

OSCAR DAVID MEDINA MARTINEZ

**FARINHA MISTA DE SORGO E QUINOA: QUALIDADE PROTEICA E
POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VIVO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M491f
2017
Medina Martinez, Oscar David, 1990-
Farinha mista de sorgo e quinoa: qualidade proteica e
potencial antioxidante *in vivo* / Oscar David Medina Martinez. –
Viçosa, MG, 2017.
xi, 43f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Mônica Ribeiro Pirozi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.34-41.

1. farinha mista. 2. estresse oxidativo. 3. digestibilidade
verdadeira. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos. II. Título.

CDD 22 ed. 641.53

OSCAR DAVID MEDINA MARTINEZ

**FARINHA MISTA DE SORGO E QUINOA: QUALIDADE PROTEICA E
POTENCIAL ANTIOXIDANTE *IN VIVO***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de dezembro de 2017.



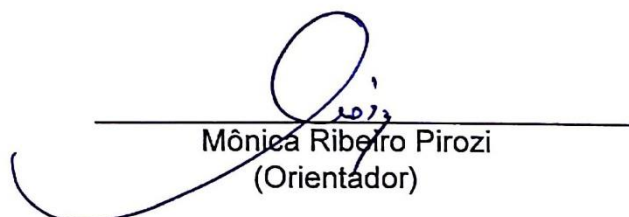
Hercia Stampini Duarte Martino
(Coorientadora)



Frederico Augusto Ribeiro De Barros
(Coorientador)



Bruno Ricardo De Castro Leite Júnior



Mônica Ribeiro Pirozi
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por me acompanhar neste longo caminho que um dia decidi começar longe de casa e por ter me dado forças para chegar até o fim.

Aos meus pais, Roger Antonio e Ruth Martinez, e aos meus irmãos, por desde o início me apoiarem em cada decisão e por estarem ao meu lado mesmo de longe, dando-me suporte para dar cada passo. Graças a vocês hoje mais um objetivo de vida é alcançado.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À FAPEMIG (processo: APQ-03680-16) e ao CNPQ (processo: 429904/2016-9) pelo suporte financeiro utilizado na execução do projeto.

À minha orientadora, professora Mônica Ribeiro Pirozi, pelos ensinamentos, pela amizade e pelo carinho durante o nosso convívio acadêmico, e por ter sido como uma mãe para mim e ter me ajudado sempre que precisei. Com admiração agradeço por me ajudar a alcançar este importante degrau da minha vida pessoal e profissional.

À professora Hércia Stampini Duarte Martino, por sua capacidade de transmitir seus conhecimentos de forma carinhosa e responsável, por ter disponibilizado o Laboratório de Nutrição Experimental para realização deste trabalho e, também, por ter me ajudado no experimento. Obrigado pela confiança!

Ao professor Frederico Augusto Ribeiro de Barros, por ter confiado em mim e por ter me ajudado a realizar este projeto.

Ao Laboratório de Nutrição Experimental (DNS/UFV), em especial à Renata, Eliza e Samara, por me auxiliarem no cuidado com os ratos e na realização do experimento.

Ao Laboratório de Pesquisa em Cereais, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa (LAFADTA/UFV) e aos companheiros que me auxiliaram na realização do experimento.

Aos meus amigos, que de perto ou mesmo de longe me apoiaram e acreditaram em mim, especialmente a Momoko Kayashima, Juan Camilo e Maria Ximena. Obrigado pela amizade e pela companhia.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

OSCAR DAVID MEDINA MARTINEZ, filho de Roger Antonio Medina Guerra e de Ruth Marlene Martinez Villeroz, nasceu em Sincelejo, Sucre, Colômbia, no dia 10 de novembro de 1990.

Em janeiro de 2015, graduou-se em engenharia agroindustrial pela Universidad de Sucre, Colômbia.

Em março de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa, na área de cereais, concentrando seus estudos na avaliação da qualidade proteica e do potencial antioxidante no estresse oxidativo.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Sorgo	3
2.1.1 Composição química	4
2.1.2 Estudos <i>in vivo</i>	8
2.2 Quinoa	8
2.2.1 Composição química	9
2.2.2 Estudos <i>in vivo</i>	11
3 OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo geral.....	13
3.2 Objetivos específicos	13
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1 LOCAL DE EXPERIMENTAÇÃO.....	14
4.2 Material	14
4.3 Tratamento térmico e preparo das farinhas	14
4.4 Composição centesimal e capacidade antioxidante das farinhas antes e após do tratamento térmico	15
4.4.1 Composição centesimal das farinhas antes e após do tratamento térmico	15
4.4.2 Capacidade antioxidante das farinhas antes e após do tratamento térmico	15
4.5 Qualidade proteica da farinha submetida ao tratamento térmico.....	16
4.5.1 Preparo de dietas	16
4.5.2 Ensaio biológico	17
4.5.3 Coeficiente de eficiência alimentar (CEA)	18

4.5.4 Coeficiente de eficiência proteica (PER) e razão proteica líquida (NPR).....	18
4.5.5 Digestibilidade verdadeira (DV)	18
4.6 Potencial antioxidante das farinhas submetidos ao tratamento térmico <i>in vivo</i>	19
4.6.1 Preparação do homogenato do fígado.....	21
4.6.2 Determinação do teor de proteína total	21
4.6.3 Superóxido dismutase	21
4.6.4 Catalase	21
4.6.5 Malondialdeído	22
4.6.6 Variáveis bioquímicas séricas	22
4.6.7 Capacidade antioxidante total no soro.....	23
4.7 Delineamento experimental e análise estatística	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 Composição centesimal e capacidade antioxidante nas farinhas antes e depois do tratamento térmico	24
5.2 Qualidade proteica das farinhas de sorgo, quinoa e mistura sorgo/quinoa	25
5.3 Potencial antioxidante de farinhas de sorgo e quinoa de animais tratados com fluoreto de sódio (NAF)	29
6 CONCLUSÕES	33
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXO	42
ANEXO A – CERTIFICADO	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Desenho experimental do estudo de qualidade proteica de farinhas submetidas ao tratamento térmico	17
Figura 2 – Desenho experimental do estudo de potencial funcional de genótipos de sorgo e quinoa submetidos ao tratamento térmico....	20
Figura 3 – Peso corpóreo, consumo alimentar e coeficiente de eficiência alimentar de ratos Wistar alimentados com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico.....	26
Figura 4 – Efeito antioxidante de animais tratados com farinha de sorgo e quinoa submetidos ao estresse com fluoreto de sódio (NaF) por sete dias, dieta-controle positivo (NaF), dieta-controle negativo (normal) e dietas de farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico.....	31

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1– Composição química média de grãos de sorgo em base seca	5
Tabela 2 – Composição química média de grãos de quinoa em base seca	9
Tabela 3 – Composição das dietas experimentais, aprroteica (AP), com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), quinoa BRS Piabiru (QTT) e sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico.	16
Tabela 4 – Composição centesimal e capacidade antioxidante das farinhas integrais de quinoa e sorgo das variedades BRS Piabiru e BRS 305 em base seca (g.100 g-1).....	24
Tabela 5 – Nitrogênio ingerido na dieta (NI), nitrogênio excretada nas fezes (NE), digestibilidade verdadeira (DV), digestibilidade verdadeira relativa (DV-R) dos animais alimentados com dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico.....	27
Tabela 6 – Coeficiente de eficiência proteica (PER), coeficiente de eficiência proteica relativa (R-PER), razão proteica líquida (NPR), razão proteica líquida relativa (R-NPR) das dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico	28
Tabela 7 – Umidade nas fezes (UF), fezes úmidas (FU), fezes secas (FS) dos animais alimentados com dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico	29
Tabela 8 – Efeito antioxidante de farinha de sorgo e quinoa de animais submetidos ao estresse com fluoreto de sódio (NaF) por sete dias recebendo dietas controle positivo (NaF) Dieta controle negativo (normal), Dietas de farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico.....	32

RESUMO

MARTINEZ, Oscar David Medina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2017. **Farinha mista de sorgo e quinoa: qualidade proteica e potencial antioxidante *in vivo***. Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi. Coorientadores: Frederico Augusto Ribeiro de Barros e Hercia Stampini Duarte Martino.

O crescente movimento de consumidores dedicados à “vida saudável”, assim como o aumento de doenças crônicas não transmissíveis relacionadas à má nutrição, tem aumentado o interesse por fontes alternativas e por produtos alimentícios com alegações funcionais. Neste contexto, o sorgo e a quinoa se apresentam como uma possibilidade de consumo aos cereais convencionais, em função do elevado teor de proteína presente na quinoa e da elevada capacidade antioxidante do sorgo, além do conteúdo de fibra alimentar e ausência de glúten. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade proteica e a capacidade antioxidante de farinha mista de sorgo e quinoa *in vivo*. Foram avaliadas a capacidade antioxidante e a composição centesimal de farinhas de grãos de sorgo e quinoa cruas e farinhas de grãos submetidos ao tratamento térmico em estufa com circulação de ar (105°C/30 min), não tendo sido observadas diferenças significativas. O experimento foi dividido em duas partes. No primeiro avaliou-se a qualidade proteica *in vivo* da farinha de sorgo, de quinoa e da mistura de farinhas sorgo/ quinoa, numa proporção 1:1. O sorgo diferiu ($p < 0,05$) dos grupos de quinoa e sorgo/quinoa para ganho de peso, coeficiente de eficiência alimentar (CEA), coeficiente de eficiência proteica (PER), razão proteica líquida (NPR) e digestibilidade verdadeira (DV), por seus menores valores, outorgando-lhe uma baixa qualidade proteica. Constatou-se que a quinoa possui alta qualidade proteica, com valores de PER acima de 2,0 e uma digestibilidade verdadeira de 81,46%, sendo superior aos grupos sorgo e sorgo/quinoa ($p < 0,05$). A mistura fez com que a qualidade proteica da dieta contendo sorgo aumentasse, apresentando valores similares aos da quinoa para o consumo alimentar e o ganho de peso ($p \geq 0,05$), superiores ao do sorgo ($p < 0,05$). Na segunda parte do experimento, avaliou-se o potencial antioxidante *in vivo* ao estresse oxidativo em ratos Wistar, adultos.

Durante três semanas, cinco grupos de animais receberam as dietas (caseína, sorgo, quinoa e sorgo/quinoa). Depois dos 21 dias (42 dias de idade), os animais dos grupos sorgo, quinoa e sorgo/quinoa receberam fluoreto de sódio na água para beber, numa concentração de 600 ppm, durante sete dias. O grupo 1 (controle negativo) recebeu água destilada e a dieta de caseína e o grupo 2 (controle positivo) recebeu água com NaF e a dieta de caseína. Após uma semana, nenhuma alteração no estresse oxidativo foi evidenciada nos animais dos grupos que receberam fluoreto de sódio pela medida de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e malondialdeído (MDA) ($p \geq 0,05$). O sorgo e a quinoa continuaram a manter o equilíbrio metabólico, e não foi observada alteração do estresse oxidativo nos animais do grupo-controle positivo. O MDA não foi afetado e houve aumento da capacidade antioxidante para os grupos sorgo e sorgo/quinoa, mas esse aumento não demandou um incremento das enzimas SOD e CAT. Os resultados evidenciam que a mistura da quinoa com o sorgo melhorou a qualidade proteica da quinoa, o que mostra sua contribuição aos aminoácidos limitantes do sorgo.

ABSTRACT

MARTINEZ, Oscar David Medina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December de 2017. **Mixed sorghum and quinoa flour: protein quality and antioxidant potential *in vivo***. Advisers: Mônica Ribeiro Pirozi. Co-Advisers: Frederico Augusto Ribeiro de Barros and Hercia Stampini Duarte Martino.

The growing movement of “healthy living” consumers, as well as the rise in chronic noncommunicable diseases related to malnutrition, has increased interest in alternative sources and food products with functional claims. In this context, sorghum and quinoa present as a possibility of consumption to the conventional cereals due to the high protein content present in the quinoa, high antioxidant activity in sorghum besides the alimentary fiber content and absence of gluten. The present work aims to evaluate the protein quality and capacity of mixed flour of sorghum and quinoa *in vivo*. It was evaluated the antioxidant capacity and centesimal composition of flours of raw sorghum and quinoa grains and grain flours submitted to heat treatment in an oven with air circulation (105 °C/30 min) and no significant differences were observed. The experiment was divided into two parts. In the first one, the *in vivo* protein quality of sorghum flour, quinoa and sorghum/quinoa flour mixture was evaluated in a 1: 1 ratio. Sorghum differed ($p < 0.05$) with quinoa and sorghum/quinoa groups for weight gain, food efficiency coefficient (CEA), protein efficiency ratio (PER), net protein ratio (NPR), true digestibility DV with the lowest values granting a low protein quality. It was observed that the quinoa has a high protein quality with PER values above 2.0 and a true digestibility of 81.46%, being superior to the sorghum and sorghum/quinoa groups ($p < 0.05$). The mixture caused the protein quality of the sorghum-containing diet to increase, presenting values similar to those of quinoa for food consumption and weight gain ($p \geq 0.05$) higher than that of sorghum ($p < 0.05$). In the second part of the experiment the antioxidant potential *in vivo* to oxidative stress in adult Wistar rats was evaluated. During 3 weeks, 5 groups of animals received diets (casein, sorghum, quinoa and sorghum / quinoa), after 21 days (42 days of age) the sorghum, quinoa, sorghum /

quinoa groups received sodium fluoride in water for drink at a concentration of 600 ppm for 7 days. Group 1 (as negative control) received distilled water and casein diet and group 2 (as positive control) water with NaF and casein diet. After one week, no change in oxidative stress was observed in all groups receiving sodium fluoride by the measurement of Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT), and malondialdehyde (MDA) ($p \geq 0.05$). Sorghum and quinoa continued to maintain metabolic balance, and no change in oxidative stress was observed in the animals in the positive control group. MDA was not affected and there was an increase in antioxidant capacity for the sorghum and sorghum / quinoa groups, but the increase did not require an increase of the SOD and CAT enzymes. The results show that the mixture of quinoa and sorghum improved the protein quality of the quinoa while showing the limiting amino acids of the sorghum.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma grande fonte de calorias e proteínas em muitos países da África, Ásia e América Central, onde é cultivado devido à sua adaptabilidade a condições semiáridas e áridas e a altas temperaturas. Porém, sua utilização é basicamente em rações para aves, suínos e ruminantes, como substituição parcial ou total do milho, com vantagens econômicas (FARRAR et al., 2007; EMBRAPA, 2012; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015). O sorgo apresenta também vantagens para o uso na alimentação humana, por não possuir glúten e pelo fato de seus compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e taninos) proporcionarem-lhe uma elevada capacidade antioxidante, o que contribui para a eliminação dos radicais livres no organismo e, conseqüentemente, para a promoção da saúde, prevenindo doenças crônicas não transmissíveis (AWIKA; ROONEY, 2004a; AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; FARRAR et al., 2007; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015). No entanto, uma restrição nutricional para o uso do sorgo como alimento humano é sua baixa qualidade proteica, devido à presença de aminoácidos limitantes.

A quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) é um pseudocereal pertencente à família Chenopodiaceae, originária dos Andes da América do Sul. Reconhecida pela sua diversidade genética, possui adaptabilidade a diferentes solos, a condições de escassez de água e à alta salinidade. A elevada qualidade proteica da quinoa, com todos os aminoácidos essenciais e sem presença de glúten, outorga-lhe um excelente valor nutritivo, além de ela ser rica em ácidos fenólicos e flavonoides (PASKO et al., 2008, 2009; CARRASCO-VALENCIA et al., 2010; ROJAS et al., 2011; VALCÁRCEL-YAMANI; LANNES, 2012; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015).

Diversos estudos *in vivo* mostram que o sorgo possui baixa qualidade proteica, o que pode estar ligado a compostos fenólicos, como taninos. Estes se complexam com as proteínas, evitando sua digestão e sua posterior absorção, além de os aminoácidos limitantes como treonina, triptofano e lisina também o afetarem. A alta capacidade antioxidante dos compostos fenólicos provenientes do sorgo pode estar associada à redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares, o diabetes, a obesidade e

o câncer (AWIKA; ROONEY, 2004b; DYKES et al., 2006; MORAES; NATAL et al., 2012; MORAES; QUEIROZ et al., 2012; ALTHWAB et al., 2015; KHAN et al., 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

Estudos *in vivo* mostraram que a quinoa possui uma boa qualidade proteica, superior à de outros cereais, o que pode ser atribuído ao teor de proteína e à distribuição de aminoácidos essenciais. Por ser isenta de glúten, ela pode ser adicionada a uma variedade de produtos alimentícios (RANHOTRA et al., 1993; RUALES; NAIR, 1993; ALVES; ROCHA; GOMES, 2008; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015).

O crescente movimento de consumidores dedicados à “vida saudável” tem alavancado o interesse comercial no sentido de tornar os produtos alimentícios com alegações funcionais mais acessíveis, portanto, é importante produzir alimentos que contenham concentrações significativas de fitoquímicos e alta qualidade proteica, por serem correlacionados a benefícios à saúde e terem custo relativamente baixo. O sorgo possui elevado teor de compostos fenólicos, como, por exemplo, os taninos condensados, que têm alta capacidade antioxidante, porém sua qualidade proteica é baixa, pelo fato de formarem complexos com os carboidratos, principalmente proteínas, ao contrário da quinoa, cujo teor de proteína é alto e tem todos os aminoácidos essenciais. Quando as propriedades do sorgo e da quinoa são combinadas, dois grãos com vantagens nutricionais e agrônômicas, obtém-se uma farinha com potencial para melhorar a saúde e de baixo custo.

A hipótese do trabalho baseia-se na premissa de que a combinação do sorgo com a quinoa aumenta a qualidade proteica e a capacidade antioxidante da mistura, o que representa uma vantagem para seu uso na alimentação humana, uma vez que ajuda a reduzir os radicais livres e os parâmetros relacionados ao estresse oxidativo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade proteica e a capacidade antioxidante de farinha mista de sorgo e quinoa *in vivo*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sorgo

O sorgo, planta da família Poaceae, espécie sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], está entre os cinco cereais mais cultivados no mundo, ficando atrás do arroz, do trigo, do milho e da cevada, que são os principais grãos na dieta humana (EMBRAPA, 2008). Por ser uma cariopse nua, a presença de compostos fenólicos com altos níveis de taninos funciona no grão como defesa química ao ataque de pássaros, patógenos e outros competidores. No entanto, sua digestibilidade é reduzida, pelo fato de esses compostos formarem complexos com carboidratos e principalmente com proteínas, e sua palatabilidade também é baixa (ROSTAGNO; ALBINO; TOLEDO, 2001; EMBRAPA, 2012). Segundo Farrar et al. (2007), o farelo de sorgo, quando comparado com o de outros cereais, tem propriedades muito superiores na inibição dos processos não enzimáticos, reduzindo a glicação, a incidência de doenças crônicas e as complicações diabéticas, como neuropatia e doenças cardiovasculares, além de reduzir o envelhecimento prematuro.

O sorgo tem sido pesquisado como uma cultura alternativa ao arroz, ao milho, ao trigo e à cevada, por possuir elevado conteúdo de proteína bruta, além de conter compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, flavonoides e quantidades variáveis de taninos hidrolisáveis e condensados (ROSTAGNO; ALBINO; TOLEDO, 2001; ANTUNES et al., 2007; CORDER, 2015). Por sua versatilidade e facilidade de produção, esse grão é utilizado como principal fonte de amido em grande parte dos países em desenvolvimento, principalmente da África, Ásia e América Central, enquanto nos demais países, como Estados Unidos, Austrália e América do Sul, o cereal é utilizado basicamente na alimentação animal, além de servir como matéria-prima para a produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas, tintas, vassouras, produção de amido, óleo comestível, entre outros (ROONEY; LLOYD., 2007; QUEIROZ et al., 2011; CORDER, 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015). Por ser um alimento livre de glúten, pode ser uma alternativa viável para substituir o trigo na elaboração de produtos destinados a celíacos (QUEIROZ et al., 2014).

No Brasil, não se tem por hábito o consumo de sorgo como alimento humano, pois o cereal é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para suprir a demanda das indústrias de ração animal. Como forragem, o sorgo pode ser considerado uma cultura marginal ao milho, porém seu preço é cerca de 20% menor, devido aos custos de produção, tanto no Brasil quanto no resto do mundo. A utilização do sorgo como alimento exige mudança de hábitos que estão arraigados nos consumidores, que por desinformação consideram de baixa qualidade os produtos que contêm esse cereal como componente. No entanto, já está provado cientificamente que as qualidades nutricionais do sorgo são semelhantes às do milho (QUEIROZ et al., 2009; MAY et al., 2011; EMBRAPA, 2012; CORDER, 2015).

2.1.1 Composição química

O sorgo é semelhante ao milho em relação à sua composição química e ao seu valor nutricional, tendo como componentes principais: amido, proteínas, lipídios, polissacarídeos não amiláceos e fitoquímicos, como compostos fenólicos, fitoesteróis e policosanol (ANTUNES et al., 2007; QUEIROZ et al., 2009; CONCEIÇÃO et al., 2009; EMBRAPA, 2012; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015). O sorgo também contém fibra alimentar, amido resistente e micronutrientes, incluindo vitaminas, minerais e ceras (STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

Os carboidratos são o principal macronutriente do sorgo, correspondendo a aproximadamente 83,66% do cereal (USDA, 2014). Antunes et al. (2007) avaliaram 33 genótipos de sorgo e encontraram variação de 62,15 a 78,74% de amido, apresentando uma média de 72,98% entre os cultivares.

A proteína do sorgo representa 11% do grão (USDA, 2014), sendo sua qualidade reduzida pelos compostos fenólicos, como os taninos, uma vez que esses se complexam com as proteínas, diminuindo sua digestibilidade e reduzindo seu valor nutricional (DUODU et al., 2003; MORAES; QUEIROZ; et al., 2012). O sorgo também tem baixos níveis de aminoácidos essenciais, como lisina, triptofano e treonina (KHALIL et al., 1984; BADI et al., 1990; USDA, 2014).

Tabela 1 – Composição química média de grãos de sorgo em base seca

Fonte	Proteína	Lipídios	Carboidratos	Cinzas	Fibra Alimentar
Martino <i>et al.</i> (2012) BRS305	11,55	2,97	70,92	1,51	13,05
Ebadi <i>et al.</i> (2011)	13,82	3,88	69,57	2,94	9,79
USDA (2016)	12,12	3,95	74,64	1,63	7,65
Ragae, Abdel-Aal e Noaman (2006)	12,1	3,32	67,7	1,87	21,01
Antunes <i>et al.</i> (2007)	9,85-18,28	1,58-3,68	62,5-78,4	1,08-3,07	-
Mami-Soualem <i>et al.</i> (2013)	13,03	4,67	59,08	2,22	21

As variedades de sorgo vêm em uma ampla gama de cores, descritas como branco, creme, amarelo, laranja, bronze, vermelho, marrom, dentre outras (ROONEY; MILLER, 1982; BALOTA, 2012). A cariopse é composta de três partes principais: o revestimento externo (pericarpo), o tecido de armazenamento (endosperma) e o embrião (gérmen) (MILLER, 1982; ROONEY; MURTY, 1982). Em geral, o endosperma representa 80-86% de todo o grão, o germe de 7-12% e o pericarpo apenas 5-9,3% (HAIKERWAL; MATHIESON, 1971; BEMILLER; WHISTLER, 2009). A cor do grão de sorgo pode variar devido a fatores ambientais e genéticos, pela cor e espessura do pericarpo, pela presença de testa e pela textura e cor do endosperma (ROONEY *et al.*, 1980, citados por ROONEY; MILLER, 1982; SEDGHI *et al.*, 2012). Segundo Hahn e Rooney (1985), os cultivares de sorgo podem ser divididos em três categorias, com base em sua genética e no conteúdo de tanino: Tipo I - sorgo não tem uma testa pigmentada e contém baixos níveis de fenóis; Tipo II – sorgo tem uma testa pigmentada que contém taninos condensados; e Tipo III – sorgo contém tanino tanto na testa quanto no pericarpo.

O sorgo possui uma série de compostos fenólicos que lhe proporcionam elevada capacidade antioxidante. Esses compostos podem ser divididos em três categorias principais: ácidos fenólicos, flavonoides e taninos condensados (DUODU *et al.*, 2003). Os compostos fenólicos do sorgo exibem alta capacidade antioxidante, por sua capacidade de eliminar os radicais livres no organismo, contribuindo, assim, para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares, o diabetes, a obesidade e o câncer (AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; FARRAR *et al.*, 2007; KHAN *et al.*, 2015; STEFOSKA-NEEDHAM *et al.*, 2015). O grau de capacidade antioxidante está

correlacionado com o conteúdo de compostos fenólicos em um cultivar de sorgo específico, que, por sua vez, é influenciado pelo seu genótipo e o ambiente de crescimento (DYKES et al., 2006).

Os níveis de compostos fenólicos do sorgo, embora sejam determinados por fatores genéticos e pelos métodos de processamento, podem também ter suas concentrações alteradas pelo processo de decorticação, que pode levar à redução de fenóis totais, de taninos e da capacidade antioxidante de cultivares de sorgo, por causa da remoção do pericarpo e da testa, locais onde se concentram os polifenóis (DLAMINI; TAYLOR; ROONEY, 2007). Segundo Dykes et al. (2005), variedades de sorgo com genes dominantes B1B2 têm maior capacidade antioxidante, especialmente as variedades com o gene S dominante, já que apresentam uma testa pigmentada e um pericarpo grosso, contendo níveis mais altos de compostos fenólicos. Os genes R, Y, B1, B2 e S são conhecidos por controlar a cor e a pigmentação do pericarpo e da testa. Os genes R e Y determinam a cor do pericarpo e os genes B1 e B2 controlam a presença de pigmentação na testa (ROONEY; MILLER, 1982; HAHN; ROONEY, 1985), como também a presença de taninos condensados, quando são dominantes (DYKES et al., 2006). O fato de algumas variedades de sorgo produzirem grandes quantidades de taninos faz dele único entre os cereais. No entanto, nem todas as variedades contêm taninos condensados (HAHN; ROONEY, 1985; DYKES et al., 2005).

Os taninos encontrados no sorgo são do tipo condensado, também conhecidos como proantocianidinas ou procianidinas, os quais possuem alto peso molecular (DYKES; ROONEY, 2006). Nos genótipos do sorgo que possuem taninos observa-se uma alta capacidade antioxidante *in vitro* (HAGERMAN et al., 1998; AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; KHAN et al., 2015). A presença de taninos em grão de sorgo pode reduzir seu valor nutritivo e diminuir sua energia metabolizável, pois eles se ligam às proteínas, aos carboidratos e a outros nutrientes, limitando o valor nutricional dos alimentos e diminuindo sua digestibilidade (BARROS; AWIKA; ROONEY, 2012; DUNN et al., 2015), além de afetar a palatabilidade.

Os ácidos fenólicos consistem em duas classes: os ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinâmico. Os ácidos hidroxibenzoico são diretamente derivados do ácido benzoico e incluem gálico, p-hidroxibenzoico, vanílico, siríngico e

ácidos protocatecoico, entre outros. Os ácidos hidroxicinâmicos têm uma estrutura C6-C3 e incluem cumárico, cafeico, ferúlico e ácidos sinápicos (DYKES; ROONEY, 2006). Geralmente, os níveis de ácidos fenólicos do sorgo são compatíveis com os de outros cereais (AWIKA; ROONEY, 2004).

O sorgo apresenta vantagens para o uso na alimentação humana, pois seus grãos são ricos em compostos bioativos, como antocianinas 3-deoxian-tocianina, taninos, vitamina, carotenoides e outros antioxidantes. Esses compostos têm a capacidade de sequestrar radicais livres e contribuir para a promoção da saúde, pois previnem a obesidade, o diabetes e o câncer (AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; KEAN et al., 2011; MARTINO et al., 2012; KHAN et al., 2013, 2015; DUNN et al., 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

O termo amido resistente (RS) é utilizado para designar o amido que não foi hidrolisado durante a incubação com enzimas digestivas no intestino delgado. Para ser considerado resistente à digestão, o amido deve chegar ao intestino grosso intato, onde é fermentado pela microbiota intestinal, gerando impacto positivo sobre a saúde e a saúde do colón (manejo do diabetes, melhorando a sensibilidade à insulina e os níveis de açúcar no sangue, e diminui o apetite e os níveis de colesterol e triglicerídios plasmáticos), já que seus efeitos podem ser comparados com os da fibra (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005; KHAN et al., 2013; ALTHWAB et al., 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2016).

O sorgo também contém quantidades variáveis de amido resistente (RS), dependendo de fatores como processamento, cozimento, refrigeração, armazenamento de alimentos, gelatinização e cultivar. Teixeira et al. (2016) avaliaram 40 genótipos de sorgo e encontraram variação de 0,31 a 65,65 g/100 (STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

O amido resistente também pode ser alterado pela interação dos compostos fenólicos com o amido do sorgo, fato esse demonstrado por Barros et al. (2012), que constataram que os taninos de sorgo interagiram com o amido, especialmente com a amilose, o que diminuiu sua digestibilidade (BARROS; AWIKA; ROONEY, 2014; DUNN et al., 2015).

2.1.2 Estudos *in vivo*

Uma restrição nutricional para o uso do sorgo como alimento é sua qualidade proteica, que pode ser um indicador de sua disponibilidade. Moraes et al. (2012) avaliaram a qualidade proteica de diferentes genótipos de sorgo e concluíram ser essa de baixa qualidade, com valores semelhantes e às vezes mais elevados, quando submetidos a tratamento térmico, aos encontrados em outros grãos, o que indica que a substituição da alimentação por sorgo não leva a perdas nutricionais. Isto pode estar associado ao fato do sorgo conter compostos fenólicos como os taninos, uma vez que estes se complexam com as proteínas, impedindo sua digestão e sua subsequente absorção, como também ao fato de esse cereal ter baixos níveis de aminoácidos essenciais como lisina, triptofano e treonina, que interferem na sua eficácia proteica (DYKES et al., 2006; BARROS; AWIKA; ROONEY, 2012; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

O estresse oxidativo é um desequilíbrio entre a geração de radicais livres, como espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, e a atuação dos sistemas de defesas antioxidantes. A produção crônica e excessiva dos radicais livres pode desencadear o desenvolvimento e a progressão de muitas doenças crônicas não transmissíveis, como doença cardiovascular, diabetes e câncer, no entanto os mecanismos antioxidantes enzimáticos (superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx)) e não enzimáticos (vitaminas, os minerais e os compostos fenólicos) têm a capacidade de neutralizar ou impedir a formação de radicais livres (BARBOSA et al., 2008, 2010; LEE et al., 2011).

Uma alimentação rica em sorgo pode prevenir doenças que sejam consequências da produção de radicais livres, em função da capacidade antioxidante e do teor de polifenóis, sendo potencial para modular marcadores de estresse oxidativo, prevenindo doenças não transmissíveis (AWIKA; ROONEY, 2004b; AWIKA; ROONEY; WANISKA, 2004; DLAMINI; TAYLOR; ROONEY, 2007; KHAN et al., 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015).

2.2 Quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) é uma planta alimentícia da família Chenopodiaceae, do gênero *Chenopodium*. É um pseudocereal originado dos Andes da América do Sul, natural das regiões andinas do Chile, do Peru, do Equador e da Bolívia, onde é cultivada há milhares de anos, tendo mais tarde sido introduzida em outras partes do mundo, como Estados Unidos, China, Europa, Canadá e Índia (ROJAS et al., 2011; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015).

A quinoa pode manter a produtividade em solos bastante pobres e em condições de escassez de água e alta salinidade. Além disso, possui alto valor nutritivo, superior ao de outros cereais, devido ao seu elevado teor de proteínas. Rica em aminoácidos essenciais, semelhantes aos do leite, não tem presença de glúten e tem elevado teor de diversos minerais, como Ca, Mg e Fe, e compostos como os flavonoides, o que lhe dá elevada capacidade antioxidante (PASKO et al., 2009; ROJAS et al., 2011; RUIZ et al., 2014).

2.2.1 Composição química

Os fatores que tornam a quinoa um pseudocereal atrativo para o sistema de produção são as características de composição nutricional da planta e do grão, o que faz dela ideal para uso na alimentação humana (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química média de grãos de quinoa em base seca

Fonte	Proteína	Lipídios	Carboidratos	Cinzas	Fibra Alimentar
Wright et al. (2002)	16,1	5,3	75,8	2,9	9,6
Villa et al. (2014)	13,71	14,53	64,83	3,51	2,58
Ando et al. (2002)	12,9	6,5	77,6	3,0	13,9
Li e Zhu (2017)	14,78	6,25	62,43	2,79	13,74
Borges et al. (2010)	16,12	5,77	75,28	2,83	9,59
Koziol (1992)	16,5	6,3	69,0	3,8	3,8

O grão de quinoa apresenta excelente balanço entre lipídios, proteínas e carboidratos, sendo o pericarpo, o embrião e o perisperma as principais estruturas de armazenamento. Uma característica fundamental da quinoa são

as fontes de proteína de alta qualidade, que possui excelente balanço de aminoácidos essenciais, com um teor de proteína de aproximadamente 14,6% (em base seca), mais elevado do que o teor encontrado em cereais, mas muito menos do que o encontrado em leguminosas (KOZIOL, 1992). Albuminas e globulinas compõem a maior parte da proteína desse grão (44-47%), enquanto as prolaminas estão presentes em baixas concentrações (0,5-0,7%). A digestibilidade proteica é semelhante à do leite e pode variar de acordo com a variedade e o tratamento que o grão recebe (KOZIOL, 1992; ALVES; ROCHA; GOMES, 2008). O amido, armazenado no perisperma, é o principal componente dos carboidratos da quinoa e está presente entre 58,1 e 64,2% em base seca (ROJAS et al., 2011). Já os lipídeos variam de 5 a 7% e, junto com as proteínas, estão presentes principalmente no endosperma e no embrião. Os lipídios são ricos em ácidos graxos essenciais, como linoleico e α -linolênico, apresentando alta concentração de antioxidantes como α -tocoferol e γ -tocoferol (BORGES et al., 2010; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015).

A quinoa possui uma série de compostos fenólicos que proporcionam elevada capacidade antioxidante, sendo rica em ácidos fenólicos e flavonoides, ambos em boa quantidade e qualidade, e em taninos, em menor quantidade (0,051% bs), podendo ser este último reduzido por lavagem com água (GORINSTEIN et al., 2008; PASKO et al., 2008; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015). Valcárcel-Yamani e Lannes (2012) e Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010) reportaram que sementes de quinoa também são uma abundante fonte de flavonoides, que consistem principalmente de glicosídeos de kaempferol e quercetina. Deve ser ressaltado que a quercetina tem maior capacidade antioxidante que o kaempferol (HIROSE et al., 2010).

Os principais ácidos fenólicos relatados na quinoa são o ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico e ácido vanílico (PASKO et al., 2008; REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2010; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015).

Estudos sobre compostos fenólicos e capacidade antioxidante da quinoa mostram que ela é uma boa fonte antioxidante e pode ser um substituto para cereais comuns (PASKO et al., 2008, 2009; REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2010; VALCÁRCEL-YAMANI; LANNES, 2012; ARNEJA; TANWAR; CHAUCHAN, 2015), e que o conteúdo desses compostos fenólicos totais e a

atividade de eliminação de radicais podem aumentar durante o processo de extrusão (REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

A quinoa possui quantidades variáveis de amido resistente (RS), cujo teor, segundo Samanez et al. (2012), é relativamente baixo (0,20-0,33 g/100 g base seca).

2.2.2 Estudos *in vivo*

O valor proteico de um alimento é determinado principalmente por seus aminoácidos essenciais, devendo ser ressaltado que o aproveitamento biológico dos aminoácidos (biodisponibilidade) depende também da digestibilidade da proteína. A quinoa destaca-se como uma importante fonte de proteínas para os seres humanos, por causa de sua digestibilidade e pela composição equilibrada de aminoácidos essenciais, como também por ter alta concentração de triptofano, geralmente o segundo aminoácido limitante em cereais (KOZIOL, 1992; ALVES; ROCHA; GOMES, 2008). Segundo Ranhotra et al. (1993) e Alves, Rocha e Gomes (2008), a proteína da quinoa pode ser considerada de alta qualidade nutricional, pois fornece todos os aminoácidos essenciais, e também de alta quantidade, pois supre as necessidades humanas desses aminoácidos, além de sua digestibilidade ser comparada com a da caseína do leite.

O consumo de muitos grãos tem sido associado ao menor risco de doenças crônicas não transmissíveis (GORINSTEIN et al., 2008). As sementes de quinoa contêm quantidades significativas de antioxidantes fitoquímicos, incluindo flavonoides, ácidos fenólicos, vitaminas lipossolúveis, ácidos graxos, oligoelementos e outros compostos, o que poderia alterar o estado antioxidante no organismo, auxiliando na redução dos marcadores biológicos associados com muitas doenças crônicas não transmissíveis (RYAN et al., 2007; GORINSTEIN et al., 2008; PASKO et al., 2009; PASKO; BARTON et al., 2010; VALCÁRCEL-YAMANI; LANNES, 2012).

Pasko et al. (2010) realizaram um estudo para avaliar o efeito da dieta suplementada com sementes de quinoa no estado oxidativo, no plasma e em vários tecidos de ratos alimentados com alto conteúdo de frutose. Os pesquisadores concluíram que as sementes de quinoa foram capazes de reduzir o

estresse oxidativo, o que pode ajudar a aliviar a geração de radicais livres e melhorar a capacidade antioxidante do sangue, do coração, dos rins, dos testículos, do pulmão e do pâncreas. Em outro estudo, Pasko et al. (2010) relataram que essas sementes reduzem o colesterol total no soro e os triglicérides, em comparação com o grupo-controle, além de reduzir significativamente o nível de glicemia e proteger o coração contra ataques de radicais livres, que levam a danos oxidativos.

Foucault et al. (2012) avaliaram o efeito do extrato de quinoa enriquecido em 20 hidroxiecdisona na prevenção e no tratamento da obesidade e outras perturbações e constataram efeitos benéficos. O extrato reduz tanto a absorção de ácidos graxos quanto a esterificação em adipócitos, reduzindo, assim, o tecido adiposo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade proteica e a capacidade antioxidante de farinha mista de sorgo e quinoa *in vivo*.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a composição química e a capacidade antioxidante das farinhas de sorgo e de quinoa antes e depois do tratamento térmico seco.

- Avaliar a qualidade proteica das farinhas de sorgo, de quinoa e mista em ratos Wistar.

- Avaliar o efeito da adição de farinha de sorgo e quinoa em dietas experimentais no estresse oxidativo de ratos Wistar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de experimentação

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Cereais e de Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos e no Laboratório de Nutrição e Saúde Experimental do Departamento de Nutrição, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

4.2 Material

Para obtenção das farinhas, foram utilizadas sementes de sorgo do genótipo BRS 305 (alto teor de taninos), de pericarpo marrom-claro, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo, safra Ago/15, e de quinoa, do genótipo BRS Piabiru. Esta variedade foi fornecida pela Embrapa Cerrado, Planaltina, DF, da safra 2013, lote BSB-003/13. As sementes foram selecionadas manualmente, peneiradas, para eliminar as impurezas e sujidades, e, em seguida, foram submetidas a tratamentos térmicos. Os grãos crus e os tratados termicamente foram moídos para produção das farinhas. A composição química e a composição antioxidante foram avaliadas antes e após o tratamento térmico.

4.3 Tratamento térmico e preparo das farinhas

Os grãos de sorgo BRS 305, de pericarpo marrom-claro, e de quinoa BRS Piabiru foram selecionados manualmente e submetidos à peneiragem, para remoção de sujidades e impurezas. Para produção das farinhas, os grãos foram submetidos ao tratamento térmico. Primeiramente eles foram colocados em bandejas de alumínio, uniformemente distribuídas, com aproximadamente 800 g cada, expostos à temperatura de 105 °C em estufa com circulação de ar, como proposto por Moraes e Queiroz et al. (2012), com tempo de exposição de 30 minutos. Os grãos crus e os submetidos ao tratamento térmico foram moídos com pericarpo, em moinho de facas (C.W. Brabender[®], Dusburg,

Alemanha), para obtenção das farinhas, com uma granulometria aproximada de 850 micrômetros.

4.4 Composição centesimal e capacidade antioxidante das farinhas antes e após o tratamento térmico

4.4.1 Composição centesimal das farinhas antes e após o tratamento térmico

A determinação da composição centesimal foi realizada de acordo com as metodologias descritas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1998):

- teor de umidade: foi determinado em estufa a 130 °C, pelo método 925.10 da AOAC (1998);

- teor de lipídeos: foi determinado pelo extrator Soxhlet, utilizando como solvente éter etílico, pelo método 945.16 da AOAC (1998);

- teor de proteína bruta: foi determinado pelo método de Micro-Kjeldhal, segundo a técnica 960.52 da AOAC (1998), empregando 6,25 como fator de conversão de nitrogênio em proteína;

- cinza: foi determinada utilizando a incineração em mufla a 550 °C, pelo método 923.03 da AOAC (1998);

- fibra alimentar total: foi determinada pelo método 985.29, da AOAC (1998); e

- carboidratos totais: foram determinados por diferença [100 - (umidade + cinzas + proteína + lipídios + fibra alimentar)].

4.4.2 Capacidade antioxidante das farinhas antes e após o tratamento térmico

Os extratos foram preparados com 0,5 g das farinhas, adicionadas em 25 mL (1:10) de solução de metanol:água, e homoneizados em agitador automático a 180 rpm, durante 2 horas, em temperatura ambiente. A capacidade

antioxidante foi determinada por espectrofotometria, com absorvância a 734 nm, segundo o método adaptado ABTS de Awika et al. (2003).

4.5 Qualidade proteica da farinha submetida ao tratamento térmico

4.5.1 Preparo de dietas

Foram preparadas dieta aprotéica, dieta de caseína (controle) e dietas-teste, cuja fonte proteica foi a farinha de sorgo, de quinoa e a mistura destas na proporção 1:1, com tratamento térmico. Desta forma, a composição das dietas foi baseada na AIN-93G, segundo Reeves, Nielsen e Fahey (1993), com modificação no teor de proteínas entre 9 e 10%. A quantidade preparada foi o equivalente ao consumo durante 14 dias de experimento. As farinhas foram acondicionadas em sacos de polietileno hermeticamente fechados, devidamente rotulados, e armazenados em refrigerador a 5 °C. As dietas foram ajustadas para que fossem isocalóricas e isoproteicas (Tabela 3).

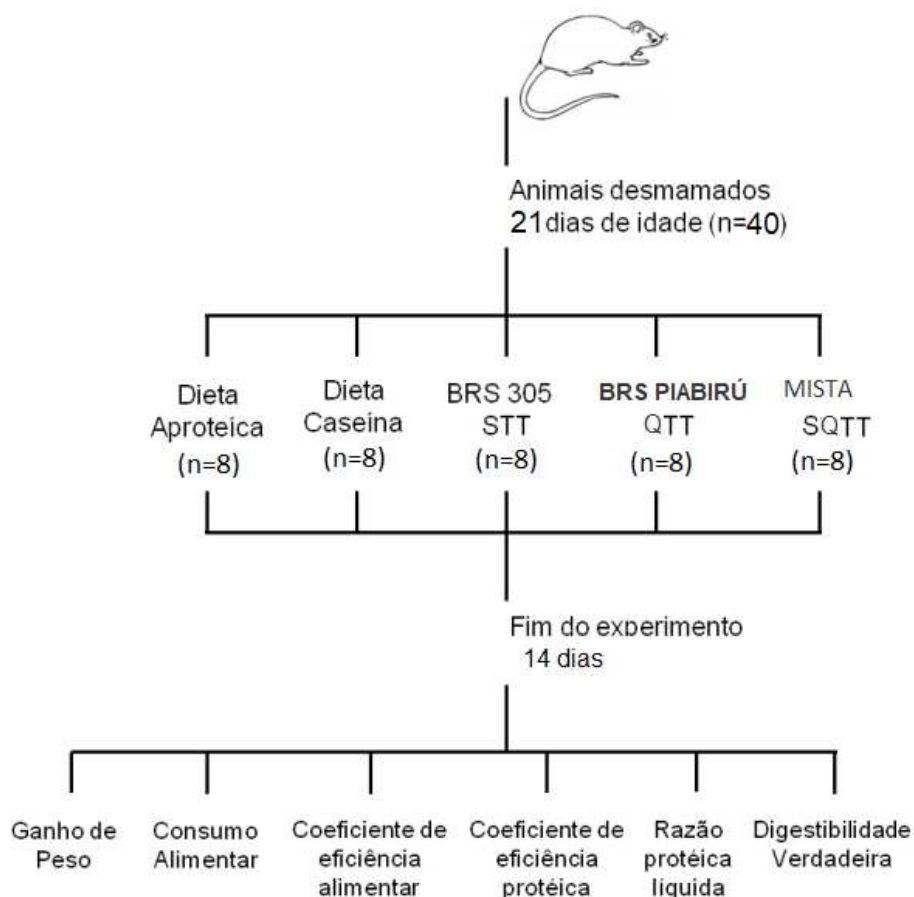
Tabela 3 – Composição das dietas experimentais, aprotéica (AP), com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), quinoa BRS Piabiru (QTT) e sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico

	C	AP	STT	QTT	SQTT
Caseína	264,6	-	-	-	-
Sorgo TT (g)	-	-	1961,2	-	785,1
Quinoa TT (g)	-	-	-	1309,3	785,1
Amido dextrinizado (g)	330	330	77,0	330	330
Sacarose (g)	250	250	250	250	250
Óleo de soja (g)	175	175	85,6	91,6	89,2
Celulose (g)	280,1	280,1		81,7	49,0
Mix mineral (g)	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5
Mix Vitamina (g)	25	25	25	25	25
L-Cistina (g)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Bitartarato de colina (g)	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Amido de milho (g)	1.074,1	1.338,7	0,0	311,2	85,3
Total (g)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Densidade calórica (cal/g)	3,652	3,700	3,382	3,517	3,463

4.5.2 Ensaio biológico

Foram utilizados 40 ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade albinus, classe Rodentia) da linhagem Wistar, recém-desmamados, com média de 21 dias de idade, provenientes do biotério do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Figura 1 – Desenho experimental do estudo de qualidade proteica de farinhas submetidas ao tratamento térmico



Os animais foram divididos em cinco grupos de oito, de modo que as médias dos pesos fossem semelhantes entre os grupos. Os ratos foram alocados em gaiolas individuais, de aço inoxidável, e mantidos em condições

de temperatura de $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas. Os animais receberam água destilada e suas respectivas dietas experimentais *ad libitum*.

4.5.3 Coeficiente de eficiência alimentar (CEA)

Os animais foram pesados no primeiro, sétimo e 14^o dias, e foi determinado o CEA, que representa a relação entre o ganho de peso (g) e o consumo total de dieta pelos animais (g)

$$\text{CEA} = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Consumo total de dieta pelos animais (g)}} \times 100$$

4.5.4 Coeficiente de eficiência proteica (PER) e razão proteica líquida (NPR)

O PER foi determinado por meio do método modificado de Moraes et al. (2010) para 14 dias de experimento, que relaciona o ganho de peso do grupo-teste (g) com o seu consumo de proteína (g). O coeficiente de eficiência proteica relativo (R-PER) foi determinado considerando como 100% o resultado de PER da dieta-padrão (caseína).

$$\text{PER} = \frac{\text{ganho de peso do grupo-teste (g)}}{\text{proteína consumida pelo grupo-teste (g)}}$$

O NPR foi determinado de acordo com Bender e Doell (1957), levando-se em consideração o ganho de peso do grupo-teste (g), mais a perda de peso do grupo com a dieta aprroteica (g), em relação ao consumo de proteína do grupo-teste (g). A razão proteica líquida relativa (R-NPR) foi determinada considerando como 100% o resultado de NPR da dieta-padrão (caseína).

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso do grupo-teste (g) + perda de peso do grupo com dieta aprroteica (g)}}{\text{Consumo de proteína do grupo-teste}}$$

4.5.5 Digestibilidade verdadeira (DV)

Para determinação da digestibilidade, de acordo com Moraes et al. (2012), as dietas foram marcadas com índigo-carmim, na concentração 0,2%, oferecidas aos animais do sétimo ao décimo dia. As fezes marcadas foram coletadas no oitavo dia e a totalidade das fezes marcadas no décimo e no 11^o dia, em recipientes individuais para cada animal. As fezes foram secas em estufa a 105 °C, por 24 horas. Em seguida, foram resfriadas, pesadas e trituradas em moinho de navalha, para determinação da concentração de nitrogênio. A digestibilidade verdadeira foi calculada medindo a quantidade de nitrogênio ingerido na dieta (NI), a excretada nas fezes na dieta dos grupos-teste (NT) e a perda metabólica nas fezes, que corresponde ao nitrogênio fecal do grupo com dieta aprotéica (NAP).

$$DV = \frac{NI - (NT - NAP)}{NI} \times 100$$

4.6 Potencial antioxidante das farinhas submetidas ao tratamento térmico *in vivo*

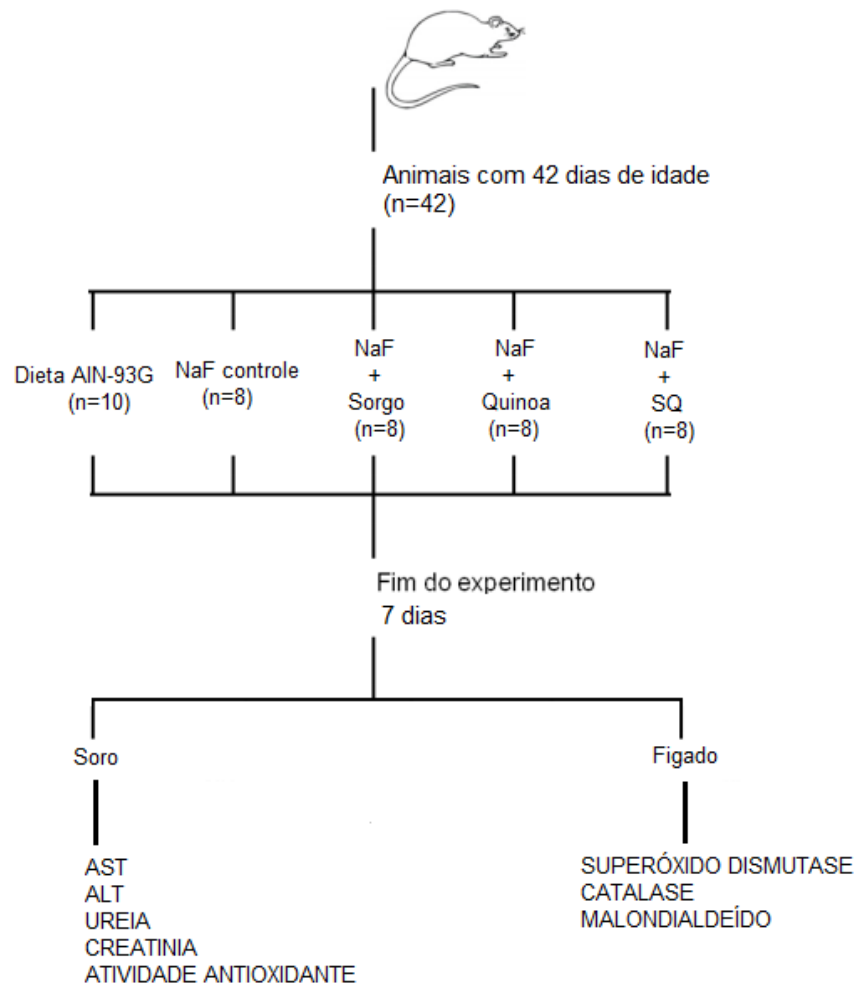
Foram utilizados 42 ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade albinus, classe Rodentia) da linhagem Wistar, recém-desmamados, com média de 21 dias de idade, provenientes do biotério do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Os animais foram divididos em quatro grupos de oito e um grupo de dez animais, de modo que as médias dos pesos fossem semelhantes entre os grupos. Os ratos foram alocados em gaiolas individuais, de aço inoxidável, e mantidos em condições de temperatura de 22 ± 3 °C, com fotoperíodo de 12 horas. Durante 21 dias, cada grupo de animais recebeu água e suas respectivas dietas à base de caseína, sorgo, quinoa e sorgo mais quinoa.

No 21^o dia de experimento, os animais com 42 dias de idade, dos grupos caseína, sorgo, quinoa, sorgo mais quinoa, foram tratados com fluoreto de sódio (NaF), na concentração de 600 ppm, como proposto por Nabavi et al. (2012). NaF foi adicionado na água, oferecida *ad libitum* aos animais, durante sete dias, e nas respectivas dietas experimentais. O grupo tratado com fluoreto de sódio (600 ppm) na água, durante sete dias, e dieta de caseína foi o

controle positivo. O grupo tratado com água destilada e dieta de caseína, durante sete dias, foi o controle negativo.

Figura 2 – Desenho experimental do estudo de potencial funcional de genótipos de sorgo e quinoa submetidos ao tratamento térmico.



Ao final de 28 dias de experimento (49 dias de idade), os animais foram anestesiados (isoflurano, Cristália[®]) e eutanaziados por punção cardíaca, para coleta de amostras sanguíneas. O sangue foi coletado em tubo heparinizado e centrifugado durante 10 minutos a 3.000 rpm, para coleta do soro. O fígado e o cérebro foram retirados, pesados e imediatamente congelados em nitrogênio líquido. Todos os materiais coletados foram armazenados em ultrafreezer, à temperatura de -80 °C, até o início das análises.

4.6.1 Preparação do homogenato do fígado

Alíquotas de 100 mg de fígado foram pesadas em tubos *Eppendorf* de 1,5 mL. O tecido foi macerado e homogeneizado com 0,5 mL de solução-tampão fosfato de sódio 0,1 M, pH 7,4 refrigerado a 8°C, com auxílio de bastão de plástico. O homogenato foi centrifugado a 12.000 rpm durante 10 minutos, a 4 °C, tendo o sobrenadante do centrifugado sido utilizado. As amostras foram mantidas sob refrigeração durante a análise.

4.6.2 Determinação do teor de proteína total

Para determinação de proteína nos homogeneizados do fígado, foi empregado o método Bradford (1976). Cada homogenato foi diluído em 1:10 com água destilada, até completar 50 µL. Em seguida, foram colocados 790 µL de água destilada mais 10 µL do homogenato diluído e 200 µL do reagente de Bradford. Para cada amostra foram pipetados 3x 300 µL em placa de *Elisa*, e após 15 minutos foi feita a leitura a 595 nm.

4.6.3 Superóxido dismutase

A determinação da atividade do superóxido dismutase (SOD) foi realizada segundo o método de Marklund (1985), modificado.

Para obtenção dos brancos, foram acrescentados, em triplicata, nos poços da placa de ELISA 45 µL de solução-tampão e 6 µL de brometo de 3-[4,5-dimetiltiazol-2H]-2,5-difeniltetrazolium (MTT) a 1,25 mM; para o padrão, foram acrescentados 30 µL de tampão, 6 µL de MTT e 15 µL de pirogalol (100 µM); e nas amostras foram acrescentados 30 µL de sobrenadante, 99 µL de solução-tampão, 6 µL de MTT e 15 µL de pirogalol. Em seguida, com auxílio de pipeta automática multicanal, a reação foi interrompida com a adição de 150 µL de dimetilsulfóxido (DMSO). A placa foi lida utilizando-se um leitor de ELISA (ASYS®, UVM 340), em comprimento de onda de 570 nm.

4.6.4 Catalase

Este ensaio foi realizado segundo o método de Aebi (1984), que se baseia na medição da atividade da catalase (CAT), na transformação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água. Foi feito um branco (10 μ L do sobrenadante da amostra + 1 mL de tampão fosfato) para cada amostra (10 μ L do sobrenadante da amostra + 1 mL da solução-tampão fosfato com peróxido), para zerar o equipamento. A leitura de cada amostra foi realizada em espectrofotômetro a 240 nm, nos tempos 0, 30, 60 segundos. Uma unidade (U) de catalase é equivalente à hidrólise de 1 mol de H_2O_2 ($E = 39,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) por minuto (AEBI, 1984). Geralmente, a atividade dessa enzima é representada por U catalase/mg de PTN. A absorvância utilizada para o cálculo é o delta, obtido das absorvâncias delas (absorvância no tempo 0 – absorvância a 60 segundos).

4.6.5 Malondialdeído

O malondialdeído (MDA), formado a partir da degradação de ácidos graxos poli-insaturados, é um índice conveniente para determinar a extensão da reação de peroxidação. Para determinação de malondialdeído, foi utilizado o método Buege e Aust (1978). Foram utilizados 200 μ L do homogenato, misturados, em seguida, com 400 μ L de solução de TBARS (ácido tricloroacético – 15% (p/v) ácido tiobarbitúrico – 0,375% (p/v) e HCl – 0,25 M), agitados no Vórtex por 5 segundos e encubados em banho-maria a 90°C, por 40 minutos. A amostra foi, então, resfriada em gelo, por 5 minutos, sendo adicionados 600 μ L de n – butanol, agitando-se por 1 a 2 minutos. Em seguida centrifugou-se por 10 minutos, a 3.000 rpm, e a leitura foi realizada com o sobrenadante a 535 nm em placa de Elisa, contra o branco, que contém todas os reagentes, menos a amostra. Os valores finais foram calculados por meio da curva-padrão, sendo utilizado o reagente N-oxil-2,2,6,6-tetrametilpiperidina (TEMPO). Os resultados foram nMol de MDA por miligramas de proteínas (nMol de MDA/mg PTN).

4.6.6 Variáveis bioquímicas séricos

Alanina aminotransferase (alt), aspartato aminotransferase (ast), ureia e creatinina foram determinados em amostras de soro, utilizando kits comercialmente disponíveis.

4.6.7 Capacidade antioxidante total no soro

Utilizou-se o protocolo do kit antioxidante da SIGMA. A solução de ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína)-6-sulfônico (ABTS) de trabalho do substrato foi preparada: 37,5 µL de solução a 3% de peróxido de hidrogênio foram adicionados a 15 mL de ABTS, para ser usada depois de 20 a 30 minutos.

Para a curva-padrão, foram utilizados 10 µL de um padrão Trolox (a partir de tubos 1-6) e 20 µL da solução de trabalho de mioglobina, nos respectivos poços de placa de Elisa. Nesses poços foram adicionados 10 µL da amostra e 20 µL da solução trabalho de mioglobina.

Foram adicionados 150 µL de solução trabalho de substrato de ABTS a cada poço, deixando incubar por 5 minutos. Em seguida, foram colocados 100 µL de solução de paragem em cada poço. A leitura foi feita na absorvância a 405 nm.

4.7 Delineamento experimental e análise estatística

Para as determinações referentes às características físico-químicas das farinhas de sorgo e quinoa, o experimento foi disposto no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (farinha de sorgo e quinoa com e sem tratamento térmico) e duas repetições, tendo todas as análises sido feitas em triplicata.

O experimento dos testes *in vivo* foi efetuado em delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, de modo que os pesos médios dos animais fossem semelhantes. Os resultados encontrados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizado o teste "F", a 5% de probabilidade. Para significância, o teste de Duncan, a 5% de probabilidade, foi utilizado para comparar cada grupo de teste com o grupo-controle.

O programa estatístico utilizado foi o *Statistical Analysis System (SAS)*, versão atualizada, e licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Composição centesimal e capacidade antioxidante nas farinhas antes e depois do tratamento térmico

As farinhas das variedades de quinoa e sorgo cru apresentaram teor de água de aproximadamente 12%, o que pode ser considerado seguro pela legislação brasileira (Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005), que estabelece o limite máximo de 15% de umidade nas farinhas, nos amidos e nos farelos (Tabela 4).

Tabela 4 – Composição centesimal e capacidade antioxidante (μmol Trolox Equivalente / g de amostra) das farinhas integrais de quinoa e sorgo das variedades BRS Piabiru e BRS 305, em base seca (g.100 g⁻¹)

	Quinoa		Sorgo	
	Crua	TT	Cru	TT
Teor de água	11,84 \pm 0,51*	5,9 \pm 0,47*	12,37 \pm 0,26*	9,09 \pm 0,14*
Proteína	18,76 \pm 1,06 ^{ns}	18,66 \pm 0,17	12,94 \pm 0,33 ^{ns}	12,97 \pm 0,19
Lipídios	6,44 \pm 0,06 ^{ns}	6,76 \pm 0,02	4,33 \pm 0,25 ^{ns}	5,01 \pm 0,12
Cinza	3,51 \pm 0,12 ^{ns}	3,02 \pm 0,09	1,25 \pm 0,08 ^{ns}	1,13 \pm 0,04
Fibra alimentar total	11,57	15,15	14,77	14,28
Fibra insolúvel	8,61	8,24	13,9	13,95
Fibra solúvel	2,96	6,91	0,87	0,33
Carboidratos	59,72 \pm 0,19	56,41 \pm 0,83	66,64 \pm 0,75	66,61 \pm 0,69
Capacidade antioxidante	59,56 ^{ns}	67,83	241,52 ^{ns}	296,41

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t pareado.

ns Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t pareado.

As composições químicas das farinhas integrais avaliadas com e sem tratamento térmico corroboram os valores descritos na literatura (ANTUNES et al., 2007; BORGES et al., 2010; CONCEIÇÃO et al., 2009; GEWEHR et al.,

2012; KOZIOL, 1992; USDA, 2016; WRIGHT et al., 2002), tendo o conteúdo de proteína da quinoa sido superior ao do sorgo. Portanto, a quinoa pode ser considerada um alimento com alto teor proteico, maior do que os encontrado em cereais (DINI et al., 1992; GEWEHR et al., 2012; KOZIOL, 1992).

Não foram observadas diferenças significativas na composição química das farinhas de quinoa e sorgo antes e depois do tratamento térmico, o que significa que não houve perdas de nutrientes. Estudos realizados mostram que o processamento (extrusão, cozimento, calor seco e calor úmido) pode afetar a composição química e o perfil antioxidante (BRADY et al., 2007; GEWEHR et al., 2012; CARDOSO et al., 2014; NICKEL et al., 2016).

Após o tratamento térmico, a quinoa apresentou aumento no conteúdo de fibra alimentar de 11 para 15% e o do sorgo se manteve constante. Valores semelhantes foram obtidos por outros autores, que verificaram a concentração de fibra alimentar no grão de quinoa com 14,2% (bs) (ALVAREZ-JUBETE; ARENDTB; GALLAGHER, 2010) e 13,9% (ANDO et al., 2002). No entanto, o sorgo apresentou valores maiores aos encontrados por outros autores, com 6,1% para sorgo branco e 8,8 a 11,1% para outros tipos de sorgo (USDA, 2016).

O tratamento térmico não afetou a capacidade antioxidante nos grãos ($p \geq 0,05$). O sorgo apresentou maior capacidade antioxidante que a quinoa, o que pode ser atribuído aos taninos condensados presentes no genótipo BRS 305 (MORAES; NATAL et al., 2012).

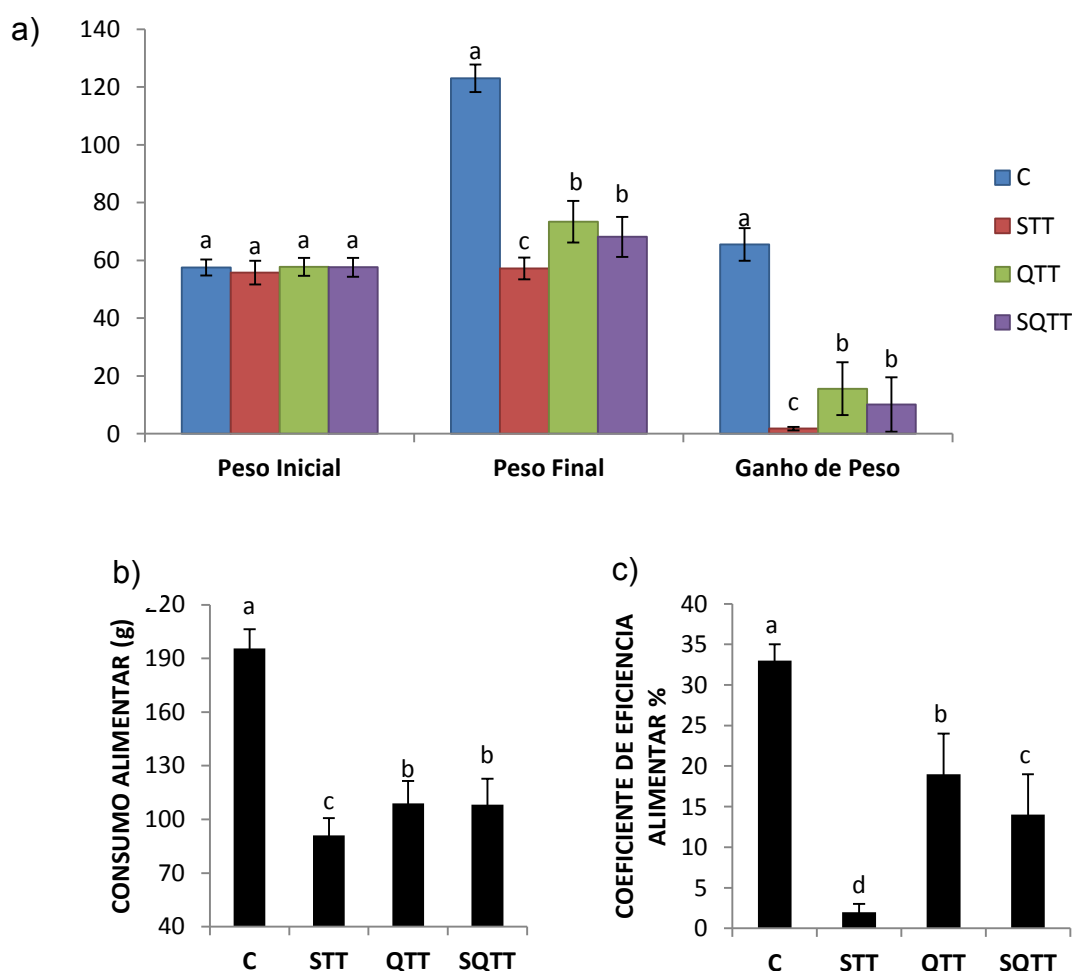
5.2 Qualidade proteica das farinhas de sorgo, quinoa e mistura sorgo mais quinoa

O peso inicial dos animais não diferiu entre os grupos ($p \geq 0,05$), indicando a homogeneidade para a realização do experimento.

O ganho de peso dos animais alimentados com sorgo foi inferior ($p < 0,05$) aos dos grupos, fato que pode ser associado ao consumo alimentar (CA), que foi menor ($p < 0,05$), e aos compostos fenólicos do sorgo (Figura 3a), como os taninos, diminuindo a digestibilidade proteica e a palatabilidade, conferindo-lhe um gosto adstringente (MAKKAR, 2003; NEILSON; GIDDINS; RICHARDS, 1986).

O grupo alimentado com farinha mista de sorgo e quinoa (SQTT) não apresentou diferenças significativas com o grupo alimentado com quinoa (QTT) no ganho de peso ($p \geq 0,05$). Como resultado da adição da quinoa ao sorgo, a palatabilidade melhorou e, conseqüentemente, o consumo alimentar (CA), portanto não houve diferenças com a farinha de quinoa ($p \geq 0,05$). A mistura das farinhas pode melhorar o apelo desta, pelo preço baixo do sorgo e pelos seus compostos fenólicos, além da alta qualidade proteica presente na quinoa.

Figura 3 – Peso corpóreo, consumo alimentar e coeficiente de eficiência alimentar de ratos Wistar alimentados com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT) submetidos a tratamento térmico.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Duncan.

Entre os grupos-teste, somente foi observada diferença ($p < 0,05$) no sorgo, tendo o valor de nitrogênio ingerido sido mais baixo que o dos grupos QTT e SQTT (Tabela 5). No entanto, a excreção de nitrogênio fecal foi maior

em animais alimentados com farinha de grãos STT e SQTT, tanto em relação ao grupo-controle quanto nas dietas-teste ($p < 0,05$). Não foi observada diferença significativa ($p \geq 0,05$) para o nitrogênio excretado nas fezes no grupo-controle e no grupo alimentado com dieta de quinoa. A excreção elevada de nitrogênio fecal observada nos grupos SQTT e STT possivelmente se deve à presença de níveis de taninos, o que resultou em níveis mais altos de proteínas endógenas nas fezes ou na digestão prejudicada da proteína dietética, ou ambas. O consumo desses taninos pode aumentar o nitrogênio excretado, como foi apresentado por Al-Mamary et al. (2001), que relataram um elevado índice de nitrogênio fecal em animais alimentados com dietas de sorgo com alto teor de tanino, reduzindo significativamente o ganho de peso corporal vivo em 10%, fato atribuído à interação entre os taninos e as glicoproteínas do muco.

Tabela 5 – Nitrogênio ingerido na dieta (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NE), digestibilidade verdadeira (DV) e digestibilidade verdadeira relativa (DV-R) dos animais alimentados com dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico

Índices	NI	NE	DV	DV-R
C	0,62 ^a ± 0,03	0,05 ^b ± 0,01	92,65 ^a ± 1,90	
STT	0,28 ^c ± 0,04	0,13 ^a ± 0,04	60,22 ^d ± 6,60	61,24 ^c ± 9,11
QTT	0,38 ^b ± 0,04	0,08 ^b ± 0,01	81,46 ^b ± 2,64	87,93 ^a ± 2,85
SQTT	0,34 ^b ± 0,06	0,12 ^a ± 0,02	66,82 ^c ± 2,44	72,12 ^b ± 2,64

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan; ± desvio-padrão.

Constatou-se maior digestibilidade da proteína de quinoa, comparada com a digestibilidade dos demais grupos (STT e SQTT) ($P < 0,05$), o que se deve à presença de todos os aminoácidos essenciais na proteína da quinoa (REPO-CARRASCO; ESPINOZA; JACOBSEN, 2003; WATANABE et al., 2014). Por outro lado, a digestibilidade do sorgo é afetada tanto pelos taninos condensados, quanto pelos aminoácidos limitantes. O sorgo não é indicado como boa fonte proteica, mas a sua presença na dieta aumenta seu potencial antioxidante. No entanto, quando o sorgo é combinado com a quinoa, constata-

se uma melhora na qualidade proteica, o que significa melhor uso com potencial na saúde (RANHOTRA et al., 1993; YADAV; KHETARPAUL, 1994).

Ranhoira et al. (1993) e Mendes et al. (2009) obtiveram uma digestibilidade de 85,95 e 84,3%, respectivamente, para a quinoa, e Moraes et al. (2012) encontraram uma digestibilidade de 57,6% para o sorgo, valores semelhantes ao obtido no presente estudo.

Os valores de PER, NPR, PER-R e NPR-R do grupo com farinha integral de sorgo foi inferior aos demais ($P < 0,05$), com 0,23, 1,82, 5,77 e 42,31, respectivamente (Tabela 6). Valores semelhantes foram encontrados por Moraes et al. (2012), que avaliaram a qualidade proteica de diferentes genótipos de sorgo. De acordo Friedman (1996), valor de PER inferior a 1,5 representa uma proteína com baixa qualidade. Esse fato pode ser explicado pelos compostos fenólicos, como os taninos, presentes no sorgo, uma vez que eles se complexam com as proteínas, impedindo sua digestão e sua subsequente absorção. Além disso, eles têm baixos níveis de aminoácidos essenciais, como lisina, triptofano e treonina (BADI et al., 1990; BARROS; AWIKA; ROONEY, 2012; DUNN et al., 2015; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015)

Tabela 6 – Coeficiente de eficiência proteica (PER), coeficiente de eficiência proteica relativa (R-PER), razão proteica líquida (NPR) e razão proteica líquida relativa (R-NPR) das dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista de sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico

Índices	PER	PER-R (%)	NPR	NPR-R (%)
C	3,58 ^a ± 0,24		4,31 ^a ± 0,24	
STT	0,23 ^d ± 0,05	5,77 ^c ± 3,08	1,82 ^d ± 0,17	42,31 ^c ± 3,90
QTT	2,02 ^b ± 0,56	56,46 ^a ± 15,64	3,36 ^b ± 0,51	77,82 ^a ± 11,90
SQTT	1,52 ^c ± 0,52	42,58 ^a ± 14,62	2,88 ^c ± 0,36	66,85 ^b ± 8,47

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan; ± desvio-padrão.

Ainda que o consumo alimentar dos grupos QTT e SQTT não tenha apresentado diferença entre si ($P \geq 0,05$), houve diferenças significativas para valores de PER e NPR. Isto significa que a farinha de quinoa pode ser eficiente para promover o crescimento, como resultado do PER (2,02) acima de 2,0, sendo considerada proteína de alta qualidade. A mistura de farinhas de quinoa

e sorgo (SQTT) representa uma proteína de qualidade média, assim considerada pelos valores entre 1,5 e 2,0 (FRIEDMAN, 1996). A combinação dessas matérias-primas resultou em melhor qualidade proteica na farinha, devido à contribuição da quinoa aos aminoácidos limitantes do sorgo.

Tabela 7 – Umidade nas fezes (UF), fezes úmidas (FU) e fezes secas (NE) dos animais alimentados com dietas com caseína (C), farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico

Índices	UF	FU	NE
C	12,84 ^b ± 3,46	6,79 ^a ± 0,50	5,92 ^a ± 0,57
STT	20,48 ^a ± 1,33	3,72 ^b ± 0,90	2,95 ^b ± 0,69
QTT	20,47 ^a ± 3,46	3,53 ^b ± 0,69	2,90 ^b ± 0,48
SQTT	22,20 ^a ± 3,17	3,89 ^b ± 0,72	3,02 ^b ± 0,55

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan; ± desvio-padrão.

Não foi observada diferença significativa na umidade das fezes entre os diferentes grupos testados ($p \geq 0,05$) (Tabela 7), o que pode estar associado com as fibras presentes no sorgo e na quinoa, que diferem as do grupo-controle (celulose). Freitas et al. (2004) avaliaram o efeito do polissacarídeo de soja em relação à celulose sobre o peso e a umidade fecal, encontrando maior peso seco nas fezes dos animais do grupo celulose, o que pode ser atribuído ao fato de a fermentação de polissacarídeos não celulósicos ser mais eficiente que a fermentação da celulose, sendo menos degradada no trato intestinal.

5.3 Potencial antioxidante de farinhas de sorgo e quinoa de animais tratados com fluoreto de sódio (NAF)

Neste estudo não foi observada alteração no estresse oxidativo nos animais que receberam fluoreto de sódio pela medida de malondialdeído (MDA) ($p \geq 0,05$), que é um marcador da degradação das reações em cadeia da oxidação de ácidos graxos poli-insaturados. Esse resultado não era esperado, pois o NaF não foi capaz de produzir o estresse oxidativo na mesma dosagem, no mesmo tempo de intervenção e usando o mesmo modelo

experimental utilizado no presente experimento, como observado por Nabavi et al. (2012). O uso de NaF na água de beber dos animais não foi considerado uma boa alternativa, pois constatou-se menor ingestão de água nos grupos com NaF do que no controle negativo (dados não apresentados). Possivelmente, o NaF alterou o sabor da água, o que refletiu na ingestão alimentar, dado que o consumo médio (em g.animal⁻¹) anterior ao tratamento foi de 166,21, 44,84, 68,83, 68,64 para o controle positivo, o sorgo, a quinoa e a mistura sorgo mais quinoa, respectivamente, e passou para 70,77, 23,10, 32,29, 21,59, uma semana após a ingestão de NaF.

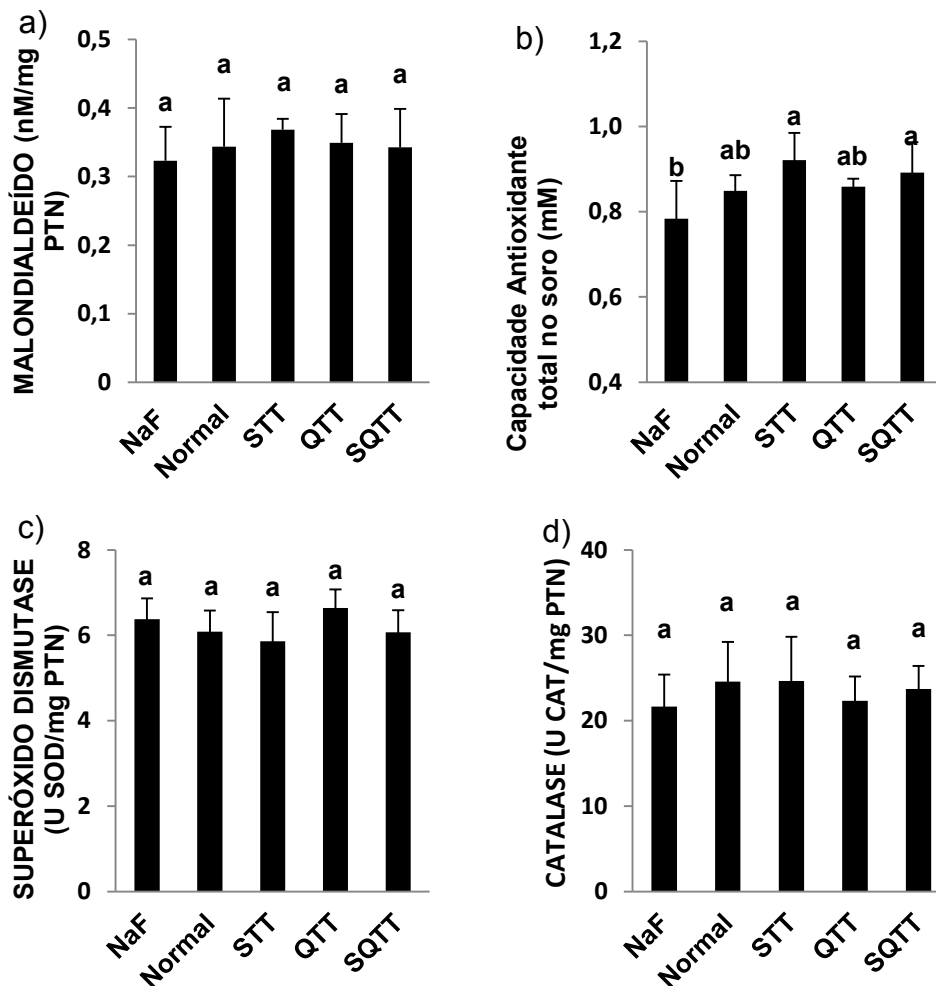
O tratamento dos animais com farinhas de sorgo e de quinoa e da mistura sorgo mais quinoa também não alterou os níveis de malondialdeído dos animais que receberam NaF. Observou-se que o NaF não foi capaz de produzir as desordens metabólicas, ou seja, de alterar o equilíbrio oxidante-antioxidante no corpo, que causaria danos oxidativos ao DNA, às proteínas e aos lipídios (BARBOSA et al., 2010; NABAVI et al., 2012). A intervenção com sorgo e quinoa manteve o equilíbrio metabólico, pois não foi observada alteração do estresse oxidativo nos animais nos grupos-teste.

A capacidade antioxidante total no soro foi maior ($p \geq 0,05$) para as dietas contendo sorgo, e sorgo mais quinoa. A presença de taninos condensados e de antocianinas no sorgo pode ter elevado a capacidade antioxidante (HAGERMAN et al., 1998; DE LA IGLESIA et al., 2010; STEFOSKA-NEEDHAM et al., 2015), mas isso não resultou em aumento nas defesas antioxidante endógena, medida pelas enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), que não exibiram diferenças ($p \geq 0,05$) entre os grupos (Figura 4c e 4d). Como não houve aumento do estresse oxidativo, também não houve demanda do aumento da defesa antioxidante.

O aumento da capacidade antioxidante também foi observado no estudo de Khan et al. (2015), que avaliaram o efeito da massa para macarrão contendo sorgo em marcadores de estresse oxidativo em indivíduos saudáveis, observando um aumento nas enzimas e na capacidade antioxidante para o sorgo vermelho. Embora, neste estudo, o grupo quinoa não tenha demonstrado aumento da capacidade antioxidante em relação ao grupo NaF submetido ao estresse, Pasko et al. (2010), avaliando o efeito da dieta suplementada com sementes de quinoa sobre o estado oxidativo em plasma e tecidos de ratos,

concluíram que a administração de quinoa protegeu o plasma contra a peroxidação lipídica.

Figura 4 – Efeito antioxidante de animais tratados com farinha de sorgo e quinoa submetidos ao estresse com fluoreto de sódio (NaF) por sete dias, dieta-controle positivo (NaF), dieta-controle negativo (normal) e dietas de farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Duncan.

Os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas (AST e ALT) e dos marcadores de função renal (creatinina e ureia) apresentaram aumento ($p < 0,05$)

nos grupos com dieta à base de sorgo e quinoa, em comparação aos controles (Tabela 8). Embora esses aumentos estejam dentro dos níveis fisiológicos de referência, com exceção do AST, por ser mais suscetível à variação, sugere-se que a menor ingestão de água e de alimentos, aliada à maior perda de umidade nas fezes (Tabela 6), observada para os grupos-teste, tenha provocado desidratação nos animais e promovido o aumento desses valores (WAKI, 2010; RONCAL-JIMENEZ et al., 2015).

Tabela 8 – Efeito antioxidante de farinha de sorgo e quinoa em animais submetidos ao estresse com fluoreto de sódio (NaF) por sete dias, recebendo dietas- controle positivo (NaF), dieta-controle negativo (normal) e dietas de farinha de sorgo BRS 305 (STT), farinha de quinoa BRS Piabiru (QTT) e farinha mista sorgo mais quinoa (SQTT), submetidas a tratamento térmico

Média	Creatinina (mg/dl)	Ureia (mg/dl)	AST (U/l)	ALT (U/l)
Controle positivo	0,35 ^c ± 0,04	7,5 ^b ± 0,84	118,86 ^b ± 9,92	36,43 ^c ± 4,35
Controle negativo	0,37 ^c ± 0,03	8,83 ^b ± 2,48	121,8 ^b ± 8,32	32,22 ^c ± 6,20
STT	0,55 ^a ± 0,07	16,2 ^a ± 2,28	177 ^a ± 10,38	44,29 ^b ± 5,74
QTT	0,43 ^b ± 0,03	15,75 ^a ± 3,86	172 ^a ± 17,68	52,17 ^a ± 8,91
SQTT	0,53 ^a ± 0,06	18,80 ^a ± 4,97	164 ^a ± 30,69	50,5 ^{ab} ± 7,62
Parâmetros bioquímicos ratos norvegicus adultos (MARTINO et al., 2013)	0,2 – 0,8	15,0 – 21,0	39,0 – 92,0	17,0 – 50,0

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan; ± desvio-padrão; ALT = alanina aminotransferase; AST = aspartato aminotransferase.

6 CONCLUSÕES

A qualidade proteica da dieta à base de farinha de sorgo restringiu o crescimento dos ratos. No entanto, a farinha de quinoa apresentou uma proteína de alta qualidade, que foi determinante no ganho de peso dos animais.

Embora o sorgo tenha mostrado possuir uma proteína de baixa qualidade, a farinha mista melhorou sua qualidade proteica e aumentou a capacidade antioxidante, indicando que a quinoa pode contribuir com os aminoácidos limitantes no sorgo. Conclui-se, assim, que a farinha mista se apresenta como uma boa possibilidade de consumo na alimentação humana, comparada, com os cereais convencionais, com potencial de melhorar a saúde e com preço acessível.

As concentrações de MDA e a atividade das enzimas (SOD e CAT) no fígado não apresentaram alterações nos ratos tratados com NaF na presença de sorgo, quinoa e mista, e os parâmetros bioquímicos séricos se mantiveram dentro da faixa estabelecida nas condições estudadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEBI, H. Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, v. 105, p. 121-126, 1984. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0076687984050163>>. Acesso em: 26 out. 2017.

AL-MAMARY, M. et al. In vivo effects of dietary sorghum tannins on rabbit digestive enzymes and mineral absorption. *Nutrition Research*, v. 21, n. 10, p. 1393-1401, 2001.

ALTHWAB, S. et al. Advances in grain sorghum and its co-products as a human health promoting dietary system. *Food Research International*, v. 77, p. 349–359, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.011>>. Acesso em: 8 out. 2016.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDTB, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, v. 21, n. 2, p. 106-113, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.014>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

ALVES, L. F.; ROCHA, M. S.; GOMES, C. C. F. Avaliação da qualidade proteica da quinua real (*Chenopodium quinoa* Willd) através de métodos biológicos. *E-Scientia*, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2008.

ANDO, H. et al. Food Components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology Research*, v. 8, n. 1, p. 80-84, 2002.

ANTUNES, R. C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 5, p. 1351-1354, 2007.

ARNEJA, I.; TANWAR, B.; CHAUCHAN, A. Nutritional composition and health benefits of golden grain of 21 st Century, Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.): A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 12, p. 1034-1040, 2015.

AWIKA, J. M. et al. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 23, p. 6657-6662, 2003.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *ScienceDirect*, v. 65, p. 1199-1221, 2004a.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential

- impact on human health. *Phytochemistry*, v. 65, p. 1199-1221, 2004b.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Properties of 3-Deoxyanthocyanins from sorghum. *J. Agric. Food Chem*, NULL, v. 52, p. 4388-4394, 2004.
- BADI, S. et al. The nutritive value of new and traditional sorghum and millet foods from Sudan. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 40, n. 1, p. 5-19, 1990.
- BALOTA, M. *Sorghum (Sorghum vulgare, L.) marketability grain color and relationship to feed value*. Virginia Tech. [S.l: s.n.], 2012. Disponível em: <<https://pubs.ext.vt.edu/AREC/AREC-23/AREC-23NP-pdf.pdf>>. Acesso em: 30 fev. 2016.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, v. 23, n. 4, p. 629–643, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732010000400013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 3 dez. 2016.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Influencia de la dieta sobre marcadores plasmáticos de estrés oxidativo en humanos. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, v. 31, p. 259-80, 2008. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272008000500006>. Acesso em: 31 jan. 2017.
- BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 46, p. 11609-11617, 2012.
- BARROS, F.; AWIKA, J.; ROONEY, L. W. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 6, p. 1212-1217, 2014.
- BENDER, A.; DOELL, B. Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis. *British Journal of Nutrition*, v. 11, n. 2, p. 138-139, 1957.
- BORGES, J. T. et al. Características físico-químicas , nutricionais e (*Chenopodium quinoa* Willd.) physicochemical and nutritional characteristics and uses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Temas Agrarios*, v. 15, n. 1, p. 9-23, 2010.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, NULL, v. 72, n. 1-2, p. 248–254, 1976.
- BRADY, K. et al. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*, v. 100, n. 3, p. 1209-1216, 2007.
- BUEGE, J. A.; AUST, S. D. Microsomal lipid peroxidation. *Methods in Enzymology*, NULL, v. 52, n. C, p. 302-310, 1978.

- CARDOSO, L. DE M. et al. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. *Food Chemistry*, v. 152, p. 210-217, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.106>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- CONCEIÇÃO, L. L. DA et al. Caracterização nutricional e tecnológica de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) destinados a alimentação humana. In: CONGRESSO MINEIRO DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO. *Resumos expandidos. Ouro Preto: UFOP*, v. 3, p. 5, 2009.
- CORDER, L. M. *Perspectivas para a agropecuária*. [S.l: s.n.], 2015. v. 2. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 5 fev. 2016.
- DE LA IGLESIA, R. et al. *Healthy properties of proanthocyanidins. BioFactors*. [S.l: s.n.], 2010.
- DINI, A. et al. A compositional study of Chenopodium quinoa seeds. *Food/Nahrung*, v. 36, n. 4, p. 400-404, 1992.
- DLAMINI, N. R.; TAYLOR, J. R. N.; ROONEY, L. W. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. *ScienceDirect*, v. 105, p. 1412-1419, 2007.
- DUNN, K. L. et al. Interaction of sorghum tannins with wheat proteins and effect on in vitro starch and protein digestibility in a baked product matrix. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 63, n. 4, p. 1234-1241, 2015.
- DUODU, K. G. et al. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.
- DYKES, L. et al. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Sorghum Grains of Varying Genotypes. *J. Agric. Food Chem*, v. 53, p. 6813-6818, 2006.
- DYKES, L.; ROONEY, L. W. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, v. 44, n. 3, p. 236-251, 2006.
- EBADI, M. R. et al. Prediction of the true digestible amino acid contents from the chemical composition of sorghum grain for poultry. *Poultry Science*, v. 90, n. 10, p. 2397-2401, 2011. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ps/article-lookup/doi/10.3382/ps.2011-01413>>. Acesso em: 14 mar. 2016.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema de produção**, 2. ISSN 1679-012X Versão eletrônica. 8. Ed. set. 2012. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/roteiro pedagogico/recursometod/8284_Embrapa_Milho_e_Sorgo.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2016
- FARRAR, J. L. et al. A novel nutraceutical property of select sorghum (*Sorghum bicolor*) Brans: Inhibition of protein glycation. *Phytotherapy Research*, v. 22, p. 1052-1056, 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAOSTAT/FAO). **Producer prices – Annual**. 2015, disponível em: <<http://>>

www.fao.org/faostat/en/#data/PP>. Acesso em: 23 jul. 2016.

FOUCAULT, A.-S. et al. Quinoa extract enriched in 20-hydroxyecdysone protects mice from diet-induced obesity and modulates adipokines expression. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, v. 20, n. 2, p. 270-277, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21869758>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

FREITAS, K. C. et al. Efeito da fibra do polissacarídeo de soja no peso e na umidade das fezes de ratos em fase de crescimento. *Jornal de Pediatria*, v. 80, n. 3, p. 183-188, 2004.

FRIEDMAN, M. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 44, n. 1, p. 6-29, 1996. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf9400167>>. Acesso em: 6 mar. 2016.

GEWEHR, M. F. et al. Análises químicas em flocos de quinoa: caracterização para a utilização em produtos alimentícios. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15 n.4, n. ahead, p. 280-287, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000023>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

GORINSTEIN, S. et al. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 43, n. 4, p. 629-637, 2008.

HAGERMAN, A. E. et al. High molecular weight plant polyphenolics (Tannins) as biological antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, n. 5, p. 1887-1892, 1998. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0000087931&partnerID=tZOTx3y1>>. Acesso em: 8 ago. 2016.

HAHN, D. H.; ROONEY, L. W. Effects of genotype on tannins and phenols of sorghum.pdf. *Cereal Chemistry*, v. 63, p. 4-8, 1985.

HAIKERWAL, M.; MATHIESON, A. R. The Protein Content and Amino Acid Composition of Sorghum Grain. *Cereal Chem*, v. 48, p. 690-699, 1971.

HIROSE, Y. et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of Chenopodium quinoa seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*, v. 119, n. 4, p. 1300-1306, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.008>>. Acesso em: 8 set. 2016.

KEAN, E. G. et al. Carotenoid bioaccessibility from whole grain and decorticated yellow endosperm sorghum porridge. *Journal of Cereal Science*, v. 54, n. 3, p. 450-459, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.010>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

KHALIL, J. K. et al. Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and bread. *Qual Plant Plant Foods Hum Nutr*, v. 34, p. 141-150, 1984.

KHAN, I. et al. Acute effect of sorghum flour-containing pasta on plasma total

polyphenols, antioxidant capacity and oxidative stress markers in healthy subjects: A randomised controlled trial. *Clinical Nutrition*, v. 34, n. 3, p. 415-421, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2014.08.005>>. Acesso em: 6 dez. 2016.

KHAN, I. et al. Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*, v. 54, n. 1, p. 578-586, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.059>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 5, n. 1, p. 35-68, 1992.

LEE, S. et al. Effects of interventions on oxidative stress and inflammation of cardiovascular diseases. *World Journal of Cardiology*, v. 3, n. 1, p. 18-24, 2011. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3030733&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

LI, G.; ZHU, F. Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. *Food Chemistry*, v. 221, p. 1560-1568, 2017.

MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, v. 49, n. 3, p. 241-256, 2003.

MAMI-SOUALEM1, Z.- et al. Antioxidant activity and nutrient composition of Sorghum bicolor L. and Secale cereale L. in Algeria. *Academia Journal of Food Research*, v. 1, n. December, p. 59-65, 2013.

MARKLUND, S. Pyrogallol autoxidation. In: RA, G. (Org.). *Handbook of methods for oxygen radical research*. New York: CRC Press, [S.l.: s.n.], 1985. p. 243-247.

MARTINO, H. S. D. et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption Caracterização química e distribuição granulométrica de genótipos de sorgo para alimentação humana. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MARTINO, H. S. D. et al. *Nutrição experimental*. Viçosa: Editora UFV, [S.l.: s.n.], 2013.

MAY, A. et al. Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012. *Documentos/Embrapa Milho e Sorgo*, n. 1518-4277, p. 28, 2011.

MENDES, F. Q. et al. Qualidade proteica de diversos alimentos, incluindo diferentes variedades de soja. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 20, n. 1, p. 77-86, 2009.

MORAES, É. A.; QUEIROZ, V. A. V.; et al. In vivo protein quality of new sorghum genotypes for human consumption. *Food Chemistry*, v. 134, n. 3, p. 1549-1555, 2012.

MORAES, É. A. et al. Qualidade proteica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico Protein and food qualities of brown flaxseed whole flour from the raw and heat – treated seeds. *Rev Inst Adolfo Lutz*, v. 69, n. 4, p. 531-536, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732009000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 16 out. 2016.

MORAES, É. A.; NATAL, D. I. G. et al. Sorghum genotype may reduce low-grade inflammatory response and oxidative stress and maintains jejunum morphology of rats fed a hyperlipidic diet. *Food Research International*, v. 49, n. 1, p. 553-559, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.029>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

NABAVI, S. M. et al. In vivo protective effects of quercetin against sodium fluoride-induced oxidative stress in the hepatic tissue. *Food Chemistry*, v. 132, n. 2, p. 931-935, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.070>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

NEILSON, M.; GIDDINS, R.; RICHARDS, G. N. Effect of tannins on the palatability of mangrove leaves to the tropical sesarminid crab *Neosarmatium smithi*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 34, p. 185-186, 1986. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Effect+of+tannins+on+the+palatability+of+mangrove+leaves+to+the+tropical+sesarminid+crab+Neosarmatium+smithi#0>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

NICKEL, J. et al. Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry*, v. 209, p. 139–143, 2016.

PASKO, P. et al. Analysis of selected phenolic acids and flavonoids in *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* seeds and sprouts by HPLC. *Acta Chromatographica*, v. 20, p. 661-672, 2008.

PASKO, P. et al. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*, v. 115, n. 3, p. 994-998, 2009.

PASKO, P.; BARTON, H. et al. Effect of diet supplemented with quinoa seeds on oxidative status in plasma and selected tissues of high fructose-fed rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, NULL, v. 65, n. 2, p. 146-151, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11130-010-0164-6>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PASKO, P.; ZAGRODZKI, P. et al. Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 65, n. 4, p. 333-338, 2010.

QUEIROZ, V. A. V. et al. *O sorgo na alimentação humana*. 2009. p. 1-19. (Circular Técnica, 133 - Embrapa, n. 0100-9915).

QUEIROZ, V. A. V. et al. Potencial do sorgo para uso no alimentação humano.

Informe Agropecuário, v. 35, n. 278, p. 7-12, 2014.

QUEIROZ, V. A. V. et al. Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], na alimentação humana. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 10, n. 1980-6477, p. 180-195, 2011.

RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E. S. M.; NOAMAN, M. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry*, v. 98, n. 1, p. 32-38, 2006.

RANHOTRA, G. S. et al. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*, v. 70, n. 3, p. 303-305, 1993.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY, G. C. Committee report AIN-93 purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *The Journal of Nutrition*, v. 11, p. 1939-1951, 1993.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, v. 120, n. 1, p. 128-133, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. A.-M.; SERNA, L. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 31, n. 1, p. 225-230, 2011.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S.-E. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, v. 19, n. 1-2, p. 179-189, 2003. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/FRI-120018884>>. Acesso em: 29 out. 2016.

ROJAS, W. et al. *La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. [S.l: s.n.], 2011. v. 37.

RONCAL-JIMENEZ, C. et al. Mechanisms by which dehydration may lead to chronic kidney disease. *Annals of Nutrition and Metabolism*, v. 66, n. suppl 3, p. 10-13, 2015.

ROONEY, L. W. Food and nutritional quality of sorghum and millet. *INTSORMIL 2007 Annual Report*. [S.l: s.n.], 2007. p. 91-93. Disponível em: <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pdack085.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ROONEY, L. W.; MILLER, F. R. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. *proceedings of the International International Symposium on Sorghum Grain Quality*. ICRISAT, Patancheru, India. [S.l: s.n.], 1982. v. 5. p. 143-162.

ROONEY, L. W.; MURTY, D. S. Evaluation of sorghum food quality. *sorghum in the eighties: Proceedings Symposium on Sorghum*, p. 571-588, 1982.

- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; TOLEDO, R. S. Sorgo - Uma boa alternativa para redução dos custos de alimentação. *poli-nutri*, 2001. p. 5.
- RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, v. 48, p. 131-136, 1993.
- RUIZ, K. B. et al. *Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development*. [S.l: s.n.], 2014.
- RYAN, E. et al. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 62, n. 3, p. 85-91, 2007.
- SAMANEZ, C. A. L. et al. Neutrand alkaline extractions methods for the isolation of soluble and insoluble fibers brans from quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). *Rev Soc Quím Perú*, v. 78, p. 54-64, 2012.
- SEDGHI, M. et al. Relationship between color and tannin content in sorghum grain: application of image analysis and artificial neural network. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 14, n. 1, p. 57-62, 2012.
- STEFOSKA-NEEDHAM, A. et al. Sorghum: An Underutilized Cereal Whole Grain with the Potential to Assist in the Prevention of Chronic Disease. *Food Reviews International*, v. 31, n. 8755-9129, p. 401-437, 2015.
- TEIXEIRA, N. DE C. et al. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes. *Food Chemistry*, v. 197, p. 291-296, 2016.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. **Basic Report 20067, Sorghum grain**. 2016. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/6531?fgcd=&manu=&facet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=sorghum>>. Acesso em: 8 abr. 2016.
- VALCÁRCEL-YAMANI, B.; LANNES, S. C. DA S. Applications of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus* Spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods. *Food and Public Health*, v. 2, n. 6, p. 265-275, 2012.
- VILLA, D. Y. G. et al. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 26, n. 7, p. 609-615, 2014.
- WAKI, M. F. Classificação em estágios da doença renal crônica em cães e gatos - abordagem clínica, laboratorial e terapêutica. *Ciência Rural, Santa Maria*, n. 0103-8478, 2010.
- WALTER, M.; SILVA, L. P. DA; EMANUELLI, T. Amido resistente:

características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. *Ciência Rural*, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.

WATANABE, K. *et al.* Amino acid composition, oxidative stability, and consumer acceptance of cookies made with quinoa flour. *Food Science and Technology Research*, v. 20, n. 3, p. 687-691, 2014. Disponível em: <<http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/fstr/20.687?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

WRIGHT, K. H. *et al.* Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* Seeds. *JFS: Food Chemistry and Toxicology*, v. 67, n. 4, p. 1383-1385, 2002.

YADAV, S.; KHETARPAUL, N. Indigenous legume fermentation: Effect on some antinutrients and in-vitro digestibility of starch and protein. *Food Chemistry*, v. 50, n. 4, p. 403-406, 1994.

ANEXO

ANEXO A – CERTIFICADO

CERTIFICADO

A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 20/2015, intitulado “Qualidade proteica e potencial funcional de farinhas mistas de sorgo e quinos submetidas a tratamento térmico”, coordenado pelo professor Frederico Augusto Ribeiro de Barros do Departamento de Tecnologia de Alimentos, está de acordo com a Legislação vigente (Lei Nº 11.794, de 08 de outubro de 2008), as Resoluções Normativas editadas pelo CONCEA/MCTI, a DBCA (Diretriz Brasileira de Prática para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia preconizadas pelo CONCEA/MCTI, portanto sendo aprovado por esta Comissão em 04/11/2015, com validade de 12 meses.

CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 20/2015, named “Protein quality and functional potential of the mixture of sorghum and quinoa flours subjected to heat treatment”, is in agreement with the actual Brazilian legislation (Lei Nº 11.794, 2008), Normative Resolutions edited by CONCEA/MCTI, the DBCA (Brazilian Practice Guideline for the Care and Use of Animals for Scientific Purposes and Teaching) and the Guidelines of Practice the Euthanasia recommended by CONCEA/MCTI therefore being approved by the Committee on November 04, 2015 valid for 12 months.


Prof. Atima Clemente Alves Zuanon

Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV