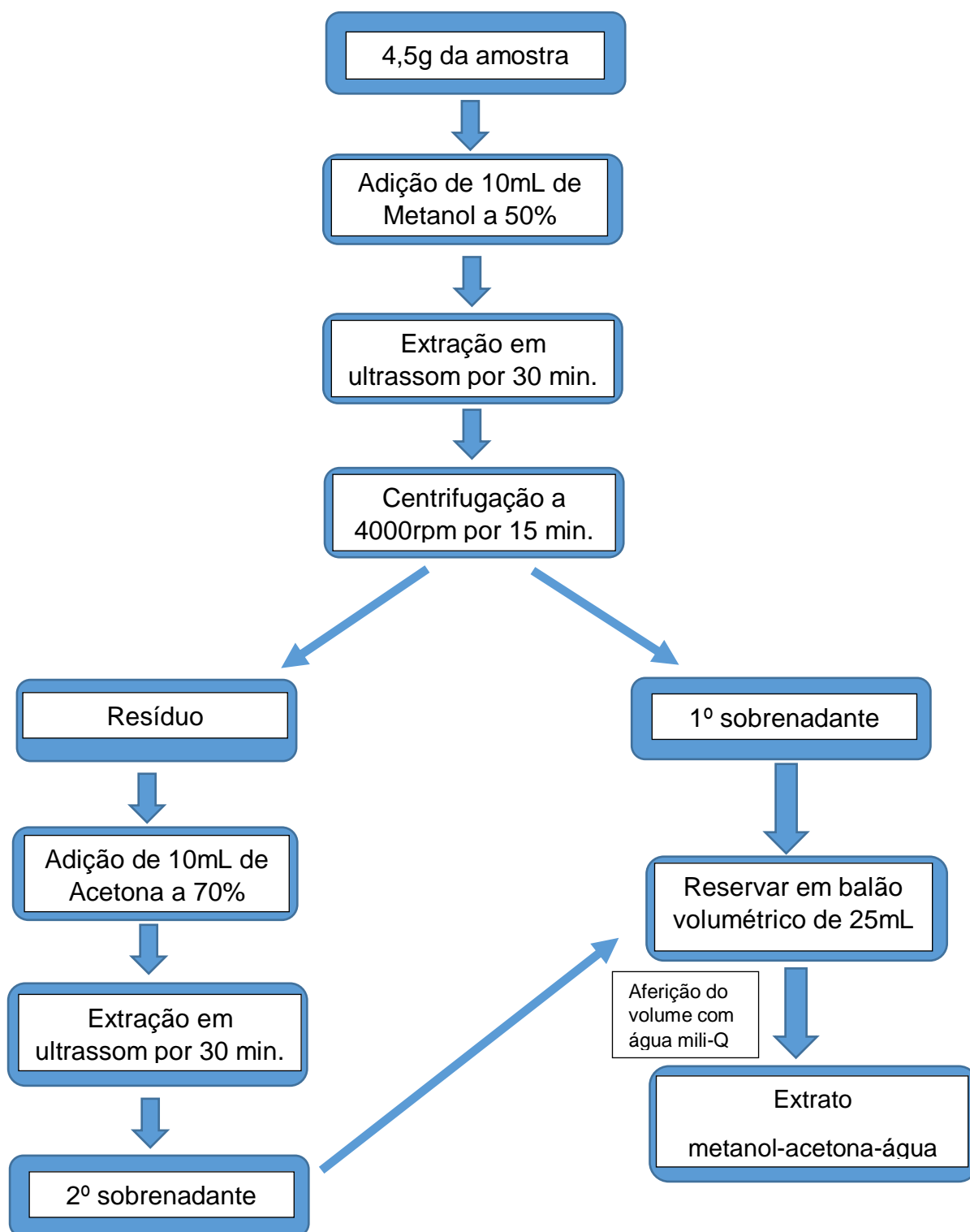


Figura 12. Fluxograma da preparação do extrato metanol-acetona-água das linhagens de feijão-caupi

4.4.2. Determinação do Teor de Compostos Fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos nos extratos foi determinado por espectrofotometria utilizando-se o reagente *Folin-Ciocalteu* (SINGLETON; ROSSI, 1965). Uma alíquota de 0,1 mL do extrato foi misturada com 2 mL de água milli-Q, 0,5 mL do reagente de *Folin-Ciocalteu* e 1,5 mL de carbonato de sódio 20% em balão volumétrico de 10 mL, completando-se o volume com água milli-Q. Após 2 horas de repouso em ausência de luz e temperatura ambiente, efetuou-se a leitura das absorbâncias a 765 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). Os resultados foram expressos em gramas de equivalentes a ácido gálico (GAE) por 100 g de amostra. A concentração de fenólicos totais foi obtida por meio da interpolação das absorbâncias em uma curva padrão de ácido gálico previamente construída.

4.5. Flavonóides Totais

Para a determinação de flavonoides totais utilizou-se o método descrito por Kim; Jeong e Lee, (2003) e modificado por Blasa et al., (2006). Em um tubo de ensaio, adicionou-se 1 mL do extrato, que foi misturado com 0,3 mL de nitrito de sódio (NaNO_2) 5% m/v. Passados 5 minutos, foi adicionado 0,3 mL de cloreto de alumínio (AlCl_3) 10% m/v. Após decorridos mais 6 minutos, pipetaram-se 2 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M, e a seguir, as absorbâncias das amostras foram mensuradas a 425 nm em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália). Diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg/L) foram utilizadas para a construção de uma curva padrão e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes a quercetina (mg EQ)/100 g de amostra.

4.6. Antocianinas Totais

A determinação do conteúdo de antocianinas totais será realizada aplicando o Método de diferença de pH, segundo Giusti e Wrolstad (2001). Para uma alíquota de 0,2 mL de amostra diluída (Figura 13), foram adicionados 1,8 mL da solução de cloreto de potássio (pH 1) em tubos de ensaio, homogeneizados e armazenados

por 10 minutos em ausência de luz, tendo sido realizado procedimento equivalente com solução de acetato de sódio (pH 4,5). A absorvância foi medida em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda máximo de cada amostra e em 700 nm, em soluções tampão de pH 1,0 e pH 4,5, e o branco feito com água destilada. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos (mg/100 g) e expressos em equivalente à cianidina-3-glicosídeo ($\epsilon = 26900$).

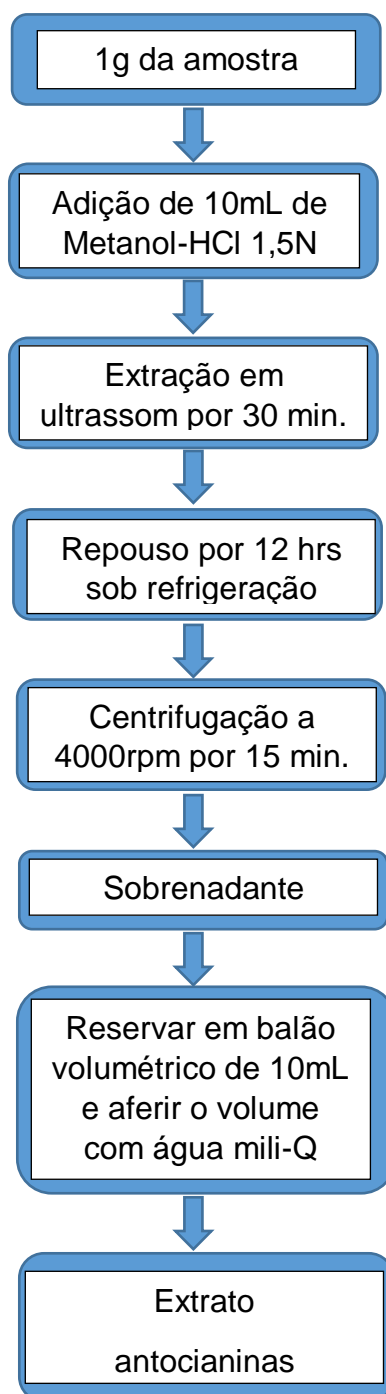


Figura 13. Fluxograma da preparação do extrato metanol-HCl 1,5N das linhagens de feijão-caupi para análise de antocianinas

4.7. Taninos Condensados

A determinação do teor de taninos condensados baseou-se no método da vanilina, segundo Price; Scoyoc e Butler, (1978). Inicialmente preparou-se o reagente vanilina por meio da adição de 0,5 g do reagente em 200 mL de solução metanol-HCl a 4% (v/v). No procedimento, 5 mL do reagente vanilina foram adicionados a 1 mL do extrato da amostra, aguardando-se a reação por 20 minutos, na ausência de luz e em temperatura ambiente. Similarmente, preparou-se um branco com a adição do reagente vanilina (5 mL) a mistura dos solventes do extrato (1 mL). Efetuou-se a leitura das absorvâncias do branco e das amostras em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) a 500 nm. Utilizou-se a catequina como padrão, e os resultados foram expressos como miligrama de equivalente de catequina /100 g da amostra.

4.8. Atividade Antioxidante

Existem vários métodos para avaliar a atividade antioxidante *in vitro* ou *in vivo*, sendo que os mais utilizados são ABTS e DPPH. Ambos apresentam uma excelente estabilidade em certas condições, mas também diferenças. O DPPH é um radical livre que pode ser obtido diretamente, sem uma preparação prévia, enquanto que o ABTS origina-se após uma reação, que pode ser química (dióxido de manganês, persulfato de potássio, ABAP); enzimática (peroxidase, mioglobulina), ou também eletroquímica (KUSKOSKI et al., 2005).

De acordo com Queiroz et al., (2009), é interessante ressaltar que a utilização de vários métodos para avaliar a capacidade antioxidante de um alimento é importante, pois cada teste avalia um mecanismo diferente de proteção.

A atividade antioxidante foi determinada por dois métodos:

4.8.1. Método (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico) - ABTS

O método ABTS foi realizado de acordo com a metodologia de RE et al. (1999). O radical ABTS⁺ foi preparado pela mistura ABTS (7mM de concentração final em 25mL) com persulfato de potássio (2,45mM de concentração final em

25mL). Essa mistura foi mantida no escuro à temperatura ambiente durante 16h. Após esse tempo determinado, diluiu-se uma alíquota de 1 mL em 50 mL de etanol até obter-se uma medida de absorvância de 0,70 (+ 0,02) no comprimento de onda de 734 nm. A absorvância foi medida em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) 7 minutos após a adição do extrato da amostra (60 µL) em 2,9 mL do radical diluído. Os resultados foram expressos em µmol TEAC por 100 g de amostra.

4.8.2. Método (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) – DPPH

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura dos radicais DPPH, desenvolvido por Brand-Williams; Cuvelier e Berset, (1995). Inicialmente, preparou-se uma solução do radical DPPH• (100 µM) dissolvido em metanol a 80% (1:100 v/v), ajustando o valor da absorvância inicial (A₀) desta solução para 0,800. Em tubos de ensaio, adicionou-se 100 µL do extrato a 2,9 mL desta solução, homogeneizou-se e manteve-se a mistura em local escuro, à temperatura ambiente, por 30 minutos. Efetuaram-se as medidas das absorvâncias em espectrofotômetro (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda de 515 nm, do radical, antes de adicionar a amostra (A₀) e depois de adicionar amostra, com 30 minutos de reação (A₃₀). Um teste branco (B) com 2,9 mL DPPH e 100 µL do solvente foi realizado paralelamente.

O poder de sequestro de radicais pela amostra foi calculado pela fórmula:

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

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

4.9. Análise Estatística

Foi utilizado o Programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 17.0, (SPSS, 2006), para a realização da análise dos dados. Os resultados foram apresentados em tabelas com as respectivas médias e respectivos, desvios-padrão (DP) para cada linhagem estudada. Para verificar diferenças entre as médias do tempo de cozimento, composição centesimal das linhagens de feijão-

caupi cru e cozido, foi utilizado o *teste t de Student*. Em relação aos compostos bioativos e atividade antioxidante entre os dois tratamentos e caldo de cocção, aplicou-se o teste de médias de *Tukey* pelo método One Way ANOVA: Post Hoc e o teste *t de Student* entre as linhagens, com o erro aceitável de 5% ($p \leq 0,05$) com o nível de confiança de 95% respectivamente para as demais variáveis analisadas (HILBE, 2013).

5.0. RESULTADOS

5.1. Composição Centesimal

A Tabela 1 contempla os resultados referentes a composição centesimal das linhagens de feijão-caupi cruas e cozidas.

Tabela 1. Composição centesimal de duas linhagens de feijão-caupi antes e após o cozimento. Teresina, 2015.

Nutrientes e VET (% <i>a</i> / Kcal/100g)	Linhagens de Feijão-caupi	Cru	Cozido
		Média ± DP (Base seca)	Média ± DP (Base úmida)
Umidade	MNC04-774F-78	10,27 ± 0,37aA	62,02 ± 0,74aB
	MNC04-795F-159	10,21 ± 0,15aA	62,69 ± 2,85aB
Cinzas	MNC04-774F-78	3,68 ± 0,11aA	1,41 ± 0,02aB
	MNC04-795F-159	3,70 ± 0,07aA	1,49 ± 0,01aB
Proteínas	MNC04-774F-78	21,27 ± 0,27aA	20,04 ± 0,27aA
	MNC04-795F-159	20,67 ± 0,25aA	19,74 ± 0,31aA
Lipídios	MNC04-774F-78	1,48 ± 0,17aA	1,27 ± 0,01aB
	MNC04-795F-159	2,18 ± 0,07bA	1,96 ± 0,01bB
Carboidratos (por diferença)	MNC04-774F-78	63,30aA	15,24aB
	MNC04-795F-159	63,25aA	14,11bB
Valor Energético Total (VET)	MNC04-774F-78	351,58±0,48aA	152,67±3,55aB
	MNC04-795F-159	355,27±0,64bA	153,36±10,83aB

Médias de três repetições. Letras iguais minúsculas nas linhas e letras maiúsculas iguais na coluna não há diferença significativa entre as médias ao nível de $p \leq 0,05$. Teste aplicado *t* de Student. FONTE: Dados da pesquisa. Teresina – PI, 2015.

As linhagens cruas MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 apresentaram teores médios de umidade de 10,27 e 10,21%, respectivamente. Estes teores não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si e os mesmos encontram-se em consonância com os teores observados pela literatura consultada.

Barros (2014) analisou cultivares de feijão-caupi, e observou que o conteúdo de umidade nos feijões crus variou de 9,7 a 10,6%. Para feijões-caupi produzidos no Piauí, Souza e Silva et al., (2002) obtiveram teores de umidade entre 9 a 15%. Onwuliri e Obu (2002) obtiveram teores de umidade entre 6,2 e 8,92% para o feijão-caupi. Teores menores foram demonstrados por Adekola e Oluleye (2007) em que variaram entre 4,91 e 6,67%.

O grau de umidade de, no máximo, 13-14%, favorece a conservação de grãos de feijão durante a entressafra, dessa forma, os conteúdos de umidade observados, no presente trabalho, para os grãos crus demonstram ser importantes, pois o baixo conteúdo de umidade exerce influência na longevidade e conservação dos grãos, durante o processo de armazenamento das mesmas.

Os teores de umidade dos feijões cozidos foram de 62,02 para a linhagem MNC04-774F-78 e 62,69 para a linhagem MNC04-795F-159, não havendo diferença estatisticamente significativa. Estes teores estão em concordância com os resultados obtidos por Diniz et al. (2001) que ao analisarem cultivares de feijão-caupi, observaram teores iguais a 63,24 para os grãos cozidos da cultivar Manteiguinha. Teores inferiores foram observado por Pinheiro (2013), na cultivar de feijão-caupi Pingo de Ouro 1-2 que apresentou em média 45,53%.

O aumento dos teores de umidade nos grãos cozidos das linhagens de feijão-caupi analisadas neste trabalho, em relação aos grãos crus, justifica-se pela absorção elevada de água durante o cozimento destes. Visto que, nesse processo de cozimento, o tegumento do feijão encontra-se diretamente envolvido na absorção da água.

As porcentagens de cinzas dos grãos crus não diferiram estatisticamente entre si, sendo que a linhagem MNC04-774F-78 apresentou teor de cinzas igual a 3,68% e a linhagem MNC04-795F-159 igual a 3,70%. Após o processo de cozimento o teor de cinzas de ambas as linhagens diminuiu para 1,41% na linhagem MNC04-774F-78 e 1,49% na linhagem MNC04-795F-159, demonstrando que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$), para esta variável, entre os grãos crus e cozidos das duas linhagens.

Resultados semelhantes foram observados por Barros (2014) que evidenciou uma redução de 3,55 - 4,03% para 1,52 - 1,69% do teor de cinzas em cultivares de feijão-caupi, após o cozimento dos grãos. Dentro desta mesma perspectiva, redução significativa ($p \leq 0,05$) após o cozimento de grãos de feijão-caupi, foi verificada por Pinheiro (2013), onde feijão cru apresentou teores de cinzas variando de 3,56 a 3,79% e o feijão cozido variou de 0,58 a 1,31%.

A redução do teor de cinzas durante o cozimento pode ser explicada pela perda de minerais por difusão na água, visto que o cozimento provavelmente ocasiona a liberação mineral de alguns complexos presentes nos feijões, como o complexo ácido fítico-mineral.

A Tabela 1 demonstra que os grãos crus das linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 apresentaram teores de proteínas iguais a 21,27 e 20,67%, respectivamente. Já os grãos cozidos das mesmas linhagens possuíam teores de proteínas equivalentes a 20,04 e 19,74%. As amostras não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si.

Os dados obtidos para esse nutriente nos feijões crus estão em conformidade aos determinados por Silva et al. (2004), Castellón et al. (2003), Salgado et al. (2005) e Grangeiro et al. (2005), os quais declararam que os teores de proteínas totais dos grãos de feijão-caupi variaram de 19,4 a 21,1%. Valores maiores foram observados por Silva (2014) que observou para duas cultivares de feijão-caupi, Costela de vaca e Canapu, teores médios de proteínas iguais a 25,36 e 30,47%.

Barros (2014) e Thangadurai (2005) não verificaram diferença estatística significativa antes e após o cozimento para os teores de proteínas, em diferentes genótipos de feijão-caupi. Também, Giami (2005), não verificou alteração significativa no teor de proteínas para diferentes linhagens de feijão-caupi cru (20,1% - 25,8%) e cozido (19,8 - 24,6%), respectivamente.

Sabe-se que o feijão-caupi, em razão do seu elevado conteúdo proteico, representa uma das principais fontes alimentares das regiões tropicais e subtropicais do mundo; representando, também, uma das principais leguminosas consumidas no Norte e Nordeste do Brasil, o que lhe confere uma grande importância socioeconômica para a população dessas regiões.

Com relação aos teores de lipídios totais, na Tabela 1, observa-se que diferiram estatisticamente, entre as linhagens; bem como entre os tratamentos de cada linhagem. Demonstrando que houve uma redução do conteúdo, deste

nutriente, dos grãos crus para os grãos cozidos. Os feijões crus da linhagem MNC04-774F-78 apresentaram porcentagem de lipídios igual a 1,48 e os da linhagem MNC04-795F-159 igual a 2,18. Já os grãos cozidos apresentaram teores de lipídios iguais a 1,27 e 1,96% para as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159, respectivamente.

Martinez (2011) evidenciou teores semelhantes para os lipídios, que variaram de 1,1 a 1,76%. Resultados semelhantes foram verificados por Salgado et al., (2005) que ao analisarem grãos de feijão-caupi crus, no estágio maduro e obtiveram 1,87% de lipídios. Resultados inferiores foram observados por Nunes et al., (2005), os quais variaram de 0,24 a 0,43%.

Barros (2014) verificou um aumento de 22% após o cozimento nos grãos da cultivar de feijão-caupi BRS Tumucumaque, a qual apresentou 1,69% de lipídeos na forma crua e 2,07% deste nutriente na forma cozida. Também, dentro deste contexto, Pinheiro (2013), determinou que genótipos de feijão-caupi após o cozimento apresentaram teores de 1,91% a 2,57% de lipídios em sua composição química.

Ressalta-se que pode ter havido uma possível complexação lipídio-proteína, resultando interferências durante a análise, provocando uma redução dos teores de lipídios após o cozimento dos grãos.

No que se refere a porcentagem de carboidratos nos grãos crus, estes não mostraram-se estatisticamente diferentes, apresentando valores iguais a 63,30 para a linhagem MNC04-774F-78 e 63,25 para a linhagem MNC04-795F-159. Posteriormente ao cozimento, os teores de carboidratos sofreram redução, equivalendo a 15,24 e 14,11% para as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159, respectivamente, o que conferiu entre elas uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) para este nutriente.

Mamiro et al., (2011) analisaram a qualidade nutricional de 22 variedades de feijão-caupi cultivados na Tanzânia e verificaram que o conteúdo de carboidratos dos grãos crus variou de 35,86 a 56,96%. Frota et al., (2008) obtiveram no feijão-caupi cru conteúdo médio de carboidratos igual a 51,4%. Teores maiores foram observados por Ajeibe et al., (2008), em nove linhagens de feijão-caupi cultivados na Nigéria, os quais tiveram variação entre 63,37 e 69,56%.

Os resultados obtidos neste estudo, referentes aos teores de carboidratos nos grãos cozidos, estão em equivalência com os reportados por Barros (2014) que

analisou cultivares de feijão-caupi e obteve teores de carboidratos que variaram de 9,60 a 14,95%. Teores maiores foram mostrados por Pinheiro (2013) que obteve em linhagens de feijão-caupi, conteúdo de carboidratos variando de 21,68 a 25,49%.

O cozimento foi capaz de reduzir, significativamente, o conteúdo de carboidratos dos grãos analisados, visto que o teor de tal nutriente é estimado pela diferença dos demais. Dessa forma, qualquer alteração no conteúdo dos outros nutrientes pode acarretar mudanças no teor de carboidratos.

As linhagens apresentaram valores energéticos totais para o feijão cru de 351,58 Kcal/100g e 355,27 Kcal/100g, respectivamente, para as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159, de acordo com a Tabela 1. O feijão cozido apresentou uma redução no valor energético com teores iguais a 152,67 Kcal/100g para a linhagem MNC04-774F-78 e 153,36 Kcal/100g para a linhagem MNC04-795F-159.

Pinheiro (2013) comprovou que o processamento térmico provocou uma redução do valor energético dos grãos crus para os cozidos em genótipos de feijão-caupi, onde o VET variou de 329,57 a 346,72 Kcal/100g nos grãos crus e de 225,45 a 246,64 Kcal/100g. Também, Thangadurai (2005) observou essa diminuição do VET em feijão-caupi, e verificou que o feijão cru apresentou valor de 392,2 Kcal/100g e o feijão cozido 382,4 Kcal/100g.

A diminuição do valor energético após o cozimento, das linhagens analisadas, pode ser atribuída à redução dos teores de alguns macronutrientes, tais como os carboidratos.

5.2. Compostos Bioativos

Na Tabela 2 estão relacionados os resultados referentes aos teores de compostos fenólicos totais, flavonoides, antocianinas e taninos das linhagens de feijão-caupi nos grãos crus e cozidos e no caldo de cocção.

Tabela 2. Compostos bioativos de duas linhagens de feijão-caupi, antes e após o cozimento e no caldo de cocção. Teresina, 2015.

Compostos bioativos	Linhagens Feijão-caupi	Amostras analisadas		
		Cru Média ± DP	Cozido Média ± DP	Caldo Média ± DP
Fenólicos Totais (mg EQ GAE/100g)	MNC04-774F-78	371,37 ± 2,98aA	108,35 ± 4,48aC	303,98 ± 2,98aB
	MNC04-795F-159	289,29 ± 4,49bA	75,53 ± 2,99bC	183,62 ± 5,56bB
Flavonóides (mg EQ quercetina /100g)	MNC04-774F-78	708,16 ± 37,72aA	198,41 ± 17,47aC	510,79 ± 37,72aB
	MNC04-795F-159	421,07 ± 5,67bA	156,92 ± 45,60bC	361,72 ± 9,79bB
Antocianinas (mg EQ cianidina-3-glucosídeo/100g)	MNC04-774F-78	0,17 ± 0,00aA	0,09 ± 0,00aC	0,05 ± 0,00aB
	MNC04-795F-159	0,25 ± 0,01bA	0,13 ± 0,001bC	0,07 ± 0,00bB
Taninos (mg EQ catequina/100g)	MNC04-774F-78	199,32 ± 19,55aA	104,93 ± 9,47aC	139,72 ± 42,00aB
	MNC04-795F-159	127,52 ± 20,29bA	81,95 ± 36,93bC	128,19 ± 7,06bB

Médias de três repetições. Letras iguais minúsculas nas linhas e letras maiúsculas iguais nas colunas não há diferença significativa entre as médias ao nível de $p \leq 0,05$. Nas linhas teste *t* de Student e nas colunas o teste de Tukey.

FONTE: Dados da pesquisa. Teresina – PI, 2015.

De acordo com a Tabela 2, os teores de compostos fenólicos totais apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as duas linhagens, em todos os tratamentos e no caldo de cocção. A linhagem MNC04-774F-78 continha teores médios de fenólicos totais iguais a 371,37 mg GAE/100g, 108,35 mg GAE/100g e 303,98 mg GAE/100g, respectivamente para os grãos crus, cozidos e caldo de cocção. Com valores inferiores, a linhagem MNC04-795F-159 possuía teores de fenólicos totais equivalentes a 289,29 mg GAE/100g no feijão cru, 75,53% mg/100g no feijão cozido e 183,62 mg GAE/100g no caldo de cocção.

No tocante ao feijão cru, o presente estudo apresentou teores semelhantes aos observados por Lima (2005) em três cultivares de feijão-caupi, que variaram de 77,94 a 297,78 mg catequina/100g. Barros (2014) obteve resultados inferiores para

4 cultivares de feijão-caupi, das quais a BRS Aracê foi a cultivar que apresentou o maior teor de fenólicos totais com 205,10 mg GAE/100g. Valores superiores aos do presente trabalho, foram observados por Sreerama et al., (2012) e Zia-UI-Haq et al., (2013) que obtiveram em diferentes variedades de feijão-caupi teores médios de fenólicos totais iguais a 1216 mg ácido gálico/100g e 1190-1932 mg GAE/100g, respectivamente.

No estudo realizado por Pinheiro (2013) foi observado que os três genótipos de feijão-caupi analisados após o cozimento, apresentaram teores de compostos fenólicos totais iguais a 48,66 mg GAE/100g, 59,50 mg GAE/100g e 366,28 mg GAE/100g. Silva et al., (2009) verificaram conteúdos de compostos fenólicos na cultivar Supremo equivalentes a 10 mg/100g no grão cozido. Os teores de compostos fenólicos totais dos grãos cozidos, analisados neste trabalho, estão em consonância com tais estudos. Resultados inferiores foram observados por Siddhuraju e Becker (2007) em duas cultivares de feijão caupi as quais apresentaram teores de fenólicos totais iguais a 6,45 e 9,53 mg ácido tânico/100g. Entretanto, Granito et al., (2008) verificou que amostras de feijão comum preto apresentaram 854 mg de ácido tânico/100g após o cozimento.

Como pode ser observado na Tabela 2, os fenólicos totais presentes nas linhagens estudadas, sofreram redução de seus teores em razão do processamento térmico, visto que o caldo de cocção apresentou uma significativa quantidade de tais compostos. Entretanto, tais conteúdos, ainda se mantiveram expressivos. Isso evidencia que as linhagens estudadas possuem um importante potencial protetor da saúde humana, especialmente, se os grãos cozidos forem consumidos juntamente com o caldo de cocção.

Com relação aos teores de flavonóides (Tabela 2), as duas linhagens analisadas apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si, no tocante às duas formas de tratamento dos grãos e ao caldo de cocção. Também foi observado que após o cozimento, os teores de tais compostos das duas linhagens sofreram uma redução.

Os grãos crus das linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 possuíam teores de flavonóides equivalentes a 708,16mg/100g e 421,07 mg/100g, respectivamente. Em estudo da composição fenólica e a atividade antioxidante de extratos de quatro variedades de feijão-caupi sobre a oxidação lipídica em carne de frangos, Adeyemi e Olorunsanya (2012) obtiveram teores de flavonóides entre 279

e 264 mg/100g. Valores inferiores foram observados por Oomah et al. (2005) que relataram teores de 24 e 26 mg CE / 100g para teor de flavonóides em feijões comuns.

Nos grãos cozidos foi observado teores de flavonoides iguais a 198,41 mg catequina/100g para a linhagem MNC04-774F-78 e 156,92 mg catequina/100g para a linhagem MNC04-795F-159. Barros (2014) relatou teores de flavonóides variantes de 41,01 a 52,34 para as cultivares de feijão-caupi. Boateng et al., (2008) ao analisarem o efeito do processamento sobre os compostos antioxidantes de feijões secos selecionados, referiram teores de flavonoides que variavam de 23 mg catequina/100g a 80 mg catequina /100g.

No caldo de cocção as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 apresentaram teores de 510,79 e 361,72 mg catequina/100g, respectivamente. Em sua pesquisa com cultivares de feijão-caupi, Barros (2014) observou que o conteúdo de flavonóides no caldo de cocção variou de 14,90 a 24,27 mg catequina/100g.

Os teores de flavonoides obtidos no presente estudo para o feijão cozido, nas duas linhagens, foram superiores aos valores de flavonoides, que são geralmente consumidos a partir de grão e nozes (45 mg), o qual foi reportado no estudo de Behling et al., (2004).

Ainda segundo a Tabela 2, observou-se que houve diferença estatisticamente significativa no conteúdo de antocianinas totais determinado no feijão-caupi cru, sendo que a linhagem MNC04-795F-159 apresentou maior conteúdo (0,25 mg/100g), seguida da linhagem MNC04-774F-78 com 0,17 mg/100g.

Valores semelhantes foram relatados por Ojwang; Dykes; Awika (2012), que analisaram genótipos de feijão-caupi crus e determinaram teores de antocianinas iguais a 0,16 mg/100g para os genótipos IT98K-1092-1,16. Valores superiores, no mesmo estudo, foram observados para os genótipos IT95K-1105-5 e TX2028-1-3-1 os quais apresentaram concentrações de 209,5 mg/100g, e 87,6 mg/100g, respectivamente.

Pinheiro (2013) verificou que os genótipos de feijão-caupi cru Pingo de Ouro 1-2, MNC03-737F-5-9 e MNC03-737F-5-4 apresentaram conteúdo de antocianinas iguais a 27,73 mg/100g, 10,42 mg/100g e 8,33 mg/100g, respectivamente. Tais resultados foram superiores aos obtidos no presente estudo.

Com relação aos grãos cozidos, percebeu-se que estes tiveram conteúdos inferiores de antocianinas quando comparados aos grãos crus. A linhagem MNC04-795F-159 apresentou conteúdo de antocianina igual a 0,13 mg/100g, enquanto que o teor na linhagem MNC04-774F-78 foi equivalente a 0,09 mg/100g, com diferença significativa ($p \leq 0,05$). Essa diferença, também é observada no caldo de cocção das duas linhagens, o conteúdo deste composto foi de 0,05 e 0,07 mg/100g, respectivamente, para a linhagem MNC04-774F-78 e para a linhagem MNC04-795F-159. Barros (2014) e Pinheiro (2013) não identificaram teores de antocianinas nos grãos cozidos.

Sabe-se que muitos compostos fenólicos, em especial as antocianinas, sofrem degradação quando submetidos a temperaturas elevadas. Dessa forma, a diminuição dos teores de antocianinas, nas linhagens analisadas no presente estudo, pode ser justificada pela decomposição térmica que tais compostos sofreram.

Entretanto a presente pesquisa, embora tenha observados baixos teores de antocianinas nos feijões analisados, pode corroborar com a ideia de que a cor do tegumento do feijão pode ser um indicativo da presença de antocianinas. Visto que vários trabalhos que analisaram o teor deste composto em genótipos de feijão-caupi com tegumento de coloração clara, não comprovaram quantidades detectáveis de antocianinas nos grãos.

Leong e Oey (2012) afirmaram que é inegavelmente difícil de alcançar resultados satisfatórios na quantificação de antocianinas, se as amostras possuem substâncias que interferem na extração de tais compostos. Eles, também, asseguraram que um método de extração ideal deve depender da maximização da recuperação de antocianina com um mínimo de degradação seu estado natural; devido a isto, as antocianinas são relativamente difíceis de extrair de forma independente de outros flavonóides ou substâncias de interferência, tais como pectina, proteínas, lipídios e até mesmo outros compostos fenólicos.

No tocante às concentrações de taninos (Tabela 2), observa-se que houve diferença estatisticamente significativa entre as duas linhagens analisadas e entre os tratamentos e caldo de cocção de ambas. Os feijões crus da linhagem MNC04-774F-78 continham 199,32 mg catequina/100g e os da linhagem MNC04-795F-159 continham 127,52 mg catequina/100g. Ao estabelecer uma comparação dos grãos crus com os grãos cozidos observou-se uma redução estatisticamente significativa

dos teores de taninos no feijão cozido, onde as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159 apresentaram valores iguais a 104,93 e 81,95 catequina/100g, respectivamente. Observou-se também que o caldo de cocção apresentou uma significativa ($p \leq 0,05$) retenção de tais de tais compostos com quantidades iguais a 139,72 e 128,19 mg catequina/100g para as linhagens MNC04-774F-78 e MNC04-795F-159, respectivamente.

Adeyemi e Olorunsanya (2012) evidenciaram que as quatro variedades estudadas apresentaram teores de taninos, nos grãos crus, que variavam de 1.526 a 514mg/100g. Estes autores não avaliaram o efeito do processamento térmico sobre os teores de tais compostos.

Thangadurai (2005) constatou uma redução no teor de taninos após o cozimento, em feijão-caupi, assim o feijão cru apresentou um teor de 5400 mg/100g e o feijão cozido 600 mg/100g. El-Jasser (2011), relatou que a concentração de taninos de grãos de feijão-caupi sofreu uma redução de 83% após o cozimento comparado ao feijão cru.

Teores inferiores para taninos em feijão cru e cozido foram observados por Silva et al., (2009), onde os grãos crus possuíam concentrações que variavam de 86 mg catequina/100g a 2mg catequina /100g e os grãos cozidos entre 1 a 10 mg catequina/100g.

Huber et al., (2012) verificaram elevados teores de taninos nos feijões crus das cultivares BRS-Cometa e Xamego iguais a 916 e 976 mg catequina/100g. Os autores ainda observaram que o cozimento sem maceração dos grãos foi capaz de reduzir substancialmente os teores de taninos, visto que a BRS-Cometa apresentou 54mg catequina/100g de taninos e a cultivar Xamego apresentou 21 mg catequina/100g.

No presente estudo, mesmo após o cozimento sem a maceração dos grãos, é possível inferir que mais de 50% do conteúdo original de taninos permaneceu no feijão. Muitos estudos sugerem a presença de fatores estáveis ao calor no caldo de cozimento de feijão-caupi, e propõem que possivelmente tratam-se de taninos condensados.

Tendo o conhecimento de que a cor do tegumento do feijão é um importante determinante da presença e concentração de flavonóides glicosados, antocianinas e taninos condensados, entende-se que os elevados teores de flavonoides e taninos observados nas linhagens, analisadas no presente trabalho, podem ser

justificados pelo fato de que as duas linhagens pertencem à subclasse comercial mulatinho, os quais possuem coloração marrom.

É importante destacar que após o cozimento, o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides foram superiores ao do feijão cru, quando somou-se os teores do feijão cozido e do caldo de cocção.

5.4 Atividade Antioxidante

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes às atividades antioxidantes pelos métodos de captura dos radicais livres DPPH e ABTS. A partir desta tabela observou-se que após o cozimento dos grãos, houve uma redução estatisticamente significativa da atividade antioxidante das linhagens estudadas.

Tabela 3. Atividade antioxidante de duas linhagens feijão-caupi, antes e após o cozimento e no caldo de cocção. Teresina, 2015.

Métodos	Linhagens de Feijão-caupi	Atividade Antioxidante ($\mu\text{mol EQ TEAC}/100\text{g}$)		
		Cru Média \pm DP	Cozido Média \pm DP	Caldo Média \pm DP
DPPH	MNC04-774F-78	3763,51 \pm 47,12aA	1009,88 \pm 17,33aC	2148,03 \pm 25,42aB
	MNC04-795F-159	1866,56 \pm 12,50bA	679,08 \pm 18,191bC	1788,54 \pm 25,42bB
ABTS	MNC04-774F-78	3216,81 \pm 45,48aA	863,71 \pm 18,24aC	1983,68 \pm 36,12aB
	MNC04-795F-159	1588,78 \pm 36,20bA	486,50 \pm 17,44bC	1540,44 \pm 48,21bB

Médias de três repetições. Letras iguais minúsculas nas linhas e letras maiúsculas iguais nas colunas não há diferença significativa entre as médias ao nível de $p \leq 0,05$. Nas linhas teste *t* de Student e nas colunas o teste de Tukey.

FONTE: Dados da pesquisa. Teresina – PI, 2015.

Com relação a atividade antioxidante, houve diferença estatisticamente significativa entre as duas linhagens e entre os tratamentos e o caldo de cocção. A maior atividade de sequestro dos radicais DPPH e ABTS foi verificada para os grãos crus da linhagem MNC04-774F-78 com 3763,51 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ e 3216,81 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, respectivamente. Já a linhagem MNC04-795F-159 apresentou atividade antioxidante de captura do radical livre DPPH igual à 1866,56 μmol

TEAC/100 g e para a atividade antioxidante de captura do radical ABTS, verificou-se teores iguais a 1588,78 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$.

O presente estudo demonstrou que o cozimento foi capaz de promover uma redução estatisticamente significativa da atividade antioxidante verificada nos dois métodos, para ambas as linhagens. Tanto na captura do radical DPPH como do radical ABTS, os extratos obtidos a partir dos grãos cozidos da linhagem MNC04-774F-78 apresentaram maiores atividades antioxidante, com teores iguais a 1009,88 e 863,71 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$, respectivamente. A linhagem MNC04-795F-159 apresentou atividade antioxidante de 679,08 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ pelo método DPPH e 486,50 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ pelo método ABTS.

Com relação ao caldo de cocção, este apresentou atividade antioxidante superior ao feijão cozido, com diferença estatisticamente significativa, entre as duas linhagens em ambos os métodos utilizados. A linhagem MNC04-774F-78 apresentou atividade de sequestro do radical DPPH igual a 2148,03 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ e a linhagem MNC04-795F-159 igual a 1788,54. Na avaliação da atividade antioxidante pelo método ABTS a linhagem MNC04-774F-78 apresentou atividade igual a 1983,68 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$ e a linhagem MNC04-795F-159 igual a 1540,44 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$.

Os resultados do presente estudo estão em consonância com os observados por Silva et al., (2009) que verificaram a redução da atividade antioxidante após o processamento térmico de feijão comum, que apresentou nos grãos crus e cozidos por meio do método do DPPH atividade igual a 2257 mg TEAC/100g e 702 mgTEAC/100g, respectivamente; e por meio do método ABTS apresentaram atividade igual a 1218 mg/100g para o grão cru e 423 mg/100 para o grão cozido.

Pinheiro (2013) avaliou a capacidade de genótipos de feijão-caupi em sequestrar o radical DPPH e relatou que a cultivar Pingo de Ouro 1-2 apresentou valores de 61,88 $\mu\text{mol TEAC}/\text{g}$ para o feijão cru e 50,52 $\mu\text{mol TEAC}/\text{g}$ para o feijão cozido, com redução estatisticamente significativa após o cozimento.

Barros (2014) observou que as cultivares cozidas de feijão-caupi apresentaram comportamento diferenciado, onde pelo método DPPH destacou-se a cultivar BRS Xiquexique (419,8 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) e pelo método ABTS a cultivar BRS Milênio (552,1 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$). No presente estudo a linhagem MNC04-774F-78 apresentou melhor atividade antioxidante, após o cozimento, (DPPH -

1009,88 TEAC/100g e ABTS - 863,71 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{g}$) para os dois métodos. Tais valores foram superiores aos relatados pelo autor em questão.

Huber (2012) estudou o efeito da cocção na atividade antioxidante de feijão comum pelo método do DPPH, e obteve 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.

Teores superiores foram observados por Deng et al., (2013), que obtiveram elevada atividade antioxidante pelo método ABTS (1727 – 2312 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) em amostras cruas de feijão-caupi.

Em análise da atividade antioxidante de extratos de grãos processadas de feijão-caupi, Siddhuraju e Becker (2007) evidenciaram que as amostras de feijão-caupi submetidas ao tratamento hidrotérmico apresentaram a menor concentração de compostos fenólicos. Estes autores afirmaram que tal fato ocorreu, possivelmente, devido à dissolução de compostos fenólicos no meio de imersão, bem como à não extração de compostos fenólicos pelo solvente em razão da formação de complexos insolúveis tanino-proteína e tanino em carboidratos, incluindo complexos de polissacarídeos da parede celular.

Dentro dessa perspectiva, Granito et al., (2008) afirmaram que o tratamento térmico pode contribuir para a redução do teor de polifenóis e taninos de leguminosas e modifica o seu estado de oxidação e dependendo do resultante grau de oxidação, estas modificações podem diminuir ou aumentar a capacidade antioxidante dos alimentos. Entretanto, Kaur e Kapoor (2002) ressaltaram que embora o tratamento térmico reduza a atividade antioxidante de compostos fenólicos, ele pode ser responsável pela formação de produtos das reações de Maillard os quais foram identificados como antioxidantes excelentes, especialmente como sequestrantes de radicais livres.

Hagerman et al. (1997) relataram que os compostos fenólicos de elevado peso molecular como os taninos, têm maior capacidade para eliminar os radicais livres ABTS.

De acordo com Melo et al., (2009) e Barros (2014), 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 edáficas).

Assim, a retenção destes constituintes em vegetais cozidos pode estar relacionada com o seu teor inicial e as condições de processamento aplicado.

De uma maneira geral, a linhagem com maior teor em fenólicos totais apresentou maior atividade antioxidante, sendo importante ressaltar que a atividade antioxidante não emana de algum composto isolado, mas do sinergismo de vários compostos bioativos, resultando na atividade antioxidante total do alimento.

Pode-se inferir que as linhagens estudadas, antes e após o cozimento, apresentaram expressivo teor de compostos bioativos, o que provavelmente resultou na elevada atividade antioxidante, estando em conformidade com vários estudos relatados na literatura consultada.

O consumo habitual do feijão-caupi pela população é sem o caldo de cocção, portanto, recomenda-se a ingestão dos grãos cozidos juntamente com o caldo de cocção, ou a utilização deste em outras preparações, devido aos elevados teores de compostos fenólicos, em especial os flavonoides.

6.0 CONCLUSÕES

O cozimento provocou aumento dos teores de umidade nas duas linhagens, além de reduzir significativamente os teores de cinzas, carboidratos e lipídios, porém não alterou os teores proteínicas.

Houve redução significativa do Valor Energético Total nas duas linhagens, após o cozimento das mesmas.

Em relação aos compostos bioativos analisados (exceto antocianinas) e atividade antioxidante, a linhagem MNC04-774F-78 mostrou maiores teores desses compostos em relação a linhagem MNC04-795F-159, com elevada atividade antioxidante pelos dois métodos (DPPH e ABTS).

Levando-se em consideração o feijão cozido junto ao caldo de cocção, percebeu-se que mesmo após o cozimento o conteúdo de fenólicos totais e flavonoides foi maior quando comparado ao conteúdo destes compostos no feijão cru.

É possível inferir que as linhagens analisadas, especialmente a linhagem MNC04-774F-78, apresentou-se melhor que as demais frente à composição centesimal e ao conteúdo de compostos bioativos.

REFERÊNCIAS

ADEKOLA, O. F.; OLULEYE, F.. Influence of mutation induction on the chemical composition of cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **African Journal of Biotechnology**. v. 6, n. 18, p. 2143-2146, 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.

AJEIGBE, H. A.; IHEDIOHA, D.; CHIKOYE, D. Variation in physico-chemical properties of seed of selected improved varieties of Cowpea as it relates to industrial utilization of the crop. **African Journal of Biotechnology**. v. 7, n. 20, p. 3642-3647, 2008.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A. S.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 108 p – (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2), 2002.

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

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

ASGHAR, M. N.; AKHTAR, J.; SHAFIQ, M.; NADEEM, I.; ASHFAQ, M.; SHAHID, S. GC-MS and antioxidant capacity analyses of cowpea seeds oils. **Nutrition & Food Science**. v. 43. n. 2, pp. 116 – 127, 2015.

ASSIS, M.A.A.; NAHAS, M.V. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**. v. 12, n. 1, p. 21-32, 1999.

BALDONI, A. B.; SANTOS, J. B.. Capacidade de cozimento de grãos de famílias de feijão do cruzamento ESAL 693 x Rosinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 27, n. 2, p. 233-236, 2005.

BARAMPANA, Z.; SIMARD, R. E. Oligosaccharides, antinutritional factors and protein digestibility of dry bean as affected by processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 4, p. 833-838, 1994.

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 em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí – Teresina.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, L.K.; MACEDO, G.A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Revista de Alimentos e Nutrição**. v.15, n.1, p.63-72, 2004.

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Revista de Alimentos e Nutrição**. v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BERETTA, G. et al. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorometric assays and chemometrics. **Analytica Chimica Acta**, v. 533, n. 2, p. 185-191, 2005.

BERNARDES, N. R.; GLÓRIA, L. L.; NUNES, C. R.; PESSANHA, F. F.; MUZITANO, M. F.; OLIVEIRA, D. B. Quantificação dos Teores de Taninos e Fenóis Totais e Avaliação da Atividade Antioxidante dos Frutos de Aroeira. **VÉRTICES**. v. 13, n. 3, p. 117-128, 2011.

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.

BERTONCELJ, J.; DOBERŠEK, U.; JAMNIK, M.; GOLOB, T. . Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 822-828, 2007.

BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 51, n. 27, p. 7879-7883, 2003.

BENNINK, M. R.; BARRETT, K. G. Total phenolic content in canned beans. **Bean Improvement Cooperative**, v. 47, p. 211-212, 2004.

BEZERRA, A. A. C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto**. 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 1997.

BEZERRA, M.; OLIVEIRA, F. A.; BEZERRA, F. T. C.; PEREIRA, W. E.; DA SILVA, S. A.. Cultivo do feijão-caupi em latossolos sob o efeito residual da adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 109 – 115, 2014.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária. p,165.2004.

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

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.

BONETT, L. P., BAUMGARTNER, M. S. T., KLEIN, A. C., SILVA, L. I. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris L.*). **Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar**. v. 11, n. 3, p. 235-246, 2007.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação dos efeitos da cocção e irradiação na composição do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris L.*). **Alimentos e Nutrição**. v. 22, n. 1, p. 97-102, 2011.

CARNEIRO, J.D.S. et al. **Potencial tecnológico dos grãos de linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO FEIJÃO, 6., 1999, Goiânia. Anais... Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1999. p. 408-411

CARRATU, E.; SANZINI, E. "Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable". **Annali dell'Istituto Superiore di Sanità**. v. 41, n. 1, p. 7-16, 2005.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. d. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v.113, v. 4, p. 859–871, 2009.

CASTÉLLON, R. E. R; ARAÚJO, F. M. M. C; RAMOS, M. V, ANDRADE-NETO, M.; FREIRE FILHO, F. R; GRANGEIRO, T. B; CAVADA, B. S. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.

CEZAR, T. M.. **Fatores nutricionais e antinutricionais no processamento de feijão comum armazenado**. 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

CHANG, S. S.; PARK, S. K.; KIM, B. C.; KANG, B. J.; KIM, D. U.; NAM, H. G.. Stable genetic transformation of *Arabidopsis thaliana* by *Agrobacterium* inoculation in Planta. **The Plant Journal**, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 551-558, 1994.

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

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.

COELHO, S. R. M.; PRUDENCIO, S. H.; NOBREGA, L. H. P.; LEITE, C. F. R.. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v.33, n.2, pp. 539-544, 2009.

DAMASCENO-SILVA, K.J. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estatistica.pdf>> . Acesso em maio.2014.

DE ANGELIS, R. C. **Fisiologia da nutrição**: fundamentos para nutrição e desnutrição. São Paulo: EDART/EDUSP, 1977, v. 1, p. 43-53.

DEGÁSPARI, C. H; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade protéica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n. 2, p. 308-312. 2010.

DENG, G.; LIN, X.; XU, X.; GAO, L.; XIE, J.; LI, H. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. **Journal of functional foods**, v. 5, n. 1, p. 260-266, 2013.

DIAS, C. de C. **Paiuhy: das origens a nova capital**. Teresina: Nova Expressão, 2008. p. 324-333.

DINIZ, M. C.; SILVA, C. L.; ARAGÃO, N. L. L.; MUNIZ, M. B.; FERREIRA, G. M.; OLIVEIRA, M. R. T.. Caracterização química e tecnológica de 4 variedades de feijão macasar verde (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) comercializadas e consumidas no município de Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.3, n.1, p. 91-100, 2001.

DODSON, H. G.; MURPHY, J. B.; MORELOCK, T. E. Identifying amounts and types of anthocyanins in cultivars and breeding lines of cowpea. **Horticultural Science**, USA, v. 39, n. 3, p. 655, 2005.

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.

EYARU, R.; SHRESTHA, A. K.; ARCOT, J. Effect of various processing techniques on digestibility of starch in Red kidney bean and two varieties of peas. **Food Research International**. v. 42, p. 956-962, 2009.

FAO. **Crops; Cowpeas, dry**. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: jan. 2015.

FERREIRA NETO, J. R.; SILVA, S. M. S.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; FRANCO, L. J. D. Composição química de nove genótipos de feijão caupi. In: **ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FAPEPI**, 2005b, Teresina. Anais Teresina: FAPEPI, 2005.

FRANKEL, E.N.; MEYER, A.S. The problem of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1925-1941, 2000.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. **Cultivares de caupi para região Meio-Norte do Brasil**. In: CARDOSO, M. J. (Org.). A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. p. 67-88. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SITTOLIN, I. M.; SILVA, S. M. S. e. **Produtividade de linhagens de caupi de porte enramador em ambiente de cerrado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. Anais... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001b. 4 p. 1 CD-ROM. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, v.6, n.2, p.31-39, 2001.

FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q.. **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Teresina: Embrapa MeioNorte, 2004. 640p

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 92p

FREIRE FILHO, F. R. RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, Melhoramento genético, Avanços e Desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84 p.

FROTA, K. M. G. **Efeito do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) e da proteína isolada no metabolismo lipídico em hamsters hipercolesterolemizados**. 2007. 136 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

FROTA, A.B.; FREIRE FILHO, F.R.; CÔRREA, M.P.F. **Impactos socioeconômicos das cultivares de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 26p, 2000.

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.

GALATI, G.; SABZEVARI, O.; WILSON, J. X.; O'BRIEN, P. J.. Prooxidant activity and cellular effects of the phenoxyl radicals of dietary flavonoids and other polyphenolics. **Toxicology**, v. 177, p.91- 104, 2002.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. In: R. E. Wrolstad (Ed.), Anthocyanins:

Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: J. Wiley, & Sons, p.1-13, 2001.

GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e Vitamina C**. 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em ciência dos alimentos) – Universidade de São Paulo. São Paulo.

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.

GRANGEIRO, T. B. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-Caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 338-365, 2005.

GUTIERREZ-URIBE, J.A; ROMO-LOPEZ, I; SERNA-SALDIVAR, S.O. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. **Journal of Functional Foods**. v.3, n.4, p. 290 –297, 2011.

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, 2010.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruits pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HILBE, J. **Methods of Statistical Model Estimation**. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Rato. ISBN 978-1-4398-5802-8, 2013.

HEIMLER, D.; VIGNOLINI, P.; DINI, M. G.; ROMANI, A.. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 3053 -3056, 2005.

HORWITZ, W.: LATIMER JR., G. (Eds.) **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Cap. 50, methods 985.35 e 984.27, p.15-18. Current Through Revision 1, 2006.

HUBER, K. **Evidências da interação entre proteínas e taninos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) e seus efeitos na digestibilidade proteica**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutritional quality of importante food legumes. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 331-335, 2006.

JANSSEN-HEININGER, Y. M. W.; POYNTER, M. E.; BAEUERLE, P. A. Recent advances towards understanding redox mechanisms in the activation of nuclear factor κ B. *Free Rad. **Biology and Medicine***. v. 28, p.1317–1327,2000.

KAUR, C.; KAPOOR, H. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. ***International Journal of Food Science and Technology***. v.37, p.153–161, 2002.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolics phytochemicals from various cultivars of plums. ***Food Chemistry***, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

LEKHA, P. K.; LONSANE, B. K. Production and application of Tannic Acyl Hydrolase: State of the art. ***Advances in Applied Microbiology***, v. 44, p. 215-260, 1997.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. ***Food Chemistry***. v.133, n.4, p. 1577-1587, 2012.

Lima, D. E. S.. **Influência do melhoramento genético convencional sobre os constituintes do feijão Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp)**. 2005. 54f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife-Pernambuco.

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***. v. 7, n. 1, p. 129-134, 2003.

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***. v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LONDERO, P. M. G.; RIBEIRO, N. D.; CARGENLUTTI FILHO, A. Teores de fibra e rendimento de grãos em populações de feijão. ***Ciência e Agrotecnologia***, v. 32, n. 1, p. 167-173, 2008.

LUMEN, B.O.; SALAMAT, L.A. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***. v.28, n.3, p.533-536, 1980.

MACHEIX, J. J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J.. **Fruit phenolics**. Boca Raton: CRC Press; 1990.

MAILLARD, M.N.; SOUM, M. H.; BOIVIA, P.; BERSET, C. Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content. ***Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie***. v. 29, n.3, p. 238-244, 1996.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Ceppa**, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M.. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim CEPPA**. v. 22, n.2, p. 233-252, 2004.

MAMIRO, PS; MBWAGA, AM; MAMIRO, DP; MWANRI, AW; KINABO, JL. Nutritional quality and utilization of local and improved cowpea varieties in some regions in Tanzania. **African Journal of Food**. v.11, n.1, p.4490-4506, 2011.

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-DOMINGUEZ, B.; IBAÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos Nutricion**, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MARTINEZ-VALVERDE, L.; PERIAGO, M. J.; ROS, G. Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 50, p. 5-18, 2000.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, 1993.

MCWATTERS, K.H.; OUEDRAOGO, J.B.; RESURRECCION, A.V.A.; HUNG, Y.C.; DIXON, R.. Physical and sensory characteristics of sugar cookies containing mixtures of wheat, fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. **Int. Journal of Food Science and Technology**. v.38, p. 403-410, 2003.

MESQUITA, F. R.. **Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade proteica**. 2005. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-Minas Gerais.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C.; THEOHARIDES, T.C. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. **Pharmacological Reviews**. v. 52, n. 4, p. 673-751, 2000

MOON, Y. J.; WANG, X.; MORRIS, M. E.. Dietary flavonoids: effects on xenobiotic and carcinogen metabolism. **Toxicology in vitro**. v. 20, n.2, p. 187-210, 2006

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

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

OJWANG, L. O.. **Anti-inflammatory properties of cowpea phenotypes with different phenolic profiles**. 2012. 184f. Tese (DOCTOR OF PHILOSOPHY in Food Science and Technology) Texas A&M University, Texas.

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, J. T. S.. **Seleção de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi adaptados à região semi-árida piauiense**. 2008. 62f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí.

OLIVEIRA, V.R.; RIBEIRO, N.D.; JOST, E.; COLPO, E.; POERSCH, N.L. Perfil sensorial de cultivares de feijão. **Brazilian Journal Food Nutrition**. v.24, n.2, p. 145-152, 2013.

OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, N. D.; MAZIERO, S. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E.. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**. v.41, n.5, p. 746-752, 2011.

OLUWATOSIN, O. B. Genetic and environmental variability in starch, fatty acids and mineral nutrients composition in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 78, n. 1, p. 1-11, 1998.

OJWANG, L. O.; DYKES, L.; AWIKA, J. M. 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**, v. 60, n. 4, p. 3735-3744, 2012.

ONWULIRI, VA; OBU, JA. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. **Food Chemistry**. v.78, n. 1, p.1-7, 2002.

OOMAH, B.D.; CARDADOR-MARTÁNEZ, A.; LOARCA-PIÑÁ, G. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.935-942, 2005.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **Análisis de los nutrientes de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1986, 258 p

PAULA, S. R. R.. **Efeito materno associado à capacidade de cozimento do feijoeiro**. 2004. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

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.; MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S.; HUNG, Y.; BEUCHAT, L. R.; SEFA-DEDEH, S.; SAKYI-DAWSON, E.; NGODDY, P.; NNANYELUGO, D.; ENWERE, J.; KOMEY, N. S.; LIU, K.; MENSA-WILMOT, Y.; NNANNA, I. A.; OKEKE, C.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F. K. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**. v. 82, n. 2-3, 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.

MARTINEZ, P. C. C.. **Efeito da radiação gama e do processo de germinação sobre as características nutricionais do feijão**. 2011. 218f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-São Paulo.

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

PRICE, M. L. ; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

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**. 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. 298p.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABST radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

RESENDE, O. **Variação das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade do feijão Phaseolus vulgaris L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2006. Tese (Doctor Scientiae Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Minas Gerais.

RIBEIRO, N. M.; SANTOS, W. P. C.; CONCEICAO, D. S.; PAIXÃO, C. B.; GOMES NETO, R. J. Análise de constituintes químicos do feijão-de-corda (*Vigna Unguiculata*). **Anais CONNEPI**, 2010.

RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; GRUHN, E. M.; ZEMOLIN, A. E. M.; RODRIGUES, J. A.. Desempenho agrônomo e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 92-100, 2014.

ROBARDS, K. ; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.

ROCHA, M.S.. **Compostos bioativos e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí. Teresina – PI.

RODRIGUES, J. A.; RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TRENTIN, M.; LONDERO, P. M. G.. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Revista Bragantia**. v.64, n.3, pp. 369-376, 2005.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M.. Atividade Antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 53-60, 2007

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007a. 4 p.(Comunicado Técnico, nº 127).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007b. 4 p.(Comunicado Técnico, nº 128).

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.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods an biological systems. **Food Science and Technology International**, v.8, p.121-137, 2002.

SANTOS, J. F.. Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuárias**. v.7, n.4, p.31-36, 2013.

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S. A.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 543-558.

SAXENA, S.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. **Food Chemistry**, v. 118, n. 2, p. 391-397, 2010.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G.. “Dietary intake and bioavailability of polyphenols”. **The Journal of Nutrition**. v. 130, p. 2073S-2085S, 2000.

SCHWAGER, J.; MOHAJERI, M. H.; FOWLER, A; WEBER, P.. Challenges in discovering bioactives for the food industry. **Current Opinion in Biotechnology**, v.19, p. 66-72, 2008.

SHAHIDI F; JANITHA PK; WANASUNDARA, P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews Food Science Nutrition**. v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics – sources, chemistry, effect, applications**. Pennsylvania: Technomic, 1995. 321 p.

SIDDHURAJU, P; MOHAN, P. S; BECKER, K. Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. **Food Chemistry**, v. 79, p. 61-67, 2002.

SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) seed extracts. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 10-19, 2007.

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

SILVA, J. A. A. da. **Composição centesimal de sementes de feijão cupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] orgânico**. 2014. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias)- Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2014.

SILVA, M. O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. **Revista de Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 3, p. 339-346, 2013.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**. v.12, n.1, pp. 21-32, 1999.

SILVA, S. M. S.; ARAÚJO, Z. B.; FREIRE FILHO, F. R.; FORTALEZA, J. M.; ROCHA, M. M. **Composição química de 25 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55., 2004, Viçosa. Anais...Viçosa: SBB: UFV, 2004. 1 CD-ROM.

SILVA. W. S. **Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. 134f., 2008.

SIMÕES, M.; SCHENZEL, E.; GOSMAN, G.; MELLO, J.; MENTZ, L.; PETROVICK, P. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, 5ª edição, UFRGS editora, 2003, 1102p.

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdicphosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOARES JR, M. S.; CALIARI, M.; BASSINELLO, P. Z.; FERNANDES, P. M.; BECKER, F. S.. Características físicas, químicas e sensoriais de feijões crioulos

orgânicos, cultivados na região de Goiânia-GO. **Revista Verde**. v. 7, n. 3, p. 109-118, 2012.

SOARES, Marcia; WELTER, Lucas; KUSKOSKI, Eugenia Marta; GONZAGA, Luciano; FETT, Roseane. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p. 59-64, 2008.

SOBRATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S.; LUXIMON-RAMMA, A. e ARUOMA, O. I., BAHORUN, T. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. **Mutation Research**, v. 579, p. 200-213, 2005.

SOUZA e SILVA, M.; MAIA, J. M.; ARAÚJO, Z. B. de; FREIRE FILHO, F. R. **Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi [(V. unguiculata (L.) Walp]**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 49p. Circular Técnico, 149. 2002.

SOUZA, R. F. de. **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**, v. 133, n. 1, p. 156-162, 2012.

TAKEOKA, G.R.; DAO, L.T.; FULL, G.H.; WONG, R.Y.; HARDEN, L.A.; EDWARDS, R.H.; BERRIOS, J.D.J. Characterization of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, n. 9, p. 3395-3400, 1997.

THANGADURAI, D. Chemical composition and nutritional potential of *Vigna unguiculata* ssp. *Cylindrica* (Fabaceae). **Journal of Food Biochemistry**, [S.I.], v. 29, n. 1, p. 88-98, 2005.

TIVERON, A. P. **Atividade Antioxidante e Composição Fenólica de Legumes e Verduras Consumidas no Brasil**. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado Apresentada a Universidade de São Paulo). São Paulo-São Paulo.

TOMEI, R.R.; SALVADOR, M.J. **Metodologias analíticas atuais para avaliação da atividade antioxidante de produtos naturais**. In: Encontro Latino Americano De Iniciação Científica, 11. Encontro Latino Americano De Pós Graduação, 7. Vale do Paraíba Anais: 1963-1967, 2007.

TONELLO, K. C.. Melhoramento de essências floresta. **Revista Madeira**, ed 2004. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=598>. Acesso: dezembro de 2014.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; CALDAS, M.T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1359-1365, 2000.

WACH, A.; PYRZYŃSKA, K.; BIESAGA, M.. Quercetin content in some food and herbal samples. **Food Chemistry**, v. 100, p. 699-704, 2007.

WASSIMI, N. N.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A.. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**. v.28, n.3, p.452-458, 1988.

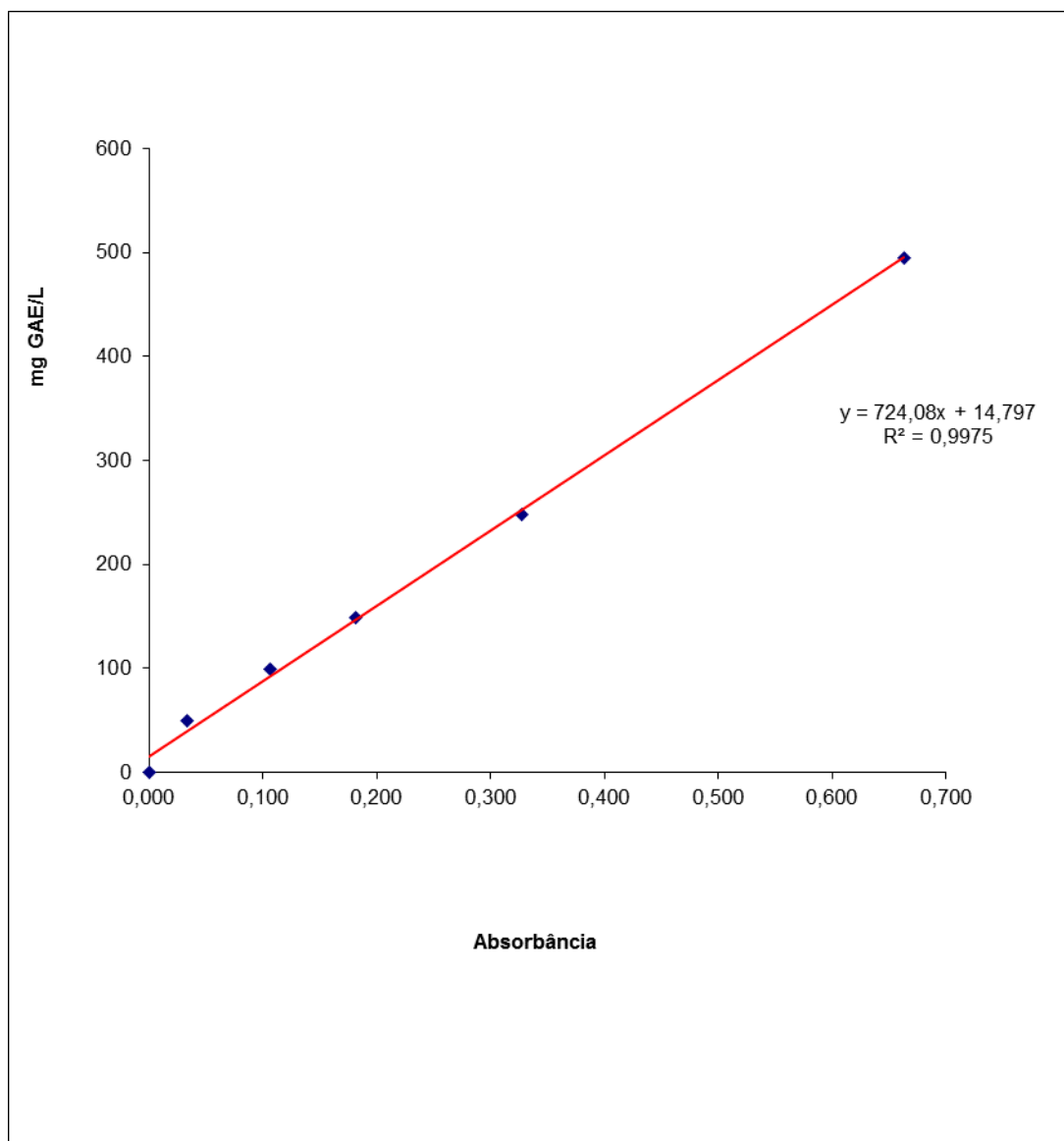
WATT, B.; MERRIL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared. Wasington DC: Consumer and Food Economics Research**. Division / Agricultural Service, 1963. (Agriculture Handbook, 8).

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica** vol. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

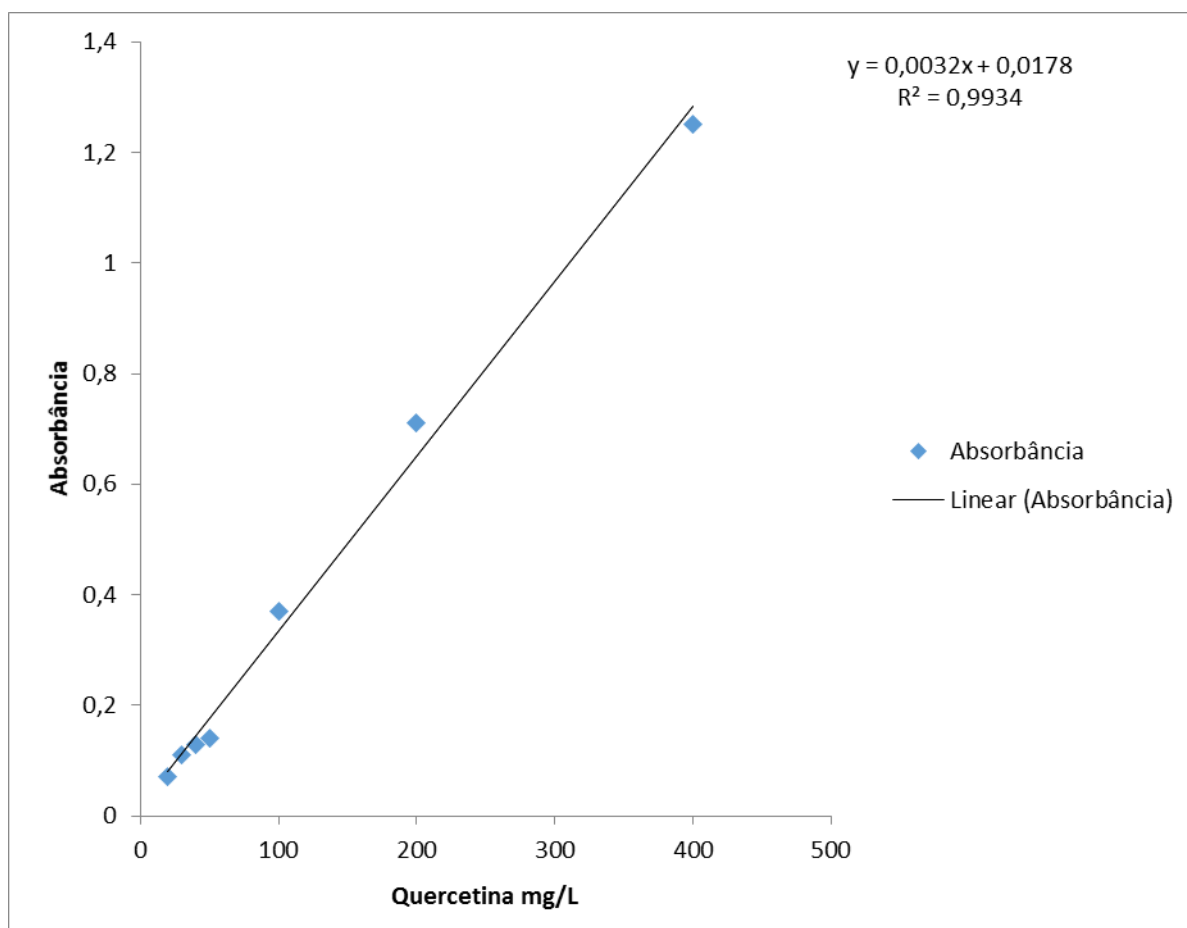
ZHENG, W.; WANG, S. Y. Antioxidant activity and phenol lic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food chemistry**. v. 49, n. 11, p. 5165-5170, 2001.

APÊNDICES

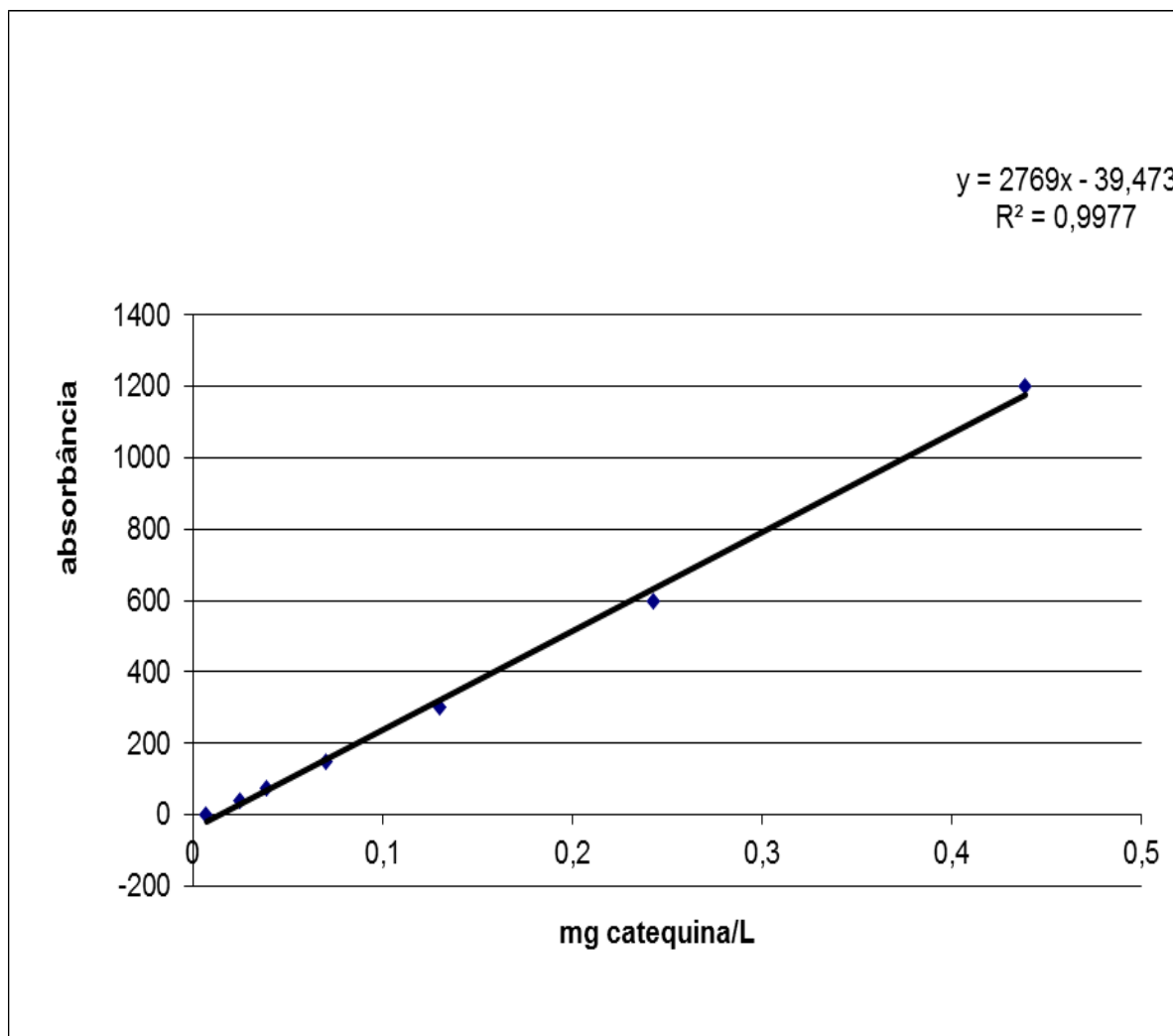
APÊNDICE A: Curva padrão de ácido gálico para determinação dos compostos fenólicos totais.



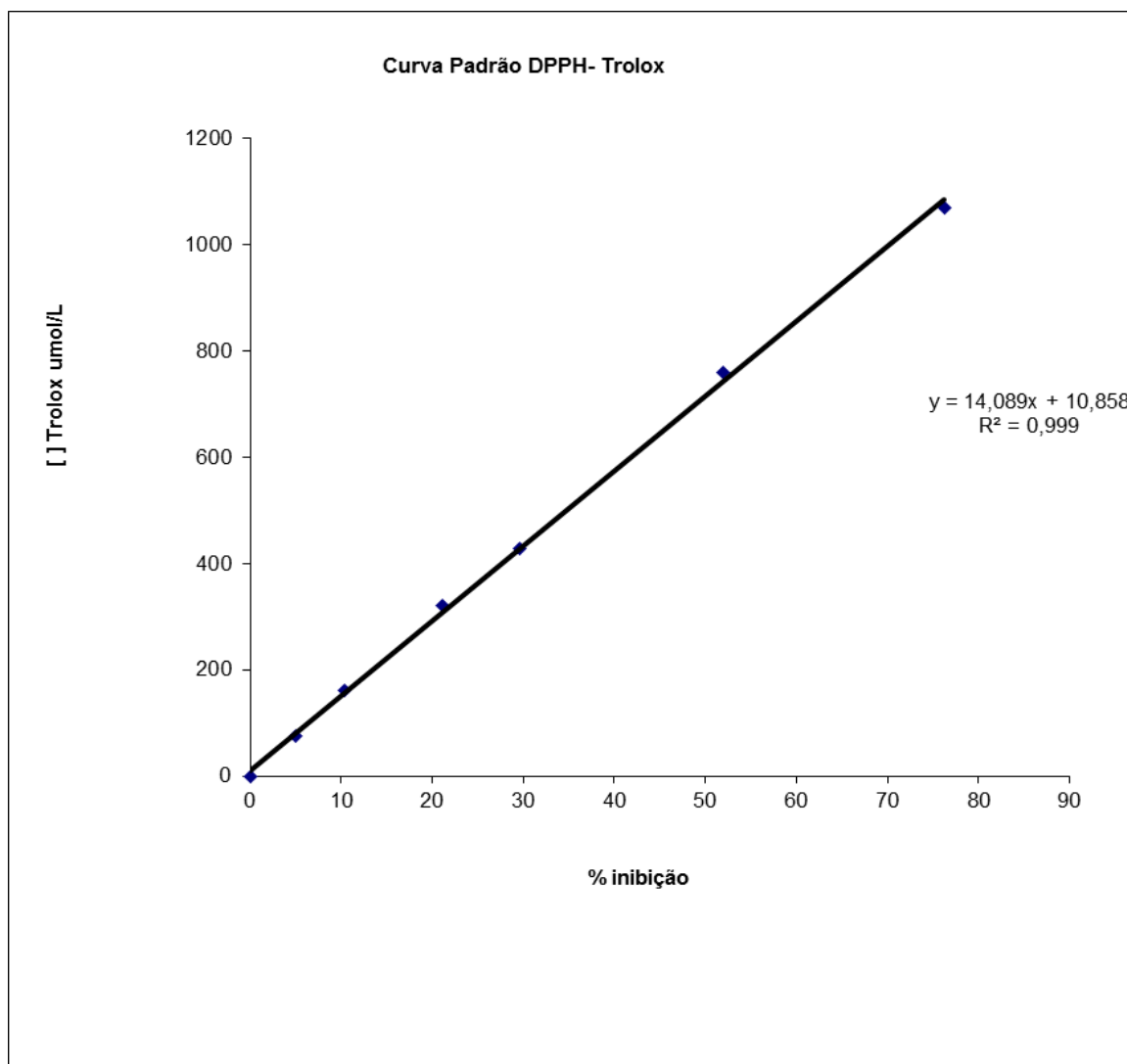
APÊNDICE B: Curva padrão de quercetina para determinação de flavonóides totais.



APÊNDICE C: Curva padrão de catequina para determinação dos flavanois totais (taninos condensados).



APÊNDICE D: Curva padrão de Trolox utilizada na análise da capacidade antioxidante pelo método DPPH.



APÊNDICE E: Curva padrão de Trolox utilizada na análise da capacidade antioxidante pelo método ABTS.

