



- Eliane Maria Ribeiro¹
 Juliana Márcia Macedo Lopes²
 Ivy Scorzi Cazelli Pires³
 Lucilene Soares Miranda³
 Vanessa Alves Ferreira⁴
 Iara Ribeiro⁵
 Letícia Aparecida Gonçalves³

¹ Núcleo Ampliado de Saúde da Família e Atenção Básica (NASF). Caetanópolis, MG, Brasil.

² Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Nutrição. Juiz de Fora, MG, Brasil.

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Ensino em Saúde. Diamantina, MG, Brasil.

⁴ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Zootecnia, Laboratório de Nutrição Animal. Diamantina, MG, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Ensino em Saúde. Departamento de Nutrição, Diamantina, MG, Brasil.

Correspondência
Ivy Scorzi Cazelli Pires
ivy.cazelli@ufvjm.edu.br

Avaliação da qualidade proteica, peso de órgãos e comprimento da tíbia e animais experimentais alimentados com quinoa (*Chenopodium*, quinoa)

Assessment of protein quality, organ weight and tibia length of experimental animals fed with quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Resumo

Objetivo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade proteica e os efeitos da ingestão da quinoa (*Chenopodium quinoa*) no peso do fígado, baço e comprimento da tíbia de animais experimentais. **Método:** Para análise da qualidade proteica e eficácia alimentar, utilizou-se ensaio biológico de 28 dias e 18 ratos linhagem *Wistar*, calculando-se coeficiente de eficácia proteica (PER), razão proteica líquida (NPR), escore químico corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS), utilização da proteína líquida (NPU), digestibilidade *in vivo* e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) (AOAC). **Resultados:** Foram encontradas diferenças significativas entre valores de PER, NPR, NPU e CEA da quinoa (0,54; 2,58; 26,22 e 0,05, respectivamente) e da caseína (2,04; 3,84; 59,9; 0,2, respectivamente). Quanto à composição centesimal, foram encontrados valores de 11,31% de proteína, 11,28% de umidade, 2,04% de cinzas, 7,9% de lipídios e 67,47% de carboidratos. Não foram encontradas diferenças significativas entre valores de digestibilidade da caseína (96,93%) e quinoa (92,2%). O valor de PDCAAS encontrado para quinoa foi 0,97. Houve diferenças significativas em relação aos pesos dos órgãos, exceto o peso da tíbia, sendo que a caseína obteve maior peso. **Conclusão:** Os menores valores de PER, NPR, NPU e CEA demonstraram que a proteína da quinoa teve qualidade inferior à do leite, mas que os valores de digestibilidade e PDCAAS provam que ela apresenta boa qualidade proteica e perfil aminoacídico interessante, sendo necessários mais estudos para avaliar seu valor nutritivo.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa*. Qualidade proteica. Digestibilidade.

Abstract

Objective: The aim of this work was to evaluate the protein quality and the effects of quinoa (*Chenopodium quinoa*) ingestion on liver, spleen and tibial length in experimental animals. **Method:** For analysis of protein quality and feed efficacy, a 28-day biological assay and 18 Wistar rats were used, calculating the protein efficiency coefficient (PER), net protein ratio (NPR), chemical score corrected for protein digestibility (PDCAAS), utilization of liquid protein (NPU), *in vivo* digestibility and food efficiency coefficient (CEA) (AOAC). **Results:** Significant differences were found between PER, NPR, NPU and CEA values for quinoa (0.54; 2.58; 26.22 and 0.05, respectively) and casein (2.04; 3.84; 59.9; 0.2, respectively). As for the proximate composition, values of 11.31% of protein, 11.28% of moisture, 2.04% of ash, 7.9% of lipids and 67.47% of carbohydrates were found. No significant differences were found between digestibility

values of casein (96.93%) and quinoa (92.2%). The PDCAAS value found for quinoa was 0.97. There were significant differences in relation to organ weights, except for the weight of the tibia, with casein having greater weight. **Conclusion:** The lowest PER, NPR, NPU and CEA values demonstrated that quinoa protein had a lower quality than milk, but that the digestibility and PDCAAS values prove that it has good protein quality and an interesting amino acid profile, requiring further studies to assess its nutritional value.

Keywords: *Chenopodium quinoa*. Protein quality. Digestibility.

INTRODUÇÃO

A quinoa real (*Chenopodium quinoa*), planta oriunda da Cordilheira dos Andes, tem um valor econômico promissor e é considerada componente potencial na ração animal e na alimentação humana. Devido à sua alta qualidade nutricional, vem despertando a atenção de pesquisadores em várias partes do mundo.^{1,2} Os cientistas estão mostrando interesse pela qualidade nutricional, devido ao alto teor de proteína (~15%), com um equilíbrio certo de aminoácidos essenciais, alto teor de vitaminas e também compostos nutracêuticos, como flavonoides.^{2,3} Suas sementes contêm altos níveis de fotoquímicos, como fenólicos, peptídeos ou oligossacarídeos. Proteínas contendo grande quantidade de lisina e metionina representam quatro classes principais.^{2,4} As quantidades de fibra nas sementes de quinoa são maiores do que aquelas determinadas anteriormente em trigo ou arroz e são comparáveis com às determinadas para leguminosas.^{2,4} Essa semente é uma excelente fonte de vitaminas do complexo B, E e C, bem como minerais como Ca, Fe, Mg, Mn, P, K e Zn.^{2,3}

Sabe-se que a *Chenopodium quinoa* foi cultivada na região andina por milhares de anos. Nos últimos 30 anos, foi introduzida em muitos países da Europa, América do Norte, Ásia e África.⁴ Está provado que, devido à grande variabilidade genética, a quinoa pode ser adaptada de forma eficaz e fácil a uma ampla gama de condições ambientais.^{2,4}

A quinoa é conhecida como pseudocereal porque, embora não pertença à família Gramineae, produz sementes que podem ser moídas em farinha.^{2,5-8} Entretanto, o perfil aminoacídico da quinoa é muito superior aos outros cereais.⁹ Possui o aminoácido lisina em sua composição, em quantidade considerável,⁸ sendo considerada um pseudocereal cuja proteína apresenta qualidade elevada e é comparável à caseína do leite.⁵⁻⁸ E ainda, apresenta outras vantagens sobre os outros cereais, por possuir quantidades elevadas de vitaminas como riboflavina, niacina, tiamina, B6, e minerais como magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês e potássio.^{10,11}

Outra característica interessante da quinoa é a ausência de glúten em sua composição, característica importante para tratamento da doença celíaca.^{2,12} A doença celíaca (DC) é uma enteropatia imuno-mediada que ocorre pela ingestão do glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis. A porção antigênica da proteína do glúten para os pacientes celíacos é predominantemente a gliadina do trigo, que apresenta alto teor dos aminoácidos glutamina e prolina, bem como a hordeína da cevada e a secalina do centeio. Também há potencial antigênico da avenina da aveia, que apresenta teor intermediário dos aminoácidos glutamina e prolina, e que pode determinar DC.¹³ Os pacientes celíacos, quando consomem glúten, têm diarreia intensa e com odor fétido, emagrecimento considerável e deficiências nutricionais, já que têm a absorção de nutrientes diminuída.

O tratamento da doença celíaca consiste na introdução de dieta isenta de glúten de forma permanente, devendo-se, portanto, excluir da dieta os seguintes cereais e seus derivados: trigo, centeio, cevada, malte, aveia. Assim, a quinoa é uma excelente opção para pessoas portadoras dessa doença.¹²

Outra vantagem da proteína da quinoa é que ela apresenta algumas características desejáveis do ponto de vista de processamento de alimentos, já que possui adequada propriedade de gelatinização, capacidade de absorção de água e de emulsificação, além da estabilidade (resistência à retrogradação).^{1-3,5-7} Estes são aspectos muito interessantes para o desenvolvimento de novos produtos, inclusive da elaboração de produtos para indivíduos portadores de doença celíaca, já que o maior problema da substituição dos cereais que contêm glúten por outras matérias-primas que não o contêm é a ausência dessas características.¹¹

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade proteica da quinoa real (*Chenopodium quinoa*) e os efeitos de sua ingestão no peso do fígado, baço e comprimento da tíbia em ratos.

MÉTODO

Os experimentos animais foram conduzidos seguindo os Princípios Éticos na Experimentação Animal, preconizados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal – CETEA da Universidade Federal de Minas Gerais, sob o registro nº 149/2008.

O trabalho foi desenvolvido em laboratórios de Nutrição Experimental e Bromatologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) – Diamantina, MG.

Determinação da composição centesimal da quinoa

Para determinação do teor de umidade em amostras de quinoa, utilizou-se a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz⁵ e AOAC¹⁴ (Association Of Official Analytical Chemists).¹⁴ Os teores de proteína, lipídios e resíduo mineral fixo foram determinados pelos métodos preconizados pela AOAC;¹⁴ o teor de carboidratos digeríveis e fibras foi calculado pela diferença percentual.

Determinação do perfil de aminoácidos

Inicialmente, procedeu-se à moagem (1 mm) e, em seguida, ao desengorduramento (1 ml de éter etílico, repetido 3 vezes), para então haver a hidrólise – exceto para determinação de triptofano, quando se utilizou o método de SPIES.¹⁵

Para análise do perfil de aminoácidos, utilizaram-se os métodos segundo Spackman et al.¹⁶

Ensaio biológico

Foram utilizados 18 ratos da linhagem *Wistar* (AOAC).¹⁷ De acordo com a metodologia da AOAC, citada anteriormente, devem-se utilizar seis animais experimentais por tratamento, que devem permanecer em gaiolas individuais aramadas, recebendo água e alimento *ad libitum*. Dessa forma, os animais foram divididos em três grupos: padrão (DP), que recebeu dieta com caseína; aprotéico (LN), que recebeu dieta livre de nitrogênio (este grupo foi utilizado para fazer o cálculo de NPR - razão proteica líquida e digestibilidade verdadeira - D); e o grupo experimental quinoa (DQ), que recebeu dieta com farinha de quinoa como fonte proteica. Com este tipo de manejo, conseguem-se obter peso dos animais, ração e quantidade de proteína ingerida com seis repetições para cada tratamento, por 28 dias, o que é conclusivo para tal estudo.

Para avaliação de qualidade proteica, os dados foram coletados até 14 dias; e para se avaliar o desenvolvimento de órgãos e comprimento da tíbia, o experimento se estendeu até 28 dias, segundo AOAC.¹⁷ Os animais eram provenientes do biotério da Universidade Federal de Viçosa-MG, com média inicial de peso de 98,44 g e foram pesados no sétimo, no décimo quarto, vigésimo primeiro e vigésimo oitavo dia de vida. Os comedouros eram completados todas as vezes que se encontravam vazios. Calculou-se a quantidade de proteína ingerida, considerando-se o teor proteico da dieta. Para o cálculo do consumo dos animais, utilizou-se o peso do comedouro cheio, descontando-se o peso do comedouro vazio e sobras do papel.

Preparo das dietas

As fontes de proteína utilizadas para o preparo das dietas foram quinoa real e caseína. A caseína comercial foi obtida da Rhooster® Indústria e Comércio Ltda., bem como fibra (celulose), mistura de minerais, mistura vitamínica,

L-cistina, bitartarato de colina, amido dextrinizado (Tabela 1). A quinoa real foi obtida no comércio local de Diamantina e Belo Horizonte-MG, na forma de farinha. A composição das dietas foi baseada na AIN-93G¹⁸ com o teor de proteínas alterado para 9 a 10%. As dietas foram homogeneizadas em batedeira industrial. Após o preparo, determinou-se o teor de proteína de cada dieta pelo método semimicro Kjeldahl, usando o fator 6,25 para a obtenção do teor de proteína. As dietas foram acondicionadas em sacos de polietileno, devidamente rotulados e armazenados em refrigerador.

Tabela 1. Composição das dietas (g/100g), oferecidas aos ratos durante 28 dias. Diamantina-MG, 2008.

	Caseína (g)	LN* (g)	Quinoa (g)
Fonte proteica	10,58	0	79,56
Sacarose	9	9	9
Óleo de soja	7	7	1,4
Celulose (Fibra)	5	5	5
Mistura de minerais (AIN-93G)	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica (AIN-93G)	1	1	1
L-cistina	0,3	0,3	0,3
Bitartarato de colina	0,25	0,25	0,25
Amido dextrinizado	13,2	13,2	0
Amido de milho	50,17	60,75	0

* Livre de nitrogênio

As dietas utilizadas para o ensaio biológico eram isoproteicas (9,0 a 10,0 %) e isocalóricas (356 a 360 Kcal), para não haver interferência no consumo de dieta quanto no teor de proteína ingerida sobre os resultados do experimento. Os teores de carboidratos foram obtidos por diferença percentual após determinação de umidade, proteína, lipídios e minerais

Determinação da composição centesimal das dietas

A determinação da composição centesimal da dieta foi realizada de acordo com o item 2.1.

Para mensuração da quantidade a ser comprada de quinoa para o ensaio experimental, foram utilizadas informações nutricionais de rótulos da farinha de quinoa real® e tabelas de composição de alimentos.^{19,20}

Coefficiente de eficácia proteica (PER)

O cálculo de PER (*protein efficiency ratio* ou coeficiente de eficácia proteica) foi realizado de acordo com AOAC.¹⁷ Este método relaciona o ganho de peso dos animais com o consumo de proteína.

O PER foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganho de peso do grupo teste (g)}}{\text{Proteína consumida pelo grupo teste (g)}}$$

Razão proteica líquida (NPR)

O cálculo de NPR (*net protein ratio* ou razão proteica líquida) foi realizado de acordo com AOAC.¹⁷ Esse método relaciona o ganho de peso do grupo teste com a perda de peso do grupo apteico e a proteína consumida pelo grupo teste.²¹

O NPR foi calculado com a seguinte equação:

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso do grupo teste (g)} + \text{perda de peso grupo apteico (g)}}{\text{proteína consumida pelo grupo teste (g)}}$$

Determinação de digestibilidade *in vivo*

A digestibilidade verdadeira foi calculada avaliando-se a quantidade de nitrogênio ingerido na dieta, através do consumo de dietas nos dias em que foram coletadas as fezes; o nitrogênio excretado nas fezes e a perda metabólica de nitrogênio nas fezes, que corresponde ao nitrogênio fecal do grupo com dieta apteica, que quantifica o nitrogênio de origem endógena, não alimentar.

Para o cálculo da digestibilidade, as dietas foram marcadas com índigo carmim, na proporção de 200 mg de índigo carmim/100 g para marcar o início e o fim da coleta das fezes. As fezes foram coletadas do 8º ao 13º dias, colocadas em recipientes individuais e armazenadas em refrigerador. Foram pesadas úmidas e depois foram colocadas para secar em estufa a 105° C *per noite*; após, foram pesadas secas e os valores anotados. Posteriormente, foram trituradas em miniprocessador e feita a determinação do nitrogênio pelo método semimicro Kjeldahl, com amostras em triplicata, segundo AOAC.¹⁴

O cálculo da digestibilidade verdadeira foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$(\%) \text{ Digestibilidade} = \frac{\text{NI} - (\text{NF} - \text{NFK})}{\text{NI}} \times 100$$

NI = Nitrogênio ingerido pelo grupo teste.

NF = Nitrogênio fecal do grupo teste.

NFK = Nitrogênio fecal do grupo com dieta apteica.

Determinação do escore químico corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS)

Foi estimado o escore de aminoácidos essenciais (EAE), que corresponde à proporção do aminoácido mais limitante (primeiro limitante) do alimento-teste em relação às necessidades de aminoácidos essenciais de crianças de dois a cinco anos de idade (pré-escolares), usadas como padrão de referência segundo a FAO.²²

$$\text{EQ} = \frac{\text{mg de aminoácido/grama de proteína teste}}{\text{mg de aminoácido/grama de proteína padrão}}$$

A partir dos valores de EQ, calculou-se o valor proteico da quinoa por meio do PDCAAS - *Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score*,²³ método preconizado pela FAO²² e que corresponde ao produto do EQ pela digestibilidade verdadeira da proteína.

$$\text{PDCAAS (\%)} = (\text{EQ}^* \times \text{Dv}^{**}) / 100$$

*EQ= Escore Químico

**Dv= Digestibilidade Verdadeira

Coeficiente de eficácia alimentar (CEA)

Para o cálculo de CEA, foi utilizada a seguinte fórmula: CEA= ganho de peso do animal (g)/ ingestão total (g). Essa fórmula avalia a eficiência da dieta em promover ganho de peso corporal, ou seja, o alimento como um todo, e não só a eficiência e a qualidade das proteínas.²⁴

Determinação de NPU

A partir do valor de NPR, estimou-se o índice NPU (*net protein utilization*), a fim de se avaliar a retenção de proteína pelo organismo, tendo sido obtido pela seguinte equação:²¹

$$\text{NPU} = 3,3 + 15,5 \text{ NPR}$$

Peso da tíbia, fígado, baço e comprimento da tíbia

No 28º dia de experimento, os animais foram anestesiados e sacrificados. Posteriormente, foram retirados o fígado, o baço e a tíbia. Todos os órgãos foram pesados e também se determinou o comprimento da tíbia.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi feita por meio de análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa *The SAS System* versão 9.00 (2002).²⁴

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da composição centesimal da farinha de quinoa e das dietas experimentais

Os valores médios de umidade, proteína, lipídios, cinzas e carboidratos digeríveis mais fibras da farinha de quinoa foram de 11,28%, 11,31%, 7,9%, 2,04% e 67,47%, respectivamente. De acordo com a Portaria 354/96 DETEN/MS,²⁵ o teor de umidade encontrado para a quinoa está adequado, pois esse valor não pode exceder 15%.

Observa-se que a quinoa apresenta um teor proteico maior que de outros cereais e leguminosas. Os resultados do teor proteico da quinoa demonstraram que ela possui maior teor de proteína que outros cereais e leguminosas como arroz (2,5%), milho (6,6%), feijão (4,8%) e lentilha (6,3%).²⁰

Os valores encontrados neste estudo corroboraram os encontrados por Vilche et al.,²⁶ que relataram que os valores de proteína da quinoa variam de 10 a 18% e 4,5 a 8,75% de gordura. Esses valores são semelhantes aos obtidos por Speahr²⁷ e Tavano & Amistá,²⁸ que encontraram, respectivamente, 11,72% de umidade, 5,50% de gordura, 14,81% de proteína, 3,38% de cinzas e 60,95% de carboidrato e 12,9% de proteína, 8,83% de lipídios e 1,63% de cinzas, ambos para a farinha de quinoa.

Quanto à composição das dietas experimentais, observou-se que estas eram isoproteicas (9 e 10 %), isocalóricas (356 a 360 Kcal), isolipídicas (7 a 7,9%) e isoglicídicas (77,35 a 79,5%).

Consumo de dieta, proteína e ganho de peso

Não houve diferenças estatísticas entre o consumo de dieta e proteína entre o grupo teste e o grupo padrão (Tabela 2).

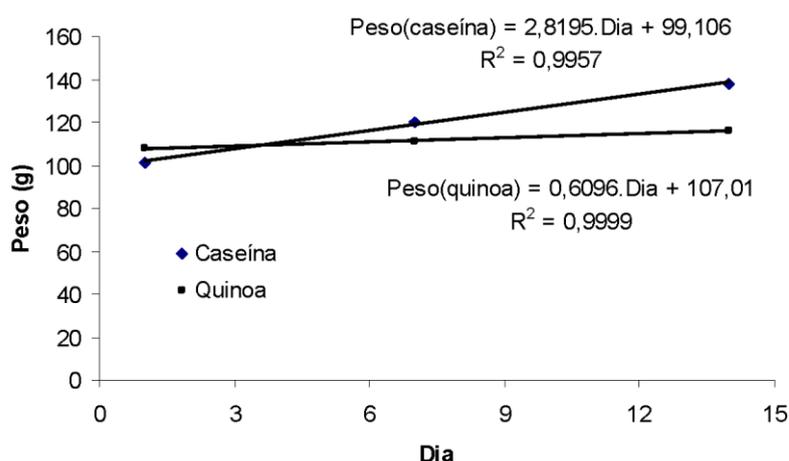
Tabela 2. Média de consumo de dieta e proteína de ratos durante 14 dias. Diamantina-MG, 2008.

Grupos	Consumo de dieta (g)	Consumo de proteína (g)
Caseína	175,27 ^a	17,52 ^a
Quinoa	151,24 ^a	14,36 ^a

a, b - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando-se o ganho de peso dos animais experimentais, houve diferenças significativas, em que o grupo padrão obteve o maior ganho de peso, como apresentado na Figura 1.

Figura 1. Média de peso semanal dos ratos durante 14 dias de tratamento, submetidos a dietas padrão (dieta com caseína) e dieta com quinoa. Diamantina-MG, 2008.



Observa-se que o peso médio dos ratos submetidos à dieta padrão (caseína) apresentou uma taxa de ganho médio diário de 2,8195g, enquanto o peso médio dos ratos alimentados com dieta com quinoa apresentou um ganho médio diário de 0,6096g.

Silva et al.,²⁹ em pesquisa com a proteína da soja, encontraram resultados análogos, em que a proteína de soja promoveu ganho de peso inferior à caseína, mesmo não diferindo entre os grupos o consumo de ração e de proteína. Já Naves et al.,³⁰ em estudo com a proteína do milho, encontraram menor consumo de dieta e proteína do milho convencional com relação ao grupo padrão; porém com conseqüente menor ganho de peso do grupo teste, como neste estudo.

Coefficiente de eficácia alimentar (CEA)

Quanto ao CEA, houve diferenças entre os animais alimentados com a dieta contendo quinoa (0,05) e os alimentados com a dieta de caseína (0,20), sendo que a última obteve melhor eficácia.

Em estudo feito com algaroba, uma leguminosa, autores encontraram um CEA de 0,12,³¹ valor abaixo ao da caseína, porém maior que o da quinoa. Diante do exposto, observa-se que a dieta com quinoa apresenta-se menos eficiente, ou seja, não promove um ganho de peso eficiente quando comparada à caseína.

Valores de NPR (*net protein ratio*), NPU (*net protein utilization*), PER (*protein efficiency ratio*) e digestibilidade *in vivo*

Encontrou-se para a dieta de quinoa um valor médio de NPR de 2,55 (69,86% em relação à caseína). Mendes et al.³² encontraram valores maiores: NPR de 3,98 (79,48% em relação à caseína).

Estudos com feijão cozido e um produto fermentado de soja encontraram valores de NPR 2,9 e 3,13 respectivamente, ambos com valores maiores ao da quinoa.^{15,30} Tais valores podem ser explicados pelo fato de o feijão ser cozido e a soja, fermentada, o que facilita a absorção. Mendes et al.³² encontraram valores de NPR relativo para diferentes variedades de soja que variam de 51,18 a 68,63%, próximos ao encontrado para a quinoa.

O NPU encontrado para a quinoa foi de 26,22 (43,72% em relação à caseína) e o da caseína, 50,96. O NPU (*net protein utilization*) é calculado a partir do NPR, a fim de se avaliar a retenção de proteína pelo organismo.²¹

Em estudos com outras proteínas de origem vegetal, observou-se que o milho apresentou um NPU de 43,2%, o feijão-preto 34,74% e a soja 53,9%.^{31,33,34}

Encontrou-se, no presente estudo, valor de PER para a quinoa de 0,54 (26,47% em relação à caseína), baixo quando comparado ao valor obtido por Alves et al.,³⁵ que encontraram para quinoa um valor de PER de 2,87.

Quando comparado com outras proteínas de origem vegetal, estudos encontraram valores de PER para o milho de 0,68 e um PER relativo de 15,59%³⁶ e para feijão de 1,12 e um PER relativo de 28,98%.³⁷ Vale ressaltar que é descrito na literatura que o NPR é melhor para avaliar qualidade proteica do que o PER, pois leva em consideração o nitrogênio endógeno, e o PER somente leva em consideração o peso do animal e a proteína ingerida.

Houve diferença significativa entre o NPR, PER e NPU da quinoa e da caseína, sendo que este último grupo apresentou maiores valores (Tabela 3).

A digestibilidade é a medida da porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou de qualquer outro composto nitrogenado. Trata-se de um determinante da qualidade proteica da dieta. Quando certas ligações peptídicas não são hidrolisadas no processo

digestivo, parte da proteína é excretada nas fezes ou transformada em produtos do metabolismo pelos microrganismos do intestino grosso.³³ A digestibilidade da farinha de quinoa foi de 92,20%, e digestibilidade relativa de 95,12%, não diferindo estatisticamente da digestibilidade da caseína (Tabela 5), demonstrando assim que essa proteína é de fácil quebra e conseqüentemente, grande absorção. Alves et al.³⁵ encontraram valor para a digestibilidade da quinoa de 98%; já Mendes et al.³² encontraram um valor de 85,95%. Vale ressaltar que a quinoa apresenta digestibilidade maior que outros cereais e leguminosas que não ultrapassam 90% na sua forma integral,³⁵ como por exemplo, a aveia, que apresenta 76%, o arroz 75%, o trigo integral 79%, o germe de trigo 65%, o milho integral 76%, o germe de milho 60% e algumas leguminosas e tubérculos como a soja que apresenta digestibilidade de 78%, o feijão 60% e a batata 74%.³⁴

Tabela 3. Média de digestibilidade “*in vivo*”, NPR, PER, NPU do experimento com 14 dias. Diamantina-MG, 2008.

Grupos	Digestibilidade Verdadeira	Digestibilidade Relativa	NPR	NPR relativo (%)	NPU	NPU relativo (%)	PER	PER relativo (%)
Caseína	96,93 ^a	100	3,65 ^a	100	59,96 ^a	100	2,04 ^a	100
Quinoa	92,20 ^a	95,12	2,55 ^b	69,86	26,22 ^b	43,72	0,54 ^b	26,47

a, b - Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Comparando com a digestibilidade de outros alimentos de origem vegetal Luján et al.³⁸ encontraram valor de digestibilidade para feijão de 84,88; Mendes et al.³² relataram para outros cereais, como aveia e arroz, valores de 87,84 e 92,12, respectivamente.

Peso da tibia, fígado, baço e comprimento da tibia

Quanto ao peso da tibia dos ratos, não houve diferença significativa entre os dois grupos avaliados. Já com relação ao peso do fígado, peso do baço e comprimento da tibia, houve diferenças, sendo que os valores do grupo controle foram superiores ao do grupo teste, no experimento com 28 dias (Tabela 4)

Tabela 4. Média do Peso órgãos (g) e comprimento da tibia (cm) dos animais experimentais. Diamantina-MG, 2008

Grupos	PB*	PF**	PT***	CT****
Caseína	0,52 ^a	8,3 ^a	0,46 ^a	3,4 ^a
Quinoa	0,38^b	6,6^b	0,39 ^a	3,1^b

* - Peso do baço

** - Peso do fígado

*** - Peso da tibia

**** - Comprimento da tibia

a,b - Dados seguidos por mesma letra na mesma coluna não diferem do padrão pelo teste de Tukey.

Em um ensaio biológico testando o efeito de um probiótico na modulação dos níveis de colesterol sérico e no peso do fígado de ratos alimentados com dieta rica em colesterol e ácido fólico, realizado em 28 dias, autores encontraram uma média de peso dos fígados de ratos alimentados com uma dieta padrão de caseína (AIN-93G) de 14,7g.³⁸ Guzmán-Silva et al.,³⁹ testando o efeito de rações adicionadas ou não de suplemento alimentar e de vitaminas e minerais durante o período de crescimento, relatam que em 28 dias recebendo dieta contendo caseína, vitaminas e minerais (AIN-93G), os animais tiveram uma média de peso dos fígados de 12,08g. Ambos os estudos acima encontraram valores maiores ao encontrado para o mesmo grupo no presente trabalho, que foi de 8,3g para ratos alimentados com uma dieta padrão de caseína (AIN-93G).

Quanto ao peso do baço Guzmán-Silva et al.,³⁹ em seu estudo, relataram uma média de peso de 0,87g em ratos recebendo dieta contendo caseína, vitaminas e minerais (AIN-93G) por 28 dias, valor maior do que o encontrado no presente estudo, que foi de 0,52g.

A média do comprimento da tíbia encontrada foi de 3,4 cm e 3,1 cm para caseína e para quinoa, respectivamente.

Rocha et al.⁴⁰ encontrou valores de comprimento da tíbia de 3,55cm para ratos do grupo controle (alimentados com dieta normoproteica) e 3,06 cm para ratos do grupo teste. Já Prazeres et al.⁴¹ encontrou um valor de comprimento da tíbia de 3,59cm para ratos, ambos os experimentos tiveram 30 dias de duração e apresentaram valores maiores do que do presente estudo.

Quanto ao peso da tíbia, Rocha et al.⁴⁰ relatam um peso de 4,023g para ratos do grupo controle em que a fonte proteica era a caseína (80%), alimentados por 30 dias. Esse valor quando comparado ao do grupo controle (caseína) encontrado no presente trabalho que é de 8,3g é menor.

PDCAAS

Calculado o escore químico, o aminoácido que obteve menor valor foi metionina + cisteína, pois a quinoa não apresentou nenhum aminoácido limitante. Todos os valores encontrados foram maiores que 1 (Tabela 5); foi então calculado o PDCAAS, e o valor encontrado para a quinoa foi de 0,99. Alves et al.³⁵ encontraram um valor de PDCAAS da quinoa de 1,07, semelhante ao encontrado neste estudo.

Tabela 5. Padrão FAO/OMS, perfil de aminoácidos e escore químico da quinoa real. Diamantina-MG, 2008

Aminoácidos essenciais	Padrão FAO/OMS (mg/g proteína)	Aminoácido quinoa real (mg/g proteína)	Escore químico quinoa real
Histidina	19	32,71	1,72
Isoleucina	28	45,09	1,61
Leucina	66	71,61	1,08
Lisina	56	61,89	1,10
Metionina + Cisteína	25	26,52	1,06
Fenilalanina + Tirosina	63	77,8	1,23
Treonina	34	45,09	1,32
Triptofano	11	21,22	1,92
Valina	35	65,42	1,86

Monteiro et al.⁶ encontraram os seguintes valores de PDCAAS para diferentes variedades de soja, variando de 0,75 a 0,8; enquanto Silva et al.²⁹ encontraram o valor de PDCAAS para o grão de soja de 0,88. Naves et al.³⁰⁻³³ encontraram um valor de 0,82 para milho. Todos os estudos aqui citados apresentam valores menores ao encontrado para quinoa. Isso demonstra que a quinoa, ao ser avaliada quanto à digestibilidade e ao PDCAAS, pode ser considerada uma proteína de boa qualidade.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a quinoa é uma boa alternativa para a alimentação, já que possui teor proteico, digestibilidade e PDCAAS adequados, pois não apresentou nenhum aminoácido limitante. Entretanto, mais estudos devem ser realizados, já que esta proteína apresentou valores de PER, NPR, NPU e CEA inferiores à caseína, assim como o peso dos órgãos. Vale ressaltar que a quinoa apresenta algumas vantagens em relação a cereais e leguminosas, como maior teor proteico, melhor digestibilidade e perfil aminoacídico.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo financiamento dos recursos do projeto (gaiolas e comedouros de inox para animais experimentais, ingredientes da dieta, computador), e à PRPPG-FAPEMIG-UFVJM, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

1. Ragucci S, Bulgari D, Landi N, Russo R, Clemente A, Valleta M. The Structural Characterization and Antipathogenic Activities of Quinoin a Type 1 Ribosome-Inactivating Protein from Quinoa Seeds. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22(14):8964-89. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22168964>.
2. Pereira Zelada CE, Barros L, Gonzales-Barron U, Cadavez V, Ferreira IC. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food chemistry* 2019;280(10):110-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>.
3. Contreras-Jiménez B, Torres-Vargas OL, Rodriguez-García ME. Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food chemistry* 2019;298(12):4982-5001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>.
4. Sobota A, Swieca M, Geseinski K, Wirkijowska A, Bochnak J. Yellow-coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) – physicochemical nutritional and antioxidant properties. *J. of the Sci. of Food and Agr.* 2020;100(12):2035-2042. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10222>.
5. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas. 3. ed. São Paulo, v. 1 1985. 533 p.
6. Monteiro MRP, Costa NMB, Oliveira MGA, Pires CV, Moreira MA. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz e das isoenzimas Lipoxigenases. *Rev. Nutr. Campinas*; 2004;17(2):195-205. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000200006>.

7. Bhargava TS, Rana S, Shukla DO. Biol Plant. Seed protein electrophoresis of some cultivated and Wild species of *Chenopodium* 2005;49(4):505-511.
8. Comai S, Antonella B, Lucia B, Mirella B, Carlo C, Graziella A. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. Food Chemistry 2005;23(10):1350-1355.
9. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 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. Journal of Nutrition 1993;123(1):1939-51.
10. Tavares SG, Kiyam C. Avaliação da qualidade nutricional da proteína da farinha de Tempeh produto fermentado obtido a partir da soja. Alim. Nutr. São Paulo; 2002;13(3):23-33.
11. Borges JTS, Ascheri JLR, Ascheri DR, Do Nascimento RE, Freitas AS. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*) polido por extrusão termoplástica. B. Ceppa 2003;21(2):303-22.
12. Sales AC, Campos CNS, Junior JPS, Da Silva DL, Oliveira KS, Prado RM, et al. Silicon mitigates nutritional stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Scientific Reports 2021;102(11):14665-80. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94287-1>.
13. Baptista ML. Doença celíaca: uma visão contemporânea. Pediatria. São Paulo; 2006;28(4):262-71.
14. Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the Association of official analytical chemists 4th ed Washington DC. 1984. 1094 p.
15. Spies JR. Determination of tryptophan in proteins. Analytical Chemistry, 01 Oct; 1967;39(12):1412-1416. DOI: 10.1021/ac60256a004.
16. Spackman DH, Stein WH, Moore S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. Analytical Biochemistry 1958;(30)12:1190-06.
17. Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington; 1975. 1.094 p.
18. Pires CV, Oliveira MGA, Rosa JC, Costa NMB. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. Ciênc. Tecnol. Aliment. 2006;26(1):179-87. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100029>.
19. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. Protein Quality Evaluation. FAO Food and Nutrition FAO Joint WHOE Consultation Rome 1991. 51 p.
20. Yañez-Yazlle MF, Romano-Armanda N, Acreche MM, Rajal VB, Irazusta VP. Halotolerant bacteria isolated from extreme environments induce seed germination and growth of chia (*Salvia hispanica* L.) and quinoa (*Chenopodium*

- quinoa Willd.) under saline stress. *Ecotox and Envir Safety*. 2021;218(910):112273-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112273>.
21. Bender AE, Doell BH. Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis. *Br. Jour. Nutr.* 1957;(11)13:138-43. DOI:10.1079/BJN19570028.
 22. Campbell JA. Method for determination of PER and NPR. In: Food and Nutrition Board. Evaluation of protein quality. Washington: Committee on Protein Quality, 1963. p. 31–32.
 23. Cao H, Sun R, Shi J, Li M, Guan X, Liu J, et al. Effect of ultrasonic on the structure and quality characteristics of quinoa protein oxidation aggregates. *Ultras Sonoch* 2021;(77)12:105685-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105685>.
 24. Rocha R, Simões GC, Porto M, De Mello MAR. Desnutrição proteico-calórica e crescimento corporal. Influência do exercício na recuperação nutricional de ratos. *Alim. Nutr.* 1997;(8)28:7-16.
 25. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Legislação da farinha de trigo (portaria 354/96 deten/ms).
 26. Vilche C, Gely M, Santalla E. Physical properties of quinoa seeds. *Biosyst Engin* 2003;(86)35:59–65. DOI [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4).
 27. Spehar CR. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. *Cad. Ciênc. Tecn.* 2006;(23)1:41-62.
 28. Tavano OL, Amistá MJM. Anais da VII jornada científica da Fazu. 2008.
 29. Da Silva LF, Lima DF, Nascimento CBS, De Lima RB, Farias GGM. Efeitos da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora*) durante as fases de gestação e lactação em ratas Wistar. *Acta Scient. Biol. Sci.* 2003;(25)2:459-65 DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v25i2.2039>.
 30. Naves MMV, Silva MSS, Cerqueira FM, Paes MCD. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. *Pesq. Agropec. Trop.* 2004;34(1):1-8.
 31. Sdepanian VL, De Moraes MB, Fagundes-Neto U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. *Arq. Gastr.* 1999;36(4):244-257. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0004-28031999000400013>.
 32. Mendes FQ, Oliveira MGA, Costa NMB, Pires CV, Hoffmam ZB. Qualidade Protéica de Diversos Alimentos Incluindo diferentes variedades de soja. *Alim. Nutr.* 2009;20(1):77-86.
 33. Berchielli TT, De Andrade P, Furlan CL. Avaliação de Indicadores Internos em Ensaios de Digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.* 2000;29(3):830-833. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000300027>.

34. SAS Institute. SAS/STAT® user's guide: version 6. 4 ed. Nova York: Cary; 1990. 54 p.
35. Alves LF, Rocha MS, Gomes CCF. Avaliação da qualidade protéica da Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd) através de métodos biológicos. E-Scientia 2008;(1)1:1357- 75.
36. De Oliveira AC, Queiroz KS, Helbig E, Reis SMPM, Carraro F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose estaquiose e verbascose. Arch. Latinoa. Nutr. 2001;(51)3:28455-68.
37. Sgarbieri VC. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades degradações modificações. São Paulo: Editora Varela; 1996. 517 p.
38. Luján DLB, Leonel AJ, Bassinello PZ, Costa NMB. Variedades de feijão e seus efeitos na qualidade proteica na glicemia e nos lipídios sanguíneos em ratos. Ciênc. Tecnol. Aliment. 2008;28(Supl.):142-49. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500022>.
39. Guzmán-Silva MA, Wanderley AR, Macedo VM, Boaventura GT. Recuperação da desnutrição em ratos mediante rações adicionadas ou não de suplemento alimentar e de vitaminas e minerais durante o período de crescimento. Rev. Nutr. 2004;17(1):59-69.
40. Prazeres FG, Pessoa DCNP, Bion, FM, Arnauld TMS. Exercício físico, crescimento e desenvolvimento: estudo em ratos jovens desnutridos pela dieta básica regional (DBR) e recuperados nutricionalmente. Ver. Bras. Educ. Fis. Esp. 2004;18(13):7-16.

Colaboradoras

Ribeiro EM, Lopes JMM, Pires ISC, Miranda LS, Ferreira VA, Ribeiro I e Gonçalves LA participaram de todas as etapas, desde a concepção do estudo até a revisão da versão final do artigo.

Conflito de Interesses: As autoras declaram não haver conflito de interesses

Recebido: 21 de outubro de 2021

Aceito: 07 de maio de 2021