

ANTONIO MANOEL MARADINI FILHO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E FATORES
ANTINUTRICIONAIS DE QUINOA DA VARIEDADE BRASILEIRA BRS
PIABIRU**

Tese 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 *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014**

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

T

M298c
2014

Maradini Filho, Antonio Manoel, 1958-
Caracterização físico-química, nutricional e fatores
antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS
Piabiru / Antonio Manoel Maradini Filho. - Viçosa, MG, 2014.
xx, 202f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Mônica Ribeiro Pirozi.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Quinoa - Nutrientes.
3. Nutrição. 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. 641.303

ANTONIO MANOEL MARADINI FILHO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, NUTRICIONAL E FATORES
ANTINUTRICIONAIS DE QUINOA DA VARIEDADE BRASILEIRA BRS
PIABIRU**

Tese 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 *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 9 dezembro de 2014.

Helena Maria Pinheiro Sant'Ana
(Coorientadora)

José Benício Paes Chaves
(Coorientador)

Eber Antonio Alves Medeiros

João Tomaz da Silva Borges

Mônica Ribeiro Pirozi
(Orientadora)

A Deus,

Aos meus pais Antonio (in memoriam) e Benedicta,

Aos meus irmãos Valéria e Marcos Roberto,

À minha esposa Maria do Carmo,

Às minhas filhas Ana Carolina, Grazielle e Priscila,

A todos os meus familiares,

Aos meus amigos,

Por tudo que significam para mim...

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, minha família, meus amigos e por ter-me abençoado todos os dias de minha vida.

À minha família: mãe, esposa, filhas, irmãos, cunhados e sobrinhos, pelo amor, carinho, incentivo e apoio incondicional e por estarem ao meu lado em qualquer circunstância.

À Universidade Federal de Viçosa e aos Departamentos de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição e Saúde, pela oportunidade e pelas facilidades oferecidas para a realização do Doutorado.

À EMBRAPA (Planaltina-DF), pelo fornecimento da matéria-prima.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão do apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Aos Professores Mônica Ribeiro Pirozi, Helena Maria Pinheiro Sant'Ana, Nilda de Fátima Ferreira Soares, José Benício Paes Chaves, Eber Antonio Alves Medeiros e João Tomaz da Silva Borges, pela confiança, amizade, pelo apoio, pela paciência e orientação e pelas críticas e sugestões.

A todos os professores e funcionários dos Departamentos de Tecnologia de Alimentos e de Nutrição e Saúde, pela acolhida, pelo apoio, respeito e pela contribuição para a realização deste trabalho.

A Maria Geralda e Pollyana, secretárias do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela orientação, pelo apoio e pela boa vontade indispensáveis em todos os momentos.

Aos meus colegas de pós-graduação, bolsistas e estagiários do Laboratório de Pesquisa de Cereais, Amido, Farinha e Panificação Experimental: Ana Paula, David, Eduardo, Flávia, Genilson, Isabela, Michelle, Natanielli, Tatiana, Adriz, Ana Cláudia, Loren, Lucas, Mateus, Rafaela, Thalles e Vitor, bem como Juliana e Divino (*in memoriam*), pelo carinho, pela amizade, pelo incentivo e pela colaboração e, em especial, ao Cristiano e à Caroline, pela contribuição na realização das análises físicas e físico-químicas.

Ao Leandro, colegas e estagiárias do Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde, pelos ensinamentos e pela contribuição na realização das análises de vitaminas.

Aos meus demais colegas, bolsistas e estagiários do Laboratório de Embalagens, pela acolhida, pelo apoio e pelos ensinamentos.

A todos, enfim, que, com muita confiança, atenção e respeito, me apoiaram e me conduziram durante a realização deste trabalho – o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

ANTONIO MANOEL MARADINI FILHO, filho de Antonio Manoel Maradini e Benedicta Piron Maradini, nasceu em Itu, São Paulo, em 25 de setembro de 1958.

Em março de 1977, iniciou o Curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em dezembro de 1980.

Em 1981, iniciou o Curso de Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos, também na UFV, concluindo-o em dezembro de 1983.

De fevereiro de 1984 até agosto de 2009, trabalhou em várias empresas do setor de Massas e Panificação.

Em agosto de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFV, submetendo-se à defesa da Tese em dezembro de 2014.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
CAPÍTULO 1.....	5
ARTIGO DE REVISÃO – QUINOA: ASPECTOS NUTRICIONAIS, FUNCIONAIS E ANTINUTRICIONAIS.....	5
RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. METODOLOGIA	8
3. ASPECTOS GERAIS SOBRE A QUINOA.....	9
4. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DA QUINOA.....	11
4.1. Proteínas.....	14
4.2. Carboidratos	17
4.3. Lipídios.....	20

	Página
4.4. Vitaminas	23
4.5. Minerais	25
4.6. Antioxidantes, compostos fenólicos e flavonoides	29
5. FATORES ANTINUTRICIONAIS	33
5.1. Saponinas	34
5.2. Ácido fítico	38
5.3. Taninos	40
5.4. Inibidores de Tripsina.....	43
5.5. Nitratos.....	45
5.6. Oxalatos.....	47
6. REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO 2.....	60
ARTIGO DE REVISÃO – QUINOA: CARACTERÍSTICAS DO GRÃO E USOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA	60
RESUMO	60
1. INTRODUÇÃO	62
2. METODOLOGIA	65
3. ASPECTOS GERAIS SOBRE A QUINOA.....	66
4. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E AGRONÔMICAS	69
5. IMPORTÂNCIA DA QUINOA PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA.	73
6. USOS POTENCIAIS DA QUINOA EM ALIMENTOS	77
7. REFERÊNCIAS	88
CAPÍTULO 3.....	94
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS DE QUINOA.....	94
1. INTRODUÇÃO	94
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	97
2.1. Delineamento experimental	97
2.2. Matéria-prima.....	97
2.3. Métodos	98
2.3.1. Classificação em peneiras	99
2.3.2. Teor de água.....	99
2.3.3. Diâmetro e espessura	99

	Página
2.3.4. Massa de 1.000 grãos.....	99
2.3.5. Peso hectolítrico	100
2.3.6. Porosidade.....	100
2.3.7. Ângulo de repouso.....	100
2.3.8. Cor	101
2.3.9. Macroestrutura dos grãos	101
2.3.10. Estrutura interna dos grãos.....	102
2.4. Análise estatística	102
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1. Classificação em peneiras	103
3.2. Teor de água.....	105
3.3. Análises físicas dos grãos.....	105
3.4. Cor dos grãos	112
3.5. Macroestrutura dos grãos	113
3.6. Estrutura interna dos grãos.....	116
4. CONCLUSÕES.....	120
5. REFERÊNCIAS	122
CAPÍTULO 4.....	127
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NUTRICIONAL DA FARINHA INTEGRAL DE QUINOA DA VARIEDADE BRS PIABIRU.	127
1. INTRODUÇÃO.....	127
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	130
2.1. Delineamento experimental	130
2.2. Matéria-prima.....	131
2.3. Métodos	131
2.3.1. Obtenção da farinha integral de quinoa (FIQ).....	132
2.3.2. Classificação granulométrica	132
2.3.3. Cor das farinhas.....	132
2.3.4. Composição centesimal.....	133
2.3.5. Determinação de amido total	133
2.3.6. Determinação de minerais	134
2.3.7. Composição de aminoácidos	134

	Página
2.3.8. Extração e quantificação de carotenoides	134
2.3.9. Determinação de vitaminas.....	137
2.3.9.1. Extração de tiamina e riboflavina	137
2.3.9.2. Detecção e quantificação de tiamina	137
2.3.9.3. Detecção e quantificação de riboflavina.....	138
2.3.9.4. Extração e quantificação de niacina.....	139
2.3.9.5. Extração e quantificação de vitamina E	140
2.4. Análise estatística	142
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	143
3.1. Classificação granulométrica	143
3.2. Cor das farinhas.....	145
3.3. Composição centesimal	148
3.4. Composição mineral	156
3.5. Composição de aminoácidos	158
3.6. Vitaminas e carotenoides.....	163
4. CONCLUSÕES.....	168
5. REFERÊNCIAS	170
CAPÍTULO 5.....	178
FATORES ANTINUTRICIONAIS DA FARINHA INTEGRAL DE QUINOA DA VARIEDADE BRS PIABIRU	178
1. INTRODUÇÃO.....	178
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	182
2.1. Matéria-prima.....	182
2.2. Métodos	182
2.2.1. Extração e quantificação de saponinas.....	183
2.2.2. Extração e quantificação de ácido fítico.....	184
2.2.3. Extração e quantificação de taninos	185
2.2.4. Determinação da atividade de inibidores de tripsina.....	186
2.2.5. Quantificação de nitratos	188
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	191
4. CONCLUSÕES.....	196
5. REFERÊNCIAS	197
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	201

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1. Proteína bruta, lipídios, fibra e digestibilidade de componentes de quinoa, 84 dias após a emergência	11
2. Composição aproximada em genótipos de grãos de quinoa (g 100 g ⁻¹ bs).....	12
3. Composição média aproximada dos grãos de quinoa comparada com a dos de cereais (g 100 g ⁻¹ bs)	13
4. Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão da FAO (g aminoácido 100 g ⁻¹ proteína).....	16
5. Composição em ácidos graxos dos lipídios presentes em sementes de quinoa, soja e milho	21
6. Concentração de vitaminas e carotenoides em grãos de quinoa e de outros cereais (mg 100 g ⁻¹)	25
7. Composição mineral de grãos de quinoa (mg kg ⁻¹ bs)	27
8. Teor de minerais em grãos de cereais e de quinoa (mg 100 g ⁻¹ bs)	28
CAPÍTULO 2	
1. Classificação taxonômica da quinoa.....	70

CAPÍTULO 3

1. Resultados das análises físicas dos grãos das duas variedades de quinoa (média $\pm$ desvio-padrão)	105
2. Parâmetros de coloração dos grãos de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)	112

CAPÍTULO 4

1. Parâmetros de coloração das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão).....	146
2. Composição química (g 100 g ⁻¹) das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)	148
3. Composição mineral (mg 100 g ⁻¹) das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)	157
4. Composição em aminoácidos (mg aa g ⁻¹ proteína) das proteínas das farinhas de quinoa das duas variedades estudadas (média $\pm$ desvio-padrão).....	159
5. Escore químico de aminoácidos essenciais da quinoa 'BRS Piabiru', quinoa 'Real', milho, arroz e trigo (padrão de referência da FAO para crianças de 1 a 2 anos) (mg aa g ⁻¹ proteína-amostra/mg aa g ⁻¹ proteína-padrão FAO/WHO)	162
6. Concentração de vitaminas e carotenoides nas farinhas integrais de quinoa 'BRS Piabiru' e 'Real' (média $\pm$ desvio-padrão)	164
7. Concentração de vitaminas e carotenoides em grãos de quinoa e outros cereais	165

CAPÍTULO 5

1. Concentração dos fatores antinutricionais nas farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)	192
---	-----

LISTA DE FIGURAS

	Página
 CAPÍTULO 1	
1. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de grânulos de amido de quinoa: (A) agregados esféricos e (B) formato poligonal dos grânulos.....	18
2. Estrutura geral das saponinas esteroidais	35
3. Saponinas identificadas em grãos de quinoa.....	36
4. Estrutura do ácido fítico: 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaquisdi-hidrogenofosfato (IP6)	38
5. Fórmulas estruturais: a) um flavonoide genérico; b) flavan-3-ol; e c) procianidina (tanino condensado).....	42
 CAPÍTULO 2	
1. (A): Representação esquemática do corte longitudinal do grão de quinoa: pericarpo (PE), episperma (SC), endosperma (EN), perisperma (P), radícula (R), funículo(F), ápice do meristema (SA); o embrião é formado de um hipocótilo (H) e de dois cotilédones (C). (Barra = 500 µm). (B): Tamanho, formato e coloração de grãos de quinoa.....	71
2. Principais derivados comerciais de quinoa: A- Grão; B- Flocos; e C- Farinha.....	78

CAPÍTULO 3

1. Fluxograma das etapas de limpeza e caracterização física dos grãos de quinoa.....	98
2. Dispositivo para determinação do ângulo de repouso (A); e representação esquemática do ângulo de repouso (B).....	101
3. Distribuição por tamanho dos grãos de quinoa das variedades ■Real e ■BRS Piabiru.....	103
4. Grãos de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru	113
5. Estrutura externa do grão de quinoa da variedade Real. Aumento: (A) 65X; (B) 70X; (C) 205X; e (D) 205X (Microscópio digital)	114
6. Estrutura externa do grão de quinoa da variedade BRS. Aumento: (A) 65X; (B) 70X; (C) 205X; e (D) 205X (Microscópio digital)	114
7. Estrutura externa dos grãos de quinoa. (A) quinoa 'Real'; e (B) quinoa 'BRS Piabiru'. Aumento de 100X e 600X (MEV).....	115
8. Estrutura interna dos grãos de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru. Aumento: (A) 70X; e (B) 210X (Microscópio digital)	116
9. Estrutura interna dos grãos de quinoa. (A) quinoa 'Real'; e (B) quinoa 'BRS Piabiru'. Aumento de 100X e 4.000X (MEV).....	117

CAPÍTULO 4

1. Fluxograma das etapas de moagem e caracterização físico-química e nutricional das farinhas de quinoa.....	131
2. Distribuição de partículas da farinha integral de quinoa das variedades ■Real e ■BRS Piabiru	143
3. Farinha integral de quinoa 'Real' e 'BRS Piabiru'	147

CAPÍTULO 5

1. Fluxograma das etapas de limpeza e das análises dos fatores antinutricionais dos grãos das duas variedades de quinoa	183
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

bs	Base seca
bu	Base úmida
kcal	Quilocaloria
kDa	Unidade de massa igual a 1.000 Dalton
μm	Micrômetro (10^{-6} metro)
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
DSC	Calorimetria diferencial de varredura
J	Joule ($\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$)
RVA	Rapid visco analyser (analisador rápido de viscosidade)
ha	Hectare (10.000 m^2)
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
ppm	Partes por milhão (mg L^{-1})
μg	Micrograma (10^{-6} g)
RE	Retinol equivalente
UI	Unidade internacional
EDX	Energia dispersiva de raios-X
MS	Espectrometria de massa
NMR	Ressonância magnética nuclear
UTI	Unidades de tripsina inibidas
IDA	Ingestão diária aceitável
PE	Pericarpo

SC	Episperma ou testa
EN	Endosperma
P	Perisperma
R	Radícula
F	Funículo
SA	Ápice do meristema
H	Hipocólito
C	Cotilédones
DC	Doença celíaca
rpm	Rotações por minuto
kPa	Kilopascal (Pascal = unidade padrão de pressão no SI)
CMC	Carboximetilcelulose
G'	Módulo de conservação ou de energia armazenada
G''	Módulo de perda ou de energia dissipada
E _c	Módulo de elasticidade ou de "Young"
□ _R	Ângulo de repouso
K	Kelvin (unidade de medida da temperatura da cor emitida por uma fonte de luz)
kV	Quilovolt (medida de tensão elétrica 1 kV = 1.000 Volts)
FIQ	Farinha integral de quinoa
nm	Nanômetro ou milimícron (10 ⁻⁹ m)
μL	Microlitro (10 ⁻⁶ L)
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
BAPA	Benzoil-D,L-arginina-p-nitroanilida
EDTA	Ácido etilenodiamino tetracético

RESUMO

MARADINI FILHO, Antonio Manoel, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2014. **Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru.** Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi. Coorientadores: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana e José Benício Paes Chaves.

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é uma planta pertencente à família Chenopodiaceae que se destaca pela sua alta resistência às condições adversas de clima e do solo e, sobretudo, pelo seu alto valor nutricional. Supera a maioria dos cereais na quantidade de proteínas, gorduras, fibras, vitaminas e minerais, apresentando maior equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais. Além de conter alta qualidade nutricional, a quinoa é também caracterizada por ser isenta de glúten, possibilitando maior variedade e oferta de produtos alimentícios mais nutritivos e adequados aos portadores da doença celíaca. Apesar de todas essas características, a quinoa ainda é pouco conhecida e utilizada no Brasil devido ao alto custo do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população brasileira, sendo sua industrialização e comercialização ainda muito limitadas. Dessa forma, objetivou-se, neste estudo, ampliar o conhecimento sobre esse “pseudocereal”, caracterizar suas propriedades físico-químicas e avaliar a qualidade nutricional e os fatores antinutricionais

de quinoa da variedade BRS Piabiru, que foi desenvolvida e adaptada às condições do Cerrado brasileiro, comparando-a com a variedade de quinoa Real importada do Peru. Os grãos da variedade BRS Piabiru apresentaram menor tamanho e diâmetro e menor peso hectolítrico e maior porosidade e ângulo de repouso, comparados aos grãos da variedade Real. Os valores dos parâmetros de cor L^* e b^* foram maiores nos grãos da variedade importada, mostrando que estes possuem coloração mais clara e mais amarela em relação aos grãos da variedade brasileira. As imagens da estrutura externa dos grãos indicam que estes são de formatos arredondado e achatado, com o endosperma e o embrião circundando as sementes. Os grãos da variedade BRS Piabiru apresentaram cobertura rugosa em razão, provavelmente, da presença de saponinas e outras estruturas da casca, ao contrário da variedade Real, cujos grãos têm a superfície mais lisa e clara. A análise da microestrutura mostrou, em detalhes, a morfologia interna dos grãos e a localização de seus componentes principais, sendo formados pelo perisperma (rico em amido), pelo endosperma (rico em fibras) e pelo gérmen (rico em proteínas e lipídios), que circunda o grão como um anel. A farinha integral de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentou-se mais fina que a da variedade Real, nas condições de moagem utilizadas neste trabalho, indicando que os grãos da variedade importada possuem maior dureza em relação aos grãos da variedade brasileira. Os valores dos três parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) indicaram que a farinha de quinoa da variedade Real é de coloração mais clara, enquanto a farinha de quinoa da variedade brasileira tem tendência de coloração mais intensa de vermelho e amarelo. As farinhas das duas variedades estudadas apresentaram quantidades significativas de proteínas de boa qualidade, fibras e lipídios, além de níveis elevados de carotenoides e micronutrientes importantes, como vitaminas, destacando-se a niacina e a vitamina E; e minerais, principalmente fósforo, potássio, magnésio, manganês, ferro e zinco. As duas variedades de quinoa possuem composição de aminoácidos bem próxima, contendo maiores teores de ácido glutâmico, arginina, ácido aspártico, leucina, lisina, glicina, prolina, alanina, valina e fenilalanina, além de adequado equilíbrio de aminoácidos essenciais, com destaque para o valor nutricional dessa semente. A 'BRS Piabiru' apresentou maior concentração de saponinas, ácido fítico e nitratos,

não havendo diferença nos teores de taninos e de inibidores de tripsina. Este estudo evidenciou que a quinoa 'BRS Piabiru' tem grande potencial como fonte alimentar de elevado valor nutricional, apresentando características semelhantes e algumas até superiores às da variedade importada. Constitui, portanto, este trabalho um estudo inicial que deve continuar, pois outras potencialidades nutricionais, funcionais e tecnológicas da quinoa precisam ser investigadas.

ABSTRACT

MARADINI FILHO, Antonio Manoel, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2014. **Physicochemical and nutritional characterization and antinutritional factors of the brazilian quinoa BRS Piabiru variety.** Adviser: Mônica Ribeiro Pirozi. Co-Advisers: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana and José Benício Paes Chaves.

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a plant belonging to Chenopodiaceae family which stands out for its high resistance to adverse conditions of climate and soil, and especially for its high nutritional value. Overcomes most grains in the amount of proteins, fats, fiber, vitamins and minerals, with higher balance in the distribution of essential amino acids. Besides presenting high quality nutrition, quinoa is also characterized by being gluten-free allowing for greater variety and supply of more adequate and nutritious food products for celiac patients. Despite all these features quinoa is poorly known and used in Brazil due to the high cost of imported grain and little knowledge of its benefits for the majority of the Brazilian population being its industrialization and commercialization still very limited. Thus, the purpose was to improve the knowledge about this "pseudocereal", characterize their physical-chemical properties and evaluate the nutritional quality and antinutritional factors of wholemeal quinoa BRS Piabiru variety, which was developed and adapted to the conditions of the Brazilian Cerrado, comparing it with the variety Real imported from Peru. The grains of the BRS Piabiru

variety had smaller size and diameter and lower hectolitic weight and higher porosity and angle of repose compared with the Real variety. The values of the color parameters L^* and b^* were higher for grain imported variety, showing that they had clearest and more yellow coloring compared to the grains of Brazilian variety. The images of the external structure of the grains showed that they present rounded and flattened format, with the endosperm surrounding the embryo and seed. The grain of the BRS Piabiru variety were a kind of rough coverage, probably due to the presence of saponins and other plant structures of the shell, unlike the variety Real which had grains with more smooth and clear surface. The microstructural analysis showed the internal morphology of the grains and the location in detail of its main components, being formed by the perisperm, rich in starch, the endosperm, rich in fiber and the germ that surrounds the grain as a ring, rich in proteins and lipids. The wholemeal quinoa flour of the BRS Piabiru variety presented thinner than the Real variety for the milling conditions used in this work, indicating that the grains of the imported variety had higher hardness compared to the grains of the Brazilian variety. The values of the three color parameters L^* , a^* and b^* showed that the 'Real' quinoa flour presented lighter color, while the Brazilian quinoa flour has tended to more intense red and yellow staining. Flours of the two varieties studied showed significant amounts of good quality protein, fiber and lipids, as well as high levels of carotenoids and important micronutrients such as vitamins, especially niacina and vitamin E, and minerals, mainly phosphorus, potassium, magnesium, manganese, iron and zinc. Both varieties showed very close amino acid composition containing higher levels of glutamic acid, arginine, aspartic acid, leucine, lysine, glycine, proline, alanine, valine and phenylalanine, as well as proper balance in essential amino acids, highlighting the nutritional value of this seed. 'BRS Piabiru' grains showed higher concentration of saponins, phytic acid and nitrates, without significant differences in the levels of tannins and trypsin inhibitors. This study showed that quinoa 'BRS Piabiru' has great potential as a food source of high nutritional value having similar characteristics and some even higher than the imported variety. It was an early work that must continue since other nutritional, functional and technological potential of quinoa need to be investigated.

1. INTRODUÇÃO

O grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) é um pseudocereal pertencente à família Chenopodiaceae. Trata-se de uma espécie granífera originária da América do Sul e domesticada pelos povos habitantes da Cordilheira dos Andes, principalmente do Peru e da Bolívia, há milhares de anos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2006; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008).

A *Chenopodium quinoa* é uma planta que se destaca pelo seu alto valor nutricional e, sobretudo, pela sua alta resistência às intempéries do clima e de condições do solo. Suas partes comestíveis envolvem as folhas e os grãos, sendo estes últimos os mais explorados econômica e cientificamente, uma vez que podem ser utilizados tanto para alimentação humana quanto animal (FARRO, 2008; ROCHA, 2008). Contém maior quantidade de proteína e maior equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais que os cereais, assemelhando-se ao valor biológico da proteína do leite. Supera os cereais na quantidade de gorduras, proteínas, fibras, vitaminas B₁, B₂, B₆, C e E e minerais, principalmente cálcio, fósforo e ferro. A quinoa é também caracterizada por ser isenta de glúten (ausência de gliadina), característica que possibilita maior variedade e oferta de produtos alimentícios mais nutritivos e adequados aos portadores da doença celíaca. Tudo isso tem contribuído para o aumento do interesse e popularização do seu consumo entre as pessoas que buscam alimentos alternativos com alto

valor nutritivo, em especial nos países desenvolvidos. Essa demanda tem gerado um mercado crescente que tem estimulado a produção deste grão voltada para a exportação, principalmente, pelos países andinos (CAPERUTO et al., 2001; SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; ALMEIDA; SÁ, 2009).

Entre os produtores de quinoa no mundo, segundo dados do ano 2013, o Peru é o maior deles, com 52,1 mil toneladas (50,4% da produção da América do Sul), seguido pela Bolívia, com 50,5 mil toneladas (48,8%), e pelo Equador, em bem menor escala, com 800 toneladas (0,8%) (FAOSTAT, 2014). Outros países como Chile, Argentina, Colômbia, Estados Unidos, Canadá e países europeus cultivam áreas pouco expressivas, nem aparecendo nas estatísticas mundiais.

No Brasil, o plantio da quinoa é recente. Sua introdução ocorreu nos anos de 1990, com o desenvolvimento do cultivar BRS Piabiru isento de saponina e adaptado às condições dos Cerrados, com excelentes rendimentos agrônômicos. O desenvolvimento desta tecnologia tem como finalidade conquistar áreas potenciais e marginais por serem zonas áridas e semiáridas, onde a seca, o frio excessivo e a salinidade dos solos não permitem obter rendimentos competitivos de outros cultivos. A área plantada ainda é pequena, porém apresenta potencial de crescimento para atender à demanda, hoje suprida pela importação (SPEHAR, 2006; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; ROCHA, 2008).

Apesar de todos esses atributos, a quinoa ainda é pouco utilizada no Brasil devido ao alto preço do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população, razão por que sua comercialização é ainda muito limitada. Percebe-se, então, a maior necessidade de estudos para aprofundar os conhecimentos sobre a variedade BRS Piabiru, caracterizar seus principais componentes nutricionais e antinutricionais e desenvolver novos métodos de sua utilização em produtos alimentícios, visto que apresenta ausência de gliadinas e possui elevada qualidade nutricional.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo foi caracterizar as propriedades físico-químicas, bem como analisar o valor nutricional e os fatores antinutricionais da farinha integral de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru, em comparação com os da variedade peruana Real.

2.2. Objetivos específicos

1. Analisar as características físicas (granulometria, diâmetro, espessura, massa de 1.000 grãos, peso aparente, porosidade, ângulo de repouso e cor) e estruturais (macro e microestrutura) dos grãos de quinoa.
2. Caracterizar a farinha integral da quinoa quanto às suas propriedades físico-químicas (granulometria, cor, composição centesimal e de aminoácidos).
3. Quantificar os principais minerais presentes na farinha integral de quinoa em estudo (cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco).

4. Determinar os carotenoides e as principais vitaminas presentes na farinha integral de quinoa: tiamina, riboflavina, niacina e vitamina E.
5. Determinar os fatores antinutricionais presentes na farinha integral de quinoa (saponinas, ácido fítico, taninos, nitratos e inibidores de tripsina).

CAPÍTULO 1

ARTIGO DE REVISÃO

QUINOA: ASPECTOS NUTRICIONAIS, FUNCIONAIS E ANTINUTRICIONAIS

RESUMO

Esta revisão foca a composição físico-química e as propriedades funcionais e antinutricionais da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Trata-se de uma planta da família Chenopodiaceae, originária das regiões andinas, adaptável a diferentes tipos de solos e condições climáticas. Sua composição vem despertando a atenção da comunidade científica pelo seu alto valor nutricional, sendo rica em proteínas, lipídios, fibras alimentares, vitaminas e minerais, com extraordinário equilíbrio de aminoácidos essenciais. É também caracterizada por ser isenta de glúten, característica que possibilita seu consumo pelos pacientes celíacos. Apesar de todos esses atributos, a quinoa ainda é pouco utilizada devido ao alto custo do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria dos consumidores. Mais estudos são necessários para aumentar os conhecimentos sobre esse “pseudocereal”, comprovar seus benefícios funcionais e nutricionais, assim como estudar seus efeitos antinutricionais, visto que apresenta elevado valor comercial e excelente qualidade nutricional.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd.; Valor nutricional; Propriedades funcionais; Fatores antinutricionais; Doença celíaca.

1. INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) pertence à família Chenopodiaceae, a mesma do espinafre e da beterraba. O gênero *Chenopodium* apresenta-se distribuído pelo mundo, com aproximadamente 250 espécies identificadas. É espécie granífera originária da América do Sul e domesticada pelos povos habitantes da Cordilheira dos Andes, principalmente do Peru e da Bolívia, há milhares de anos. Rica em proteínas e com extraordinário equilíbrio de aminoácidos essenciais, era considerada planta sagrada por aqueles povos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2006; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; JANCUROVÁ et al., 2009).

É planta que se destaca pelo seu valor nutricional e, sobretudo, pela considerável resistência às intempéries do clima e das condições do solo. Suas partes comestíveis envolvem as folhas e os grãos, sendo estes últimos os mais explorados econômica e cientificamente (SPEHAR, 2006; FARRO, 2008; ROCHA, 2008).

Apesar de suas características de cereal, por não pertencer à família Poaceae e por seus aspectos botânicos, como a presença de inflorescência tipo panícula e excepcional balanço nutricional entre proteína e lipídios, a quinoa é considerada um “pseudocereal” e, até mesmo, uma “pseudossemente” oleaginosa (FARRO, 2008; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

A quinoa contém maior quantidade de proteína e maior equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais que os cereais, assemelhando-se ao valor biológico da proteína do leite. Supera os cereais na quantidade de lipídios, proteínas, fibras alimentares, vitaminas B1, B2, B6, C e E e minerais, principalmente cálcio, fósforo, ferro e zinco. Além de apresentar alta qualidade nutricional, é caracterizada por ser isenta de glúten, característica que possibilita maior variedade e oferta de produtos alimentícios mais nutritivos e adequados aos portadores da doença celíaca. Tudo isso tem contribuído para o aumento do interesse e popularização do seu consumo entre as pessoas que buscam alimentos alternativos com alto valor nutritivo, em especial nos países desenvolvidos, estimulando, dessa forma, sua produção para fins de exportação, sobretudo, pelos países andinos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; ALMEIDA; SÁ, 2009).

Apesar de todos esses atributos, esta matéria-prima ainda é pouco utilizada devido ao alto custo com importação e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população, razão de a sua comercialização ser ainda muito limitada. Percebe-se, então, a necessidade de mais estudos para melhor conhecimento sobre esse “pseudocereal”, caracterizar seus principais componentes, comprovar seus benefícios funcionais e nutricionais e estudar seus efeitos antinutricionais, visto que apresenta bom valor comercial e elevada qualidade nutricional.

2. METODOLOGIA

Este trabalho fundamentou-se em uma revisão crítica sobre o tema. A metodologia aqui utilizada foi por meio de leituras de artigos científicos publicados nos idiomas português, espanhol e inglês, principalmente em revistas indexadas nas bases de dados MedLine, Lilacs, Capes, Scielo, Google Scholar, Cochrane e Science direct, no período de 2000 a 2013, com ênfase nos últimos 10 anos, utilizando-se os seguintes descritores: quinoa, composição físico-química, aspectos nutricionais, funcionais e fatores antinutricionais.

3. ASPECTOS GERAIS SOBRE A QUINOA

A quinoa é uma planta alimentícia da família *Chenopodiaceae*, do gênero *Chenopodium*, natural das regiões andinas do Chile, Peru, Equador e da Bolívia, e seu cultivo data de milhares de anos, o que faz deste alimento, oriundo do berço andino, o mais antigo de que se tem registro (SPEHAR; SANTOS, 2002; FARRO, 2008). A experiência milenar com esse cultivo permitiu às antigas populações o reconhecimento do alto valor nutricional desse alimento (JACOBSEN et al., 2003; FARRO, 2008).

Esta semente tem atraído a atenção como um novo recurso alimentar, por causa da qualidade e valor nutricional de suas proteínas. É rica, principalmente, de lisina, tornando sua proteína mais completa do que muitos vegetais, tendo, em particular, a composição de aminoácidos próxima do equilíbrio de proteína ideal recomendado pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) e semelhante à do leite. Possui quantidade relativamente elevada de vitaminas e minerais, e os lípidios dessa semente apresentam elevada qualidade como óleo vegetal comestível (CHAUHAN et al., 1992; OGUNGBENLE, 2003; COMAI et al., 2007; SPEHAR, 2007; ABUGOCH JAMES, 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

A ausência de gliadinas (proteínas presentes no trigo e formadoras do glúten) e de frações proteicas correspondentes às gliadinas (encontradas na aveia, cevada, centeio e malte) torna a quinoa adequada na elaboração de produtos alimentícios popularmente referidos como “isentos de glúten”,

aspectos importantes que possibilitam maior variedade e oferta de alimentos mais nutritivos e adequados aos portadores da doença celíaca (ALMEIDA; SÁ, 2009; BORGES et al., 2010).

A enteropatia intestinal autoimune glúten-induzida, ou doença celíaca, é um tipo de intolerância alimentar em indivíduos geneticamente suscetíveis, associada especificamente a produtos que contêm glúten, como trigo, centeio, cevada, aveia e triticale. Caracteriza-se pela inflamação crônica da mucosa do intestino delgado e que pode resultar na atrofia total ou parcial das vilosidades intestinais. Estudos em nível mundial têm demonstrado que a prevalência dessa doença é consideravelmente maior do que se presumia, variando entre 1:100 a 1:300 indivíduos na população adulta saudável da maior parte do mundo (BORGES et al., 2003; CASTRO et al., 2007; BICUDO, 2010).

Os fatores antinutricionais presentes na semente da quinoa são saponinas, ácido fítico, taninos, inibidores de tripsina, nitratos e oxalatos. Essas substâncias encontram-se em maior concentração nas camadas externas do grão, entre as quais se destaca a saponina. A saponina é um detergente natural, solúvel em água, de gosto amargo, que pode ser facilmente removido por métodos úmidos (lavagens em água fria) ou secos (tostagem e abrasão) (MASTEBROEK et al., 2000; COMAI et al., 2007; SPEHAR, 2007; BORGES et al., 2010).

4. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS DA QUINOA

Os fatores que tornam a quinoa atrativa para o sistema de produção são as características de composição da planta e do grão. Na região andina, essa gramínea representa fonte importante tanto na alimentação humana quanto na dos animais. As folhas e a panícula são excelentes fontes de proteína, fibras, minerais e vitaminas e apresentam boa digestibilidade (Tabela 1), podendo as folhas ser consumidas na culinária, da mesma forma que o espinafre e os botões florais, como o brócolis ou a couve-flor (SPEHAR, 2007).

Tabela 1 – Proteína bruta, lipídios, fibra e digestibilidade de componentes de quinoa, 84 dias após a emergência

Componente	Proteína bruta	Lipídios	Fibra	Digestibilidade
Panícula	23,45	5,03	27,84	87,32
Folha	18,54	4,53	27,84	74,95
Caule	3,84	1,08	72,99	37,34

Fonte: SPEHAR, 2007.

O grão de quinoa é uma matéria-prima amilácea que possui elevado conteúdo de carboidratos, constituídos principalmente de amido e pequena porcentagem de açúcares. É um alimento completo, com alto valor nutricional devido, sobretudo, ao seu elevado teor de proteína de boa qualidade. Apresenta ainda, em sua composição, fibras, vitaminas do complexo B, vitaminas E e C e minerais, como cálcio, magnésio, ferro, potássio, fósforo, manganês, zinco, cobre e sódio. Contém maiores teores de proteína total, metionina e lisina, em comparação com cereais tradicionais, como arroz, milho, cevada e trigo, possuindo em sua composição lipídica ácidos graxos semelhantes àqueles do óleo de soja (CHAUHAN et al., 1992; OGUNGBENLE, 2003; SPEHAR, 2007; ABUGOCH JAMES, 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). A composição centesimal aproximada do grão de quinoa está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição aproximada em genótipos de grãos de quinoa (g 100 g⁻¹ bs)

Componente	Referências				
	Kozioł (1992)	Dini et al. (1992)	Wright et al. (2002)	Ogunbenle (2003)	USDA (2011)
Proteína	16,5	13,7	16,7	15,2	16,3
Lipídios	6,3	14,5	5,5	7,1	7,0
Cinzas	3,8	3,5	3,2	1,4	2,7
Carboidratos	69,0	65,7	74,7	65,6	74,0
Fibra	3,8	2,6	10,5	10,7	7,0

bs = base seca.

Os cereais desempenham papel importante na alimentação humana, contribuindo com aproximadamente a metade da ingestão energética e proteica da população, em que o trigo, milho, arroz, cevada, aveia, centeio e sorgo são os mais importantes, mundialmente. Comparando os componentes nutricionais desses cereais com a quinoa (Tabela 3), observa-se a riqueza desse grão em nutrientes, com valores superiores de proteína, lipídios e cinzas (USDA, 2011).

Tabela 3 – Composição média aproximada dos grãos de quinoa comparada com a dos de cereais (g 100 g⁻¹ bs)

Componente	Quinoa ^c	Arroz ^c	Cevada ^c	Trigo ^c	Milho ^c	Centeio ^c	Sorgo ^c
Lipídios	7,0	3,2	1,3	2,8	5,3	1,8	3,6
Proteína	16,3	8,8	11,0	14,8	10,5	11,6	12,4
Cinzas	2,7	1,7	1,2	1,8	1,3	1,8	1,7
Fibra alimentar	7,0	3,5	15,6	10,7	7,3	15,1	6,3
^b Carboidratos	74,0	86,3	86,5	80,6	82,9	84,8	82,3
^a Kcal 100 g ⁻¹	424,2	409,2	401,7	406,8	421,3	401,8	411,2

bs = base seca.

^akcal 100 g⁻¹ bs: 4x (%proteína +% carboidratos) + 9x (% gordura).

^bCarboidratos calculados por diferença = [100 – (% lipídios + % proteína + % cinzas)].

^cUSDA, 2011.

A quinoa é um excelente exemplo de “alimento funcional”, podendo auxiliar na diminuição do risco de várias doenças. Suas propriedades funcionais podem estar relacionadas à presença de fibras, minerais, vitaminas, ácidos graxos, antioxidantes e fitormônios, que contribuem para a nutrição humana, especialmente na proteção das membranas celulares, com resultados comprovados na melhoria das funções neuronais. Essas características proporcionam ao grão grande vantagem sobre outros alimentos vegetais para a nutrição humana e manutenção da saúde (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

Em meados da década de 1970, a *National Academic Science* (NAS) considerou a quinoa como uma das 23 plantas promissoras e recomendadas para estudos, com o objetivo de melhorar a nutrição e qualidade de vida da população de países em desenvolvimento (FARRO, 2008). É um dos alimentos mais nutritivos utilizados na alimentação humana, sendo escolhida pela FAO como uma das culturas destinadas a colaborar com a segurança alimentar neste século (REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

O “Ano Internacional da Quinoa” foi proposto pelos países membros das Nações Unidas sob a liderança da Bolívia e lançado em fevereiro de 2013. Ao declararem 2013 o “Ano Internacional da Quinoa”, as Nações Unidas esperam popularizar a produção e o consumo desse grão, que poderá ajudar a promover a segurança alimentar e a erradicação da

pobreza, acabar com a desnutrição e estimular a biodiversidade (ONUBR, 2013).

4.1. Proteínas

As proteínas participam da construção e manutenção dos tecidos, formação de enzimas, hormônios e anticorpos, fornecimento de energia e regulação de processos metabólicos. Além do nitrogênio, os aminoácidos fornecem compostos sulfurados ao organismo. Na forma de lipoproteínas, participam no transporte de triacilgliceróis, colesterol, fosfolipídios e vitaminas lipossolúveis (ALVES et al., 2008).

Para algumas populações do mundo, incluir proteínas de alta qualidade em suas dietas constitui um problema, especialmente pessoas que raramente consomem a proteína de origem animal, devendo obtê-las dos cereais, leguminosas e outros grãos. Mesmo que a contribuição de proteínas desses alimentos seja melhorada, as concentrações insuficientes de alguns aminoácidos essenciais podem contribuir para aumentar a prevalência da desnutrição (MUJICA et al., 2001; ALVES et al., 2008).

O conteúdo de proteína no grão de quinoa varia de 13,8% a 16,5%, com um valor médio de 15% bs (KOZIOL, 1992). Comparado com o dos grãos de cereais, conforme mostrado na Tabela 3, o teor de proteína total da quinoa é maior do que da cevada (11,0% bs), arroz (8,8% bs), milho (10,5% bs), centeio (11,6% bs) e sorgo (12,4% bs), ficando próximo ao do trigo (14,8% bs) (KOZIOL, 1992; COMAI et al., 2007; JANCUROVÁ et al., 2009).

Albuminas (2S) e globulinas (11S) compõem a maior parte das proteínas de reserva dos grãos de quinoa (35 e 37%, respectivamente), enquanto as prolaminas estão presentes em baixas concentrações, sendo essa proporção variável em diferentes espécies (BRINEGAR; GOUDAN, 1993; BRINEGAR et al., 1996; ABUGOCH JAMES, 2009; JANCUROVÁ et al., 2009).

A globulina 11S, denominada chenopodina, é uma proteína oligomérica com uma estrutura quaternária de 320 kDa. É formada por monômeros ou subunidades, cada um dos quais consiste em um polipeptídeo básico e um ácido, com massa molecular de 20-25 k Da e 30-

40 kDa, respectivamente, unidos por ligações dissulfeto. A chenopodina tem alto teor de glutamina-ácido glutâmico, asparagina-ácido aspártico, arginina, serina, leucina e glicina, mas é relativamente pobre em aminoácidos sulfurados, comparada à composição total da proteína da semente de quinoa (BRINEGAR; GOUDAN, 1993; ABUGOCH JAMES, 2009).

A fração proteica do tipo 2S apresenta um grupo heterogêneo de polipeptídeos, possuindo massa molecular de 8-9 kDa sob condições redutoras. A composição de aminoácidos desta proteína mostrou ser elevada em cisteína, arginina e histidina, que apresentam importante característica nutricional especialmente para crianças. Assim, a fração 2S parece contribuir com a maior quantidade de aminoácidos sulfurados da quinoa, apresentando grande potencial como suplementação dietética, principalmente para crianças, tanto na forma de enriquecimento quanto em complementação alimentar com a quinoa em grãos ou produtos derivados (BRINEGAR et al., 1996; ABUGOCH JAMES, 2009).

A qualidade nutricional da proteína é determinada pela proporção de aminoácidos essenciais, ou seja, aqueles que não podem ser sintetizados pelos animais e, portanto, devem ser fornecidos na dieta. Se apenas um desses aminoácidos for limitante, os outros não serão totalmente absorvidos, resultando em perdas de proteínas na dieta e em menor crescimento. Dez aminoácidos são estritamente essenciais: lisina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptofano, valina, histidina e metionina, os quais estão presentes na quinoa (Tabela 4), proporcionando valor proteico semelhante ao da caseína do leite (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Assim, a quinoa é um dos poucos alimentos vegetais que fornecem todos os aminoácidos essenciais para a vida do ser humano com valores próximos do padrão estabelecido pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), apresentando excelente balanço aminoacídico, sendo rica em aminoácidos sulfurados e lisina e pode ser considerada como proteína de excelente qualidade, ao contrário das proteínas dos cereais, que são deficientes, sobretudo, de lisina (MUJICA et al., 2001; ALVES et al., 2008).

Tabela 4 – Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão da FAO (g aminoácido 100 g⁻¹ proteína)

Aminoácido	Quinoa	Arroz	Milho	Trigo	Feijão	Carne	Leite	Padrão (FAO)
Fenilalanina	4,0	5,0	4,7	4,8	5,4	4,1	1,4	6,0
Isoleucina	4,9	4,1	4,0	4,2	4,5	5,2	10,0	4,0
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	6,5	7,0
Lisina	6,0	3,8	2,9	2,6	7,0	8,7	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,7	4,0
Triptofano	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1,0
Valina	4,5	6,1	5,0	4,4	5,0	5,5	7,0	5,0

Fonte: SPEHAR, 2007.

O valor nutricional de um alimento é determinado principalmente por sua qualidade proteica, que depende da composição em aminoácidos essenciais, e o aproveitamento biológico dos aminoácidos (biodisponibilidade) depende da digestibilidade da proteína, da influência de fatores antinutricionais presentes e da relação entre triptofano e aminoácidos neutros. A digestibilidade da proteína ou a biodisponibilidade (digestibilidade verdadeira) dos aminoácidos da quinoa varia de acordo com a variedade e o tratamento que o grão recebe, aumentando consideravelmente com o cozimento (KOZIOL, 1992; COMAI et al., 2007; ALVES et al., 2008; ABUGOCH JAMES, 2009).

Comai et al. (2007) verificaram que a quinoa não tem somente alto teor proteico, mas também uma composição adequada de aminoácidos, além de uma concentração de triptofano próximo ao padrão da FAO, geralmente o segundo aminoácido limitante em cereais. Além disso, apresenta índice elevado de triptofano não proteico, que é mais facilmente absorvido, podendo contribuir para aumentar a disponibilidade desse aminoácido no cérebro, influenciando, assim, a síntese do neurotransmissor serotonina.

4.2. Carboidratos

Os carboidratos abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos encontrados na natureza e, juntamente com as proteínas, formam os constituintes principais dos organismos vivos, além de ser a mais abundante e econômica fonte de energia para o homem. Podem ser classificados, de acordo com seu grau de polimerização, em três grupos principais: mono, oligo e polissacarídeos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010).

O amido é o principal componente dos carboidratos da quinoa e está presente entre 52 e 69% bs. A fibra alimentar total está próxima do valor encontrado nos cereais (7 a 9,7% bs), com a ressalva de que o embrião contém quantidades mais elevadas do que o perisperma. O teor de fibra solúvel é reportado variando entre 1,3 e 6,1% bs. A quinoa apresenta ainda, aproximadamente, 3% de açúcares simples, sendo, em sua maioria, maltose, seguida de D-galactose e D-ribose, além de baixos teores de frutose e glucose (ABUGOCH JAMES, 2009).

A fibra alimentar apresenta uma série de efeitos benéficos relacionados à sua indigestibilidade no intestino delgado. Por isso, o elevado teor relatado de fibras da quinoa pode facilitar o processo de absorção no intestino grosso, dos outros nutrientes presentes na quinoa (OGUNGBENLE, 2003). A ingestão de fibras em dietas sem glúten é considerada insuficiente e, dessa forma, especialistas recomendam maior ingestão de cereais integrais ricos em fibras, ao contrário de grãos e produtos refinados, nas dietas de pacientes com a doença celíaca, aliviando, pelo menos em parte, o déficit da ingestão de fibra dessa parcela da população (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

O amido, principal biopolímero constituinte dos vegetais (grãos, sementes, raízes e tubérculos), ocorre tipicamente como grânulos de várias formas e tamanhos. Os grânulos de amido da quinoa têm forma poligonal com diâmetro entre 0,6 e 2,2 μm , sendo menor do que o amido da maioria dos grãos de cereais, podendo ser encontrados como entidades individuais ou formando agregados de estruturas compostas esféricas ou elípticas (Figura 1). O tamanho extremamente pequeno pode ser benéficamente explorado, podendo ser utilizado em misturas com polímeros sintéticos na

elaboração de embalagens biodegradáveis. Sua excelente estabilidade ao congelamento-descongelamento o torna um espessante ideal para molhos, temperos e sopas, devido à sua menor temperatura de gelificação e estabilidade durante o armazenamento a baixas temperaturas e em outras aplicações em que a resistência à retrogradação é desejada, podendo ainda ser utilizado para produzir textura cremosa e macia similar às gorduras (LORENZ, 1990; QIAN et al., 1999; TARI et al., 2003; ABUGOCH JAMES, 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

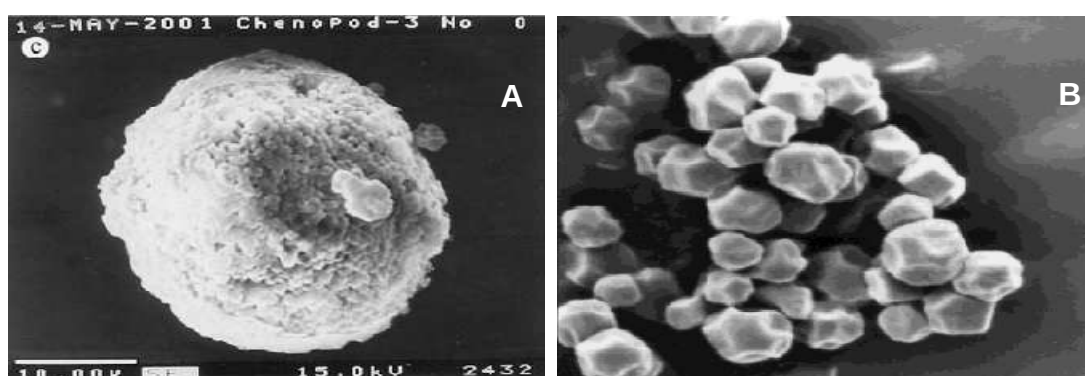


Figura 1 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de grânulos de amido de quinoa: (A) agregados esféricos e (B) formato poligonal dos grânulos.

Fonte: (A) TARI et al., 2003; (B) QIAN; KUHN, 1999.

Segundo Praznik et al. (1999) e Park et al. (2007), o amido de quinoa possui massa molar média de $11,3 \times 10^6 \text{ g mol}^{-1}$, valor inferior ao do amido de milho ceroso ($17,4 \times 10^6 \text{ g mol}^{-1}$) ou do arroz ($0,52\text{-}1,96 \times 10^8 \text{ g mol}^{-1}$) e maior do que do amido de trigo ($5,5 \times 10^6 \text{ g mol}^{-1}$). É altamente ramificado, com um grau mínimo de polimerização de 4.600 unidades de glucose, máximo de 161.000 e média ponderada de 70.000 (PRAZNIK et al., 1999). O comprimento da cadeia depende da origem botânica, variando de 500 a 6.000 unidades de glucose.

Conforme citado por Koziol (1992) e Abugoch James (2009), o teor de amilose do amido de quinoa varia de 3 a 22%, sendo este inferior ao presente no trigo ou no milho, superior ao de algumas variedades de cevada e semelhante a algumas variedades de arroz. De acordo com Tang et al.

(2002), essa fração possui um grau médio de polimerização de 920, bem menor do que o da cevada, que é de 1.660.

O teor de amilopectina no amido de quinoa, de acordo com Tari et al. (2003), é de 77,5%. A fração de amilopectina é elevada e comparável à de algumas variedades de arroz. Tem distribuição de comprimento de cadeia semelhante à da amilopectina de amido ceroso, com média de 317 ramificações e grau médio de polimerização de 6.700 unidades de glucose por fração. A amilopectina de quinoa, assim como a do trigo-sarraceno e do amaranto, contém grande número de cadeias curtas de 8 a 12 unidades e pequeno número de cadeias mais longas de 13 a 20 unidades, em comparação com os amidos do endosperma de outros cereais (TANG et al., 2002; ABUGOCH JAMES, 2009).

Estudos de difração de raios X têm sido usados para explicar a estrutura e cristalinidade do grânulo de amido. Dependendo da sua origem botânica, da proporção de amilose/amilopectina e comprimento da ramificação da amilopectina, os grânulos de amido mostram três tipos de padrões de difração, associados com diferentes formas polimórficas cristalinas: tipo A (cereal), tipo B (tubérculos) e tipo C (cristais A e B coexistentes no mesmo grânulo) (QIAN; KUHN, 1999; LOPEZ-RUBIO et al., 2008).

O amido de quinoa apresenta padrão de difração de raios X com reflexões em 15,3°, 17°, 18°, 20° e 23,4°, característico dos amidos de cereais (tipo A). O grau de cristalinidade relativa está entre 35 e 43%. A cristalinidade relativa desse amido tem sido descrita como mais elevada do que a do amido de cevada, menor do que a do amido de amaranto e semelhante à do amido ceroso de cevada (QIAN; KUHN, 1999; TANG et al., 2002; ABUGOCH JAMES, 2009).

O termograma por calorimetria diferencial de varredura (DSC) do amido de quinoa mostra duas transições térmicas, uma para a gelatinização do amido e outra para o complexo amilose-lipídio. As propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas a uma variedade de fatores que incluem o tamanho, a proporção e o tipo de organização cristalina e a ultraestrutura do grânulo de amido. As temperaturas inicial, de pico e final para o amido de quinoa foram de 54,5; 62,6 e 71,3 °C, respectivamente

(TANG et al., 2002). Conforme citado por Abugoch James (2009) e Tang et al. (2002), a primeira variação de entalpia foi de $10,3 \text{ J g}^{-1}$ e a segunda, de $0,186 \text{ J g}^{-1}$.

O amido de quinoa gelatiniza-se a uma temperatura relativamente baixa, tendo sido relatada entre $62,6$ e $67 \text{ }^{\circ}\text{C}$, menor que a do amido de amaranto e de cevada ceroso e um pouco maior que o amido de trigo, arroz e cevada. Apresenta alta viscosidade máxima, maior capacidade de absorção de água e maior poder de inchamento, comparado ao amido de trigo e de cevada. A menor temperatura de pasta e o menor índice de quebra do amido de quinoa implicam maior estabilidade de pasta a quente, ou seja, maior resistência ao cisalhamento durante o aquecimento. A determinação da viscosidade do amido de quinoa em RVA (rapid visco analyser) mostrou comportamento semelhante às pastas de amido de cereais e raízes. O amido de quinoa possui ainda excelente estabilidade sob congelamento e processos de retrogradação (LORENZ, 1990; QIAN; KUHN, 1999; TANG et al., 2002; ABUGOCH JAMES, 2009).

Os carboidratos da quinoa podem ser considerados como nutracêuticos, porque têm efeitos benéficos hipoglicêmicos e induzem a diminuição dos ácidos graxos livres. Estudos realizados em indivíduos portadores de doença celíaca mostraram que o índice glicêmico da quinoa foi ligeiramente menor do que em massas e pães sem glúten. Além disso, a quinoa induziu menores níveis de ácidos graxos livres do que as massas alimentícias sem glúten e concentrações de triglicérides significativamente menores, em comparação com pão sem glúten. Outros efeitos nutracêuticos da quinoa têm sido relatados, mas necessitam ainda de estudos mais aprofundados (BERTI et al., 2004).

4.3. Lipídios

A quinoa tem sido considerada cultura oleaginosa alternativa, devido à qualidade e quantidade de sua fração lipídica. Possui teor lipídico entre $2,0$ e $9,5\%$, sendo rica em ácidos graxos essenciais, como linoleico e α -linolênico. Possui teor de óleo próximo a 7% bs, superior ao do milho ($4,7\%$ bs) e ao de outros cereais e inferior ao da soja ($19,0\%$ bs). Uma

comparação do perfil de ácidos graxos do óleo do grão de quinoa com aquele presente no milho e na soja (Tabela 5) revelou quantidades semelhantes para os ácidos graxos linoleico (C18:2), oleico (C18:1) e linolênico (C18:3), correspondendo a aproximadamente 88% dos ácidos graxos totais da semente (KOZIOL, 1990; KOZIOL, 1992; ANDO et al., 2002; REPO-CARRASCO et al., 2003; RYAN et al., 2007; BORGES et al., 2010).

Tabela 5 – Composição em ácidos graxos dos lipídios presentes em sementes de quinoa, soja e milho

Ácido graxo	Quinoa ^a	Soja ^b	Milho ^b
Saturados			
Mirístico C14:0	0,1 – 2,4	traços	traços
Palmítico C16:0	9,2 – 11,1	10,7	10,7
Estearico C18:0	0,6 – 1,1	3,6	2,8
Monoinsaturados			
Miristoleico C14:1	1,0	–	–
Palmitoleico C16:1	0,2 – 1,2	0,2	traços
Oleico C18:1	22,8 – 29,5	22,0	26,1
Poli-insaturados (PUFA)			
Linoleico C18:2 (<i>n</i> – 6)	48,1 – 52,3	56,0	57,7
Linolênico C18:3 (<i>n</i> – 3)	4,6 – 8,0	7,0	2,2

Fonte: ^aMASSON E MELLA (1985 citados por ABUGOCH JAMES, 2009).

^bUSDA, 2011.

Segundo reportado por Ando et al. (2002), o ácido graxo saturado principal encontrado na quinoa foi o palmítico, que correspondeu a cerca de 10% do total de ácidos graxos presentes. Os ácidos graxos insaturados foram oleico (19,7-29,5%), linoleico (49,0-56,4%) e linolênico (8,7-11,7%), que constituíram 87,2 a 87,8% dos ácidos graxos totais presentes no óleo de quinoa, sendo essa composição semelhante à do óleo de soja. Como indicado pelo elevado índice de iodo (82,7%) observado por Repo-Carrasco et al. (2003), os ácidos graxos do óleo de quinoa são poli-insaturados. Nas últimas décadas, os ácidos graxos poli-insaturados ganharam importância

devido aos benefícios à saúde a eles atribuídos, como os efeitos positivos sobre as doenças cardiovasculares sobre o metabolismo das prostaglandinas, no aumento da sensibilidade à insulina, no sistema imunológico e na função da membrana celular (REPO-CARRASCO et al., 2003; OGUNGBENLE, 2003; ABUGOCH JAMES, 2009).

Segundo Ng et al. (2007), os lipídios da farinha de quinoa ficaram estáveis durante 30 dias, devido à vitamina E naturalmente presente. Como esse micronutriente representa um antioxidante natural nesse grão e estando presente em grande quantidade, o potencial da quinoa como nova oleaginosa tem sido reforçado, principalmente no desenvolvimento de novas aplicações alimentares, focando as qualidades antioxidantes naturalmente presentes nessa matéria-prima.

O teor de lipídios da quinoa (2 a 9,5%) é considerado baixo para a extração de óleo ser economicamente atraente, porém no milho esse teor varia de 2 a 5% (KOZIOL, 1992). Estima-se que, com métodos melhorados de cultivo, podem-se produzir de 80 a 400 kg de óleo/ha, em comparação com os rendimentos de óleo de milho (20-50 kg/ha), soja (350-425 kg/ha), girassol (330-510 kg/ha) e amendoim (260-480 kg/ha) (KOZIOL, 1990). Além disso, as concentrações dos ácidos graxos linoleico e linolênico de 55-63% encontradas na fração lipídica contribuem para que esse óleo seja uma fonte potencialmente valiosa de ácidos graxos essenciais (KOZIOL, 1990; KOZIOL, 1992).

Segundo Ogungbenle (2003), o óleo extraído da quinoa apresentou índice de saponificação de 192,0%. Esse valor é menor do que o de outros lipídios, como gordura de manteiga (220-241%) e óleo de coco (200-250%), mas se compara, favoravelmente, com o óleo de sementes de algodão (190-200%) e da soja (190-194%). Os valores do índice de acidez e de peróxido (0,5% e 2,44%) indicam que o óleo não se rancifica facilmente quando devidamente armazenado na ausência de oxigênio atmosférico e outros contaminantes.

Conforme citado por Koziol (1992), o óleo de quinoa contém 5,2% de matéria insaponificável, 1,8% de fosfatídeos (lecitinas) e 1,5% de esteróis. Apresenta densidade específica a 20 °C de 0,8910 e índice de refração a 25 °C de 1,4637.

Esqualeno e fitosteróis são componentes presentes na fração lipídica insaponificável dos alimentos, assim como os tocoferóis. O esqualeno é produzido por todos os organismos superiores, reconhecido pelas suas propriedades benéficas para a saúde humana, sendo um intermediário na biossíntese do colesterol. Segundo Jahaniaval et al. (2000) e Ryan et al. (2007), o esqualeno está presente na quinoa entre 33,9 e 58,4 mg 100 g⁻¹. É o precursor bioquímico de toda a família de esteroides e, além da sua atividade antioxidante eficaz, os tocotrienóis possuem outras importantes funções, em especial na manutenção de um sistema cardiovascular saudável e um papel possível na proteção contra o câncer (ABUGOCH JAMES, 2009).

Fitosteróis são componentes naturais das membranas celulares dos vegetais presentes em abundância nos óleos, sementes e grãos. Têm diferentes efeitos biológicos, como atividade anti-inflamatória, antioxidante e anticarcinogênica. Conforme reportado por Ryan et al. (2007), os níveis de fitosteróis presentes na quinoa foram de 63,7 mg 100 g⁻¹ de β -sitosterol, 15,6 mg 100 g⁻¹ de campesterol e 3,2 mg 100 g⁻¹ de estigmateróis, que são os esteróis mais abundantes em vegetais. Esses níveis são maiores do que em sementes de abóbora, cevada e milho, mas inferiores aos da lentilha, grão de bico e sementes de gergelim. A dose recomendada é de 0,8-1,0 g de fitosterol equivalente por dia, incluindo fontes naturais, e são importantes componentes da dieta na diminuição da lipoproteína de baixa densidade (LDL), auxiliando na manutenção de um coração saudável (RYAN et al., 2007; ABUGOCH JAMES, 2009).

4.4. Vitaminas

A quinoa também é rica em micronutrientes, como vitaminas e minerais. As vitaminas são compostos essenciais para a saúde dos seres humanos e dos animais. Não podem ser sintetizadas pelo organismo humano, embora alguns compostos pertencentes à classe dos esteróis e carotenoides possam ser transformados no organismo humano em vitaminas, razão pela qual tais substâncias são denominadas pró-vitaminas. De acordo com a sua solubilidade, são divididas em dois grupos: as

hidrossolúveis e as lipossolúveis. Tradicionalmente, estão entre as substâncias químicas mais amplamente utilizadas para melhorar o valor nutricional de produtos alimentícios (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Embora haja poucos trabalhos sobre o conteúdo de vitaminas no grão de quinoa, vários autores reportaram importantes concentrações de piridoxina (B_6) e ácido fólico, cujos valores em 100 g podem suprir as necessidades de crianças e adultos. O conteúdo de riboflavina em 100 g contribui com 80% das necessidades diárias das crianças e 40% das de adultos, conforme citado por Abugoch James (2009). O teor de niacina não supre as necessidades diárias, mas é importante fonte para a dieta. Os valores de tiamina (B_1) são inferiores aos da aveia ou cevada, mas os de riboflavina (B_2), piridoxina (B_6) e ácido fólico são superiores aos da maioria dos cereais, como trigo, aveia, cevada, centeio, arroz e milho (RUALES; NAIR, 1993a; ABUGOCH JAMES, 2009; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010a).

Além disso, a quinoa é excelente fonte de vitamina E. As concentrações de tocoferóis encontrados no óleo de quinoa foram de 797,2 ppm de γ -tocoferol e 721,4 ppm de α -tocoferol (REPO-CARRASCO et al., 2003). A quantidade de γ -tocoferol observada foi ligeiramente superior à quantidade presente no óleo de milho, garantindo ao óleo de quinoa uma longa vida de prateleira, devido ao poder antioxidante dessa substância. Além disso, o teor de α -tocoferol, como vitamina E, é muito importante, pois atua como antioxidante natural em nível da membrana celular, protegendo os ácidos graxos contra danos causados pelos radicais livres (RUALES; NAIR, 1993a; NG et al., 2007; RYAN et al., 2007; ABUGOCH JAMES, 2009). A Tabela 6 mostra os teores de vitaminas da quinoa, comparados com os de outros cereais.

Ruales e Nair (1993a) relataram quantidades consideráveis de tiamina ($0,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ácido fólico ($78,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e vitamina C ($16,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Koziol (1992), comparando os teores de vitaminas da quinoa com alguns cereais, relatou que este grão contém substancialmente mais riboflavina, α -tocoferol, β -caroteno e ácido ascórbico do que o arroz, a cevada e o trigo. Repo-Carrasco et al. (2003) também relataram que a quinoa é rica em provitamina A, B_2 e E.

Tabela 6 – Concentração de vitaminas e carotenoides em grãos de quinoa e de outros cereais (mg 100 g⁻¹)

Vitamina	Quinoa ^a (bs)	Quinoa ^b (bs)	Quinoa ^c (bu)	Arroz ^c (bu)	Aveia ^c (bu)	Trigo ^c (bu)
Tiamina (B ₁)	0,38	0,40	0,36	0,40	0,76	0,38
Riboflavina (B ₂)	0,39	0,20	0,32	0,09	0,14	0,12
Niacina	1,06	ni	1,52	5,09	0,96	5,46
Piridoxina (B ₆)	ni	ni	0,49	0,51	0,12	0,30
Ácido pantotênico	ni	ni	0,77	1,49	1,35	0,95
Ácido ascórbico (C)	4,00	16,40	ni	0,00	0,00	0,00
Folatos total (µg 100 g ⁻¹)	ni	78,10	184,00	20,00	56,00	38,00
α-tocoferol	5,37	2,60	2,44	0,59	ni	1,01
β-tocoferol	ni	0,20	0,08	ni	ni	ni
γ-tocoferol	ni	5,30	4,55	ni	ni	ni
δ-tocoferol	ni	0,30	0,35	ni	ni	ni
β-caroteno (µg 100 g ⁻¹)	390,00	ni	8,00	ni	ni	5,00
Luteína+zeaxant. (µg 100 g ⁻¹)	ni	ni	163,00	ni	ni	220,00
Vitamina A (µg RE 100 g ⁻¹)	ni	200,00	1,00	ni	ni	ni
Vitamina A (UI)	ni	ni	14,00	ni	ni	9,00

Fontes: ^aKOZIOL, 1992; ^bRUALES; NAIR, 1993a; ^cUSDA, 2011.

bs = base seca.

bu = base úmida.

ni = não informado.

Os teores do ácido ascórbico devem ser analisados com cuidado, pois essa vitamina é altamente suscetível à oxidação. Desse modo, de 0 até 63,0 mg 100 g⁻¹ têm sido relatados para a quinoa. Os dados da concentração de vitaminas podem ser enganosos, uma vez que tanto variedades doces quanto amargas de quinoa normalmente são lavadas, e as amargas submetidas ao polimento (descascamento abrasivo), para remover as saponinas antes de serem consumidas, alterando os valores das vitaminas presentes no grão não processado (KOZIOL, 1992).

4.5. Minerais

Diferentemente dos carboidratos, lipídios e proteínas, os sais minerais são substâncias inorgânicas com funções muito importantes no organismo,

não podendo ser produzidos pelos seres vivos. Sua baixa ingestão ou redução da biodisponibilidade pode gerar desequilíbrios na saúde e comprometimento das funções vitais. Entre os mais conhecidos estão o cálcio, fósforo, ferro, potássio, enxofre, sódio, magnésio, zinco, cobre, selênio e o cromo. Esses micronutrientes devem ser ingeridos através de uma alimentação adequadamente equilibrada para o suprimento das necessidades diárias, e atenção especial deve ser dada às corretas combinações de alimentos, técnicas de preparo e nutrientes, de maneira a potencializar sua biodisponibilidade (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010; COZZOLINO, 2011).

O teor de cinzas da quinoa (3,4%) é maior do que o do arroz (0,5%), trigo (1,8%) e da maioria dos outros cereais. Assim, os grãos de quinoa contêm grandes quantidades de sais minerais. A quantidade de cálcio e ferro é significativamente mais elevada do que nos cereais mais comumente utilizados. Possui cerca de 0,26% de magnésio, em comparação com 0,16% no trigo e de 0,14% no milho. Desde que estejam nas formas biodisponíveis, cálcio, magnésio e potássio, são encontrados em quantidades suficientes no grão de quinoa para uma alimentação humana equilibrada (REPO-CARRASCO et al., 2003; BHARGAVA et al., 2006; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). Vários outros autores também relataram grandes quantidades de ferro e cálcio na quinoa (Tabela 7).

Vega-Gálvez et al. (2010) reportaram grande variação na concentração de minerais nas sementes de quinoa. A diferença observada nos valores obtidos pelos diversos autores citados na Tabela 7 pode estar relacionada ao fato de que as amostras utilizadas eram de genótipos e regiões diferentes, com variados tipos de solo, diferentes composições minerais e, ou, fertilizantes aplicados.

Ogungbenle (2003) verificou que o potássio foi o mineral mais abundante no grão de quinoa, seguido pelo magnésio e fósforo, enquanto o ferro apresentou o menor valor. O teor de cálcio pode ser considerado adequado para o desenvolvimento infantil dos ossos e dentes. Os valores sugerem que a quinoa pode ser utilizada em diferentes formulações na alimentação humana.

Tabela 7 – Composição mineral de grãos de quinoa (mg kg⁻¹ bs)

Referências	Minerais						
	Ca	P	Mg	K	Fe	Zn	Cu
Palombini et al. (2013)	1084	458	2982	9357	103,0	nd	15,5
Hager et al. (2012)	497	4416	2299	5538	53,5	33	7,7
Stikic et al. (2012)	4500	2400	1500	9520	50,0	19	3,0
Bhargava et al. (2006)	1274	3869	nd	6967	20,0	48	nd
Konishi et al. (2004)	863	4110	5020	7320	150,0	40	nd
Ogungbenle (2003)	860	220	2320	7140	26,0	38	75,0
Repo-Carrasco et al. (2003)	940	1400	2700	nd	168,0	48	37,0
Ando et al. (2002)	1213	3595	4526	8257	95,0	8	7,0
Ruales e Nair (1993)	874	5350	2620	1201	81,0	36	10,0
Chauhan et al. (1992)	1100	3600	5000	9000	92,0	8	9,5
Kozioł (1992)	1487	3837	2496	9267	132,0	44	51,0

bs = base seca.

nd = não determinado.

Ando et al. (2002) e Konish et al. (2004) analisaram o conteúdo de minerais no grão de quinoa, obtendo, entre os minerais analisados, maiores teores de cálcio, fósforo, ferro, potássio, magnésio e zinco (Tabela 7). Alguns estudos comprovam que o grão de quinoa apresenta quantidades significativamente superiores desses minerais quando comparado com grãos da maioria dos cereais tradicionalmente consumidos no Brasil, como mostrado na Tabela 8 (BORGES et al., 2003; REPO-CARRASCO et al., 2003; BHARGAVA et al., 2006; NEPA, 2011).

Conforme citado por Alvarez-Jubete et al. (2010a), cálcio, magnésio e ferro são os principais minerais deficientes em produtos sem glúten. Os pseudocereais amaranto, quinoa e trigo-sarraceno são geralmente boa fonte desses e de outros importantes minerais para portadores da doença celíaca. Em especial, o elevado teor de cálcio dessas sementes é de grande relevância para os indivíduos celíacos devido à prevalência bem conhecida de osteopenia e osteoporose entre pacientes recentemente diagnosticados com essa doença.

Tabela 8 – Teor de minerais em grãos de cereais e de quinoa (mg 100 g⁻¹bs)

Mineral	Trigo	Cevada	Aveia	Centeio	Triticale	Arroz	Quinoa
Ca	48,0	52,0	94,0	49,0	37,0	15,0	94,0
Mg	152,0	145,0	138,0	138,0	147,0	118,0	270,0
Na	4,0	49,0	28,0	10,0	9,0	30,0	11,5
P	387,0	356,0	385,0	428,0	487,0	260,0	140,0
Fe	4,6	4,6	6,2	4,4	6,5	2,8	16,8
Cu	0,6	0,7	0,5	0,7	0,8	0,4	3,7
Zn	3,3	3,1	3,0	2,0	3,3	1,8	4,8

bs = base seca.

Fonte: REPO-CARRASCO et al., 2003.

A quinoa contém mais ferro do que os cereais comuns, entretanto a sua disponibilidade pode ser afetada, até certo ponto, pelas saponinas e pelo ácido fítico presentes nas sementes. Conforme relatado por Ruales e Nair (1993a), a quantidade de ácido fítico, após o processo de lavagem utilizado na remoção de saponinas, manteve-se elevada, cerca de 8 mg g⁻¹. Quantidades excessivas de fitato na dieta têm efeito negativo sobre o equilíbrio mineral, porque este se liga com os minerais multivalentes, como Fe³⁺, Zn²⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, e os torna menos disponíveis para absorção no trato intestinal. O procedimento de limpeza e lavagem com água utilizado para remover saponinas parece influenciar o teor dos minerais. Diminuição significativa no teor de potássio 46%, de ferro 28%, de manganês 27% e de magnésio 8% foi observada (RUALES; NAIR, 1993a). No entanto, conforme citado por Koziol (1992) e Ruales e Nair (1993a), experiências com alimentação de animais indicaram que a disponibilidade de ferro das rações à base de quinoa foi pelo menos tão boa quanto a disponibilidade de ferro a partir de sulfato ferroso. Entretanto, a biodisponibilidade dos minerais da quinoa em humanos necessita ser mais bem avaliada.

A distribuição dos minerais nas sementes de quinoa foi examinada por Konishi et al. (2004), usando microanálise de energia dispersiva de raios X (EDX) em combinação com microscopia eletrônica de varredura (MEV). Fósforo, potássio e magnésio localizaram-se no tecido embrionário. Como

os glóbulos de fitina se localizam em corpos proteicos das células embrionárias, sugere-se que o P seja atribuído ao ácido fítico e o K e Mg estejam formando os fitatos. Cálcio e potássio estavam presentes no pericarpo, onde a parede da célula é densamente desenvolvida, sugerindo que esses minerais estejam associados à pectina. O enxofre ocorreu em tecidos embrionários, que seria derivado do enxofre de resíduos de aminoácidos sulfurados das proteínas de reserva concentradas nesses tecidos.

4.6. Antioxidantes, compostos fenólicos e flavonoides

A doença cardíaca coronariana é a principal causa de morte nos países mais desenvolvidos e está crescendo rapidamente nos países em desenvolvimento. Dietas apropriadas, que incluem frutas, verduras, legumes, cereais integrais e “pseudocereais” podem contribuir para a proteção cardiovascular. Foi demonstrado que alimentos ricos em fibras alimentares costumam ser importantes fontes de vitaminas, minerais, fitoquímicos, antioxidantes naturais e outros micronutrientes. Entre esses alimentos, os cereais e os “pseudocereais” desempenham importante papel (GORINSTEIN et al., 2008).

Recentemente, muita atenção tem sido dada aos antioxidantes naturais, que podem desempenhar papel importante na inibição dos radicais livres e reações de oxidação em cadeia no interior de tecidos e, em particular, na proteção de membranas celulares, com comprovados bons resultados nas funções neurais. Isso, além de reduzir o risco de várias doenças degenerativas associadas ao estresse oxidativo, como o câncer, doença cardiovascular e osteoporose (NSIMBA et al., 2008; ALVAREZ-JUBETE et al., 2010b; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação dos lipídios ou outras moléculas, inibindo a iniciação ou a propagação de reações de oxidação em cadeia. Quando adicionados a alimentos, os antioxidantes minimizam o ranço, atrasam a formação de produtos de oxidação tóxicos, mantêm a qualidade nutricional e aumentam o tempo de conservação (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Alvarez-Jubete et al. (2010ab) citaram que, entre os cereais e “pseudocereais”, o trigo-sarraceno é uma das melhores fontes de polifenóis, em que os principais encontrados são flavonoides glicosídeos de quercetina, apigenina e luteolina. Sementes de quinoa também são abundantes fontes de flavonoides, que consistem, principalmente, de glicosídeos de kaempferol e quercetina.

Gorinstein et al. (2008) relataram teor de tanino de 0,05% bs em quinoa, valor comparável com o do amaranto. Os conteúdos relatados de ácidos fenólicos foram de 251,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácido ferúlico, 1,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácido *p*-cumárico e 6,31 de $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácido cafeico, em base seca. Esses autores também determinaram o conteúdo de polifenóis no pericarpo, verificando que o teor foi significativamente mais elevado do que nos grãos. Os métodos utilizados para determinação da capacidade antioxidante mostraram que o trigo-sarraceno e a quinoa apresentaram o maior potencial antioxidante entre os cereais e pseudocereais estudados.

Zhu et al. (2001) isolaram seis flavonóis glicosilados de sementes de quinoa. Os dois quercetina 3-glicosídeos mostraram maior atividade antioxidante do que os quatro kaempferol 3-glicosídeos presentes, sugerindo que a quinoa pode representar fonte importante de inibição de radicais livres.

Nsimba et al. (2008) verificaram que, entre as cinco amostras de grãos estudados, o extrato etanólico da amostra de quinoa do Japão cultivada ao nível do mar apresentou o maior teor de compostos fenólicos ($148,0 \pm 1,9 \text{ mg g}^{-1}$ de ácido tânico equivalente), enquanto a amostra de quinoa da Bolívia teve o menor teor ($94,3 \pm 3,0 \text{ mg g}^{-1}$). Da mesma forma, a amostra de quinoa japonesa apresentou a maior capacidade antioxidante. A diferença observada no teor desses compostos fenólicos entre os dois ecótipos de quinoa pode ser explicada pelas diferentes condições ambientais, técnicas agrícolas ou pelo fator genético (NSIMBA et al., 2008; MIRANDA et al., 2011).

Conforme verificado por Nsimba et al. (2008), os baixos valores de correlação entre os teores de fenóis totais e a atividade antioxidante sugerem que a maior atividade antioxidante nas sementes estudadas pode ser de compostos não fenólicos. Embora exista elevada quantidade de fenóis totais presentes, outros compostos não fenólicos, como ácido

ascórbico, ácido fítico, tocoferóis, esteróis, carotenoides, saponinas, ecdisteróis, entre outros, podem ser os contribuintes mais prováveis da atividade antioxidante das cinco amostras estudadas.

Hirose et al. (2010) também verificaram o maior efeito antioxidante de sementes de quinoa do Japão, em comparação com as da América do Sul e as de outros grãos, excluindo o trigo-sarraceno. Os resultados sugerem que as sementes de quinoa cultivadas no Japão têm compostos fenólicos, principalmente glicosídeos de quercetina, em maior quantidade, responsáveis pela sua alta capacidade antioxidante. Esses autores obtiveram boa correlação entre o teor de fenóis totais dos grãos analisados e a capacidade de inibição de radicais livres.

Pasko et al. (2009) mostraram que as sementes e brotos de amaranto e quinoa podem ser usadas como alimentos, porque são boas fontes de antocianinas e fenóis totais, apresentando atividade antioxidante relativamente alta. Esses autores, utilizando três metodologias diferentes, relataram que a quinoa apresentou maior atividade antioxidante do que o amaranto e que os dados apontaram boa correlação, sugerindo que o conteúdo de polifenóis totais pode ser um bom indicador da atividade antioxidante *in vitro*.

Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) verificaram que o teor de compostos fenólicos totais e a atividade de inibição dos radicais livres aumentaram durante o processo de extrusão, para as quatro variedades de quinoa estudadas. Esse aumento da atividade antioxidante em grãos processados pode ser explicado pelo aumento de compostos fenólicos solúveis liberados durante o processamento térmico. Houve diferença significativa no teor total de polifenóis entre as variedades, e aqueles autores concluíram que a quinoa pode ser considerada boa fonte de fibra dietética, de polifenóis e de outros compostos antioxidantes e o processo de extrusão-cocção pode melhorar o valor nutricional dos grãos.

Em outro estudo realizado por Alvarez-Jubete et al. (2010b), foram analisadas a composição em polifenóis e as propriedades antioxidantes de extratos metanólicos de quinoa, trigo-sarraceno, amaranto e trigo, bem como avaliado como essas propriedades foram influenciadas após dois tipos de processamento: germinação e panificação. O conteúdo de fenóis totais entre

os extratos das sementes foi significativamente maior no trigo-sarraceno, seguido de quinoa, trigo e amaranto. A capacidade antioxidante, determinada por três métodos de ensaio, também foi maior no extrato de semente de trigo-sarraceno e no de quinoa. O teor de fenóis totais e a atividade antioxidante geralmente aumentam com a germinação, e a diminuição nos níveis desses elementos foi observada no processo de panificação. Em geral, brotos e sementes de trigo-sarraceno e de quinoa representam potenciais fontes de compostos fenólicos para melhorar as propriedades nutritivas de produtos alimentícios, como pães isentos de glúten.

Segundo Vega-Gálvez et al. (2010), a atividade antioxidante da quinoa pode ser de particular interesse para os pesquisadores da área médica e necessita de maior atenção quanto à sua utilização como potente antioxidante natural.

Estudos experimentais em animais ou em culturas de células humanas têm demonstrado o papel dos polifenóis de plantas na prevenção de doenças cardiovasculares. Entretanto, mais estudos em humanos são necessários para fornecer provas claras da real bioatividade dos flavonoides e seus efeitos protetores da saúde e para avaliar os riscos eventualmente resultantes do consumo elevado de polifenóis na alimentação (ZHU et al., 2001; SCALBERT et al., 2005; GORINSTEIN et al., 2008).

5. FATORES ANTINUTRICIONAIS

Um dos principais problemas decorrentes do uso de vegetais como fonte de nutrientes na alimentação está na presença de alguns compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas. O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever essa classe de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal, que, quando consumidos, reduzem seu valor nutritivo, interferindo em sua digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes, e podem acarretar efeitos danosos à saúde se ingeridos em altas concentrações. Assim, é essencial a realização de estudos dos fatores antinutricionais dos vegetais de uso convencional e não convencional, a fim de determinar quais são os compostos que interferem no seu valor nutritivo (LOPES et al., 2009; BENEVIDES et al., 2011).

Vários tipos de fatores antinutricionais têm sido identificados nos diferentes vegetais. Na semente de quinoa, os fatores antinutricionais identificados são saponinas, ácido fítico, taninos, nitratos, oxalatos e inibidores de tripsina. Essas substâncias encontram-se presentes em maior concentração nas camadas externas do grão. Contudo, estudos sobre os possíveis antinutrientes da quinoa ainda são escassos, e pouco se conhece a respeito de seus efeitos antinutricionais e, ou, tóxicos que possam comprometer a sua qualidade nutritiva, a fim de incorporá-la, de forma efetiva, na dieta humana (SANTOS, 2006; LOPES et al., 2009; BORGES et al., 2010).

Apesar da presença dos fatores antinutricionais no grão de quinoa, essas substâncias podem ser inativadas ou reduzidas a níveis seguros para a saúde quando se utilizam técnicas adequadas de processamento industrial ou no preparo doméstico desse alimento (BORGES et al., 2010).

5.1. Saponinas

O grão de quinoa possui revestimento natural de sabor amargo denominado genericamente saponina, presente nas camadas mais externas do grão (episperma), que o protege de pássaros e insetos. Essas substâncias encontradas em plantas, principalmente da família Leguminosae, são glicosídeos triterpenoides que não possuem fórmula química bem definida, no entanto, de maneira geral, pode-se sugerir a seguinte fórmula química básica: $C_nH_{2n-8}O_{10}$ ($n \geq 5$) (DINI et al., 2001; SOUZA et al., 2004; FARRO, 2008).

A estrutura das saponinas consiste em uma porção oligossacarídea formada por carboidratos como glicose, arabinose, galactose, N-acetilglucosamina, ácido glicurônico, xilose, ramnose ou metilpentose ligada a uma porção aglicona (não açúcar), insolúvel em água, chamada genericamente de sapogenina (Figura 2). É uma estrutura com caráter anfifílico, parte da estrutura com característica lipofílica (triterpeno ou esteroide) e outra hidrofílica (açúcares). Essa característica determina a propriedade de redução da tensão superficial da água e suas ações detergentes e emulsificantes (SILVA, 2008; CASTEJON, 2011).

As saponinas esteroidais e triterpênicas apresentam distribuição diferenciada no reino vegetal. Ocorrem em pelo menos 400 espécies de plantas pertencentes a 60 famílias diferentes, mas somente cerca de 28 são usadas como alimentos. As saponinas esteroidais neutras são encontradas quase que exclusivamente em monocotiledôneas, sobretudo nas famílias Liliaceae, Dioscoreaceae e Agavaceae. Os gêneros *Smilax*, *Dioscorea*, *Agave* e *Yucca* são especialmente ricos dessas saponinas. Na alimentação humana, saponinas esteroidais são encontradas na aveia, pimentas, berinjela, semente de tomate, aspargos, inhame, feno-grego e ginseng. As saponinas esteroidais básicas, ou alcaloídicas, estão presentes principalmente no gênero *Solanum*, pertencente à família Solanaceae (SILVA, 2008; CASTEJON, 2011).

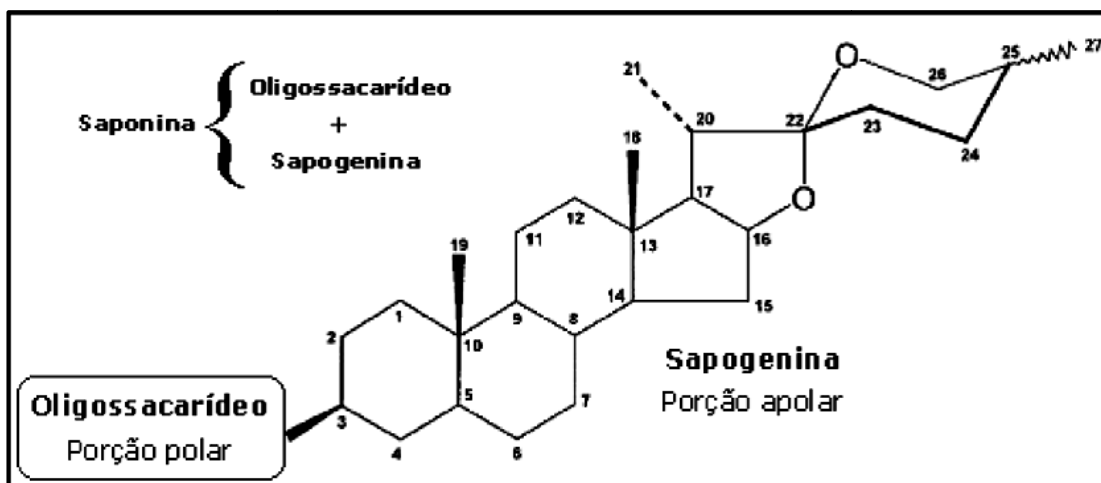


Figura 2 – Estrutura geral das saponinas esteroidais.
Fonte: SILVA, 2008.

As saponinas triterpênicas encontram-se predominantemente em dicotiledôneas, sobretudo nas famílias Sapindaceae, Hippocastanaceae, Sapotaceae, Polygalaceae, Caryophyllaceae, Primulaceae e Araliaceae. Têm sido detectadas em muitas leguminosas, como soja, feijão, ervilhas e também na acelga, chás, açúcar, alcaçuz, quinoa, girassol e ginseng (CASTEJON, 2011).

Doze saponinas triterpênicas foram isoladas a partir de sementes de quinoa, como mostrado na Figura 3 (ZHU et al., 2002). Suas estruturas foram caracterizadas com base em hidrólises ácidas e alcalinas e em dados espectrais, especialmente evidenciados por espectrometria de massas (MS) e ressonância magnética nuclear (NMR), e quatro estruturas principais de sapogeninas foram identificadas: ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagênico e 30-O-metilespergulagenato. Os principais carboidratos presentes nas saponinas triterpênicas são: glicose, arabinose e galactose, enquanto o ácido glicurônico e a xilose são menos comuns (DINI et al., 2001; ZHU et al., 2002; KULJANABHAGAVAD et al., 2008).

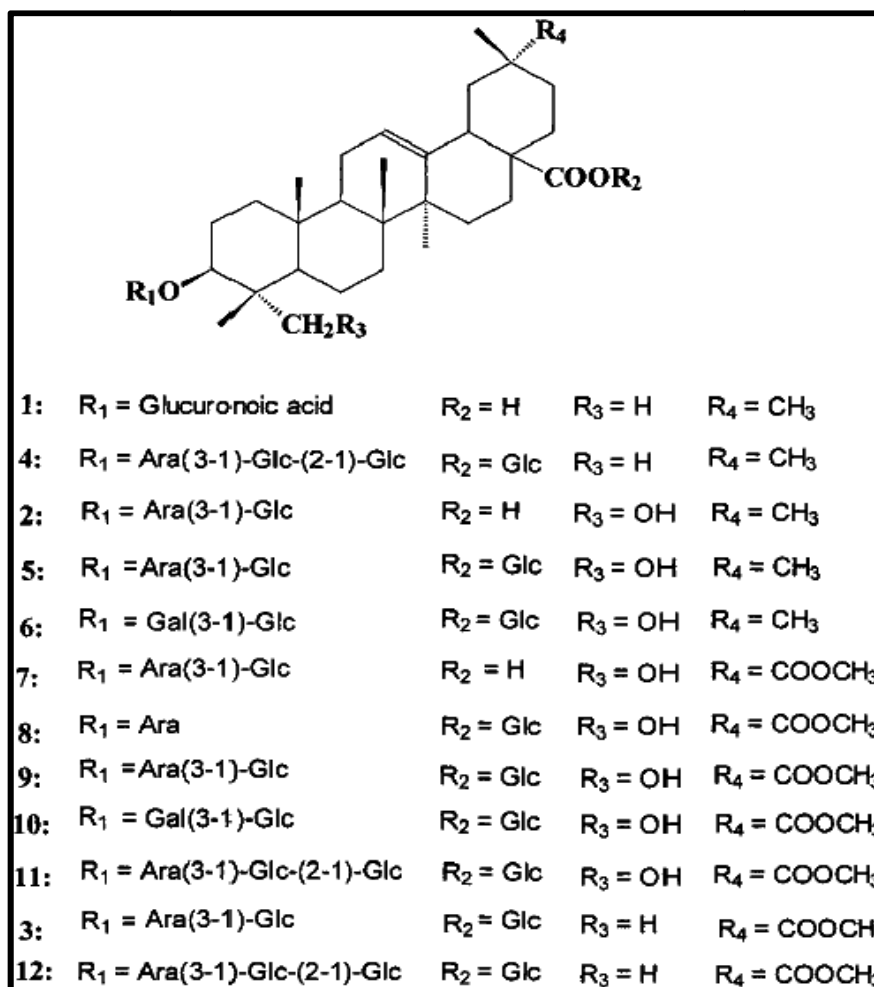


Figura 3 – Saponinas identificadas em grãos de quinoa.
Fonte: ZHU et al., 2002.

As saponinas triterpênicas são solúveis em metanol ou água e apresentam propriedades tóxicas, por ocasionarem hemólises das células vermelhas do sangue. Essa toxicidade depende do tipo de saponina e da sensibilidade do organismo receptor. No entanto, embora sejam extremamente tóxicas para animais de sangue frio, sua toxicidade por via oral em mamíferos é baixa, não exercendo qualquer efeito negativo sobre a qualidade nutritiva da proteína. Algumas saponinas formam complexos com ferro e zinco, que reduzem sua absorção, mas não há evidências de formação de complexos com vitaminas A, E ou D₃ (GONZÁLES et al., 1989; KOZIOL, 1990; KOZIOL, 1992; RUALES; NAIR, 1993b; DINI et al., 2001; FARRO, 2008; JANCUROVÁ et al., 2009). Embora algumas delas sejam consideradas tóxicas, são reconhecidas suas propriedades inseticidas,

fungicidas e antibióticas. Apresentam potencial farmacológico, por modificar a permeabilidade do intestino delgado, o que pode ajudar na absorção de medicamentos específicos e diminuir o colesterol plasmático ou sérico, pela secreção fecal de ácidos biliares e esteroides neutros. Na indústria farmacêutica, são utilizadas como precursores para a síntese de esteroides, hormônios, contraceptivos, anti-inflamatórios, expectorantes e diuréticos. Por seus efeitos tensoativos e emulsificantes, são ainda conhecidas como agentes espumantes na água e utilizadas em sabões, detergentes, xampus, dentifrícios e loções capilares (DINI et al., 2001; FARRO, 2008; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

A presença de saponinas não se restringe às sementes, podendo também ser encontradas em outras partes da planta, cuja função é proteger contra as condições adversas do meio exterior. O conteúdo de saponinas totais nas folhas pode aumentar durante o desenvolvimento da planta, mas é menor do que aquele encontrado nas sementes, cujos teores podem variar de 0,2 a 0,4 g kg⁻¹ de matéria seca em genótipos doces e de 4,7 a 11,3 g kg⁻¹ em genótipos amargos. Hederagenina foi a principal sapogenina observada nas folhas e o ácido oleanólico em sementes. O teor de saponinas é maior no pericarpo, contabilizando 86% do total presente no grão, indicando que o descascamento pode remover a maior parte dessa substância. A quantidade de saponinas nos grãos de quinoa é bem menor quando comparada com as encontradas na soja e em outras leguminosas (CHAUHAN et al., 1992; MASTEBROEK et al., 2000; ANDO et al., 2002; ABUGOCH JAMES, 2009). Pelo seu sabor amargo característico, a quantidade dessa substância normalmente é reduzida ou removida da parte externa do grão, com a finalidade de conferir melhor qualidade sensorial e aceitação pelo consumidor. A remoção é um processo realizado por meio de seleção de variedades doces ou por métodos úmidos (lavagem vigorosa em água fria alcalina), ou secos (tratamento térmico, extrusão, torrefação ou abrasão mecânica) ou, ainda, pela combinação dos dois métodos (KOZIOL, 1990; DINI et al., 2001; BRADY et al., 2007; COMAI et al., 2007; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; JANCUROVÁ et al., 2009).

O método úmido é mais utilizado em nível caseiro e pode também ser empregado em escala comercial. Porém, apresenta inconvenientes econômicos e ecológicos devido ao grande consumo de água e à

necessidade de secagem dos grãos após a lavagem, além da contaminação da água com resíduos das saponinas (RÜTTE, 1990; MUJICA et al., 2001).

Em escala comercial, utiliza-se o método a seco, por descascamento abrasivo para remoção das saponinas. Entretanto, uma desvantagem desse método é a perda de nutrientes como proteínas, vitaminas e minerais, ao lado do farelo. Por essa razão, sugere-se a utilização do método úmido combinado com o polimento, o que garante a obtenção de derivados de quinoa com teores de saponina efetivamente reduzidos e minimiza as perdas nutricionais (CHAUHAN et al., 1992; LINDEBOOM, 2005; BORGES et al., 2010).

5.2. Ácido fítico

Os fitatos são sais do ácido fítico (mioinositol do ácido hexafosfórico – $C_6H_{18}O_{24}P_6$), um ácido orgânico utilizado pelas plantas para armazenamento de fósforo durante a maturidade da semente. Esse ácido é sintetizado a partir de um álcool cíclico, o mioinositol, por esterificações dos grupos hidroxilas com grupos fosfatos (CARLI et al., 2006; PAULA, 2007).

O ácido fítico (Figura 4) é uma molécula carregada negativamente em ampla faixa de pH e possui 12 prótons substituíveis, apresentando grande potencial para a formação de complexos em presença de íons metálicos. O ácido coordena-se através dos grupos doadores, os fosfatos, e a estrutura resultante forma um quelato (CARLI et al., 2006).

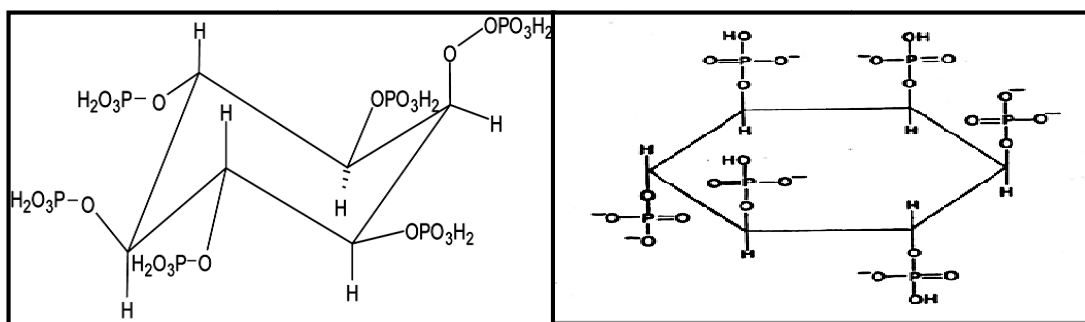


Figura 4 – Estrutura do ácido fítico: 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaquisdi-hidrogenofosfato (IP6).

Essa capacidade quelante tem fundamentado diversos estudos aplicados à ação antioxidante em produtos cárneos e na proteção contra danos oxidativos de emulsões, aumentando sua vida de prateleira. A capacidade da ligação do inositol fosfato aos íons metálicos depende do número de grupos fosfatos desprotonados da molécula (CARLI et al., 2006). Devido à sua carga altamente negativa, o ácido fítico tem sido visto como componente de ação antinutricional capaz de quelar minerais bivalentes, como cálcio, ferro, magnésio, zinco e cobre, e também amido, proteínas e enzimas, comprometendo a biodisponibilidade desses nutrientes. É encontrado, principalmente, na casca da maioria dos cereais e leguminosas, em concentrações de 1 a 3% de matéria seca, constituindo a principal reserva de fosfato dessas sementes. Também, pode estar presente em algumas frutas e legumes (RUALES; NAIR, 1993b; OLIVEIRA et al., 2003; JANCUROVÁ et al., 2009).

O ácido fítico não está presente somente nas camadas externas do grão de quinoa, como no trigo e centeio, mas está também distribuído uniformemente no endosperma. Segundo Chauhan et al. (1992), o teor de fitato é mais elevado no farelo do que na farinha ou casca e representa de 38-41% do total de fitato de sementes inteiras. Valores de 10,5 a 13,1 mg g⁻¹ de ácido fítico de cinco diferentes variedades de quinoa foram relatados por Koziol (1992), valores próximos aos encontrados em grãos de cevada (9,7 a 11,6 mg g⁻¹), milho (8,9 a 9,9 mg g⁻¹), arroz (8,9 mg g⁻¹) e trigo (6,2 a 13,5 mg g⁻¹). Embora a quinoa apresente maior quantidade de ácido fítico do que os cereais, não foram observados efeitos adversos sobre a incorporação de cálcio aos ossos e nem na absorção de ferro (KOZIOL, 1992).

O processo de remoção de saponinas das sementes de quinoa por escovação e lavagem permitiu redução significativa de aproximadamente 30% na quantidade de ácido fítico. A concentração desse ácido em sementes de quinoa sem processamento foi de 10,4 mg g⁻¹, enquanto em sementes processadas foi de 7,8 mg g⁻¹, comparável aos valores obtidos em farinha integral de outros grãos, como centeio (7,7 mg g⁻¹), trigo (8,7 mg g⁻¹), lentilha (8,4 mg g⁻¹) e feijão-guandu (8,0 mg g⁻¹) (RUALES; NAIR, 1993b).

O conteúdo de ácido fítico pode ser significativamente reduzido por processos como maceração, germinação e fermentação. A eficiência da

degradação é maior nos processos que favorecem a ativação da fitase, como a germinação e a fermentação (RUALES; NAIR, 1993b; OLIVEIRA et al., 2003; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009).

Conforme descrito por Ruales e Nair (1993b), estudo realizado em ratos evidenciou que a biodisponibilidade de ferro em quinoa lavada e polida foi pelo menos igual à biodisponibilidade do sulfato ferroso. Assim, experiências com animais indicam boa biodisponibilidade do ferro, apesar do elevado conteúdo de fitato presente na quinoa. Entretanto, estudos com seres humanos são necessários para esclarecer melhor esses resultados.

5.3. Taninos

Os taninos estão incluídos no grupo dos polifenóis, substâncias naturais mais numerosas e extensamente distribuídas no reino vegetal, com pesos moleculares geralmente entre 500 e 3.000. Apresentam como efeito biológico indesejável a capacidade de formarem complexos com proteínas e outras macromoléculas, a exemplo do amido, reduzindo o valor nutricional dos alimentos. A complexação com proteínas é reversível, dependendo do pH do meio, podendo envolver ligações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio (SANTOS, 2006).

São encontrados em muitas plantas utilizadas pelo homem na forma de ervas medicinais, na alimentação e na fabricação de bebidas. Nas plantas, os taninos podem ser encontrados em raízes, flores, frutos, folhas, cascas e na madeira. Os taninos contribuem para o sabor adstringente em comidas e bebidas, como aquele que se sente ao consumir vinhos tintos, chás e frutas verdes. A adstringência ocorre devido à precipitação de glicoproteínas salivares, levando à perda do poder lubrificante. Alguns pesquisadores provaram que os taninos servem para proteger as plantas contra os herbívoros e as doenças patogênicas (QUEIROZ et al., 2002; MONTEIRO et al., 2005; CASTEJON, 2011).

São atribuídos aos taninos outros efeitos prejudiciais, como cor indesejável aos alimentos, devido a reações de escurecimento enzimático e diminuição da sua palatabilidade por causa da adstringência, além de outros efeitos antinutricionais, como danos à mucosa intestinal e interferência na

absorção de ferro, glicose e vitamina B₁₂ (SANTOS, 2006). Entretanto, estudos têm demonstrado que os compostos fenólicos, incluindo os taninos, apresentam atividades antioxidantes e anti-inflamatórias que podem inibir ou retardar a formação de radicais livres e as reações de oxidação nos tecidos e membranas. Estudos experimentais em animais e em cultura de células humanas têm apontado o papel dos polifenóis na prevenção de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, diabetes e osteoporose (SCALBERT et al., 2005; NSIMBA et al., 2008; HIROSE et al., 2010).

Classicamente, os taninos são divididos, de acordo com a sua estrutura química, em dois grandes grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (ou proantocianidinas, que são responsáveis pelas características normalmente atribuídas a essas substâncias, como adstringência, precipitação de proteínas, entre outros). Os taninos hidrolisáveis estão presentes nas famílias Choripetalae das dicotiledôneas, herbáceas e lenhosas. Algumas árvores desta classe, como o castanheiro e o carvalho, são utilizadas como fontes industriais de tanino (QUEIROZ et al., 2002; CASTEJON, 2011).

A estrutura dos taninos condensados é formada pela ligação de uma série de monômeros de unidades flavanol: flavan-3-ols (catequina) e, ou, flavan 3,4-diols (leucoantocianinas), produtos do metabolismo do fenilpropanol. Os taninos condensados podem conter duas a 50 unidades flavonoides, possuem estruturação complexa e são resistentes à hidrólise, mas podem ser solúveis em solventes orgânicos aquosos, dependendo de sua estrutura (Figura 5) (QUEIROZ et al., 2002; BATTESTIN et al., 2004).

Os taninos condensados perfazem, aproximadamente, a metade da matéria seca da casca de muitas árvores. Constituem a segunda fonte de polifenóis do reino vegetal, perdendo apenas para a lignina. São mais comuns na dieta humana do que os taninos hidrolisáveis e estão presentes em concentrações relativamente importantes em alguns frutos (uvas, maçãs etc.) e suas bebidas derivadas, no cacau e em chocolates. Além de serem potentes antioxidantes, possuem larga aplicação na complexação com proteínas, sendo por isso muito empregados na indústria de couros (QUEIROZ et al., 2002; BATTESTIN et al., 2004; CASTEJON, 2011).

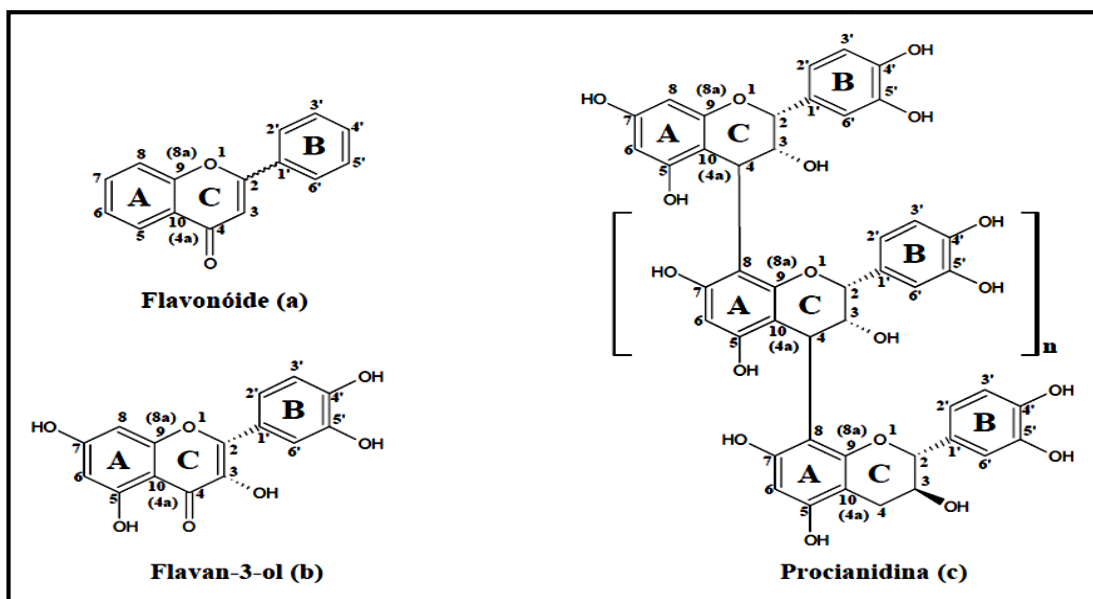


Figura 5 – Fórmulas estruturais: a) um flavonoide genérico; b) flavan-3-ol; e c) procianidina (tanino condensado).

Fonte: QUEIROZ et al., 2002.

O conteúdo de taninos nas plantas pode variar de acordo com as condições climáticas e geográficas, maturação, entre outros, e apresentar composição química variada, sendo, muitas vezes, pouco conhecida. Os taninos estão presentes em pequenas quantidades nas sementes de quinoa (0,53%), conforme citado por Jancurová et al. (2009), consideravelmente mais baixo do que em grãos de arroz (1,3%), sendo reduzidos a 0,23% após o descascamento e lavagem com água.

Segundo Chauhan et al. (1992), o teor de taninos nos grãos de quinoa da variedade americana D-407 Colorado de porte baixo variou de 0,53% bs no grão inteiro a 0,39% bs no grão descascado e lavado com água. A quantidade foi maior na casca (0,92% bs), em comparação com o farelo (0,66% bs), ou a farinha (0,23% bs).

Segundo Borges et al. (2010), vários estudos avaliaram o teor de tanino em feijões, em que se verificou que o grão cozido apresentou diminuição no teor desse composto quando comparado com o produto cru, causada pela ação do processamento doméstico de maceração e cocção. Ramírez-Cárdenas et al. (2008) obtiveram redução de 64 a 83% no conteúdo de taninos nos feijões cozidos em relação aos crus. Tanto a

maceração prévia quanto o cozimento têm papel importante na redução desse fator antinutricional, pois durante o processamento os taninos podem migrar para a água de maceração e para o caldo de cocção. Conforme citado por esses autores, após o cozimento a maior concentração de taninos está no caldo de cozimento, com menores teores na casca e nos cotilédones.

Esses resultados indicam que a utilização adequada de etapas de lavagem e preparo (cocção) do grão de quinoa pode reduzir os efeitos prejudiciais dos taninos, melhorando, dessa forma, a sua digestibilidade (BORGES et al., 2010).

5.4. Inibidores de Tripsina

Inibidores de proteases são proteínas amplamente distribuídas no reino vegetal, que tem a capacidade de inibir a atividade de enzimas proteolíticas como a tripsina, quimiotripsina e carboxipeptidase, formando complexos muito estáveis. A presença do inibidor de tripsina no trato intestinal reduz a ação da tripsina, responsável pela digestão das proteínas, levando a aumento na produção enzimática pelo pâncreas, com consequente hipertrofia desse órgão, além da diminuição da taxa de crescimento. Na nutrição humana, tais fatores antinutricionais têm pequena consequência, pois são termolábeis e geralmente são destruídos nas condições normais de preparo doméstico ou industrial dos alimentos (PAULA, 2007; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009; LOPES et al., 2009).

Existem de oito a 10 famílias de inibidores de proteases, e estas possuem ação específica de acordo com a classe de enzimas proteolíticas. As famílias de inibidores de proteases encontradas em plantas são: inibidor de tripsina da soja (Kunitz), inibidor 'Bowman-Birk', inibidor de tripsina da cevada, inibidores I e II da batata, inibidor da abóbora, inibidor bifuncional do milho, inibidor das carboxipeptidases A e B, inibidor de cisteína proteinase e inibidor aspartil proteinase. Os inibidores de proteases compreendem cerca de 6% das proteínas totais e estão localizados na fração proteica 2S (DUARTE et al., 2010).

Ruales e Nair (1993b) não detectaram inibidores de proteases em grãos de quinoa da variedade Latinreco-40057 do Equador, utilizando o método qualitativo descrito por Tovar (1983) (2 g de amostra em 10 mL de água), indicando que a quantidade desse fator antinutricional nos grãos de quinoa analisados estava abaixo de 50 ppm (0,97 UTI 100 g⁻¹), que é o limite de detecção desse método. Segundo Ahamed et al. (1998 citados por VEGA-GÁLVEZ et al., 2010), a concentração de inibidores de proteases em sementes de quinoa também foi inferior a 50 ppm.

A quinoa contém pequenas quantidades de inibidores de tripsina, muito inferior àsquelas presentes em grãos comumente consumidos e, portanto, não representam maiores preocupações (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). Conforme citado por Ruales e Nair (1993b) e Jancurová et al. (2009), os teores desse antinutriente em oito variedades de quinoa variam de 1,36 a 5,04 UTI mg⁻¹, bem inferiores aos de soja (24,5 a 41,5 UTI mg⁻¹), feijão (12,9 a 42,8 UTI mg⁻¹) e lentilhas (17,8 UTI mg⁻¹).

Chauhan et al. (1992), pesquisando os fatores antinutricionais presentes em grãos de quinoa da variedade americana D-407 Colorado de porte baixo, obtiveram valores de 4,0 UTI mL⁻¹ de inibidores de tripsina no grão inteiro, 6,5 UTI mL⁻¹ na casca e apenas 0,75 UTI mL⁻¹ no farelo e no grão polido e lavado com água. Na farinha de quinoa, não foi detectada a presença de inibidores de tripsina, mostrando que esse fator nutricional está presente somente nas camadas mais externas dos grãos de quinoa.

Lopes et al. (2009) obtiveram teor de inibidor de tripsina de 2,11 UTI mg⁻¹ para a farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru', considerado inferior às quantidades presentes em outros alimentos vegetais comumente utilizados na alimentação humana. Segundo esses autores, os resultados da atividade do inibidor de tripsina na farinha de quinoa utilizada coincidem com os estudos realizados por outros autores, que encontraram quantidades desse fator antinutricional em amostras de quinoa na faixa de 1,36 a 5,04 UTI mg⁻¹.

Segundo Ando et al. (2002), os teores de fitatos e inibidores de tripsina foram mais elevados no embrião das sementes de quinoa. O embrião continha 60% do fitato total e 89% da atividade de inibidor de tripsina em relação ao grão inteiro. O embrião também continha 62% do total da atividade de lipoxigenases.

Conforme citado por Ruales e Nair (1993b), as proteínas da quinoa apresentaram alta digestibilidade e alto valor biológico, conforme experimentos realizados com animais. Esses resultados confirmam que a atividade de inibidores de proteases é baixa em grãos de quinoa para poder causar alguma redução na biodisponibilidade de sua proteína.

Khattab e Arntfield (2009) obtiveram redução total desse componente ao submeter diferentes leguminosas, incluindo feijões e ervilhas, à lavagem e maceração em água por período de 18 a 22 h, seguido de tratamentos térmicos como fervura, torrefação, micro-ondas e autoclavagem. Tal fato demonstra que a inativação desse antinutriente na quinoa pode ser obtida pelas técnicas geralmente empregadas no preparo doméstico de alimentos (BORGES et al., 2010).

5.5. Nitratos

Os nitratos estão presentes em todas as plantas e são fontes essenciais de nitrogênio para o seu crescimento normal. Algumas plantas acumulam essa substância nas raízes e na parte aérea quando a absorção excede as suas necessidades metabólicas, sendo encontrados altos teores nas folhas, especialmente no mesófilo, porém os pecíolos e talos são os locais de máxima acumulação. No entanto, os órgãos reprodutivos – frutos e sementes – são supridos com aminoácidos via floema, possuindo, dessa forma, baixos teores de nitrato. O nitrato presente nos vegetais pode ter origem nos fertilizantes utilizados ou formados no substrato, pela mineralização ou nitrificação (BENINNI et al., 2002; SANTOS, 2006).

No organismo humano, os nitratos interferem no metabolismo da vitamina A e nas funções da glândula tireoide, podendo ainda ser reduzidos a nitrito e, após absorvidos, originar cianoses devido à formação de metamioglobina ou, ainda, reagir com aminas secundárias e terciárias, formando composto N-nitrosos, potencialmente carcinogênicos (BENINNI et al., 2002; SANTOS, 2006; LOPES et al., 2009).

Nitratos (NO_3^-) e nitritos (NO_2^-) podem estar presentes naturalmente nos alimentos de origem vegetal e animal e na água, em decorrência do uso de fertilizantes na agricultura. As principais fontes de exposição alimentar a

nitratos e nitritos incluem os vegetais, produtos cárneos, peixes e aves processados e defumados, aos quais se adicionam nitratos e, ou, nitritos e, ainda, água, no caso de esta ter sido recolhida em locais onde existe contaminação por nitratos de origem agrícola. As plantas são a principal fonte de nitratos (80-90%), enquanto os produtos processados e curados, a principal fonte de nitritos. Estima-se que as hortaliças, em particular as verdes folhosas, contribuam com mais de 70% do nitrato total ingerido. Entre os principais alimentos que apresentam esses compostos, destacam-se a beterraba, alface, espinafre, batata, cenoura, couve e repolho. No entanto, as concentrações normais de nitrato e nitrito nos alimentos naturais dependem do uso de fertilizantes e das condições em que os alimentos são cultivados, colhidos e armazenados (BENEVIDES et al., 2011).

Os teores de nitrato encontrados por Lopes et al. (2009) na farinha integral de quinoa BRS Piabiru ($63,26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foram duas vezes inferiores aos relatados em vegetais, como espinafre, alface, rabanete e beterraba, cujos valores se apresentam superiores a $100 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ do produto fresco, comprovando que a quinoa não oferece desvantagem à dieta e à saúde.

Segundo Benevides et al. (2011), a ingestão diária aceitável (IDA) recomendada pela World Health Organization (WHO) dos íons nitrato e nitrito é de 3,7 e $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$ de peso corpóreo por dia, respectivamente, ressaltando que a IDA não deve ser aplicada às crianças menores de três meses de idade. Alimentos destinados às crianças com menos de seis meses de idade não podem conter nitrito como aditivo. Portanto, para um adulto de 60 kg a ingestão de nitrato não deve ultrapassar 222 mg dia^{-1} e de nitrito $3,6 \text{ mg dia}^{-1}$, o que corresponderia ao consumo de 351 g da farinha integral de quinoa da variedade BRS Piabiru ($63,26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) por dia. Dessa forma, a farinha integral de quinoa não poderia colocar em risco a segurança do consumidor.

A concentração de nitrato varia segundo a espécie dos vegetais. Vegetais verdes folhosos como alface (230,0 mg) e espinafre (247,0 mg) e raízes como beterraba (328,1 mg) e rabanete (260,0 mg) destacam-se por acumularem elevados teores de nitrato, geralmente superiores a $100 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ do produto fresco (SANTOS, 2006).

Conforme verificado por Santos (2006), os teores de nitrato em 100 g de folhas frescas das espécies de brássicas estudadas submetidas à cocção em temperatura de ebulição por 10 min apresentaram-se extremamente baixos, com valores médios de 16,6 mg para brócolis e couve e 8,7 mg para couve-flor. Todas as espécies apresentaram perdas de nitrato ao longo da aplicação dos tratamentos.

Escudero et al. (1999) encontraram concentração de nitrato de 720 mg 100 g⁻¹ em amostras de farinha das partes aéreas de *Amaranthus muricatus* (folhas e hastes antes do florescimento) submetidas à ebulição por 10 min, secas e moídas, enquanto nas amostras cruas a concentração foi de 1.600 mg 100 g⁻¹.

Esses resultados sugerem que o cozimento pode remover grande parte desse antinutriente, uma vez que o íon nitrato tende a se difundir para a água de cocção, pois é bastante solúvel em água.

5.6. Oxalatos

O oxalato é substância tóxica e representa risco importante para a saúde. É frequentemente encontrado em vegetais como espinafre, beterraba, acelga, ruibarbo, tomate, nozes e cacau. Não pode ser metabolizado pelos humanos, sendo excretado na urina. Alta ingestão de oxalato na dieta influencia a absorção de minerais e oligoelementos e desempenha papel-chave na hiperoxalúria, fator de risco para a formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins, devido à capacidade do oxalato de formar complexos insolúveis com cátions divalentes no trato gastrointestinal (SANTOS, 2006; JANCUROVÁ et al., 2009; LOPES et al., 2009).

O ácido oxálico tem sido responsável por significativo número de efeitos prejudiciais ao homem e aos animais, com destaque para a diminuição da biodisponibilidade de minerais, a irritação gastrointestinal, a contração muscular, ou tetania – acompanhada de outros sintomas nervosos –, a diminuição na capacidade de coagular o sangue, possíveis lesões nos órgãos excretores e outros, devido à deposição de substância celular com grande concentração de oxalato de cálcio cristalino (LOPES et al., 2009).

O oxalato, frequentemente encontrado em vegetais, não pode ser metabolizado pelos humanos, sendo excretado na urina. Cerca de 75% de todos os cálculos renais são compostos, principalmente, de oxalato de cálcio e a hiperoxalúria é um dos principais fatores de risco para essa doença, porque o oxalato origina de uma combinação da absorção de oxalato da dieta com os sintetizados endogenamente (BENEVIDES et al., 2011). Está presente em tecidos dos vegetais numa combinação de fontes solúveis, como oxalato de sódio e de potássio, bem como sais insolúveis, a exemplo do oxalato de cálcio e magnésio, sendo os oxalatos solúveis mais biodisponíveis. A elevada quantidade de oxalato na urina aumenta o risco da formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins, pois este oxalato é pouco solúvel na urina, podendo também causar irritações na mucosa intestinal (SANTOS, 2006; BENEVIDES et al., 2011).

O oxalato está presente em grande quantidade nos alimentos de origem vegetal, sendo o espinafre, o ruibarbo e a carambola considerados alimentos de alto risco, pois apresentam grande concentração de oxalato biodisponível. Amendoim, amêndoa, chocolate, noz-pecã e chá instantâneo são considerados alimentos de moderado risco. Os alimentos de alto teor de oxalato não devem ser evitados com base apenas no seu teor de oxalato, já que quantidade limitada é biodisponível, entretanto os alimentos com baixo teor de oxalato e maior biodisponibilidade podem aumentar notavelmente o oxalato urinário (ALMEIDA; NEVES, 2011).

As espécies pertencentes às famílias *Polygonaceae* (trigo-mourisco, ruibarbo e azedinha), *Amaranthaceae* (amaranto) e *Chenopodiaceae* (beterraba, espinafre, acelga e quinoa) estão incluídas na maioria dos vegetais que apresentam excessivas concentrações de oxalato. Obviamente, o oxalato se acumula, nessas famílias de plantas, em todos os tecidos vegetais, ou seja, nas folhas, caules, raízes, hipocótilo e sementes. Conforme citado por Jancurová et al. (2009), o maior teor de oxalato foi encontrado nas folhas e caules. Os teores de oxalato solúvel variam de 59 a 131 mg 100 g⁻¹ em raízes e sementes e de 258 a 1.029 mg 100 g⁻¹ em folhas e caules. Os teores de oxalato total variam de 143 a 232 mg 100 g⁻¹ nas raízes e sementes e de 874 a 1.959 mg 100 g⁻¹ nas folhas e caules.

Siener et al. (2006 citados por BENEVIDES et al., 2011) determinaram o conteúdo de oxalato solúvel e total de vários tipos de cereais (arroz, trigo, centeio, aveia, cevada, milho) e produtos de moagem, pães, bolos e massas (farinhas, amido de milho, flocos de milho e outros). Verificaram que o conteúdo de oxalato solúvel e total variou, nos diferentes tipos de cereais, de 3,2 a 148,9 mg 100 g⁻¹ e de 3,6 a 376,6 mg 100 g⁻¹, respectivamente, e em seus subprodutos, entre 0 e 131,2 mg 100 g⁻¹ e 0 e 257,4 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Segundo esses autores, o maior teor de oxalato em grãos inteiros, quando comparados aos produtos refinados, sugere que o ácido oxálico está localizado, principalmente, nas camadas externas dos grãos de cereais. O maior teor de oxalato foi demonstrado no farelo de trigo (457,4 mg 100 g⁻¹).

A farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru' estudada por Lopes et al. (2009) apresentaram teores inferiores de ácido oxálico (380 mg 100 g⁻¹) em relação a outros alimentos da mesma família, como o espinafre (822 mg 100 g⁻¹), e próximo à beterraba (328 mg 100 g⁻¹). Segundo esses autores, estima-se que uma dieta normal deve conter de 50 a 200 mg dia⁻¹ de oxalatos. Já foram identificados altos níveis de oxalato em alimentos das famílias *Chenopodiaceae* e *Polygonaceae*, como o espinafre, o ruibarbo e a beterraba. No entanto, os níveis de ácido oxálico em algumas espécies dessas famílias, como a quinoa, ainda são escassos na literatura.

Santos (2006) verificou que os teores médios de ácido oxálico nas folhas frescas de três espécies vegetais pertencentes à família das brássicas (couve-flor, brócolis e couve) reduziram 28% após 10 min de fervura. Os resultados apresentaram-se extremamente inferiores a outros vegetais, como espinafre, ruibarbo e folhas de beterraba, sugerindo que as folhas das brássicas não contribuem para a formação de complexos de oxalato com o cálcio da dieta.

Conforme descrito por Masson e Barbosa, o processamento dos alimentos pode contribuir para a diminuição da quantidade de oxalatos. Houve redução de 31% na quantidade de ácido oxálico em folhas de brócolis submetidas ao processo de fervura por 10 min. Em folhas de espinafre fervidas por 2 min, a redução dos oxalatos totais foi de 25%. Fatias de inhame sofreram perda de 53% de oxalatos totais quando fervidas por 30

min, com descarte da água, porém perderam apenas 6% de oxalatos totais quando assadas a 180 °C por 45 min. O cozimento dos alimentos em água reduz, em grande parte, os oxalatos solúveis, porém os insolúveis permanecem no vegetal.

Portanto, os resultados de vários estudos sugerem que a lavagem em água corrente e o cozimento podem ser os métodos mais recomendáveis para reduzir a quantidade da maioria dos antinutrientes nos alimentos, uma vez que os oxalatos solúveis, nitratos, taninos, fitatos e saponinas são solúveis e tendem a difundir-se para a água de cocção durante o preparo e cozimento doméstico.

6. REFERÊNCIAS

ABUGOCH JAMES, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, cap.1, p. 1-31, 2009.

ALMEIDA, N. V.; NEVES, A. S. Doença de Crohn e sua relação com a nefrolitíase: tratamento nutricional. **Cadernos Unifoa**, v. 6, n. 16, p. 99-110, Ago. 2011.

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amarantho (*Amaranthus* spp) e quinoa (*Chenopodium quinoa*): alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaio e ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, SP, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 2, p. 106-113, Febr. 2010a.

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 770-778, Mar. 2010b.

ALVES, L. F.; ROCHA, M. S.; GOMES, C. C. F. Avaliação da qualidade proteica da Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd) através de métodos biológicos. **E-scientia**, v. 1, n. 1, Nov. 2008.

ANDO, H.; CHEN, Y.; TANG, H.; SHIMIZU, M.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Food components in fractions of quinoa seed. **Food Science and Technology Research**, v. 8, n. 1, p. 80-84, 2002.

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

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 62-79, 2011.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, Jun. 2002.

BERTI, C.; RISO, P.; MONTI, L. D.; PORRINI, M. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. **European Journal of Nutrition**, v. 43, n. 4, p. 198-204, 2004.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73-87, Jan. 2006.

BICUDO, M. O. P. **Avaliação da presença de glúten em produtos panificados para celíacos** – Estudo de caso. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 9-23, Enero/Junio, 2010.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. 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*, L.) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, PR, v. 21, n. 2, p. 303-322, Jul./Dez. 2003.

BRADY, K.; HO, C.-T.; ROSEN, R. T.; SANG, S.; KARWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1209-1216, 2007.

BRINEGAR, C.; SINE, B.; NWOKOCHA, L. High-cysteine 2S seed storage proteins from quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 7, p. 1621-1623, Jul. 1996.

BRINEGAR, C.; GOUNDAN, S. Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, n. 2, p. 182-185, Febr. 1993.

CAPERUTO, L. C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C. R. O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 1, p. 95-101, Jan. 2001.

CARLI, L.; ROSSO, N. D.; SCHNITZLER, E.; CARNEIRO, P. I. B. Estudo da estabilidade do complexo ácido fítico e o íon Ni(II). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 19-26, Jan./Mar. 2006.

CASTEJON, F. V. **Taninos e saponinas**. 2011. 26 f. Seminário Aplicado (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2011.

CASTRO, L. I. A.; VILA REAL, C. M.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; PINTO, N. A. V. D.; MIRANDA, L. S.; ROSA, B. C.; DIAS, P. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): digestibilidade *in vitro*, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 18, n. 4, p. 413-419, Out./Dez. 2007.

CHAUHAN, G. S.; ESKIN, N. A. M.; TKACHUK, R. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 85-88, 1992.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1350-1355, 2007.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. Barueri, SP: Manole, 2011. 1172 p.

DINI, I.; SCHETTINO, O.; SIMIOLI, T.; DINI, A. Studies on the constituents of *Chenopodium quinoa* seeds: isolation and characterization of new triterpene saponins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 741-746, Febr. 2001.

DINI, A.; RASTRELLI, L.; SATURNINO, P.; SCHETTINO, O. A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. **Molecular Nutrition & Food Research** – Die Nahrung, v. 36, n. 4, p. 400-404, 1992.

DUARTE, M. S. L.; PEREIRA, C. A. S.; SOUZA, E. C. G.; CONCEIÇÃO, L. L. Determinação da atividade *in vitro* de inibidores de tripsina no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) preto, albumina e globulina. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 373-376, Jul./Set. 2010.

ESCUDERO, N. L.; ALBARRAÍN, G.; FERNÁNDEZ, S.; DE ARELLANO, L. M.; MUCCIARELLI, S. Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 54, n. 4, p. 327-336, 1999.

FAOSTAT. **FAO** – Statistics Division 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 4 Maio 2014.

FARRO, P. C. A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) da variedade “Real”**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

GONZÁLEZ, J. A.; ROLDÁN, A.; GALLARDO, M.; ESCUDERO, T.; PRADO, F. E. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from inca crops: *Chenopodium quinoa* ('quinoa'). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 39, n. 4, p. 331-337, 1989.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÎZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 4, p. 629-637, Apr. 2008.

HAGER, A.-S.; WOLTER, A.; JACOB, F.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 239-247, Sep. 2012.

HIROSE, Y.; FUJITA, T.; ISHII, T.; UENO, N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1300-1306, Apr. 2010.

JACOBSEN, S. E.; MUJICA, A.; ORTIZ, R. La importância de los cultivos andinos. **Fermentum**, Mérida, Venezuela, v. 13, n. 36, p. 14-24, Enero/Abril 2003.

JAHANIAVAL, F.; KAKUDA, Y.; MARCONE, M. F. Fatty acid and triacylglycerol compositions of seed oils of the five *Amaranthus* accessions and their comparison to other oils. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v. 77, n. 8, p. 847-852, Aug. 2000.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVÍČOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: a review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 2, p. 71-79, 2009.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **LWT–Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1113-1118, Jul. 2009.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 68, n. 1, p. 231-234, 2004.

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

KOZIOL, M. J. Afro simetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 2, p. 211-219, 1991.

KOZIOL, M. J. Composición química. In: WAHLI, C. (Org.). **Quinoa hacia su cultivo comercial**. Quito, Equador: Latinreco S.A., 1990. cap. 8, p. 137-159.

KULJANABHAGAVAD, T.; THONGPHASUK, P.; CHAMULITRAT, W.; WINK, M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. **Phytochemistry**, v. 69, n. 9, p. 1919-1926, Jun. 2008.

LINDEBOOM, N. **Studies on the characterization, biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. 2005. 152 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – Department of Applied Microbiology and Food Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, 2005.

LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; DA SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 20, n. 4, p. 669-675, Out./Dez. 2009.

LOPEZ-RUBIO, A.; FLANAGAN, B. M.; GILBERT, E. P.; GIDLEY, M. J. A novel approach for calculating starch crystallinity and its correlation with double helix content: A combined XRD and NMR study. **Biopolymers**, v. 89, n. 9, p. 761-768, Sep. 2008.

LORENZ, K. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) starch – Physico-chemical properties and functional characteristics. **Starch**, v. 42, n. 3, p. 81-86, 1990.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 1351 p.

MASSON, L.; BARBOSA, M. I. Agentes tóxicos naturalmente presentes em alimentos: oxalates & saponinas. **Anotações de aula**, IFET, Rio de Janeiro, RJ, [s.d.].

MASTEBROEK, H. D.; LIMBURG, H.; GILLES, T.; MARVIN, H. J. P. Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 1, p. 152-156, 2000.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; URIBE, E.; LÓPEZ, J.; MARÍNEZ, E.; RODRÍGUEZ, M. J.; QUISPE, I.; SCALA, K. D. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). 11th INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING AND FOOD, 2011. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1439-1446, 2011.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. O. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro**. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>. Acesso em: 24 Maio 2014.

NG, S.; ANDERSON, A.; COKER, J.; ONDRUS, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 185-192, 2007.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 760-766, Jan. 2008.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTOS. **Tabela brasileira de composição de alimentos** – TACO. 4. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011.161 p.

OGUNGBENLE, N. H. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 2, p. 153-158, Mar. 2003.

OLIVEIRA, A. C.; REIS, S. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; PIMENTA, F. M. V.; RIOS, K. R.; PAIVA, K. C.; SOUSA, L. M.; ALMEIDA, M.; ARRUDA, S. F. Adições crescentes de ácido fólico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista da Nutrição**, Campinas, SP, v. 16, n. 2, p. 211-217, Abr./Jun. 2003.

ONUBR. Nações Unidas no Brasil. **Ano Internacional da Quinoa pode diminuir insegurança alimentar e transformar a dieta mundial**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/ano-internacional-da-quinoa-pode-diminuir-inseguranca-alimentar-e-transformar-a-dieta-mundial>>. Acesso em: 8 Nov. 2013.

PALOMBINI, S. V.; CLAUS, T.; MARUYAMA, S. A.; GOHARA, A. K.; SOUZA, A. H. P.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T. M.; MATSUSHITA, M. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. **Food Science Technology**, Campinas, SP, v. 33, n. 2, p. 339-344, Apr./Jun. 2013.

PARK, I. M.; IBÁÑEZ, A. M.; SHOEMAKER, C. F. Rice starch molecular size and its relationship with amylose content. **Starch**, v. 59, n. 2, p. 69-77, Febr. 2007.

PASKO, P.; BARTON, H.; ZAGRODZKI, P.; GORINSTEIN, S.; FOLTA, M.; ZACHWIEJA, Z. 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, Aug. 2009.

PAULA, S. A. **Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

PRAZNIK, W.; MUNDIGLER, N.; KOGLER, A.; PELZL, B.; HUBER, A. Molecular background of technological properties of selected starches. **Starch**, v. 51, n. 6, p. 197-211, Jun. 1999.

QIAN, J.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch**, v. 51, n. 4, p. 116-120, Apr. 1999.

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. D.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*), **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

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

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**, Campinas, SP, v. 31, n. 1, p. 225-230, Jan./Mar. 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.

ROCHA, J. E. S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no planalto central**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, 2008.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 131-136, 1993a.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Saponins, phytic acid, tannis and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 137-143, 1993b.

RÜTTE, S. von. Usos. In: WAHLI, C. (Org.). **Quinoa hacia su cultivo comercial**. Quito, Equador: Latinreco S.A., 1990. cap. 9, p.161-168.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A. R. 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, Sep. 2007.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 294-301, Mar./Abr. 2006.

SCALBERT, A.; MANACH, C.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 4, p. 287-306, 2005.

SILVA, M. A. da. **Estudo térmico e cinético de precursores naturais de hormônios**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SOUZA, L. A. C.; SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.4, p.397-401, Abr. 2004.

SPEHAR, C. R. **Quinoa**: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Ed. Técnico. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 41-62, Jan./Abr. 2006.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 889-893, Jun. 2002.

STIKIC, R.; GLAMOCLIJ, D.; DEMIN, M.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; JACOBSEN, S.-E.; MILOVANOVIC, M. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 132-138, 2012.

TANG, H.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, n. 1, p. 13-22, Jul. 2002.

TARI, T. A.; ANNAPURE, U. S.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Starch-based spherical aggregates: screening of small granule sized starches for entrapment of a model flavouring compound, vanillin. **Carbohydrate Polymers**, v. 53, n. 1, p. 45-51, Jul. 2003.

USDA – United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service. **National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26**. Nutrient Data Laboratory, 2011. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>>. Acesso em: 13 Jun. 2014.

VEGA-GÁLVEZ, A. V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of atriplex hortensis, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 4, p. 1383-1385, 2002.

ZHU, N.; SHENG, S.; SANG, S.; JHOO, S.; BAI, S.; KARWE, M.; ROSEN, R.; HO, C. Triterpene saponins from debittered quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 865-867, Febr. 2002.

ZHU, N.; SHENG, S.; LI, D.; LAVOIE, E. J.; KARWE, M. V.; ROSEN, R. T.; HO, C.-T. Antioxidative flavonoid glycosides from quinoa seeds (*Chenopodium Quinoa* Willd.). **Journal of Food Lipids**, v. 8, n. 1, p. 37-44, Mar. 2001.

CAPÍTULO 2

ARTIGO DE REVISÃO

QUINOA: CARACTERÍSTICAS DO GRÃO E USOS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

RESUMO

Esta revisão foca sobre as características da planta *Chenopodium quinoa* Willd. e sua utilização na alimentação humana. Trata-se de uma planta da família Chenopodiaceae originária das regiões andinas e que se destaca pelo seu alto valor nutricional e, sobretudo, pela sua alta resistência às intempéries do clima e de condições do solo. Essa planta, apesar de ter características de cereal, não pode ser assim classificada, porque possui aspectos botânicos como presença de inflorescência tipo panícula e características nutricionais como alto teor de proteína, aminoácidos sulfurados e lisina, que a fazem ser considerada como “pseudocereal”. As partes comestíveis envolvem as folhas e os grãos, sendo estes últimos os mais explorados econômica e cientificamente, podendo ser utilizada tanto na alimentação humana quanto animal. O grão pode ser consumido na forma cozida como o arroz, em sopas, saladas, molhos e cereais matinais. Sua farinha pode ser empregada na elaboração de mingaus, pudins, pães, bolos, biscoitos e em massas alimentícias. Apesar de todos esses atributos, a

quinoa ainda é pouco utilizada devido ao alto custo do grão importado e ao pouco conhecimento de seus benefícios pela maioria da população. Maiores estudos são necessários para aprofundar os conhecimentos sobre esse “pseudocereal”, assim como desenvolver novos métodos de utilização da quinoa em produtos alimentícios, visto que apresenta elevado valor comercial e excelente qualidade nutricional.

Palavras-chave: *Chenopodium quinoa* Willd.; Pseudocereal; Nutrição; Alimentos; Novos produtos.

1. INTRODUÇÃO

O grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) é um “pseudocereal” pertencente à família Chenopodiaceae, a mesma de outras plantas alimentares e medicinais como o espinafre, a beterraba e a erva-de-santa-maria, ou mastruz (*Chenopodium ambrosioides*). O gênero *Chenopodium* encontra-se distribuído pelo mundo, com aproximadamente 250 espécies identificadas. Dessas, destacam-se *C. quinoa*, *C. palidicaule* (de origem andina) e *C. berlandieri* ssp. *Nutaliae* (de origem mexicana). É espécie granífera originária da América do Sul e domesticada pelos povos habitantes da Cordilheira dos Andes há milhares de anos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2006; SPEHAR, 2007; FARRO, 2008; COSTA TÁRTARA et al., 2012).

A quinoa destaca-se pelo seu bom valor nutricional e pela sua alta resistência às condições adversas de clima e de solo. As folhas, inflorescências e grãos podem ser consumidos tanto na alimentação humana quanto animal, sendo esses últimos os mais explorados economicamente (SPEHAR, 2006; FARRO, 2008; ROCHA, 2008). Pela proximidade em composição organomineral com os cereais sem, no entanto, pertencer à mesma família botânica, a quinoa é frequentemente referida como “pseudocereal” e, até mesmo, como “pseudossemente” oleaginosa (FARRO, 2008; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

Por sua composição nutricional, o interesse no seu aproveitamento é reconhecido por órgãos internacionais como a Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA) (COMAI et al., 2007; JANCUROVÁ et al., 2009), além de inúmeros cientistas de alimentos, sendo considerada matéria-prima de destaque para auxiliar no suprimento das necessidades nutricionais diárias, melhoria de qualidade de vida da população tanto em seus países de origem quanto naqueles em desenvolvimento. Portanto, é necessário, entre outras atividades, o desenvolvimento de produtos de qualidade sensorial adequada, como forma de viabilizar sua incorporação à alimentação humana.

Além dos aspectos nutricionais, têm sido realizados novos estudos com a finalidade de conhecer o efeito decorrente da utilização do uso de folhas da planta, do consumo do grão e de seus derivados, considerando sua capacidade antioxidante, de prevenção ao câncer e seu potencial hipocolesterolêmico (HIROSE et al., 2010; DANELLI et al., 2010; MIRANDA et al., 2011; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011; CHLOPICKA et al., 2012; GAWLIK-DZIKI et al., 2013; LUTZ et al., 2013).

O plantio da semente para fins de pesquisa teve início no Brasil na década de 1990, como parte do esforço para diversificar o sistema de produção do bioma Cerrado, sendo selecionado o cultivar BRS Piabiru como primeira recomendação para o cultivo no país. A seleção de graníferas para essas regiões tem como finalidade conquistar áreas potenciais e marginais por serem zonas áridas e semiáridas, onde a seca, o frio excessivo e a salinidade dos solos não permitem obter rendimentos competitivos de outros cultivos (SPEHAR, 2006; FARRO, 2008).

Comercialmente, o grão pode ser encontrado nas formas integral ou polido, como farinhas, flocos ou *snacks* expandidos. A quinoa em grão pode ser consumida na forma cozida, em combinação com outros ingredientes em diferentes preparações alimentícias, em sopas, molhos e cereais matinais. Por suas características nutricionais, a farinha de quinoa destaca-se como ingrediente alimentar altamente desejável para consumo como alimento de subsistência ou para o enriquecimento da dieta em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, podendo ser utilizada na elaboração de mingaus,

puddings, produtos de panificação como pães, bolos e biscoitos e massas alimentícias. O valor biológico de sua proteína faz que seu grão seja aplicável na fortificação de farinhas de trigo, milho e tubérculos (SPEHAR, 2006; CASTRO et al., 2007; ROCHA, 2008; JANCUROVÁ et al., 2009). Assim, a importância da quinoa resume-se ao fato de ser alimento de alta qualidade nutricional e funcional e proporcionar o aproveitamento de todas as partes da planta, além de sua ampla adaptação às condições agronômicas adversas, com bons rendimentos agronômicos. Entretanto, sua comercialização ainda é limitada em vários países, devido à falta de conhecimento de seus benefícios pela maioria da população de menor poder aquisitivo e ao alto custo do grão importado. Verifica-se, então, maior necessidade de aprimorar os conhecimentos sobre esse “pseudocereal” para comprovar seus benefícios funcionais e nutricionais e desenvolver novos métodos de utilização em produtos alimentícios.

Neste trabalho, objetivou-se revisar aspectos relacionados à quinoa, considerando suas características botânicas, composição nutricional, importância na alimentação humana e usos potenciais na indústria de alimentos.

2. METODOLOGIA

Este artigo consiste em revisão crítica sobre o tema. A metodologia utilizada foram análises de leituras de artigos publicados, principalmente, em revistas indexadas nas bases de dados MedLine, Lilacs, Capes, Scielo, Google scholar, Cochrane e Sciencedirect, no período de 2000 a 2013, com ênfase nos últimos 10 anos, nos idiomas Português, Espanhol e Inglês. Utilizou-se os seguintes descritores: quinoa, composição físico-química, aspectos nutricionais, fatores antinutricionais, processamento, consumo e uso industrial. Foram selecionados estudos transversais, observacionais, experimentais com animais e humanos e ensaios clínicos, seguidos de tratamento estatístico.

3. ASPECTOS GERAIS SOBRE A QUINOA

A quinoa pertence à família Chenopodiaceae, a mesma do espinafre e da beterraba. É espécie granífera domesticada pelos povos habitantes das regiões andinas do Chile, Peru, Equador e Bolívia, há milhares de anos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2007). Seu cultivo milenar permitiu àquelas populações o reconhecimento do alto valor nutricional desse alimento, sendo considerado alimento sagrado (JACOBSEN et al., 2003; FARRO, 2008). Para aqueles povos antigos, a quinoa apresentava a mesma importância agrícola e culinária da cevada no continente europeu, desde a Antiguidade (SPEHAR, 2006; JANCUROVÁ et al., 2009).

Os cultivos andinos que historicamente fizeram parte da dieta das populações indígenas são considerados, atualmente, como alimentos de alta qualidade nutricional. Entre esses cultivos, a quinoa é considerada de grande prestígio pelo seu alto valor nutricional e, sobretudo, pela sua alta resistência às intempéries do clima, como baixos índices de chuva, ar frio e rarefeito, sol forte e temperaturas subcongelantes, além de se desenvolver em solos arenosos, pobres e alcalinos, crescendo numa faixa de pH entre 6 e 8,5 (JACOBSEN et al., 2003; BRADY et al., 2007; FARRO, 2008).

Até meados do século passado, a quinoa era considerada cultura de subsistência nas regiões de origem. Experimentou considerável redução em área plantada quando foi afetada por secas frequentes no altiplano andino e pelos subsídios dados ao trigo. Associaram-se a isso o êxodo rural e o

desdém que os habitantes urbanos demonstravam pelos produtos da cultura indígena. Nos últimos anos, entretanto, pesquisadores têm despertado grande interesse para esses cultivos, pois apresentam grande potencial de aproveitamento em produtos processados, com características excepcionais. O grande desafio é encontrar as maneiras mais adequadas de sua utilização, sem perder as principais características nutricionais e de sabor, cor e textura (JACOBSEN et al., 2003; SPEHAR, 2007).

Existe uma variabilidade em formas, cores e tamanho, além de diferenças de qualidade e quantidades de metabolitos primários (amidos, proteínas, vitaminas, ácidos graxos, minerais, glicosídeos, açúcares) e secundários (saponinas, alcaloides, taninos, oxalatos, carotenos, antocianinas, betacianinas). É possível encontrar, através de pesquisas agroindustriais e melhoramentos genéticos, genótipos apropriados para cada um dos diferentes processos de transformação e utilização (JACOBSEN et al., 2003).

Por apresentar ausência de gliadinas (proteínas presentes no trigo e formadoras do glúten), a quinoa pode ser utilizada na elaboração de produtos alimentícios “isentos de glúten”, possibilitando maior oferta de alimentos mais nutritivos e variados adequados aos portadores da doença celíaca e também como suplemento na dieta de idosos e de convalescentes (CAPERUTO et al., 2001; ALMEIDA; SÁ 2009; BORGES et al., 2010; DALLAGNOL et al., 2013). Pela semelhança da planta da quinoa, quando nova, com o espinafre, pode-se defini-la, então, como um “espinafre que produz grãos”. Na maturação, os cachos (panículas) são semelhantes ao sorgo, com diversas colorações, de amarelo e de roxo. Pela quantidade de biomassa que produz, constitui alternativa para proteção do solo em plantio direto. Pode ser plantada e colhida com máquinas, com custos e rendimentos que permitem elevada margem de lucro ao produtor (SPEHAR, 2007).

Por ser mais equilibrada, contendo todos os aminoácidos essenciais, a quinoa pode complementar a alimentação de humanos, aves e suínos, com vantagem sobre o milho e a soja quando utilizados isoladamente (SPEHAR; SANTOS, 2002; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011). Os teores dos aminoácidos

essenciais, por serem elevados, possibilitam combinações favoráveis com cereais e leguminosas e tornam a dieta mais equilibrada, podendo enriquecer a nutrição em misturas com outros alimentos (SPEHAR, 2006).

O cultivo em larga escala pode ser excelente alternativa de produção, uma vez que da quinoa tudo pode ser aproveitado: o grão, nas indústrias de alimentos e de rações ou a planta inteira, na alimentação animal em sistemas integrados de agricultura e pecuária. O êxito do cultivo e a sua adaptabilidade dependem do melhoramento genético, de estudos de suas exigências nutricionais, do manejo da planta e da descoberta de novas formas de utilização, agregando valor ao produto e estabelecendo melhor comercialização (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2006).

Mesmo diante da importância crescente, o cultivo da quinoa ainda se restringe aos países andinos. Entre os produtores mundiais, o Peru é o maior, com 52,1 mil toneladas (50,4% da produção da América do Sul), seguido pela Bolívia, com 50,5 mil toneladas (48,8%); e pelo Equador, em bem menor escala, com 800 toneladas (0,8%), conforme dados do ano 2013 (FAOSTAT, 2014). Chile, Argentina, Colômbia, EUA, Canadá e alguns países da Europa cultivam áreas pouco expressivas, nem aparecendo nas estatísticas mundiais.

4. CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E AGRONÔMICAS

Botanicamente, a quinoa pertence à classe Dicotyledonea, família Chenopodiaceae, gênero *Chenopodium* e espécie *quinoa*. Essa espécie inclui tanto cultivos agrícolas domesticados quanto formas de convivência silvestres. O gênero *Chenopodium* é o principal dentro da família Chenopodiaceae, apresentando ampla distribuição mundial, com cerca de 250 espécies (MUJICA et al., 2001; ABUGOCH JAMES, 2009).

O critério taxonômico adotado na classificação das diferentes espécies é baseado na forma das estruturas florais e proporções, tipos de folhas ou de inflorescência (Tabela 1) (FARRO, 2008).

É planta herbácea anual, cultivada desde o nível do mar, no Chile, até altitudes acima de 4.500 m, na Bolívia, com ampla dispersão geográfica, podendo crescer em diferentes tipos de solos e variadas condições ambientais, apresentando características peculiares de coloração e morfologia e com ciclo variável em função da latitude e da altitude de origem. Tem sido cultivada em diferentes regiões na América do Sul, especialmente na região dos Andes e em países como Colômbia, Chile, Bolívia, Equador e Peru, tendo sido recentemente introduzida na Europa, América do Norte, Ásia e África (MUJICA et al., 2001; SPEHAR; SANTOS, 2002; BRADY et al., 2007; NSIMBA et al., 2008; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Tabela 1 – Classificação taxonômica da quinoa

Reino	Vegetal
Divisão	Fanerógamas
Classe	Dicotiledôneas
Subclasse	Angiospermas
Ordem	Centrospermales
Família	Chenopodiaceae
Gênero	<i>Chenopodium</i>
Seção	Chenopodia
Subseção	Cellulata
Espécie	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow
Nome científico	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

Fonte: FARRO, 2008.

A coloração da folha é muito variável de verde a vermelho, com tonalidades diferentes, podendo medir até 15 cm de comprimento e 12 cm de largura. Existem genótipos com abundância de folhas e outros com menor quantidade. Normalmente, a quinoa da região dos vales tem folhagem abundante, que permite até selecioná-la como forragem pela elevada produção de biomassa. Em muitas áreas da região andina, utilizam-se as folhas novas antes da floração como hortaliças adequadas para consumo humano devido ao seu alto valor nutritivo, pois contém vitaminas, minerais e proteína de qualidade (MUJICA et al., 2001).

A inflorescência é uma panícula típica (cacho) semelhante à do sorgo, constituída de um eixo central, ramos secundários e terciários e pedúnculo que prendem os glomérulos, mantendo o arranjo dos botões florais. Podem ser laxas (amarantiforme) ou compactas (glomerulada), existindo formas intermediárias que apresentam características de transição entre os dois grupos. O número de glomérulos por panícula varia de 80 a 120 e o número de sementes, de 100 a 3000, encontrando panículas grandes com rendimento de até 500 g de sementes por inflorescência (MUJICA et al., 2001). Na variedade BRS Piabiru, é diferenciada e terminal, amarantiforme e laxa, apresentando coloração amarela quando a planta atinge a maturação fisiológica (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2006). Quando nova, antes

do enchimento dos grãos, a inflorescência da quinoa pode ser consumida cozida ou frita, com características semelhantes às da inflorescência do brócolis ou da couve-flor (MUJICA et al., 2001; SPEHAR, 2007).

O fruto é do tipo aquênio, que se deriva de um ovário superior unilocular, de formato cilíndrico lenticular, ligeiramente alargado no centro. É constituído pelo perigônio, que envolve a semente por completo, e contém uma única semente, de coloração variável, com diâmetro de 1,5 a 4,0 mm, que se desprende com facilidade após a maturidade (MUJICA et al., 2001). A semente constitui o fruto maduro sem o perigônio, podendo ter formatos lenticular, elipsoidal, cônico ou esférico. Apresenta como principais estruturas anatômicas o pericarpo, o episperma (testa), o perisperma e o embrião (Figura 1). Sua cor é resultante da combinação da coloração do pericarpo e do episperma. O pericarpo pode ser translúcido, branco, amarelo, rosa, vermelho, laranja, marrom, cinza ou preto (PREGO et al., 1998; MUJICA et al., 2001).

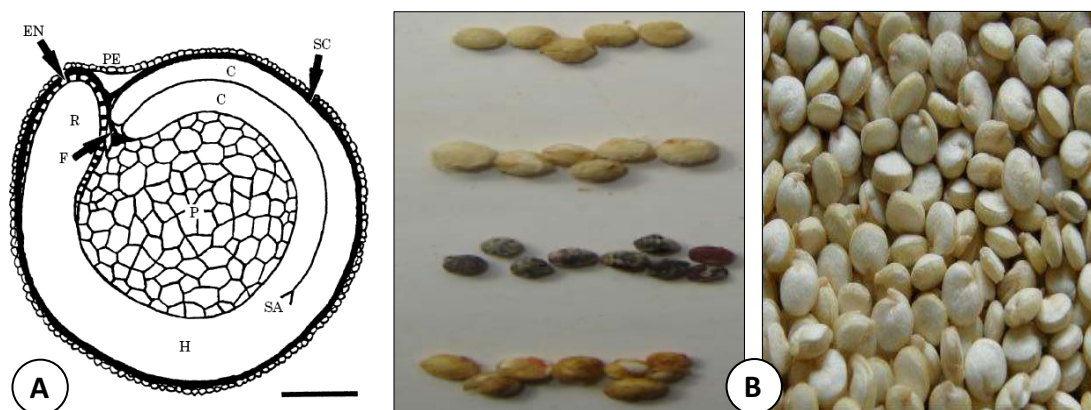


Figura 1 – **(A)**: Representação esquemática do corte longitudinal do grão de quinoa: pericarpo (PE), episperma (SC), endosperma (EN), perisperma (P), radícula (R), funículo (F), ápice do meristema (SA); o embrião é formado de um hipocótilo (H) e de dois cotilédones (C) (Barra = 500 μ m). **(B)**: Tamanho, formato e coloração de grãos de quinoa.

Fonte: **(A)**: PREGO et al., 1998.

O episperma (testa) está constituído por quatro camadas: uma externa de superfície rugosa, quebradiça, facilmente removida quando esfregada, onde se localizam as saponinas responsáveis pelo gosto amargo do grão e cuja aderência às sementes é variável com o genótipo; a segunda camada é muito fina, lisa e observada apenas quando a camada exterior é translúcida; a terceira camada é amarelada, fina e opaca; e a quarta camada, translúcida, está constituída de uma única camada de células (PREGO et al., 1998; MUJICA et al., 2001).

O embrião é formado por dois cotilédones e a radícula e constitui de 30 a 34% do volume total da semente. Envolve o perisperma, formando um anel com uma curvatura de 320°; é amarelado, medindo de 3,5 até 8,2 mm de comprimento e 0,36 mm de largura. Apresenta a maior quantidade de proteína, atingindo 35 a 40%, enquanto o perisperma possui apenas 6,3 a 8,3% da proteína total do grão. A radícula exhibe pigmentação marrom-escura (MUJICA et al., 2001).

O perisperma é o principal tecido de reserva nutricional da semente, correspondente ao endosperma nos grãos de cereais, e consiste, principalmente, de grânulos de amido. É de coloração esbranquiçada e representa praticamente 60% da superfície da semente. Suas células são grandes, com formato poligonal, paredes finas e retas, com grandes agregados de amido, compostos de milhares de grânulos, de forma hexagonal, na maioria dos casos. Na mesma célula, podem ocorrer grânulos de amido simples ou composto (PREGO et al., 1998; MUJICA et al., 2001).

5. IMPORTÂNCIA DA QUINOA PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA

Pesquisadores, estudando a quinoa nas últimas décadas, verificaram que, nutricionalmente, ela se destaca em relação a muitos cereais, como o trigo, o milho e a cevada, por apresentar qualidade proteica comparável à da caseína do leite, com boa digestibilidade, e pela ausência de proteínas formadoras de glúten. Além disso, possui elevado teor de lisina, vitaminas e minerais, sendo considerado um dos alimentos mais completos para consumo humano (RUALES et al., 2002; CASTRO et al., 2007; LOPES et al., 2009).

Apesar de seu consumo estar restrito a alguns países e, ainda, dentro de certas regiões, o potencial do grão de quinoa como fonte nutricional é elevado, comparado ao da maioria dos cereais. Os fatores que tornam a quinoa atrativa para um sistema de produção e consumo são as características de composição do grão e da planta. Por suas características nutricionais, a farinha de quinoa destaca-se como ingrediente alimentar altamente desejável para consumo como alimento de subsistência ou para enriquecimento da dieta de muitas comunidades em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento (JANCUROVÁ et al., 2009; BORGES et al., 2010).

Apresenta considerável equilíbrio em aminoácidos que compõem a sua proteína, contando com os 20 aminoácidos, dos quais os 10 essenciais estão presentes, sendo excepcionalmente elevados em lisina, um

aminoácido não muito abundante nos alimentos de origem vegetal, sendo um bom complemento para as leguminosas, que são, muitas vezes, pobres em metionina e cistina. Cereais, de modo geral, são deficientes em lisina e requerem a complementação com fontes adicionais desse aminoácido. Além disso, esse aminoácido apresenta sensibilidade a altas temperaturas, podendo também participar de reações nos alimentos, como a “Reação de Maillard” e a Degradação de Strecker, sendo o seu nível e disponibilidade comprometidos. O valor biológico de sua proteína faz que a quinoa seja aplicável na fortificação de farinhas de trigo, milho e tubérculos. Sua digestibilidade é comparável à de outros alimentos com altos teores de proteínas (COMAI et al., 2007; JANCUROVÁ et al., 2009; BORGES et al., 2010).

Apresenta conteúdo de gorduras superior ao dos cereais, com composição similar à da soja, sendo fonte rica de ácidos graxos essenciais, dos quais o linoleico e o linolênico correspondem a 60%. Devido a essas concentrações, o óleo de quinoa apresenta a vantagem de ser mais estável do que o óleo de soja. Contém ainda altas concentrações de antioxidantes, como o α -tocoferol e o γ -tocoferol (SPEHAR, 2006; JANCUROVÁ et al., 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

A fibra alimentar apresenta uma série de efeitos benéficos relacionados com a sua indigestibilidade no intestino delgado. Por ser rica em fibras, a quinoa ajuda a aumentar a sensação de saciedade durante as refeições, melhora o funcionamento intestinal e favorece o controle dos níveis de colesterol hepático e sanguíneo, glicemia e triglicérides. A utilização de quinoa na alimentação diária pode contribuir para o controle lipídico e melhorar a digestibilidade, facilitando o processo de absorção dos demais nutrientes presentes na dieta (OGUNGBENLE, 2003; LOPES et al., 2009). Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) e Miranda et al. (2011) verificaram que a quinoa é uma boa fonte de fibra dietética e substâncias antioxidantes.

Outra vantagem de seu uso relaciona-se à sua composição em minerais (cálcio, fósforo, potássio, magnésio, ferro e zinco) e vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, vitaminas C e E), presentes em quantidades superiores à maioria daquelas de cereais (trigo, milho, arroz,

aveia) comumente consumidos no Brasil (JANCUROVÁ et al., 2009; LOPES et al., 2009; MIRANDA et al., 2011; NEPA, 2011; GEWEHR et al., 2012; STIKIC et al., 2012).

Por não possuir glúten, cita-se ainda o emprego da quinoa em dietas especiais para pessoas alérgicas à fração de sua proteína solúvel em etanol, que deve ser, portanto, eliminada da dieta de pacientes celíacos, pois sua ingestão causa sérios danos ao intestino de indivíduos portadores dessa doença (SPEHAR, 2006; SCIARINI et al., 2010).

A doença celíaca (DC), ou enteropatia intestinal autoimune glúten-induzida, é um tipo de intolerância alimentar associada especificamente a produtos que contêm glúten, como trigo, centeio, cevada, aveia e triticale, em indivíduos geneticamente suscetíveis. Caracteriza-se pela inflamação crônica da mucosa do intestino delgado, que pode resultar na atrofia total ou parcial das vilosidades intestinais. Os sintomas clássicos mais comuns são diarreia crônica, distensão e dor abdominal, vômitos, perda de apetite, anemia e desnutrição decorrente da incapacidade de absorção de nutrientes necessários para a manutenção da saúde. Como consequência, o portador da doença perde peso, podendo apresentar diversos sintomas associados à deficiência de vitaminas e minerais. Geralmente, é considerada como doença infantil, entretanto os sintomas podem aparecer em qualquer idade (CASTRO et al., 2007; BICUDO, 2010).

Estudos em nível mundial têm demonstrado que a prevalência da DC é consideravelmente maior do que se presumia, variando entre 1:100 e 1:300 indivíduos na população adulta saudável da maior parte do mundo, enquanto no Brasil foram descritas a ocorrência de 1:681 na população de Brasília, 1:417 na de Curitiba, 1:273 em Ribeirão Preto e 1:214 na população de São Paulo (BICUDO, 2010).

Os conhecimentos sobre a DC têm sido bastante difundidos no meio científico, e entre as maiores dificuldades para seu tratamento está a pouca aceitação de uma dieta isenta de glúten pelos pacientes, pois essa dieta tem que ser mantida por toda a vida. Após a introdução dessa restrição alimentar, os sintomas gastrointestinais desaparecem dentro de dias ou semanas, ocorrendo o reaparecimento das vilosidades e a recuperação da capacidade de digestão e absorção dos nutrientes. Assim, a quinoa é vista

como interessante alternativa para a produção de alimentos isentos dessa proteína e que não apresentem danos à saúde dos portadores dessa enfermidade (CASTRO et al., 2007; ALMEIDA; SÁ, 2009; BICUDO, 2010).

O glúten inclui um grupo de glicoproteínas, denominadas prolaminas, presentes em muitos cereais como trigo, centeio, cevada, triticale e aveia. Contém poucos aminoácidos essenciais, possuindo, portanto, pouca importância nutricional. O milho e o arroz não possuem glúten, sendo, dessa forma, bastante utilizados em dietas para celíacos (ALMEIDA; SÁ, 2009).

O maior problema na substituição dos cereais que contêm glúten por outras matérias-primas que não o possuem é o fato de que o glúten apresenta algumas propriedades tecnológicas que conferem qualidade aos produtos, como elasticidade, coesividade e hidratação, além de contribuir para o seu rendimento. Assim, o glúten é responsável pela textura de pães, bolos e massas, tendo papel muito importante na tecnologia dos produtos de panificação (CASTRO et al., 2007; ALMEIDA; SÁ, 2009).

Algumas culturas alternativas como os “pseudocereais” apresentam grande interesse nutricional e representam importante opção como alimentos regionais típicos. Portanto, na última década o uso desses alimentos aumentou não apenas em dietas especiais para pessoas alérgicas aos cereais, mas também esses produtos têm sido utilizados por pessoas que buscam dietas mais saudáveis (GORINSTEIN et al., 2008).

6. USOS POTENCIAIS DA QUINOA EM ALIMENTOS

O interesse no aproveitamento da quinoa como alimento para consumo humano é reconhecido por órgãos internacionais, como a Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA), sendo necessário o desenvolvimento de produtos de qualidade sensorial adequada, como forma de viabilizar sua incorporação à alimentação humana (CASTRO et al., 2007; COMAI et al., 2007; JANCUROVÁ et al., 2009).

Existe considerável demanda pela quinoa no mercado de exportação, entretanto tal demanda está condicionada à sua apresentação: lavada, perolada ou em flocos, de modo a facilitar sua preparação culinária. Para atender a essa exigência, porém, é necessária uma produção constante, com grãos selecionados e de boa apresentação e qualidade (ASCHERI et al., 2002).

A planta, durante as fases do seu desenvolvimento, pode ser usada tanto para consumo animal quanto para humano. Quando novas, as folhas podem ser colhidas e usadas cozidas, para eliminação do oxalato de cálcio, como se prepara o espinafre. Quando se inicia a diferenciação floral, os botões florais podem ser consumidos cozidos, da mesma forma que o brócolis ou a couve-flor (SPEHAR, 2007).

O grão de quinoa, colhido e armazenado, pode ser encontrado no mercado nas formas de grão integral, flocos e farinha (Figura 2). Na culinária, os grãos podem ser cozidos e consumidos em forma de saladas, sopas ou, até mesmo, como arroz. Os flocos podem ser adicionados a frutas, sopas e vitaminas. A farinha e flocos apresentam interessantes características estruturais e nutricionais para elaboração de diferentes produtos, como alimentos infantis, mingaus, pudins, bebidas, achocolatados, panquecas, biscoitos, bolos e pães enriquecidos, com boa palatabilidade e aceitação, além de alto valor nutritivo (SPEHAR, 2007; NSIMBA et al., 2008; BORGES et al., 2010; GEWEHR et al., 2012).



Figura 2 – Principais derivados comerciais de quinoa: **A-** Grão; **B-** Flocos; e **C-** Farinha.

O processamento pode ocorrer nas pequenas propriedades rurais (agricultura familiar), em pequena escala industrial em cooperativas ou em indústrias comunitárias ou, ainda, em larga escala pelas indústrias de alimentos. Os grãos não comercializados ou processados, com menor qualidade para o mercado, podem ser empregados na alimentação de aves, suínos e outros animais domésticos, cuja carne, ovos e leite, assim produzidos, podem ser comercializados ou consumidos na própria propriedade rural (SPEHAR, 2007).

Nas indústrias comunitárias e em escala industrial, a quinoa pode ser utilizada em alimentos processados por extrusão (tipo *snacks* expandidos), na fabricação de barras de cereais, cereais matinais, granola, como quinoa expandida (tipo pipoca), na elaboração de farinhas (integral, desengordurada ou instantânea), pães enriquecidos, biscoitos, bolos e massas alimentícias (SPEHAR, 2007; BORGES et al., 2010).

A composição em aminoácidos essenciais próxima à da caseína possibilita que crianças, após o desmame, passem a consumir a quinoa na forma de papas ou mingaus. Na alimentação de humanos adultos, pode fazer parte de uma série de pratos, nos quais contribui para o aumento da qualidade nutricional e sabor típico, assim como alimento para idosos e convalescentes. Seu conteúdo de amido, cujos grânulos são consideravelmente menores que os de milho e trigo e com menor temperatura de gelatinização do que o arroz, contribui para melhorar a estabilidade de alimentos congelados (ABUGOCH JAMES, 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010), possibilitando, assim, usos diversificados pela indústria de alimentos.

Mujica et al. (2001) e Spehar (2007) apresentaram diversas receitas práticas e simples de consumo culinário da quinoa bastante utilizadas pelos habitantes das regiões de origem, como: sopas, cremes, caldos ou cozidos com legumes e carnes, saladas, escabeche, grãos misturados com carnes ou peixes, quinoa cozida (semelhante ao arroz), ou com batatas, suflê de quinoa em flocos, panquecas, omeletes, almôndegas, tortas, massas, pizzas, sobremesas, mingaus, pudins, bebidas, quinoa batida com leite e mel ou chocolate, pães enriquecidos, bolos, biscoitos e outras.

Lopes et al. (2009) utilizaram farinha de quinoa da variedade BRS Piabiru em formulações de bolinhos, com boa aceitação pelos consumidores. Segundo eles, a farinha de quinoa é fonte efetiva de nutrientes e constitui matéria-prima para formulação de bolinhos fritos destinados a pacientes celíacos. Entretanto, essa formulação requer a incorporação de ingredientes em quantidades adequadas, favorecendo sua qualidade e aceitação sensorial.

As características químicas e de qualidade proteica de um mingau desidratado à base de quinoa foram avaliadas por Ruales et al. (2002). A

análise química revelou um produto com boas características nutricionais, de acordo com os teores de proteína, vitamina E, tiamina, ferro, zinco e magnésio, para crianças de até 5 anos de idade.

Mezquita et al. (2007) desenvolveram um suplemento alimentício em pó à base de quinoa e lupino (tremoço) de alto conteúdo proteico, adicionado de sal, açúcar e aromatizante sabor frango, obtendo-se, ao adicionar água, um creme tipo “papinha” destinada a crianças de 2 a 5 anos, com conteúdo de aminoácidos de 35 a 40% do requerimento diário. A papinha obteve pontuação entre “gosto razoavelmente” e “gosto demais”, mostrando boa aceitação pelas crianças.

Castro et al. (2007) desenvolveram e avaliaram sensorialmente algumas preparações contendo quinoa em grãos, flocos e farinha, destinadas a pacientes celíacos. Determinaram a digestibilidade *in vitro* de sua proteína, submetida ou não ao tratamento térmico. As melhores preparações utilizadas na análise sensorial foram: biscoito de queijo com flocos de quinoa, bolo de cenoura com quinoa em grãos, bolo de farinha de milho com farinha de quinoa, bolo de mandioca com farinha de quinoa, bolo de farinha de milho com flocos de quinoa, bolo de banana com farinha de quinoa e tareco de fubá com flocos de quinoa. Das sete preparações testadas, seis foram bem aceitas, já que apresentaram Índice de aceitabilidade maior que 70%. Os flocos e grãos de quinoa, após serem tratados termicamente, tiveram digestibilidade otimizada. Portanto, a quinoa e seus derivados podem ser considerados boa opção para a alimentação dos indivíduos portadores da doença celíaca.

Ascheri et al. (2002) realizaram estudo comparativo do perfil de aminoácidos e do teor de minerais das farinhas instantâneas de quinoa, milho e arroz, obtidas por extrusão termoplástica, com que verificaram a superioridade da farinha de quinoa, tanto no perfil de aminoácidos quanto no teor de minerais. É, portanto, recomendado o seu uso, principalmente, na alimentação infantil e para os portadores da doença celíaca, devido à qualidade e quantidade nos aminoácidos essenciais e aos teores elevados de minerais que, em alguns casos, cobre 100% da ingestão diária recomendada.

Os cereais matinais (laminados, extrusados ou expandidos) são uns dos alimentos mais consumidos na primeira refeição do dia, principalmente nos países mais desenvolvidos. Apesar de as farinhas de trigo e de milho serem os materiais mais frequentemente utilizados nesses produtos, outros grãos começaram a ser empregados, como a quinoa, com o objetivo de melhorar o valor nutricional dos flocos extrudados. Flocos de quinoa foram produzidos por extrusão em monorroscas (temperaturas entre 156 e 160 °C no final, velocidade da rosca entre 350 e 400 rpm e pressão de 121,6 kPa). Os “pellets” foram floculados entre dois rolos e adoçados com xarope à base de açúcar e secos, para remover o excesso de umidade. A etapa de adição de açúcar é um processo comum na elaboração dos flocos de quinoa para melhorar a aceitabilidade do produto pelos consumidores (MEDINA et al., 2011).

Na composição de alimentos processados por extrusão termoplástica, verifica-se que a quinoa supera, com grande diferença, o milho e o arroz polido em lipídios, proteínas e fibras, podendo ser empregada como enriquecedora de alimentos e na elaboração de farinhas instantâneas. Nessas farinhas, apresenta composição superior à dos cereais, com ênfase na proporção de aminoácidos essenciais (SPEHAR, 2002; SPEHAR, 2007).

Devido à sua qualidade nutricional, derivados de grão de quinoa têm sido utilizados em *blends* (chamados também de farinhas mistas ou compostas, obtidas a partir de duas ou mais matérias-primas) com farinha de trigo para produtos de panificação e também para elaboração de produtos isentos de glúten destinados a celíacos (CALDERELLI et al., 2010; DANELLI et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

Borges et al. (2013ab), avaliando a influência da mistura de farinha de quinoa e trigo em pão de forma e bolo, verificaram que os melhores resultados para tais produtos foram obtidos com a substituição máxima de 10% e 20% de farinha de trigo pela farinha de quinoa, respectivamente. Foi verificado que a incorporação de até 15% de farinha de quinoa na formulação do pão de forma e até 20% em bolos mostrou-se promissora para a comercialização, em razão da aceitação sensorial dos produtos e de seu conteúdo em componentes nutricionais.

Calderelli et al. (2010) avaliaram as propriedades físico-químicas, cor, textura e aceitação sensorial de pães adicionados de quinoa e linhaça. Os dois produtos destacaram-se pelo adequado balanço na razão entre concentração de ácidos graxos poli-insaturados e saturados e baixos níveis de ácidos graxos trans. O pão de linhaça apresentou maior teor de ácidos graxos poli-insaturados, ômega-6 e ômega-3, bem como razão ômega-6/ômega-3 mais balanceada. O pão de quinoa, por sua vez, forneceu como vantagens quantidades menores de ácidos graxos saturados. Com relação à cor e textura, verificou-se que o pão de quinoa mostrou características semelhantes ao de linhaça, obtendo boa aceitação sensorial e elevada intenção de compra pelos consumidores, principalmente pelos benefícios à saúde.

Gewehr (2010) estudou a utilização de quinoa na formulação de pães de forma com substituição da farinha de trigo por 0, 10, 15 e 20% de flocos de quinoa, utilizando o método de esponja e mantendo os demais parâmetros de processo constantes. Observou que a adição progressiva de flocos tornou o miolo mais escuro e reduziu o volume específico dos pães, porém elevou o teor de proteína, de fibras totais e insolúveis e de tocoferóis. Pela análise sensorial, verificou-se boa aceitabilidade dos pães com a substituição da farinha de trigo por 15 e 20% de quinoa. Os resultados indicaram que os flocos de quinoa poderão ser adicionados em produtos de panificação para agregar-lhes valor nutricional.

Alvarez-Jubete et al. (2010) estudaram as propriedades de panificação de amaranto, quinoa e trigo-sarraceno como potenciais ingredientes saudáveis e de alta qualidade em formulações de pães sem glúten. Constataram aumento significativo no volume dos pães formulados com trigo-sarraceno e quinoa em comparação com o controle, à base de farinha de arroz e amido de batata. Além disso, os pães contendo farinha dos “pseudocereais” apresentaram textura mais macia do miolo atribuída à presença de emulsificantes naturais nessas farinhas, confirmada pelas imagens de microscopia. Não houve diferença significativa na aceitabilidade sensorial dos pães sem glúten formulados com os “pseudocereais”, em comparação com o controle.

De acordo com Berti et al. (2005), a mistura de farinhas de quinoa e de trigo-sarraceno com a de cereais é alternativa viável para melhorar a qualidade nutricional dos produtos finais. Cardoso (2007) avaliou a viabilidade da aplicação de farinha de quinoa em mistura com farinhas de trigo tratadas termicamente por extrusão termoplástica ou em forno de convecção, na produção de bolos *high ratio* tipo pão-de-ló, visando à melhoria das suas propriedades tecnológicas e agregando-lhes valor nutricional. O volume e o encolhimento lateral do pão-de-ló não foram afetados pelo tratamento térmico e pela adição de farinha de quinoa. A inclusão de quinoa diminuiu a dureza do miolo para a farinha mais fraca, não sendo afetada pelo tratamento térmico. A cor do miolo escureceu com o incremento na concentração da farinha de quinoa em substituição à farinha de trigo, porém não houve diferença entre as farinhas de trigo puras tratadas e as sem tratamento. A estrutura do miolo apresentou tendência a permanecer mais aberta com o aumento da quantidade de farinha de quinoa incorporada.

Schumacher (2008) desenvolveu formulações de chocolate meio amargo com a adição de farinha de quinoa nas concentrações de 12%, 16% e 20%, com o objetivo de aumentar o percentual de proteína. Os resultados evidenciaram que a adição de quinoa diminuiu a quantidade de polifenóis e aumentou os teores de vitamina E, proteína e todos os aminoácidos essenciais, além de apresentar aceitabilidade acima de 70% no teste de análise sensorial, sendo a combinação desses ingredientes aprovada por 92% dos avaliadores.

Trabalhos feitos com quinoa, amaranto, ervilha, glúten de milho e outros indicam que essas matérias-primas também podem ser usadas em produtos cárneos em substituição à soja. Estudou-se a utilização da farinha de quinoa em substituição a 100% da farinha de trigo em mortadelas e salsichas, verificando que a textura dos produtos elaborados com a farinha de quinoa foi significativamente melhor. Não foram detectadas diferenças substanciais na aparência e sabor dos produtos de farinha de quinoa e do controle, concluindo-se que a farinha de quinoa pode ser utilizada como substituto da farinha de trigo, nas condições testadas (ANDÚJAR et al., 2000).

Dogan e Karwe (2003) analisaram os efeitos da temperatura, rotação da rosca extrusora e umidade sobre as características físico-químicas de extrudados de quinoa. Verificaram que os melhores resultados (máxima expansão, mínima densidade, alto grau de gelatinização, baixo índice de solubilidade em água) foram obtidos pela combinação de baixo teor de umidade, menor temperatura de extrusão (130 °C) e velocidade média de rotação da rosca, evidenciando que a farinha de quinoa pode ser usada na elaboração de produtos alimentícios saudáveis, tipo *snacks*, por meio de extrusão termoplástica.

Mera (2010) avaliou dois tipos de tecnologia, laminação e extrusão, para obtenção de um *snack* a partir de grãos de quinoa. No processo de laminação, o tratamento de melhor aceitação foi o elaborado com mistura de 50% de quinoa e 50% de milho, 44% de umidade e fritura a 130 °C. O produto extrudado com maior aceitação foi elaborado com a mesma mistura de quinoa e milho na proporção de 50:50, 20% de umidade e temperaturas de extrusão de 130, 130 e 180 °C. Segundo esse autor, há tendência mundial pelo consumo desse tipo de alimento, que é muito apreciado por sua praticidade, diversidade de formatos, textura, cor e sabor.

As características de qualidade de macarrão à base de farinhas de milho e de quinoa foram estudadas por Caperuto et al. (2001). Os resultados mostraram-se favoráveis ao uso da mistura dessas farinhas, considerando que os parâmetros de qualidade de cozimento (perda de sólidos, aumento de volume e aumento de peso) e textura (adesividade e elasticidade) não foram influenciados significativamente pelo tempo de tratamento térmico, teor de umidade de condicionamento e quantidade de quinoa adicionada. A avaliação sensorial demonstrou que o produto apresentou boa aceitabilidade pelos provadores.

Borges et al. (2003) analisaram as propriedades de cozimento e estudaram as características físico-químicas de massas alimentícias pré-cozidas à base de farinha integral de quinoa e de farinha de arroz, obtidas por extrusão termoplástica. Os macarrões pré-cozidos, devido às características intrínsecas das matérias-primas, comparados com o macarrão tradicional à base de farinha de trigo apresentaram menores

valores para aumento de peso, aumento de volume, rendimento, densidade do produto cru e altos teores de sólidos solúveis.

Diferentes tipos de grãos têm sido utilizados como substitutos parciais ou totais do trigo Durum na produção de determinados tipos de massas, permitindo a obtenção de produtos mais saudáveis ou direcionados a objetivos específicos, como para pessoas que seguem uma dieta celíaca. A utilização de farinhas não convencionais na produção de massas alimentícias apresenta algumas dificuldades, pois os produtos não apresentam a mesma qualidade daqueles com sêmola de trigo Durum. Para obter massas de boa qualidade a partir de material alternativo, é frequentemente necessário modificar o processo de fabricação tradicional. Em particular, formulações equilibradas e adequadas tecnologias de produção devem ser adotadas para compensar as alterações nas propriedades reológicas provocadas pela incorporação desses novos ingredientes. Para melhorar a qualidade desses produtos, diversos estudos têm sido realizados (CHILLO et al., 2009a; CHILLO et al., 2010).

Massas alimentícias tipo espaguete de farinha de quinoa ou aveia foram fabricadas utilizando dois agentes estruturantes diferentes, sal de sódio de carboximetilcelulose (CMC) e amido pré-gelatinizado. Os dois agentes influenciaram as propriedades reológicas e mecânicas das massas. Os valores da viscosidade de alongamento e de corte diminuíram na massa de quinoa e aumentaram na massa de aveia, com o incremento da concentração de CMC. A tensão na ruptura aumentou no espaguete de aveia adicionado de CMC e amido pré-gelatinizado, enquanto no espaguete de quinoa os resultados não mostraram efeitos significativos. Os parâmetros sensoriais do macarrão seco e cozido produzido com quinoa ou aveia foram fortemente afetados pela adição de amido pré-gelatinizado e CMC, demonstrando não ser possível produzir espaguete dessas duas farinhas sem o uso dos agentes estruturantes investigados (CHILLO et al., 2009a).

Chillo et al. (2009b) também avaliaram os efeitos de alguns aditivos sobre as propriedades reológicas e mecânicas em massas e em macarrão extrudado, tipo talharim, de quinoa, amaranto e aveia. Os resultados indicaram que os valores dos módulos de conservação ou energia armazenada (G') e de perda ou energia dissipada (G'') das massas de

quinoa e aveia adicionadas de amido pré-gelatinizado (PS) foram similares aos da massa de semolina de trigo. Em todas as amostras de macarrão, o isolado proteico de soro de leite (WPI) reduziu o módulo de elasticidade ou de “Young” (E_C) em relação ao do macarrão de semolina. Além disso, os aditivos não influenciaram a tenacidade, com exceção do talharim de amaranto adicionado de WPI, que melhorou ligeiramente a curva de tendência.

Em outro trabalho, Chillo et al. (2010) investigaram o efeito da re-extrusão (extrusão repetida quatro vezes) sobre as propriedades reológicas e o grau de gelatinização de massas de aveia, quinoa e amaranto, bem como as características mecânicas e sensoriais dos espaguete elaborados com essas farinhas. Esses autores verificaram que houve influência nas propriedades reológicas e no grau de gelatinização das massas, bem como nas características mecânicas e sensoriais do macarrão seco. Os resultados deste estudo podem fornecer para as indústrias informações úteis sobre o potencial uso desses grãos em diferentes formulações de alimentos e o desenvolvimento de novos produtos nutricionais com melhores propriedades sensoriais e de textura.

Cita-se, ainda, a utilização de derivados do grão de quinoa na área de biomateriais. Farro (2008) avaliou a aplicação de diferentes derivados obtidos do grão de quinoa na elaboração de filmes biodegradáveis, utilizando 4% de cada um dos derivados para 100 g de solução filmogênica. Foram analisados os efeitos da concentração de glicerol, pH e condições de secagem em função da solubilidade e das propriedades termomecânicas, óticas, estruturais e cristalinidade dos filmes obtidos. Os filmes de amido de quinoa mostraram-se incolores e pouco opacos, apresentando reduzida solubilidade em água e boa resistência à tração e à flexibilidade. Os filmes de farinha por extração úmida exibiram leve cor amarela, moderada opacidade e flexibilidade. Já os filmes de farinha integral apresentaram cor amarela intensa, moderada opacidade, alta flexibilidade, mas baixa resistência ao teste de tração.

A busca constante por alimentos variados e saudáveis oferece oportunidade para que se divulguem as propriedades nutritivas e nutracêuticas da quinoa, criando opções para o seu emprego em merenda

escolar enriquecida e na produção de alimentos variados, podendo estes ser consumidos por diferentes classes sociais. Com novos produtos que contenham quinoa incorporados à alimentação humana, gradativamente crescerá a demanda, que desencadeará a sua produção e comercialização (SPEHAR, 2007).

7. REFERÊNCIAS

ABUGOCH JAMES, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, cap.1, p. 1-31, 2009.

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amarantho (*Amaranthus* spp) e quinoa (*Chenopodium quinoa*) alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, SP, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten free bread formulations. **European Food Research & Technology**, v. 230, n. 3, p. 437-445, Jan. 2010.

ANDÚJAR, G.; GERRA, M. A.; SANTOS, R. **La utilización de extensores cárnicos** – Experiencias de la industria cárnica cubana. Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentícia, 2000. 56 p.

ASCHERI, J. L. R.; NASCIMENTO, R. E.; SPEHAR, C. R. Composição química comparativa de farinha instantânea de quinoa, arroz e milho. **Comunicado Técnico**, Embrapa, Rio de Janeiro, n. 52, p. 4, Out. 2002.

BERTI, C.; RISO, P.; BRUSAMOLINO, A.; PORRINI, M. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. **British Journal of Nutrition**, v. 94, n. 5, p. 850-858, Nov. 2005.

BICUDO, M. O. P. **Avaliação da presença de glúten em produtos panificados para celíacos** – Estudo de caso. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SOUSA e SILVA, N. A.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013a.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; VIDIGAL, J. G.; PAULA, C. D.; SOUSA e SILVA, N. A. Utilização de farinha mista de trigo e quinoa na elaboração de bolos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, PR, v. 7, n. 2, p. 1034-1048, 2013b.

BORGES, J. T. S.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 9-23, Enero/Junio 2010.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. 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*, L.) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, Jul./Dez. 2003.

BRADY, K.; HO, C.-T.; ROSEN, R. T.; SANG, S.; KARWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1209-1216, 2007.

CALDERELLI, V. A. S.; BENASSI, M. T.; VISENTAINER, J. V.; MATIOLI, G. Quinoa and flaxseed: potential ingredients in the production of bread with functional quality. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 4, p. 981-986, Jul./Aug. 2010.

CAPERUTO, L. C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C. R. O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 1, p. 95-101, Jan. 2001.

CARDOSO, I. B. **Tratamento térmico de misturas de farinha de trigo e de quinoa e sua aplicação em bolo tipo pão de ló**. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

CASTRO, L. I. A.; VILA REAL, C. M.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; PINTO, N. A. V. D.; MIRANDA, L. S.; ROSA, B. C.; DIAS, P. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): digestibilidade *in vitro*, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 18, n. 4, p. 413-419, Out./Dez. 2007.

CHILLO, S.; CIVICA, V.; IANNETTI, M.; MASTROMATTEO, M.; SURIANO, N.; DEL NOBILE, M. A. Influence of repeated extrusions on some properties of non-conventional spaghetti. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 2, p. 329-335, Sep. 2010.

CHILLO, S.; CIVICA, V.; IANNETTI, M.; SURIANO, N.; MASTROMATTEO, M.; DEL NOBILE, M. A. Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. **Carbohydrate Polymers**, v. 78, n. 4, p. 932-937, Nov. 2009a.

CHILLO, S.; SURIANO, N.; LAMACCHIA, C.; DEL NOBILE, M. A. Effects of additives on the rheological and mechanical properties of non-conventional fresh handmade tagliatelle. **Journal of Cereal Science**, v. 49, n. 2, p. 163-170, Mar. 2009b.

CHLOPICKA, J.; PASKO, P.; GORINSTEIN, S.; JEDRYAS, A.; ZAGRODZKI, P. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. **LWT – Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 548-555, 2012.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1350-1355, 2007.

COSTA TÁRTARA, S. M.; MANIFESTO, M. M.; BRAMARDI, S. J.; BERTERO, H. D. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a reflection of landscape structure in Northwest Argentina. **Conservation Genetics**, v. 13, n. 4, p. 1027-1038, 2012.

DALLAGNOL, A. M.; PESCUA, M.; DE VALDEZ, G. F.; ROLLÁN, G. Fermentation of quinoa and wheat slurries by *Lactobacillus plantarum* CRL 778: proteolytic activity. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 7, p. 3129-3140, 2013.

DANELLI, D.; COSTA, G. P.; MELO, L. M.; PAGNO, C. H.; GEWEHR, M. F.; FLÔRES, S. H.; JONG, E. V. Avaliação biológica da funcionalidade de pão de forma com adição de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Brazilian Journal of Food Technology**, III SSA, Campinas, SP, p. 10-15, Nov. 2010.

DOGAN, H.; ARWE, M. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 2, p. 101-114, Apr. 2003.

FAOSTAT. **FAO – Food Agriculture Organization – Statistics Division 2014**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 4 Maio 2014.

FARRO, P. C. A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) da variedade "Real"**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

GAWLIK-DZIKI, U.; SWIECA, M.; SULKOWSKI, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYZ, J. Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts – *In vitro* study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 57, p. 154-160, Jul. 2013.

GEWEHR, M. F.; DANELLI, D.; MELO, L. M.; FLÔRES, S. H.; JONG, E. V. Análises químicas em flocos de quinoa: caracterização para a utilização em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, SP, v. 15, n. 4, p. 280-287, Out./Dez. 2012.

GEWEHR, M. F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÎZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 4, p. 629-637, Apr. 2008.

HIROSE, Y.; FUJITA, T.; ISHII, T.; UENO, N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1300-1306, Apr. 2010.

JACOBSEN, S.-E.; MUJICA, A.; ORTIZ, R. La importancia de los cultivos andinos. **Fermentum**, Mérida, Venezuela, v. 13, n. 36, p. 14-24, Enero/Abril 2003.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVIČOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: a review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 2, p. 71-79, 2009.

LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; DA SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 20, n. 4, p. 669-675, Out./Dez. 2009.

LUTZ, M.; MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ, E. A. Daidzein and genistein contents in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from local ecotypes grown in arid Chile. **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 117-121, 2013.

MEDINA, W. T.; LLERA, A. A.; CONDORI, J. L.; AGUILERA, J. M. Physical properties and microstructural changes during soaking of individual corn and quinoa breakfast flakes. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 3, p. E254-E265, Apr. 2011.

MERA, A. G. R. **Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinoa**. 2010. 209 f. Monografía (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniera agroindustrial) – Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, Quito, Ecuador, 2010.

MEZQUITA, P. C.; VERDEJO, A. C.; TAPIA, K. P.; PALACIOS, N. R.; ZAVALA, R. A. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. **Interciencia**, v. 32, n. 12, p. 857-864, Dec. 2007.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; URIBE, E.; LÓPEZ, J.; MARTÍNEZ, E.; RODRÍGUEZ, M. J.; QUISPE, I.; DI SCALA, K. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1439-1446, 2011.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S.-E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. O. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro**. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>. Acesso em: 24 Ago. 2014.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp seeds. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 760-766, Jan. 2008.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTOS. **Tabela brasileira de composição de alimento** – TACO. 4. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

OGUNGBENLE, N. H. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 54, n. 2, p. 153-158, Mar. 2003.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v. 82, p. 481-488, 1998.

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**, Campinas, SP, v. 31, n. 1, p. 225-230, Jan./Mar. 2011.

ROCHA, J. E. S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no planalto central**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

RUALES, J.; GRIJALVA, Y.; JARAMILLO, P.; NAIR, B. The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-I (IGF-I) in undernourished children. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 53, n. 2, p. 143-154, Mar. 2002.

SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SCIARINI, L. S.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E.; PÉREZ, G. T. Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, n. 4, p. 577-585, Aug. 2010.

SPEHAR, C. R. **Quinoa**: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Ed. Técnico. 1. ed. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, Jan./Abr. 2006.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, Jun. 2002.

STIKIC, R.; GLAMOCLIJ, D.; DEMIN, M.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; JACOBSEN, S.-E.; MILOVANOVIC, M. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 132-138, 2012.

VEGA-GÁLVEZ, A. V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS GRÃOS DE QUINOA

1. INTRODUÇÃO

Os grãos e as sementes devem ser acondicionados e armazenados em condições que mantenham sua qualidade para comercialização, industrialização ou plantio da lavoura subsequente. A manutenção da boa qualidade dos produtos primários refletirá em maior rendimento para o agricultor e menor preço para o consumidor. Além disso, os grãos são comercializados com base em padrões nacionais e internacionais de classificação (SILVA et al., 2000).

O beneficiamento é uma das últimas etapas da produção de grãos. É nessa etapa que o produto adquire, após a retirada de contaminantes físicos, as qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias que possibilitam sua boa classificação em padrões comerciais (SILVA et al., 2000). Com o aumento da produção ocorre a necessidade crescente nas indústrias de alimentos e beneficiamento de grãos por produtos mais homogêneos e com menor percentual de impurezas. Para tanto, a engenharia vem aprimorando os processos de beneficiamento através de estudos das propriedades físicas

dos grãos, para o projeto de novas máquinas e equipamentos (GUEDES et al., 2011).

A retirada das impurezas é feita com base na utilização das diferenças físicas do material que compõe o lote original, como grãos perfeitos, impurezas ou material estranho, entre outros. O processo mais elementar de beneficiamento baseia-se na diferença de densidade entre o produto e as impurezas, entretanto a densidade não é a única característica física dos grãos. Outras diferenças como tamanho (comprimento, largura, diâmetro e espessura), forma, cor, condutividade elétrica, textura do tegumento e afinidade com líquidos são reconhecidas e constituem, hoje, as bases para os projetos de equipamentos modernos para separação dos diferentes produtos agrícolas (SILVA et al., 2000).

Segundo Goneli et al. (2003), as propriedades físicas dos grãos são de extrema importância para o dimensionamento e projeto de equipamentos utilizados no seu transporte e armazenagem. O conhecimento das relações entre as propriedades físicas e os fatores de deterioração pode auxiliar na solução de problemas relacionados à transferência de calor e massa durante as etapas de secagem e na aeração, para um armazenamento correto dos produtos agrícolas. As propriedades físicas dos grãos são características relevantes na otimização dos processos industriais e no desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita, além de fornecerem parâmetros para sua classificação e comercialização (SILVA; CORRÊA, 2000; CORRÊA et al., 2003; VILCHE et al., 2003; CORRÊA et al., 2006).

Entre os pseudocereais, a quinoa (*Chenopodium quinoa* Will.) apresenta-se como uma nova e promissora fonte de matéria-prima alimentar. Os produtos extraídos de seus grãos, pelas características especiais que possuem, têm despertado interesse crescente pelas indústrias de alimentos como um novo recurso alimentar (LINDEBOOM et al., 2004; COMAI et al., 2007; SPEHAR, 2007; ABUGOCH JAMES, 2009; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

De acordo com Gratão (2012), a quinoa é planta considerada sensível, em termos de manejo e cuidados com a colheita, que deve ser feita no momento apropriado não só para evitar perdas devidas aos efeitos

adversos do clima e do ataque de pássaros, mas também pela deterioração da qualidade do grão.

As sementes de quinoa são altamente higroscópicas e após a maturidade fisiológica, em condições de alta umidade, se deterioram ou germinam na panícula (SPEHAR; SOUZA, 1993; SPEHAR, 2007), com consequente perda na colheita, que pode chegar a 16% ou, pelo menos, à ocorrência de perda de qualidade por oxidação, causando mudança de cor dos grãos (GRATÃO, 2012).

Segundo Vilche et al. (2003), o conhecimento da morfologia e distribuição por tamanho dos grãos de quinoa é essencial para o adequado projeto de equipamentos para limpeza, classificação e separação. As propriedades gravimétricas são importantes para projetos de equipamentos relacionados com aeração, secagem, armazenamento e transporte. A densidade determina a capacidade dos sistemas de armazenamento e transporte e é útil para a regulação dos equipamentos de separação. A porosidade da massa de grãos determina a resistência ao fluxo de ar durante a aeração e secagem das sementes, enquanto as propriedades de fricção, como o ângulo de repouso e o coeficiente de fricção, são reconhecidas pelos engenheiros como importantes propriedades envolvidas com o projeto racional de silos e outras estruturas de armazenamento, incluindo a compressibilidade e o comportamento do fluxo de material.

Observam-se, na literatura, poucos estudos sobre a necessidade de criar máquinas próprias para o pré-processamento dos grãos de quinoa. O que se tem feito até agora é adaptar maquinário próprio para outras culturas, e isso, muitas vezes, não traz bom resultado, pois é preciso levar em consideração as peculiaridades da cultura para obter sucesso nos processos de limpeza, secagem e armazenagem, reduzindo as perdas e aumentando a qualidade e competitividade do produto no mercado (GRATÃO, 2012).

Considerando a importância e variabilidade das propriedades físicas dos produtos agrícolas, objetivou-se com este capítulo determinar algumas propriedades físicas do grão de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru, em comparação com a variedade Real importada, visando a um futuro critério para sua classificação e qualificação comercial, como ocorre atualmente com a maioria dos grãos de cereais e sementes oleaginosas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos Laboratórios de Pesquisa de Cereais, Amido, Farinha e Panificação Experimental, de Pesquisa de Pigmentos e Compostos Bioativos e de Embalagens, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

2.1. Delineamento experimental

Para determinação das características físicas dos grãos de quinoa, com exceção da observação da macroestrutura e da estrutura interna, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (duas variedades de quinoa) com quatro repetições. Todas as análises foram feitas em triplicata.

2.2. Matéria-prima

Foram utilizados grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) da variedade BRS Piabiru, safra 2013, Lote BSB-004/13, fornecida pela EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. Como referência, as mesmas análises foram realizadas com grãos de quinoa 'Real' safra 2013, lote SP152303/0213, importada do Peru, adquirida da empresa Boaluz Comércio de Gêneros Alimentícios Ltda., São Paulo, SP.

2.3. Métodos

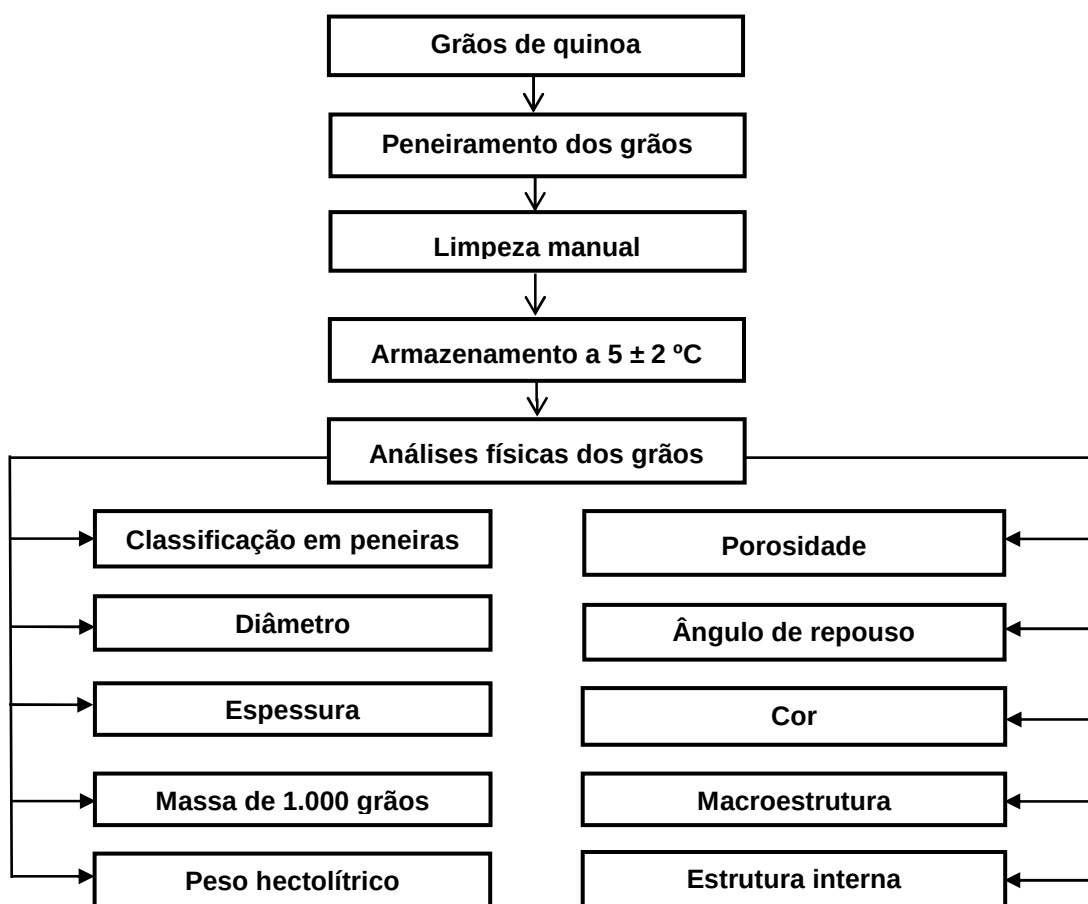


Figura 1 – Fluxograma das etapas de limpeza e caracterização física dos grãos de quinoa.

Os grãos de quinoa (25,0 kg) foram peneirados e limpos manualmente para separação de material indesejável, partículas menos densas e material mais fino proveniente da colheita e debulha, bem como divididos em quatro porções de 5,0 kg e armazenados em sacos plásticos de polietileno, identificados e mantidos sob refrigeração (5 ± 2 °C) até o momento das análises, para evitar degradação de seus principais componentes durante o período do experimento.

2.3.1. Classificação em peneiras

Os grãos de quinoa foram classificados por tamanho, utilizando-se o equipamento Ro-Tap Testing Sieve Shaker (Cleveland, USA) e um conjunto de peneiras metálicas (20,3 cm de diâmetro), correspondendo ao tamanho de abertura das malhas de 2,38 mm, 2,00 mm, 1,68 mm, 1,19 mm, 0,84 mm e 0,60 mm, respectivamente (FARRO, 2008).

2.3.2. Teor de água

Os grãos das duas variedades de quinoa foram moídos em moinho de facas (Tecnal modelo 600, Piracicaba-SP), e a determinação do teor de água ocorreu em estufa com circulação de ar à temperatura de 105 ± 3 °C, pelo período de 24 h, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

2.3.3. Diâmetro e espessura

O diâmetro e espessura do grão de quinoa foram determinados utilizando um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão – resolução de $\pm 0,01$ mm) (FARRO, 2008). O diâmetro e espessura final foram expressos como a média aritmética de 50 determinações de cada fração G e P dos grãos, sendo G grãos retidos pela peneira de 2,00 mm e P, grãos que passaram por essa peneira.

2.3.4. Massa de 1.000 grãos

A massa de 1.000 grãos foi determinada pesando-se 100 grãos de cada amostra, em balança analítica com precisão de 0,001 g (BEL Engineering, modelo Mark 250A, série M, Brasil), e multiplicando esse valor por 10 (VILCHE et al., 2003). Com base no teor de água de cada variedade de quinoa, calculou-se a massa de 1.000 grãos corrigida para 12%, utilizando a equação 1 (CRUZ et al., 2010):

$$Mc = Mo [1 - (Ua\%/100)] / [1 - (Uc\%/100)] \quad \text{[equação 1]}$$

em que M_c = massa de 1.000 grãos corrigida; M_o = massa de 1.000 grãos obtida; U_o = teor de água da amostra; e U_c = teor de água de correção (12%).

2.3.5. Peso hectolítrico

O peso hectolítrico (PH) foi obtido de acordo com o método AACC 55-10 (AACC, 2003), com modificações. O PH foi determinado utilizando uma balança para peso hectolítrico (marca 'Dalle Molle', RS, Brasil) com capacidade para $\frac{1}{4}$ de litro, sendo os resultados expressos em kg hL^{-1} .

2.3.6. Porosidade

Os grãos foram colocados em uma proveta de volume conhecido (100 mL) até atingir a marca graduada para completar a massa de grãos. Em uma segunda proveta, adicionaram-se 100 mL de tolueno, que posteriormente foram transferidos para a primeira proveta com os grãos até atingir o nível da superfície dos grãos. O volume gasto de tolueno para cobrir totalmente os grãos correspondeu ao espaço intergranular ou à porosidade da massa de grãos (SANTOS et al., 2012).

2.3.7. Ângulo de repouso

O ângulo de repouso dos grãos foi determinado utilizando um dispositivo, como mostrado na Figura 2, que consiste em um cilindro provido de um cone, na parte inferior, com abertura no fundo, sobre o qual se eleva uma plataforma circular de diâmetro conhecido contendo, no centro, uma haste graduada. Com a abertura gradual do fundo do cilindro onde os grãos foram depositados, forma-se um cone desses grãos sobre a plataforma circular. O ângulo de repouso (Φ_R) foi calculado pelo arco-tangente do quociente entre o dobro da altura do cone de grãos e o diâmetro da plataforma circular, conforme a equação 2 (SILVA; CORRÊA, 2000).

$$\Phi_R = \text{arc tg } (2h/d)$$

[equação 2]

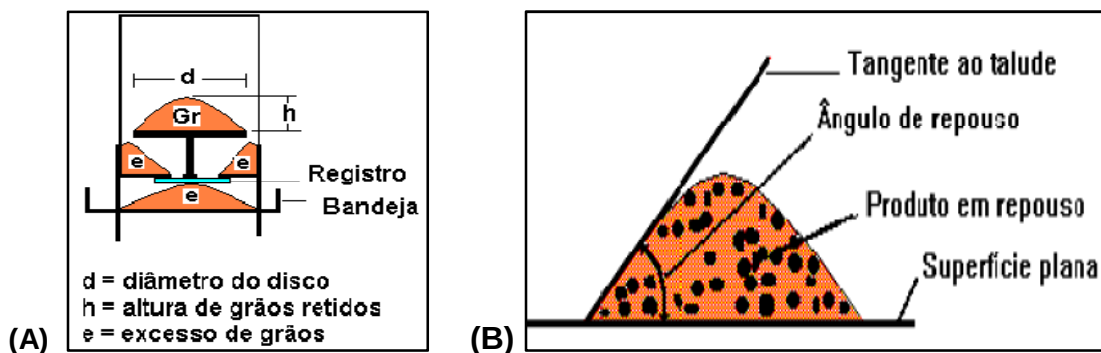


Figura 2 – Dispositivo para determinação do ângulo de repouso (A); e representação esquemática do ângulo de repouso (B).
 Fonte: SILVA; CORRÊA, 2000.

2.3.8. Cor

A quantificação da cor dos grãos de quinoa foi realizada utilizando-se um colorímetro triestímulo (Hunter Lab, Color Quest XE, USA) trabalhando com D_{65} (luz do dia, 6.500 K) com leitura direta de reflectância das coordenadas de cromaticidade “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de vermelho a verde) e “b” (tonalidades do amarelo para o azul), empregando-se a escala Hunter Lab. Nesse sistema de cor, corrigido pela CIELab, os valores L^* (luminosidade) variam de zero (preto) a 100 (branco), os valores de a^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho) e os valores de b^* variam de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo) (HUNTERLAB, 2008). Os valores correspondentes às coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* foram obtidos por meio de leitura direta de cada amostra de grãos submetida ao colorímetro após a sua calibração com os padrões.

2.3.9. Macroestrutura dos grãos

Para analisar a morfologia e superfície externa dos grãos de quinoa, utilizou-se um microscópio digital “Dino-Lite Plus Digital Microscope” (COMPEX, modelo AM 313T), com resolução de 640 x 480 VGA, aumento de 10 até 200 vezes, do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e um Microscópio Eletrônico de

Varredura (HITACHI, modelo TM 3000), do Laboratório de Embalagens, também da UFV (potencial de 5 e 15 kV de aceleração). Grãos de quinoa inteiros foram fixados em “stubs”, com o auxílio de fita dupla-face, e, em seguida, observados e fotografados, utilizando-se diferentes magnitudes de escala de medida sem necessidade de recobrimento (metalização).

2.3.10. Estrutura interna dos grãos

A observação da estrutura interna das amostras de grãos de quinoa foi realizada utilizando os mesmos microscópios “Dino-Lite Plus Digital Microscope” (COMPEX, modelo AM 313T) e Eletrônico de Varredura (HITACHI, modelo TM 3000), utilizados para observar a estrutura externa. Grãos de quinoa cortados longitudinalmente foram fixados em “stubs”, com o auxílio de fita dupla-face e, em seguida, observados e fotografados, utilizando-se diferentes magnitudes de escala de medida sem necessidade de recobrimento (metalização).

2.4. Análise estatística

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o Programa Statistical Analysis System (SAS) versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Classificação em peneiras

As porcentagens de cada fração de tamanho dos grãos de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real retidas nas peneiras utilizadas encontram-se ilustradas na Figura 3.

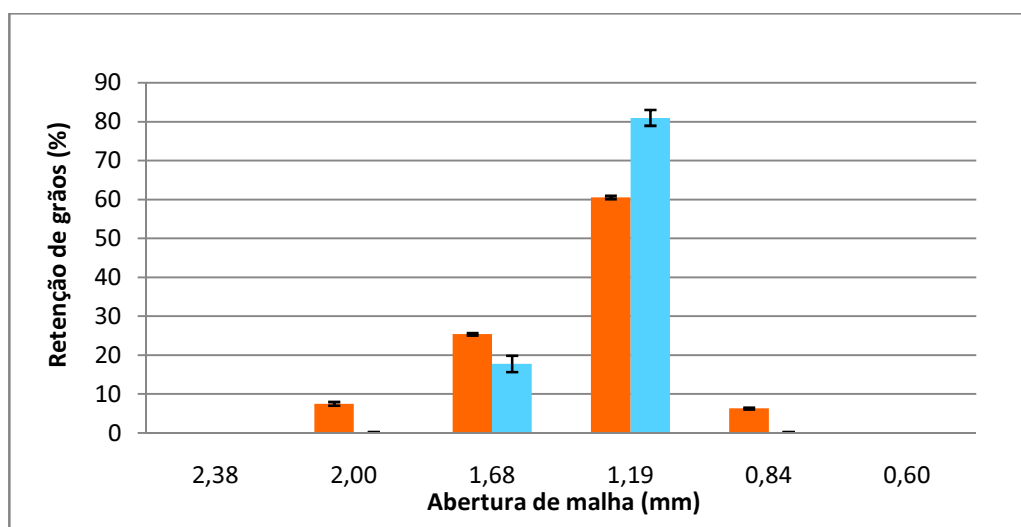


Figura 3 – Distribuição por tamanho dos grãos de quinoa das variedades
■ Real e ■ BRS Piabiru.

Os grãos de quinoa da variedade Real apresentaram tamanhos maiores que os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru. Entretanto, a variedade brasileira mostrou grãos mais uniformes no tamanho, característica que pode ser atribuída a essa nova variedade. Entretanto, a quinoa importada normalmente é processada a partir de vários lotes de produção de pequenos produtores rurais, o que pode explicar a variação observada no tamanho dos grãos dessa variedade.

Vilche et al. (2003), utilizando grãos de quinoa de uma safra colhida em 2001 na Província de Salta, Argentina, verificaram que 72,3% dos grãos apresentaram tamanho entre 1,7 e 2,0 mm, enquanto os restantes 27,7%, maior que 2,0 mm. Comparando com a variedade Real procedente do Peru e com a BRS Piabiru brasileira utilizada neste trabalho, constatou-se que os grãos da variedade Argentina são de granulometria maior.

Gratão (2012), trabalhando com grãos de quinoa, cultivar Real, provenientes da Bolívia, observou que 99,5% dos grãos possuíam granulometria entre 2 e 1 mm, resultado bem próximo ao deste trabalho para essa mesma variedade. Porém, para melhor caracterizar as frações dos grãos de quinoa utilizados por esse autor, seria necessário o uso de peneiras de malhas intermediárias entre esses dois valores.

Segundo Vilche et al. (2003), o conhecimento da morfologia e distribuição por tamanho dos grãos de quinoa é essencial para o adequado projeto dos equipamentos de limpeza, classificação e separação pós-colheita. Maior uniformidade no tamanho e formato dos grãos é característica tecnológica importante para o processamento pós-colheita, pois diminui a necessidade de ajustes nos diversos equipamentos utilizados, além de melhorar o desempenho deles e possibilitar um produto final mais homogêneo e mais atrativo para o consumidor, ou mais adequado ao posterior processamento industrial. Com a introdução e aumento da produção de grãos de quinoa, principalmente em outros países que não os de sua origem, surge a necessidade crescente das indústrias de alimentos e beneficiamento de grãos e sementes de produtos mais homogêneos e com menor percentual de impurezas, para otimização de seus processos.

3.2. Teor de água

Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru e da variedade Real apresentaram teor de água médio de $10,45 \pm 0,17\%$ e de $11,05 \pm 0,15\%$, respectivamente. O teor máximo de água dos grãos, visando obter boa margem de segurança no armazenamento, depende da espécie de grão, tipo de armazenagem, período de estocagem e condições climáticas da região do armazenamento. De acordo com Puzzi (1977), os limites de segurança para um período longo de armazenamento de diversos grãos se encontram entre 11 e 13%. Dessa forma, os valores do teor de água dos grãos de quinoa das duas variedades estudadas podem ser considerados seguros para sua conservação até o consumo ou processamento.

3.3. Análises físicas dos grãos

Os resultados das análises físicas dos grãos de quinoa 'BRS Piabiru' e 'Real' são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises físicas dos grãos das duas variedades de quinoa (média $\pm$ desvio-padrão)

	Variedade	
	BRS Piabiru	Real
Diâmetro de grãos (G) (mm)	$2,01 \pm 0,04$	$2,23 \pm 0,07^*$
Diâmetro de grãos (P) (mm)	$1,74 \pm 0,10^{ns}$	$1,72 \pm 0,07$
Espessura de grãos (G) (mm)	$1,10 \pm 0,01^{ns}$	$1,10 \pm 0,03$
Espessura de grãos (P) (mm)	$0,99 \pm 0,05^*$	$0,92 \pm 0,03$
Massa de 1.000 grãos (g)	$3,08 \pm 0,10^{ns}$	$3,05 \pm 0,04$
Peso hectolítrico (kg hL^{-1})	$70,25 \pm 0,34$	$74,36 \pm 0,09^*$
Porosidade (%)	$39,35 \pm 0,53^*$	$37,00 \pm 0,71$
Ângulo de repouso (°)	$30 \pm 0,58^*$	$26 \pm 0,50$

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os grãos de quinoa da variedade Real retidos na peneira de 2,00 mm (G) apresentaram diâmetro médio significativamente superior ($P < 0,05$) ao dos grãos de quinoa (G) da variedade BRS Piabiru, como esperado pelo resultado observado na classificação granulométrica. Porém, não houve diferença nos diâmetros médios dos grãos das duas variedades que passaram pela peneira de 2,00 mm (P).

Para a espessura, verificou-se que nos grãos maiores (G) não houve diferença entre as médias das duas variedades de quinoa estudadas, porém, nos grãos menores (P), a variedade BRS Piabiru apresentou espessura média significativamente maior ($P < 0,05$) em relação à variedade Real.

Os produtos agrícolas possuem tamanhos e formas específicas, características que são definidas geneticamente, podendo ainda ser influenciadas pelo ambiente durante e após o período de sua formação e, ainda, influenciar as demais propriedades físicas do produto.

Segundo Bertero et al. (2004), produtividade e tamanho do grão, fatores determinantes de sua qualidade comercial, são frequentemente usados como critério de seleção para o melhoramento da quinoa. O diâmetro máximo é fator relevante da qualidade comercial dessa espécie.

Mujica et al. (2001) citaram que as sementes de quinoa podem apresentar formatos lenticular, elipsoidal, cônico ou esférico, com tamanho variando de 1,2 a 1,9 mm nas variedades Blanca de July, Chullpi e Kancolla até 2,2 a 2,8 mm nas variedades Real, Toledo e Pandera.

Vilche et al. (2003) verificaram que as duas maiores dimensões dos grãos de quinoa, comprimento e largura, apresentaram valores muito próximos devido ao formato semelhante a uma esfera alisada ou achatada. A dimensão média do comprimento dos grãos variou de $1,691 \pm 0,011$ nas sementes menores até $2,045 \pm 0,036$ nas maiores. Com relação à espessura, os valores médios encontrados por esses autores variaram de $0,930 \pm 0,072$ nos grãos maiores até $0,973 \pm 0,015$ nos menores. A variação nos valores das dimensões dos grãos de quinoa determinados por aqueles autores está próxima à daquelas obtidas neste trabalho.

Grãos de quinoa 'Real' provenientes da Bolívia e utilizados por Gratão (2012) apresentaram valores semelhantes aos observados neste estudo

para o mesmo cultivar: $2,13 \pm 0,20$ mm de comprimento, $2,02 \pm 0,19$ mm de largura e $1,12 \pm 0,18$ mm de espessura.

Bhargava et al. (2007) verificaram que as sementes de 27 cultivares de *Chenopodium quinoa* Willd. cultivados no Norte da Índia apresentaram tamanho médio de $1,84 \pm 0,22$ mm, variando de 1,34 mm até 2,21 mm. Em 1.512 acessos da coleção de germoplasma de quinoa analisados por Rojas (2003), o diâmetro dos grãos variou de 1,36 a 2,66 mm, com valor médio de $1,96 \pm 0,23$ mm.

Bertero et al. (1999) e Bhargava et al. (2007) observaram que há relação entre o período de maturação e o tamanho das sementes de quinoa, indicando que a temperatura e o fotoperíodo após a antese afetam o diâmetro da semente de forma considerável na quinoa. Fotoperíodo curto e temperaturas baixas após a antese favoreceram o aumento do diâmetro das sementes, enquanto fotoperíodos longos e temperaturas elevadas depois da antese afetaram negativamente o tamanho das sementes, podendo explicar as diferenças de tamanho observadas neste estudo entre as duas variedades de quinoa.

Verificou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias da massa de 1.000 grãos corrigidas para 12% de teor de água das duas variedades de quinoa estudadas, apesar de a variedade Real ter apresentado tamanho de grão maior do que a variedade BRS Piabiru, como demonstrado pela análise da granulometria e diâmetro desses grãos. Tal resultado pode ser explicado pela maior uniformidade no tamanho dos grãos de quinoa da variedade brasileira, enquanto a variedade Real exibiu grãos maiores, mas também menores que os da BRS Piabiru.

De acordo com Rojas (2003) e Bhargava et al. (2007), verificou-se associação positiva entre o tamanho das sementes e a massa de 1.000 grãos, como era esperado, uma vez que sementes maiores têm naturalmente mais massa do que as menores.

A massa de 1.000 grãos é utilizada geralmente para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e a massa da amostra de trabalho, para análise de pureza dos grãos. É uma informação que dá a ideia da qualidade das sementes, assim como o seu

estado de maturidade e sanidade, sendo também influenciado pelo teor de água (BRASIL, 2009).

De acordo com Spehar et al. (2011), a quinoa vem apresentando mercado externo crescente, que exige características específicas, como grãos grandes (maiores que $3,0 \text{ g } 1000^{-1}$), ausência de saponina e boa qualidade nutricional. Tais características têm sido alvo de programas de melhoramento desses grãos, inclusive no Brasil (SPEHAR, 2007).

Nos primeiros estudos de adaptação da variedade BRS Piabiru às condições do Cerrado brasileiro, realizados em 1998 e 1999, os grãos prontos para o armazenamento, com umidade de 12%, apresentaram massa de 2,42 g por 1.000 grãos (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR, 2007), valor inferior ao das amostras analisadas neste trabalho. Em outro estudo, realizado por Spehar et al. (2011), a linhagem BRS Syetetuba apresentou características desejáveis, como grãos grandes, e relativa homogeneidade fenotípica. Os grãos prontos para armazenamento, com umidade de 12 g 100 g^{-1} , exibiram massa média de 2,5 g e 3,3 g por 1.000 grãos, nos cultivos de verão e de inverno, em ensaios realizados em duas safras (2006 e 2007), em Planaltina, DF, e Cristalina, GO, respectivamente (SPEHAR et al., 2011).

Os valores médios da massa de 1.000 grãos obtidos neste estudo ficaram próximos dos valores médios observados pelos autores citados, permitindo considerar os grãos das duas variedades de quinoa de boa qualidade comercial, de acordo com Spehar et al. (2011).

Os grãos de quinoa da variedade Real apresentaram peso hectolítrico significativamente maior ($P < 0,05$) do que os da variedade da quinoa brasileira, para os respectivos teores de umidade (Tabela 1). Esse resultado pode ser atribuído às características de cada variedade ou às condições ambientais e de cultivo agrônomo ou, ainda, às operações de pós-colheita. O peso hectolítrico pode ter sido influenciado pela uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão e, também, pelo conteúdo de matéria estranha na amostra.

Grãos de quinoa, cultivar Real, provenientes da Bolívia e utilizados por Gratão (2012) apresentaram massa específica aparente de $761,09 \text{ kg m}^{-3}$, superior ao valor observado nos grãos de quinoa da mesma variedade provenientes do Peru utilizados neste trabalho.

Chauhan et al. (1992) obtiveram valor de peso hectolítrico de $74,7 \pm 0,2 \text{ kg hL}^{-1}$ para grãos de quinoa da variedade D-407 Colorado de porte baixo, cultivados em Rossburn, Manitoba e Canadá, bem próximo do obtido com a variedade Real analisada nesta pesquisa.

O peso hectolítrico é característica varietal influenciada por clima, solo, adubação, sistema de culturas, ocorrência de insetos e de doenças, maturidade da semente, beneficiamento, grau de umidade da semente e tratamento químico (BRASIL, 2009).

Conforme citado por Corrêa et al. (2003), as sementes com maior massa específica são as que foram mais bem nutridas durante o desenvolvimento e, assim, possuem, normalmente, embriões bem formados e maiores reservas, sendo potencialmente mais vigorosas.

Segundo Osmond et al. (2013), comparando os dois parâmetros, peso hectolítrico e a massa de 1.000 grãos, verificou-se que há relação entre eles em alguns cultivares de trigo, porém nem sempre o maior peso hectolítrico corresponde à maior massa de 1.000 grãos. Cada cultivar possui tamanho distinto de grão e, conseqüentemente, massa diferente.

A densidade aparente, ou massa específica granular, é de grande importância na comercialização, principalmente de produtos como trigo, centeio e sorgo, uma vez que a valorização desses grãos se dá em razão do peso hectolítrico (CORRÊA et al., 2003; CORRÊA et al., 2006).

O peso hectolítrico é utilizado na classificação e comercialização do trigo, sendo influenciado pela uniformidade, forma, densidade, tamanho e teor de água do grão, além do conteúdo de matérias estranhas e grãos quebrados. Dessa forma, quanto maior o peso hectolítrico, maior o rendimento em farinha e, portanto, melhor a qualidade do grão (ORMOND et al., 2013; NUNES et al., 2011). Esse parâmetro de qualidade também poderia ser adotado futuramente na classificação e comercialização dos grãos de quinoa.

A massa de grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentou porosidade média significativamente superior ($P < 0,05$) à da variedade Real com os respectivos teores de umidade de cada variedade (Tabela 1), apesar do menor tamanho e da maior homogeneidade dos grãos da variedade

brasileira. A diferença dos valores da porosidade pode ser atribuída à diferença nas dimensões dos grãos das duas variedades estudadas.

Os valores da porosidade dos grãos de quinoa obtidos neste trabalho estão dentro da faixa da maioria dos produtos agrícolas, ficando próximos dos valores de porosidade de grãos de trigo, milho, sorgo e soja (PARK et al., 2007).

A porosidade é definida como a quantidade de espaços vazios em uma massa de grãos e pode variar de 30 a 50%, dependendo do tipo de grão, do teor de umidade, de impurezas e da quantidade de grãos quebrados. Essa propriedade física tem influência direta sobre a resistência ao fluxo de ar nas operações de secagem e aeração, proporcionando maior ou menor queda de pressão do fluxo de ar através da camada de um leito de grãos. Consequentemente, a porosidade influencia o dimensionamento dos ventiladores e a potência dos motores nas operações de secagem e aeração, além de influenciar na capacidade dos silos de armazenamento (SILVA; CORRÊA, 2000; CORRÊA et al., 2003; VILCHE et al., 2003; SILVA et al., 2006a; PARK et al., 2007; GRATÃO, 2012). Como os grãos de quinoa 'BRS Piabiru' apresentaram maior porosidade, eles podem proporcionar menor resistência ao fluxo de ar nas operações de secagem e aeração e maior economia de energia, porém podem também diminuir a capacidade dos silos de armazenamento.

Vilche et al. (2003) verificaram que os grãos de quinoa apresentaram aumento linear da porosidade de 19,4 a 43,8% com o aumento do teor de água. Conforme observado por Corrêa et al. (2003), a porosidade apresenta comportamento inverso ao observado na massa específica granular, ou seja, a porosidade aumenta com o incremento do teor de água dos grãos, devido ao aumento de volume.

Gratão (2012) observou que os teores de impurezas presentes na massa de grãos de quinoa influenciaram o valor da porosidade. O aumento do percentual de impurezas de 0 a 5% elevou a porosidade da massa de grãos de quinoa da variedade Real de 46,8% para 51,9%, respectivamente. Corrêa et al. (2001) verificaram que a massa específica aparente aumentou e a porosidade diminuiu com o aumento do teor de impurezas finas. Entretanto, a elevação dos teores de impurezas grossas reduziu a massa

específica aparente e aumentou a porosidade da massa de grãos. Segundo Park et al. (2007), as impurezas finas preenchem os espaços vazios, diminuindo, assim, a porosidade da massa de grãos.

Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentaram ângulo de repouso médio significativamente superior ($P < 0,05$) à da variedade Real para os respectivos teores de umidade de cada variedade (Tabela 1). O menor ângulo de repouso verificado na variedade Real pode ser devido ao maior tamanho, ao formato e à superfície mais lisa dos grãos importados que normalmente passam por um processo de limpeza por escovação ou por lavagem para a retirada das saponinas.

O ângulo de repouso pode ser definido como o ângulo máximo do talude formado pelos grãos em relação à horizontal, determinado pelos grãos menos instáveis e não confinados, situados próximos ou na superfície, sendo altamente influenciado pelo teor de umidade e pelo tamanho, forma, constituição externa e orientação dos grãos (SILVA; CORRÊA, 2000; MEDEIROS et al., 2001; SILVA et al., 2006b). O conhecimento do valor do ângulo de repouso dos grãos é importante para determinação da capacidade estática dos silos, da capacidade das correias transportadoras e do dimensionamento de moegas, dutos e rampas de descarga de grãos (SILVA; CORRÊA, 2000).

Segundo Park et al. (2007), a variação no ângulo de repouso dos grãos pode ocorrer de acordo com os seguintes fatores: quanto mais esférico o grão, menor o ângulo de repouso; quanto maior o grão, menor o ângulo de repouso; quanto menos lisa a superfície do grão (maior rugosidade, pelos etc.), maior o ângulo; quanto maior o teor de água do grão, maior o ângulo (este aumento é acentuado acima de 20% de umidade base seca); quanto maior o teor de impurezas, geralmente maior é o ângulo de repouso.

Vilche et al. (2003), avaliando o ângulo de repouso de grãos de quinoa, verificaram que os maiores valores desse ângulo ($21-25^\circ$) foram obtidos na superfície de madeira, enquanto os valores do ângulo de repouso na superfície de ferro galvanizado foram de $18-24^\circ$, próximos aos observados neste trabalho na quinoa 'Real'.

3.4. Cor dos grãos

Verificou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias das duas variedades de grãos de quinoa quanto aos parâmetros L^* e b^* , porém não houve diferença ($P > 0,05$) com relação ao parâmetro a^* . O valor de L^* e de b^* foram maiores nos grãos da variedade Real, mostrando que estes apresentaram coloração mais clara e mais amarela em relação aos grãos da variedade BRS Piabiru (Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros de coloração dos grãos de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)

Variedade	Coordenadas de cor		
	L^*	a^*	b^*
BRS Piabiru	66,73 $\pm$ 0,56	3,09 $\pm$ 0,11 ^{ns}	16,80 $\pm$ 0,37
Real	70,09 $\pm$ 0,92*	3,00 $\pm$ 0,28	19,45 $\pm$ 0,40*

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A coordenada L^* (luminosidade) representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). Os valores de a^* e b^* não apresentam limites numéricos específicos. Os valores de a^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho) e os valores de b^* , de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo) (HUNTERLAB, 2008).

Dessa forma, pôde-se observar tendência para a cor mais amarela e mais clara dos grãos de quinoa da variedade Real em relação à variedade BRS Piabiru, conforme mostrado também na Figura 4.

A cor dos grãos de quinoa é resultante da combinação da coloração do pericarpo e do episperma, ou seja, a camada de células situada logo abaixo do pericarpo. O pericarpo pode ser translúcido, branco, amarelo, rosa, vermelho, laranja, marrom, cinza ou preto. Grãos com cores claras no pericarpo têm episperma branco e os escuros, episperma marrom ou preto (SOUZA et al., 2004).



Figura 4 – Grãos de quinoa das variedades Reale BRS Piabiru.

A coloração dos grãos de quinoa varia de acordo com a variedade e o estado fisiológico da planta (MERA, 2010). Segundo Rocha (2008), a diferença morfológica entre os grãos de quinoa que apresentam saponinas e aqueles que não possuem saponinas é a coloração. Essa diferença na cor é útil para a seleção de sementes de quinoa com ausência de saponinas. Ruales e Nair (1993) também verificaram que a retirada de saponina por meio da lavagem em água à temperatura ambiente e secagem ao ar livre, além de retirar a saponina, alterou significativamente a cor dos grãos de quinoa.

Conforme verificado por Souza et al. (2004), os grãos com coloração amarela corresponderam ao maior teor de saponinas, enquanto os grãos mais brancos, menor quantidade de saponinas. Spehar e Santos (2002) observaram que os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentam pericarpo branco e ausência de saponina.

3.5. Macroestrutura dos grãos

As Figuras 5 e 6 ilustram a estrutura externa dos grãos de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru, respectivamente, utilizando-se microscópio digital.



Figura 5 – Estrutura externa do grão de quinoa da variedade Real. Aumento: (A) 65X; (B) 70X; (C) 205X; e (D)205X (Microscópio digital).

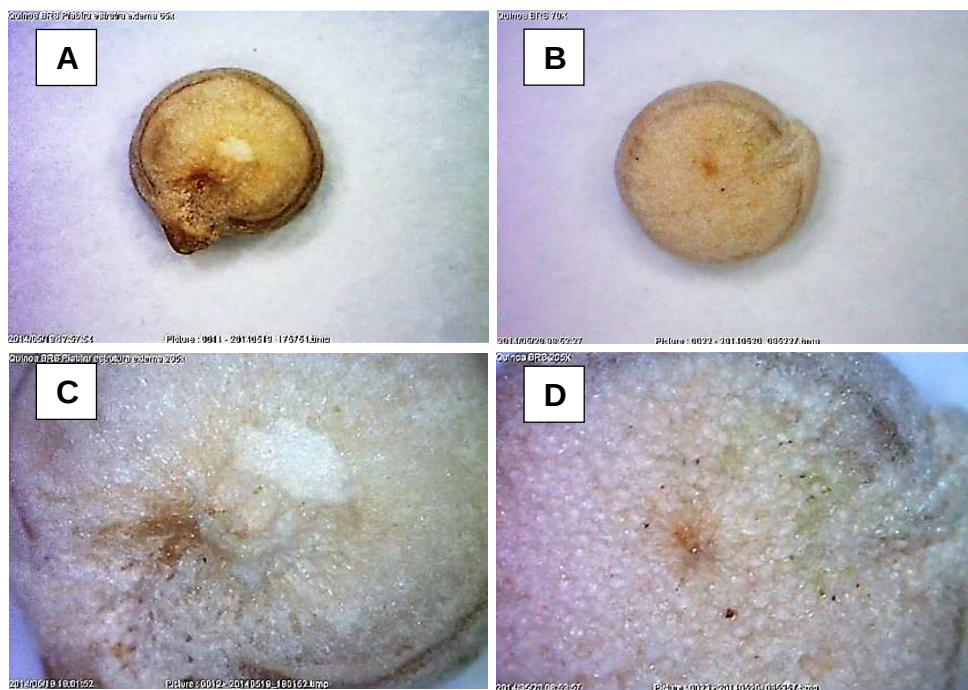


Figura 6 – Estrutura externa do grão de quinoa da variedade BRS. Aumento: (A) 65X; (B) 70X; (C) 205X; e (D)205X (Microscópio digital).

Pode-se verificar, nessas figuras, que os grãos apresentaram formato arredondado e achatado. Os grãos de quinoa 'Real' exibiram diâmetro médio de aproximadamente 2,0 mm e espessura aproximada de 1,0 mm, enquanto os grãos da variedade BRS, diâmetro médio aproximado de 1,8 mm e mesma espessura dos grãos de quinoa 'Real' (Tabela 1).

Observa-se, nas Figuras 5 e 6, a estrutura do endosperma e do embrião que circundam as sementes das duas variedades de quinoa. Prego et al. (1998) classificaram a semente de quinoa como do tipo campilótropo, ou seja, quando o embrião é encurvado e periférico e o corpo basal funciona como tecido de reserva, ou perisperma.

A Figura 7 mostra imagens da estrutura externa dos grãos das duas variedades de quinoa estudadas, obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV).

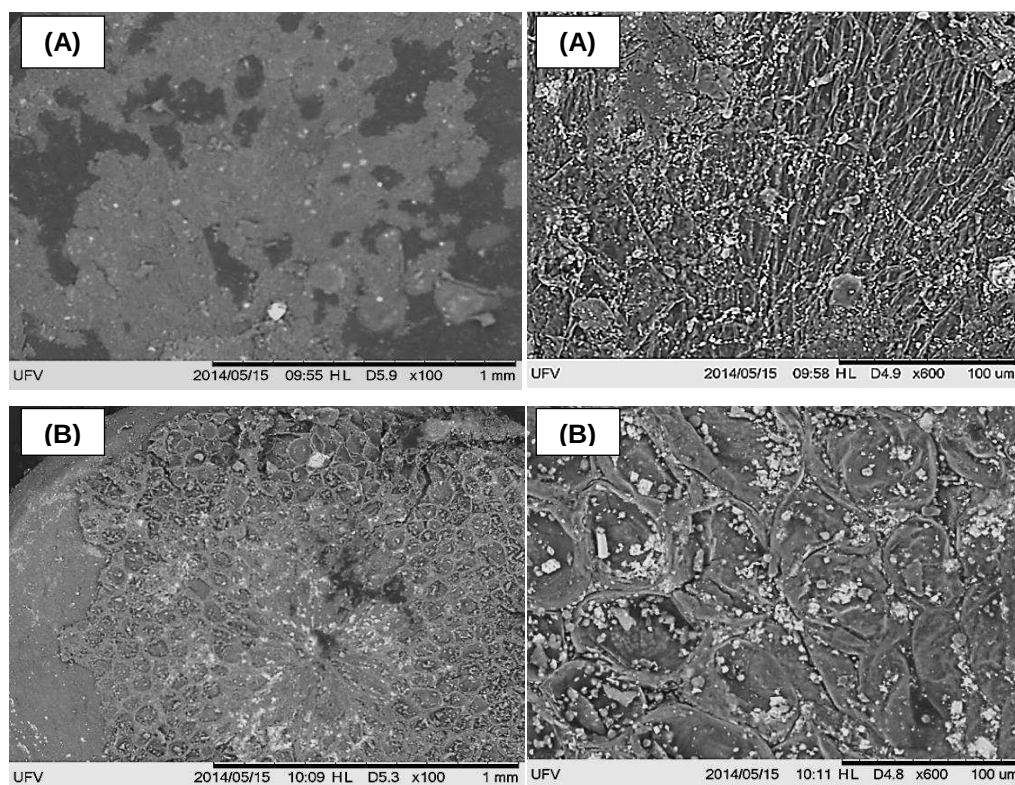


Figura 7 – Estrutura externa dos grãos de quinoa. (A) quinoa 'Real'; e (B) quinoa 'BRS Piabiru'. Aumento de 100X e 600X (MEV).

O grão da variedade BRS Piabiru, como não passou por processamento e polimento após a colheita, apresentou cobertura irregular correspondente, em parte, à presença de saponinas e outras estruturas da casca, formando uma camada não uniforme, depositada sobre a superfície externa do endosperma. No entanto, os grãos da variedade Real, adquiridos comercialmente, em geral são processados e polidos, verificando-se notável diferença na sua superfície em relação à variedade de quinoa brasileira, o que mostra, de maneira visual nas figuras anteriormente citadas, a eficiente remoção dessa camada mais áspera após o processamento de limpeza dos grãos importados.

3.6. Estrutura interna dos grãos

A Figura 8 ilustra as imagens de um corte longitudinal dos grãos de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru, utilizando microscópio digital.

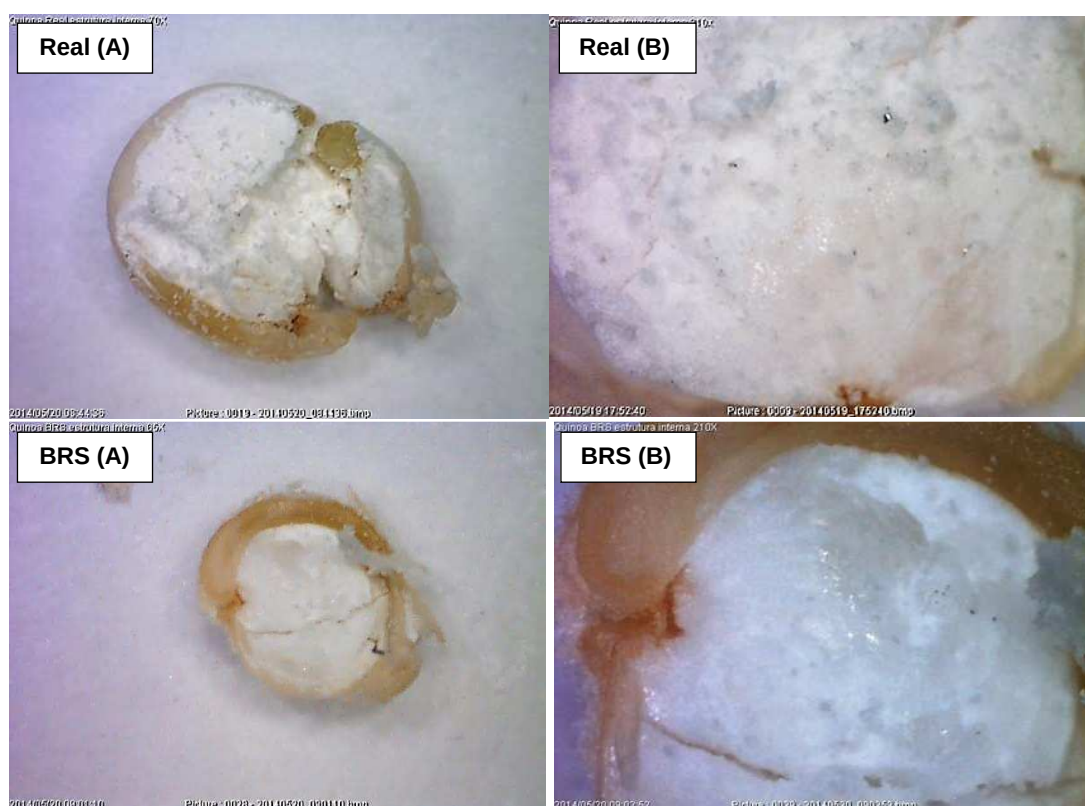


Figura 8 – Estrutura interna dos grãos de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru. Aumento: (A) 70X; e (B) 210X (Microscópio digital).

Verificam-se, nessa figura, grãos de quinoa cortados longitudinalmente, através do eixo de simetria ou eixo do cotilédone, expondo totalmente a estrutura interna do grão, que é composto pelo perisperma, rico em amido (parte média de cor branca); pelo endosperma; e pelo gérmen, que circunda o grão como um anel, rico em proteínas e lipídios.

Na Figura 9, encontram-se micrografias obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura (MEV) que ilustram as diferentes partes da estrutura interna do grão de quinoa das duas variedades estudadas.

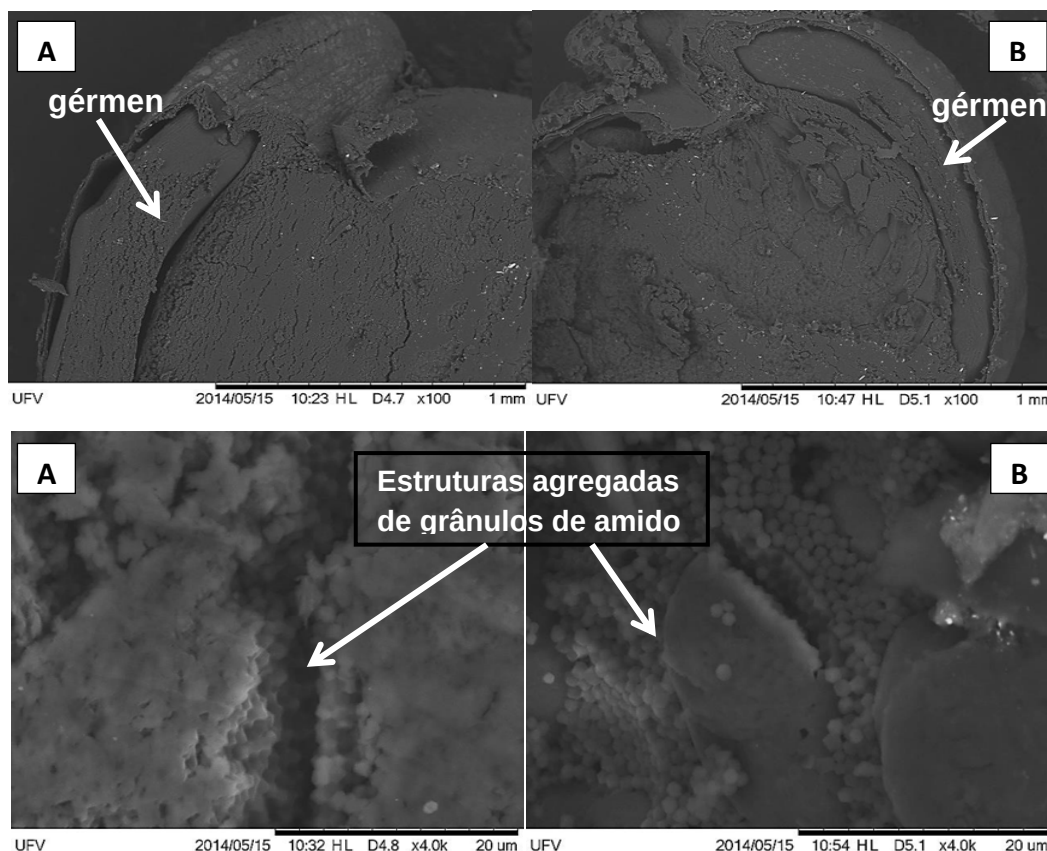


Figura 9 – Estrutura interna dos grãos de quinoa. (A) quinoa 'Real'; e (B) quinoa 'BRS Piabiru'. Aumento de 100X e 4.000X (MEV).

As imagens superiores apresentam uma micrografia panorâmica das sementes de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru, mostrando as primeiras camadas da membrana protetora externa do grão, comportando-se

como película fina fragmentada e espalhada totalmente pela superfície. A camada mais externa é o envoltório completo do grão, chamado também de tegumento ou casca, formada pelo pericarpo e episperma ou testa, caracterizando-se por ser rica em fibras. Os revestimentos seguintes apresentam maior espessura e formam o endosperma. Já o gérmen visualiza-se como um aro liso que circunda o grão (PREGO et al., 1998; FARRO, 2008).

Segundo Prego et al. (1998), a estrutura externa dos grãos de quinoa abaixo do tegumento é formada por uma ou duas camadas de endosperma em torno da radícula. Essas camadas do endosperma são compostas por células de paredes espessas, ricas em proteínas e lipídios, mas sem amido. A cobertura firme do endosperma, que rodeia a região do hipocótilo-radícula, pode ser vista como proteção adicional para o embrião, sendo rompida mecanicamente durante a germinação.

O embrião é formado pelo eixo do hipocótilo e radícula e por dois cotilédones, e todas as células do embrião, incluindo aquelas do meristema apical, armazenam abundante quantidade de proteína e lipídios sob a forma de corpos proteico-lipídicos (PREGO et al., 1998).

As imagens inferiores da Figura 9 apresentam detalhes da camada interna dos grãos de quinoa constituída pelo perisperma. Observam-se nessa figura, espalhados pelo perisperma, grânulos de amido protegidos por uma cobertura ou película fina proteica. Dentro da camada perispérmica, os grânulos de amido formam aglomerados elipsoidais ou esféricos, permitindo um rearranjo estrutural interno com alto grau de compactação. Segundo Farro (2008) e Prego et al. (1998), o tamanho médio das formas geométricas dos agregados de grânulos de amido da quinoa é de aproximadamente 10 µm de largura e 20 a 25 µm de comprimento.

Grânulos simples e compostos podem ocorrer nas mesmas células. O grânulo de amido da quinoa apresenta geometria de forma poliédrica quase regular, de tamanho pequeno, com diâmetro variando de aproximadamente 0,5 a 2,0 µm, com valor médio de 1,5 µm (PREGO et al., 1998; FARRO, 2008). Em virtude do pequeno tamanho do grânulo apresentado pelo amido de quinoa, diversos autores (ATWELL et al., 1983; LORENZ, 1990; QIAN;

KUHN, 1999; JACOBSEN et al., 2003) recomendaram seu uso potencial na indústria alimentícia e cosmética.

Dessa forma, as reservas de carboidrato dos grãos de quinoa são encontradas, principalmente, no perisperma, enquanto as proteínas, minerais e lipídios estão localizados na maior parte do endosperma e do gérmen.

4. CONCLUSÕES

A variedade BRS Piabiru apresentou bom valor de massa de 1.000 grãos e maior uniformidade de tamanho, características tecnológicas importantes para o processamento pós-colheita, possibilitando obter um produto final mais homogêneo, de melhor qualidade comercial e mais atrativo para o consumidor.

Os valores médios da porosidade e do ângulo de repouso da variedade BRS Piabiru foram superiores ($P < 0,05$) aos da variedade importada, podendo favorecer o desempenho das operações de transporte, secagem e aeração.

Os grãos de quinoa da variedade importada apresentaram peso hectolítrico maior ($P < 0,05$) do que os grãos da variedade brasileira, sendo um parâmetro de grande importância na comercialização de grãos. Esse parâmetro, juntamente com a massa de 1.000 grãos, poderia ser futuramente adotado para a classificação e comercialização dos grãos de quinoa, como ocorre atualmente em vários tipos de grãos.

O valor de L^* e de b^* foi maior nos grãos da variedade Real, mostrando que estes apresentaram coloração mais clara e mais amarela em relação aos grãos da variedade brasileira, atributo de qualidade importante para a comercialização e aceitação do produto.

O grão da variedade BRS Piabiru apresentou cobertura irregular devido, provavelmente, à presença de saponinas e outras estruturas da

casca, ao contrário da variedade Real, que exibiu grãos com a superfície mais lisa.

A análise da microestrutura dos grãos de quinoa indicou a morfologia interna do grão e a localização, em detalhes, de seus componentes principais, sendo formado pelo perisperma, rico em amido; pelo endosperma, rico em fibras; e pelo gérmen, rico em proteínas e lipídios, que circunda o grão como um anel.

5. REFERÊNCIAS

AACC. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemist, 2003.

ABUGOCH JAMES, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, cap. 1, p. 1-31, 2009.

ATWELL, W. A.; PATRICK, B. M.; JOHNSON, L. A.; GLASS, R. W. Characterization of quinoa starch. **Cereal Chemistry**, v. 60, n. 1, p. 9-11, Jan./Feb. 1983.

BERTERO, H. D.; LA VEGA, A. J.; CORREA, G.; JACOBSEN, S.-E.; MUJICA, A. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. **Field Crops Research**, v. 89, n. 2-3, p. 299-318, 2004.

BERTERO, H. D.; KING, R. W.; HALL, A. J. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v. 60, n. 3, p. 231-243, Feb. 1999.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v. 101, n. 1, p. 104-116, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CHAUHAN, G. S.; ESKIN, N. A. M.; TKACHUK, R. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 85-88, 1992.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1350-1355, 2007.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 665-670, 2006.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JR., P. C.; ANDRADE, E. T.; DA SILVA, F. S. Determinação das propriedades físicas da massa granular de milheto, alpiste e painço. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 46-50, 2003.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; AFONSO JR., P. C. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 97-100, 2001.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; PEIXOTO, M. F. S. P. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de semeadura, no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 5, p. 709-716, Sept./Oct. 2010.

FARRO, P. C. A., **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) da variedade "Real"**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; SILVA, F. S.; MIRANDA, G. V. Efeito do teor de impurezas nas propriedades físicas de sementes de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Universidade Federal de Goiânia, 2003. p. 77.

GRATÃO, P. T. S. **Perda de pressão estática em uma coluna de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) e análise por elementos finitos**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2012.

HUNTERLAB. Hunter L, a, b color scale. Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, USA. **Applications Note**, v. 8, n. 9, p. 4, 2008.

JACOBSEN, S.-E.; MUJICA, A.; ORTIZ, R. The global potential for quinoa and other and ean crops. **Food Reviews International**, v. 19, n. 1-2, p. 139-148, 2003.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch/Stärke**, v. 56, p. 89-99, 2004.

LORENZ, K. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) starch – Physico-chemical properties and functional characteristics. **Starch/Stärke**, v. 42, n. 3, p. 81-86, 1990.

MEDEIROS, M. F. D.; ALSINA, O. L. S.; ROCHA, S. C.; JERÔNIMO, C. E. M.; MATA, A. L. M. L.; MEDEIROS, U. K. L.; FURTUNATO, A. A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais. Efeitos na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 475-480, 2001.

MERA, A. G. R. **Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinoa**. 2010. 209 f. (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniera agroindustrial) – Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, Quito, Ecuador, 2010.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S.-E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. O. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro**. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, Out./Dez. 2011.

ORMOND, A. T. S.; NUNES, J. A. S.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L. S.; PEREIRA, M. T. J. Análise das características físicas de sementes de trigo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, v. 17, p. 108-114, 2013.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, SP: CTEA, Unicamp, 2007. 121 p. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf>. Acesso em: 23 Jun. 2014.

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**, v. 82, n. 4, p. 481-488, Oct. 1998.

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos: armazéns e silos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1977. 405 p.

QIAN, J.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch/Stärke**, v. 51, n. 4, p. 116-120, Apr. 1999.

ROJAS, W. Multivariate analysis of genetic diversity of bolivian quinoa germplasm. **Food Reviews International**, v. 19, n. 1-2, p. 9-23, 2003.

ROCHA, J. E. S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no planalto central**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2008.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 137-143, 1993.

SANTOS, C. C.; CANEPPELE, C.; BONFIM-SILVA, E. M.; CORDOVA, N. R. M. Massa específica e porosidade de grãos pelo método de complementação de líquidos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1178-1184, 2012.

SILVA, D. J. P.; COUTO, S. M.; PEIXOTO, A. B.; SANTOS, A. E. O.; VIEIRA, S. M. J. Resistência de café em coco e despulpado ao fluxo de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 168-174, 2006a.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; CALIL JR., C.; GOMES, F. C. Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café com pergaminho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2006b.

SILVA, J. S.; CORRÊA, P. C. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. cap. 2, p. 21-37.

SILVA, J. S.; PARIZZI, F. C.; SOBRINHO, J. C. Beneficiamento de grãos. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. cap. 13, p. 307-323.

SOUZA, L. A. C.; SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 397-401, Abr. 2004.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; SANTOS, R. L. B. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (*BRS Syetetuba*) no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, Jan./Mar. 2011.

SPEHAR, C. R. (Ed. Técnico). **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, Jun. 2002.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 635-639, Maio 1993.

VEGA-GÁLVEZ, A. V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems engineering**, v. 86, n. 1, p. 59-65, 2003.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NUTRICIONAL DA FARINHA INTEGRAL DE QUINOA DA VARIEDADE BRS PIABIRU

1. INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é planta originária da Cordilheira dos Andes, cultivada há anos pela população local e que foi recentemente redescoberta pela comunidade científica, em razão do seu alto valor nutritivo como alimento. É considerada um “pseudocereal”, com estrutura e modo de utilização semelhantes aos cereais, podendo seu grão ser moído e transformado em farinha. É uma ótima opção granífera para cultivo em todo o mundo, por apresentar grande diversidade de genótipos e permitir o seu cultivo em diferentes regiões, sendo tolerante a inúmeras condições adversas, como baixas temperaturas, déficit hídrico, salinidade e acidez do solo (SPEHAR, 2007; SPEHAR et al., 2011; BORGES et al., 2013a; MORAES FILHO, 2013).

Recentemente, foi introduzida em vários outros países, objetivando desenvolver novas variedades adaptadas a diferentes condições climáticas e tipos de solo, em que pesquisadores têm realizado testes que demonstram o grande potencial da quinoa como granífera para alimentação humana

(JACOBSEN, 2003; SPEHAR, 2007; SPEHAR et al., 2011; BORGES et al., 2013a; MORAES FILHO, 2013).

Comercialmente, a quinoa encontra-se disponível nas formas de grão integral ou polido, farinhas e flocos, podendo ser consumida cozida, em sopas, saladas, cereais matinais e diversas outras preparações alimentícias, além de produtos industrializados. Sua farinha pode ser utilizada na elaboração de bebidas, mingaus e pudins e combinada com outras farinhas como a de trigo e milho, podendo também ser usada em produtos de panificação, massas alimentícias e produtos extrudados (BHARGAVA et al., 2006; SPEHAR, 2007; NSIMBA et al., 2008; CHILLO et al., 2009; BORGES et al., 2013a; MORAES FILHO, 2013).

Do ponto de vista nutricional, o mérito principal desta matéria-prima deve-se à sua composição em aminoácidos essenciais, superior à dos cereais como o trigo, milho, arroz e cevada, comparável à caseína do leite, sendo, portanto, considerada fonte proteica de boa qualidade. É um grão rico em aminoácidos sulfurados e lisina, geralmente limitantes em proteína de cereais, além de apresentar ausência de proteínas formadoras de glúten, o que torna interessante seu uso para portadores da doença celíaca (CASTRO et al., 2007; COMAI et al., 2007; LOPES et al., 2009; BORGES et al., 2013a).

Apresenta quantidades relevantes de vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina e vitamina E. Outra vantagem relaciona-se à sua composição em minerais como cálcio, fósforo, potássio, magnésio, ferro e zinco, presentes em quantidades superiores à encontrada em cereais comumente consumidos no Brasil (trigo, milho, arroz, aveia). Além disso, possui quantidades significativas de flavonoides e ácidos fenólicos (KOZIOL, 1992; DOGAN; KARWE, 2003; KONISHI et al., 2004; LOPES et al., 2009; MIRANDA et al., 2011; STIKIC et al., 2012; BORGES et al., 2013a; MORAES FILHO, 2013).

A farinha de quinoa tem boa propriedade de gelatinização, capacidade de absorção de água e capacidade de emulsificação e de estabilização. O alto valor biológico de sua proteína, seu teor em vitaminas e minerais e outros componentes bioativos indicam que a farinha de quinoa pode ser usada tanto para melhorar a qualidade nutricional da farinha de trigo e de

outros cereais comumente usados para o consumo humano quanto na elaboração de produtos farináceos tradicionais isentos de glúten, podendo ser consumida por pessoas com intolerância a essa fração proteica (NSIMBA et al., 2008; ALMEIDA; SÁ, 2009; BORGES et al., 2013a; MORAES FILHO, 2013).

Com a redescoberta do valor nutritivo da quinoa, cresceu a demanda internacional do produto, já não havendo produção em quantidade suficiente para atender ao mercado mundial, o que fez o seu preço aumentar consideravelmente nos últimos anos.

No Brasil, o consumo de quinoa ainda é bastante limitado em virtude do alto custo do grão importado, do desconhecimento da maioria da população, dos hábitos e costumes tradicionais de consumo de cereais como arroz, trigo e milho e da baixa disponibilidade de cultivares de quinoa adaptados às condições locais, de maneira a incrementar sua produção.

Tornar a quinoa popularmente conhecida pela população brasileira exigirá vasta divulgação de informações sobre o seu cultivo entre os agricultores e, principalmente, dos seus atributos nutricionais aos consumidores, além do desenvolvimento de tecnologias eficientes de pós-colheita e de industrialização e de campanhas de marketing social adequadas. Este grão apresenta potencial muito grande, sendo importante mudar seu “status” de alimento pouco conhecido e pouco utilizado para se tornar importante cultura comercial e alimentar do século 21.

Dessa forma, estudos são necessários para investigar cada vez mais a viabilidade tecnológica do cultivo da quinoa no Brasil e também das características nutricionais e funcionais das novas variedades. Objetivou-se com este trabalho avaliar e comparar as características físico-químicas e nutricionais de duas variedades de quinoa, a Real importada do Peru e a BRS Piabiru, a primeira variedade de quinoa desenvolvida e adaptada às condições brasileiras pela EMBRAPA Cerrados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos seguintes Laboratórios: Pesquisa de Cereais, Amido, Farinha e Panificação Experimental; Pesquisa de Pigmentos e Compostos Bioativos; Análise de Carnes e Derivados; Análise de Produtos Alimentares e de Embalagens; do Departamento de Tecnologia de Alimentos; e também do Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde, todos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Amostras das duas variedades de quinoa foram enviadas ao Laboratório de Espectrofotometria de Absorção Atômica do Departamento de Solos da UFV, para determinação de minerais; ao Centro de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP (Ribeirão Preto, SP), para determinação da composição de aminoácidos; e ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do ITAL (Campinas, SP), para determinação de tiamina, riboflavina e niacina.

2.1. Delineamento experimental

Para determinação das características físico-químicas e nutricionais da farinha integral de quinoa, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (duas variedades de quinoa) com quatro repetições. Todas as análises foram feitas em triplicata.

2.2. Matéria-prima

Foram utilizados grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) da variedade BRS Piabiru safra 2013, Lote BSB-004/13, fornecida pela EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. Como referência, as mesmas análises foram conduzidas com grãos de quinoa 'Real' safra 2013, lote SP152303/0213, importada do Peru, adquirida da empresa Boaluz Comércio de Gêneros Alimentícios Ltda., São Paulo, SP.

2.3. Métodos

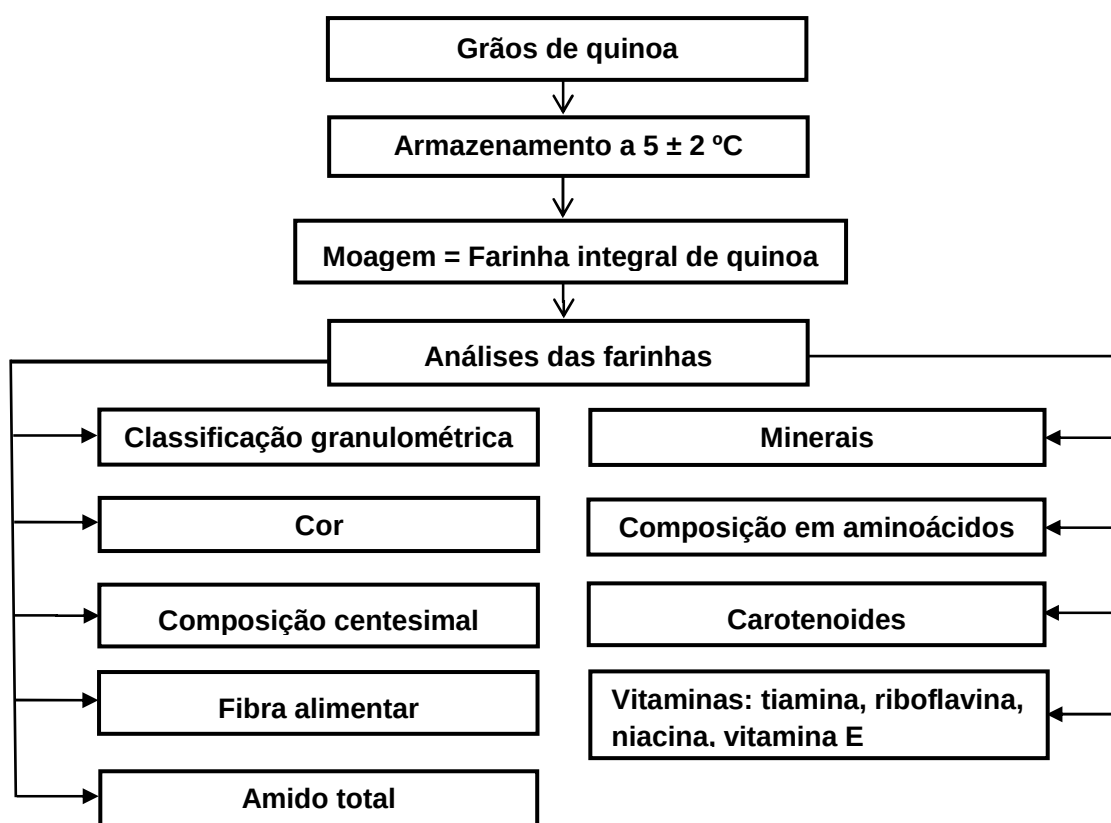


Figura 1 – Fluxograma das etapas de moagem e caracterização físico-química e nutricional das farinhas de quinoa.

Os grãos de quinoa foram peneirados, limpos manualmente para separação de materiais indesejáveis, divididos em quatro amostras de um mesmo lote de cada uma das variedades e armazenados em sacos plásticos

de polietileno, identificados e mantidos sob refrigeração (5 ± 2 °C) até o momento das análises, para evitar a degradação de seus principais componentes durante o período do experimento.

2.3.1. Obtenção da farinha integral de quinoa (FIQ)

Aproximadamente, 200 g de cada uma das oito amostras de grãos de quinoa, previamente limpos, foram triturados em moinho de rotor vertical com martelos fixos (Marconi, modelo 090/CFT MA, Piracicaba, SP, Brasil), utilizando uma peneira com crivo circular de 30 mesh. As FIQs resultantes foram empacotadas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, identificadas e armazenadas a -3 ± 2 °C, para as análises posteriores.

2.3.2. Classificação granulométrica

A distribuição granulométrica das FIQs foi determinada utilizando o equipamento Ro-Tap Testing Sieve Shaker (Cleveland, USA) e um conjunto de peneiras (20,3 cm de diâmetro), correspondendo a aberturas de malhas de 590, 420, 297, 250, 177 e 149 μm , respectivamente (método 965-22, AOAC, 1998). Foram peneiradas 50 g de cada amostra durante 5 min. Em seguida, as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas e os valores, expressos em porcentagens.

2.3.3. Cor das farinhas

A determinação da cor das farinhas de quinoa foi realizada utilizando um colorímetro triestímulo (HunterLab, ColorQuest XE, USA), trabalhando com D_{65} (luz do dia, 6.500 K) com leitura direta de reflectância das coordenadas de cromaticidade “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de vermelho a verde) e “b” (tonalidades de amarelo a azul), mediante o emprego da escala HunterLab. Nesse sistema de cor, corrigido pela CIELab, os valores L^* variam de zero (preto) a 100 (branco), os valores de a^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho) e os valores de b^* variam de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo) (HUNTERLAB, 2008). Os valores correspondentes às coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* foram obtidos colocando cada

amostra de farinha na cubeta do colorímetro e efetuando diretamente a leitura.

2.3.4. Composição centesimal

A determinação da composição centesimal das amostras de farinha integral das duas variedades de quinoa foi realizada utilizando as seguintes metodologias:

- Teor de água: método 925-10 da AOAC (1998), utilizando estufa a 105 °C até peso constante.
- Proteína: método de micro Kjeldahl segundo a técnica 960-52 da AOAC (1998), multiplicando-se o resultado pelo fator 6,25 (KOZIOL, 1992).
- Lipídios: método 920-85 da AOAC (1998), utilizando éter de petróleo.
- Cinzas ou material mineral: método 923-03 da AOAC (1998).
- Fibra alimentar total: método 985-29 da AOAC (1998).
- Carboidratos totais: determinado por diferença [100 – (umidade + proteína + lipídios + cinzas + fibra alimentar total)]. Os resultados da composição centesimal das farinhas foram expressos em base úmida (bu) e base seca (bs).

2.3.5. Determinação de amido total

Para determinação de amido total das amostras de farinha integral de quinoa, foi utilizado o procedimento de ensaio (A) descrito no manual de análise de amido total da Megazyme International (2011), baseado no método enzimático (amiloglucosidase/ α -amilase) 996-11 da AOAC (1998). A quantificação da D-glucose presente após a hidrólise enzimática das amostras foi realizada utilizando o reagente glucose oxidase/peroxidase (GOPOD) e medindo a absorbância em espectrofotômetro (GBC–UV/VIS 918 – Scientific Equipment Pty Ltd., Austrália) a 510 nm.

2.3.6. Determinação de minerais

Os teores de cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco presentes nas farinhas das duas variedades de quinoa foram determinados em Espectrofotômetro de Absorção Atômica (Agilent, modelo 240FS AA, EUA), de acordo com o método 985-35 da AOAC (1998).

2.3.7. Composição de aminoácidos

A composição dos aminoácidos totais da farinha integral de quinoa foi determinada nas amostras hidrolisadas com HCl 6N contendo fenol 0,01%, por 22 h a 110 °C. As amostras hidrolisadas foram secas em evaporador rotatório (Speed Vac), ressuspensas em água desionizada, centrifugadas a 5.000 rpm e ressuspensas em 1,0 mL de água desionizada. Alíquotas de 50 µL do sobrenadante foram transferidas para outro tubo de ensaio, secas e submetidas à reação de derivatização pré-coluna dos aminoácidos livres com fenil-isotiocianato (PITC). A separação dos derivativos feniltiocarbamil-aminoácidos (PTC-aa) foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), utilizando uma coluna de fase reversa C18 (Pico-Tag, Waters, 3,9 x 150 mm) com monitoração em comprimento de onda de 254 nm. A quantificação dos aminoácidos da amostra foi baseada na área de cada pico de aminoácido, tomando-se como referência a área do pico do padrão de aminoácidos com concentração conhecida, sendo o padrão derivatizado nas mesmas condições e ao mesmo tempo que as amostras (BIDLINGMEYER et al., 1984; PIRES et al., 2006).

2.3.8. Extração e quantificação de carotenoides

Investigaram-se a ocorrência e teores de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina nas farinhas de quinoa. O método analítico consistiu na extração dos carotenoides das amostras com solvente orgânico, separação do solvente, concentração dos pigmentos extraídos, dissolução em volume conhecido, separação e identificação por CLAE, de acordo com o procedimento descrito por Campos et al. (2006).

Para isso, 5 g (precisão de $\pm 0,0001$ g) de cada amostra de farinha integral de quinoa foram homogeneizados com 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL) em microtritador IKA (modelo T18 basic) com velocidade média por 6 min (2 min para cada volume), em temperatura ambiente. O material foi filtrado a vácuo em funil de Büchner, utilizando-se papel-filtro. A lavagem com acetona do resíduo retido pela filtração foi repetida até que este se tornasse descolorido (cerca de 20 mL de acetona foram gastos para esse fim). Em seguida, o filtrado contendo os carotenoides foi transferido, em três frações, para um funil de separação, onde foram adicionados 20 mL de éter de petróleo resfriado para a transferência dos pigmentos da acetona para o éter. Após a transferência de cada fração, água destilada foi adicionada para a separação de fases (superior: carotenoides em éter de petróleo; inferior: acetona-água), sendo a fase inferior descartada. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato etéreo do funil de separação, para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, pudesse prejudicar a etapa de evaporação do éter dos extratos. O extrato etéreo com os pigmentos foi transferido, quantitativamente, para um balão volumétrico, sendo o volume completado para 25 mL com éter de petróleo e armazenado em frascos de vidro âmbar a -3 ± 2 °C até a análise cromatográfica, que foi realizada antes de 4 h. Todas as operações foram efetuadas ao abrigo da luz natural e fluorescente, utilizando vidraria de cor âmbar ou proteção com papel-alumínio, e as janelas, cobertas com cortinas do tipo “blackout”.

A análise dos carotenoides foi realizada por CLAE, utilizando-se as condições cromatográficas desenvolvidas por Pinheiro-Sant’Ana et al. (1998), com modificações. Foi utilizado um sistema CLAE Shimadzu (modelo SCL-10AT VP, Japão), composto por bomba de alta pressão (modelo LC-10AT VP) e amostrador automático com “loop” de 100 µL (modelo SIL-10AF) acoplado a um detector de arranjos de diodos (DAD), modelo SPD-M10A VP. O sistema foi controlado pelo “software Mult System” (modelo Class VP 6.1).

Para separação e análise de α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina e licopeno, foi utilizada uma coluna cromatográfica de fase reversa (RP-18 Phenomenex Gemini, 250 x 4,6 mm, 5 µm), munida de coluna de guarda

(Phenomenex ODS (C18), 4 x 3 mm). Usou-se uma fase móvel composta de metanol:acetato de etila:acetonitrila (80:10:10, v/v/v), com fluxo de 2,0 mL min⁻¹ e tempo de corrida de 13 min. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm.

Antes da análise, 8 mL do extrato armazenado em éter de petróleo foram transferidos para um frasco âmbar e evaporados sob fluxo de gás nitrogênio, sendo o resíduo seco redissolvido em 2,0 mL de acetona grau HPLC. Para a análise, 50 µL do extrato previamente filtrado em unidade filtrante (Millipore, Brasil) com porosidade de 0,45 µm foram injetados na coluna cromatográfica.

Para a separação e análise de luteína e zeaxantina, 8 mL do extrato armazenado em éter de petróleo foram evaporados sob fluxo de gás nitrogênio, sendo o resíduo seco redissolvido em 2,0 mL de hexano:isopropanol (95:5 v/v). Em seguida, o extrato foi filtrado em unidades filtrantes (0,45 µm), sendo injetados 20 µL na coluna cromatográfica. A análise foi realizada por CLAE, utilizando-se as condições cromatográficas desenvolvidas por Panfili et al. (2004), com modificações: sistema CLAE-DAD, com detecção a 450 nm; coluna cromatográfica de fase normal (Phenomenex Luna Si100, 250 x 4,6 mm, 5 µm) acoplada à coluna de guarda (Phenomenex Si100, 4x 3 mm); fase móvel composta por hexano:isopropanol (95:5, v/v); eluição isocrática; fluxo da fase móvel de 1,3 mL min⁻¹; e tempo de corrida de 13 min.

Padrões autênticos de α-caroteno, β-caroteno, β-criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina foram utilizados para identificação desses carotenoides nas amostras de farinha integral de quinoa, comparando-se os tempos de retenção e os espectros de absorção obtidos para os padrões e os extratos das amostras analisadas nas mesmas condições. As soluções-padrão estoque foram preparadas, dissolvendo-se 50 mg de cada padrão em 100 mL da fase móvel utilizada na análise cromatográfica. Para a construção das curvas analíticas, foram injetados volumes crescentes das soluções-padrão estoque nas mesmas condições cromatográficas aplicadas às amostras. A concentração real dos padrões de carotenoides foi determinada por espectrofotometria e adequadamente corrigida com base na absorbância máxima, segundo a Lei de Beer, conforme citado por

Campos et al. (2006). Desse modo, obteve-se correlação linear entre as áreas dos picos e as concentrações injetadas de cada padrão. A equação de regressão linear obtida para cada padrão foi utilizada para quantificar o teor dos respectivos carotenoides presentes nas amostras das farinhas de quinoa.

2.3.9. Determinação de vitaminas

2.3.9.1. Extração de tiamina e riboflavina

O método analítico para a extração e determinação de tiamina e riboflavina consistiu na hidrólise ácida e enzimática das ligações ésteres para a liberação das vitaminas e posterior separação e identificação por CLAE, de acordo com as metodologias MA-CQ.036 e MA-CQ.037 do ITAL (Campinas, SP), baseadas em Van de Weerdhof et al. (1973) e nos métodos 942-23 e 970-65 da AOAC (1998). Para tanto, foram pesados num tubo de extração 2,5 ($\pm 0,0001$) g da farinha integral de quinoa, e acrescentaram-se 40 mL de HCl 0,1 N. A amostra foi homogeneizada e hidrolisada em autoclave a 121 °C por 15 min. Após o resfriamento em temperatura ambiente em banho de gelo, ajustou-se o pH para 4,6, com solução de acetato de sódio 2 N. Adicionaram-se 5 mL de solução enzimática (diastase + papaína) e 0,5 mL de tolueno. Os extratos foram mantidos a 37 °C por uma noite. Depois da hidrólise enzimática, as proteínas foram precipitadas com a adição de 2 mL de ácido tricloroacético 45%, aquecendo-se por 5 min em temperatura de 50-60 °C. Em seguida, o extrato foi resfriado e filtrado em papel quantitativo e o volume, completado para 50 mL com água destilada. O extrato foi armazenado em frasco âmbar sob refrigeração até o momento da análise cromatográfica, realizada no mesmo dia. Todos os procedimentos foram feitos com pouca luz, suficiente apenas para o manuseio seguro das amostras, vidrarias, reagentes e equipamentos.

2.3.9.2. Detecção e quantificação de tiamina

Para a análise cromatográfica por fluorescência, a tiamina foi previamente oxidada a tiocromo (composto fluorescente). A derivatização

pré-coluna foi realizada tomando-se uma alíquota de 3 mL do extrato obtido na etapa anterior, acrescentando 0,8 mL de solução de ferricianeto de potássio 1%:hidróxido de sódio 20% (1:9, v/v) e 0,4 mL de metanol e agitando vigorosamente em agitador de tubos por 2 min. Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de ácido ortofosfórico 1 M, ajustando o volume para 10 mL com água destilada e agitando novamente por mais 1 min. Antes da injeção, o extrato foi novamente filtrado, utilizando-se unidades filtrantes HV Millex de 0,45 µm de porosidade. Todas as etapas foram realizadas com pouca luz, suficiente apenas para o manuseio seguro das amostras, equipamentos e vidrarias.

A detecção e quantificação da vitamina B₁ foram realizadas em sistema isocrático composto por bomba Varian, modelo 9002, e detector de fluorescência Waters, modelo 2475, com comprimentos de onda de excitação de 360 nm e emissão de 460 nm. As condições cromatográficas utilizadas foram: fase móvel composta por 5 mM de KH₂PO₄ pH 7,0: acetonitrila (70:30, v/v), com vazão de 0,5 mL min⁻¹; coluna fase reversa RP-18, 125 x 4,0 mm, com recheio de sílica e tamanho de partícula de 5 µm.

Uma solução-padrão estoque de tiamina foi preparada para identificação de tiamina nas amostras de farinha integral de quinoa, comparando-se os tempos de retenção. Para a construção da curva analítica, foram injetados volumes crescentes da solução-padrão estoque diluída com o uso das mesmas condições cromatográficas aplicadas às amostras e o mesmo procedimento de oxidação a tiocromo. A equação de regressão linear obtida foi utilizada para quantificar o teor dessa vitamina presente nas amostras.

2.3.9.3. Detecção e quantificação de riboflavina

Para a análise de riboflavina das amostras de farinha de quinoa, utilizaram-se os extratos obtidos na etapa de extração anterior, excluindo a etapa de oxidação da tiamina a tiocromo. Antes da injeção, o extrato foi novamente filtrado, utilizando unidades filtrantes HV Millex de 0,45 µm de porosidade. A detecção e quantificação da vitamina B₂ foram realizadas em

sistema isocrático composto por bomba Varian, modelo 9002, e detector de fluorescência Waters, modelo 2475, com comprimentos de onda de excitação de 432 nm e emissão de 545 nm. As condições cromatográficas utilizadas foram: fase móvel 0,29% de KCl aquoso:metanol (70:30, v/v); coluna de fase reversa RP-18, com recheio de sílica, dimensões de 125 x 4,0 mm e tamanho de partícula de 5 µm; e fluxo de 0,7 mL min⁻¹.

Da mesma forma, para a identificação de riboflavina nas amostras de farinha integral de quinoa, preparou-se uma solução-padrão estoque de riboflavina. A identificação foi realizada comparando os tempos de retenção. Para a construção da curva analítica, foram injetados volumes crescentes da solução-padrão estoque diluída, utilizando as mesmas condições cromatográficas aplicadas às amostras. A equação de regressão linear foi utilizada para quantificar o teor dessa vitamina presente nas amostras.

2.3.9.4. Extração e quantificação de niacina

O método analítico consistiu na hidrólise ácida das ligações ésteres do ácido nicotínico com polissacarídeos e proteínas, assim como na hidrólise ácida da nicotinamida, liberando-a de sua forma coenzimática e posterior separação e identificação da niacina total por CLAE, de acordo com a metodologia MA-CQ.039 do ITAL (Campinas, SP), baseada no método 961-14 da AOAC (1998) e na metodologia de Maeda et al. (1989). Foram pesados num tubo de extração cerca de 2,5 (± 0,0001) g da farinha integral de quinoa, e acrescentaram-se 40 mL de ácido sulfúrico 1 N. A amostra foi homogeneizada e autoclavada a 121 °C, por 30 min. Após a hidrólise, o pH da solução foi ajustado para 4,5, com hidróxido de sódio 10 N. O extrato foi filtrado em papel quantitativo e o volume, ajustado para 50 mL. Uma alíquota de 5 mL foi transferida para balão volumétrico de 10 mL; adicionaram-se 2 mL de solução de sulfato de amônio 46,5%, e o volume foi ajustado para 10 mL com água destilada. O extrato foi armazenado em frasco âmbar sob refrigeração até o momento da análise cromatográfica, realizada no mesmo dia. Todos os procedimentos foram realizados com pouca luz, suficiente apenas para o manuseio seguro das amostras, vidrarias, reagentes e

equipamentos. Antes da injeção, o extrato foi novamente filtrado, utilizando-se unidades filtrantes HV Millex de 0,45 µm de porosidade.

A detecção e quantificação da niacina foram realizadas em sistema gradiente, composto por cromatógrafo Shimadzu, modelo Class LC-10 e detector de arranjo de diodos com monitoração a 260 nm. As condições cromatográficas utilizadas foram: coluna de fase reversa C18 com dimensões de 250 x 4 mm, partícula de 5 µm; fase móvel composta por KH_2PO_4 0,12 M, sal sódico de ácido heptanossulfônico 1,25 mM e trietilamina 5 mM e pH 2,5:metanol (97:03,v/v). Para separação, foi utilizado um gradiente composto de 7% de metanol até 5 min, 12% de metanol de 5 até 12 min e 7% de metanol após os 12 min.

Para a identificação da niacina nas amostras de farinha integral de quinoa, preparou-se uma solução-padrão estoque. A identificação foi realizada comparando os tempos de retenção e os espectros de absorção obtidos para o padrão e os extratos das amostras analisadas nas mesmas condições cromatográficas. Para a construção da curva analítica, foram injetados volumes crescentes da solução-padrão estoque diluída, utilizando-se as mesmas condições cromatográficas aplicadas às amostras. A equação de regressão linear obtida foi utilizada para quantificar o teor dessa vitamina presente nas amostras.

2.3.9.5. Extração e quantificação de vitamina E

Investigaram-se a ocorrência e teores dos oito homólogos da vitamina E (α -, β -, γ - e δ -tocoferóis e tocotrienóis) nas farinhas de quinoa.

O método analítico consistiu na extração direta com solventes, evaporação dos solventes, dissolução em volume conhecido, separação e identificação dos oito homólogos da vitamina E por CLAE, de acordo com Pinheiro-Sant'Ana et al. (2011). Para tanto, foram pesados, com precisão ($\pm 0,0001$ g), em torno de 5 g de cada amostra de farinha integral de quinoa, adicionando-se 4 mL de água desionizada aquecida (aproximadamente 80 °C) e cerca de 5 g de sulfato de sódio anidro. Em seguida, foram acrescentados 10 mL de isopropanol e 1 mL de hexano contendo 0,05% de BHT. Após a adição de 25 mL da solução extratora (hexano:acetato de etila,

85:15, v/v), a amostra foi homogeneizada em microtritador IKA (modelo T18 basic) em velocidade média por 1 min em temperatura ambiente e filtrada a vácuo. O resíduo retido pela filtração foi lavado com 15 mL da solução extratora e, em seguida, transferido novamente para o tubo de trituração, repetindo-se a etapa de extração, adicionando-se 5 mL de isopropanol e 30 mL da solução extratora, com posterior homogeneização e filtração a vácuo. O resíduo foi novamente lavado com 5 mL da solução extratora, e o filtrado resultante foi transferido para um balão de evaporação e evaporado em rotavapor, utilizando temperatura de 70 °C. Em seguida, o extrato evaporado foi redissolvido com a solução extratora e transferido quantitativamente para um balão volumétrico, sendo o volume completado para 25 mL com a mesma mistura de hexano e acetato de etila (85:15, v/v). Após a completa homogeneização, uma alíquota de 5 mL foi evaporada em gás nitrogênio, armazenada em vidro âmbar hermeticamente vedado em temperatura de -3 ± 2 °C até o momento da análise cromatográfica, que foi realizada antes de 4 h. Todas as operações foram efetuadas ao abrigo da luz natural e fluorescente, utilizando-se vidraria de cor âmbar ou proteção com papel-alumínio e as janelas, cobertas com cortinas do tipo “blackout”.

As análises dos tocoferóis e tocotrienóis foram conduzidas utilizando um sistema CLAE Shimadzu (modelo SCL-10AT VP, Japão), composto por bomba de alta pressão (modelo LC-10AT VP), amostrador automático com “loop” de 50 µL (modelo SIL-10AF), acoplado a um detector de fluorescência (modelo RF-10A XL) e controlado pelo “software Mult System” (modelo Class VP 6.1). As condições cromatográficas utilizadas foram as propostas por Pinheiro-Sant’Ana et al. (2011): coluna de fase normal (Phenomenex Luna, Sílica (2) 5 µm, 100 Å, 250 x 4,6 mm) acoplada à coluna de guarda (Phenomenex Si100, 4 x 3 mm); detecção por fluorescência (290 nm de excitação e 330 nm de emissão); fase móvel composta de hexano:isopropanol:ácido acético (98,9:0,6:0,5, v/v/v), com fluxo de 1 mL min⁻¹. Após a extração, a alíquota da amostra seca em nitrogênio foi redissolvida em 2 mL de hexano, filtrada por meio de unidade filtrante com porosidade de 0,45 µm, injetando-se dois diferentes volumes (5 µL e 50 µL) do extrato na coluna cromatográfica, a fim de obter a detecção de todos os compostos em quantidades apropriadas para a identificação e quantificação,

uma vez que alguns homólogos da vitamina E podem apenas ser adequadamente quantificados quando são injetados volumes maiores, devido às suas baixas concentrações nas amostras.

Padrões autênticos da vitamina E (α -, β -, γ - e δ -tocoferóis e tocotrienóis) foram utilizados para o preparo das soluções-padrão. Soluções-estoque de cada um dos oito homólogos foram preparadas a partir da pesagem de 5 mg de cada padrão, dissolvidos em hexano contendo 0,01% de BHT e o volume completado para 100 mL, obtendo-se concentrações de $50 \mu\text{g mL}^{-1}$. As concentrações exatas das soluções-padrão de cada homólogo foram determinadas espectrofotometricamente e corrigidas, segundo a Lei de Beer, como indicado por Pinheiro-Sant'Ana et al. (2011). Curvas analíticas de cada um dos oito homólogos de vitamina E foram obtidas através de injeção, em triplicata, de cinco concentrações crescentes de soluções-padrão de cada isômero (entre 0,5 e $5 \mu\text{g mL}^{-1}$), conseguindo-se, desse modo, uma correlação linear entre as áreas dos picos e as concentrações injetadas de cada composto.

A identificação dos oito homólogos da vitamina E nas amostras de farinha de quinoa foi realizada comparando-se os tempos de retenção obtidos para os padrões e para as amostras analisadas sob as mesmas condições cromatográficas. A equação de regressão linear obtida de cada isômero foi utilizada para quantificar os teores dos tocoferóis e tocotrienóis presentes nas amostras de farinha de quinoa.

2.4. Análise estatística

Os dados experimentais de cor, composição centesimal, minerais, aminoácidos, carotenoides e vitaminas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS) versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, 2009.

Para as determinações de fibra alimentar e amido total, os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva, obtendo-se a média e o desvio-padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Classificação granulométrica

Observou-se que, nas condições de moagem utilizadas neste trabalho, a farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru' apresentou tamanhos de partículas menores que a farinha integral de quinoa 'Real'. A quantidade de farinha com diâmetro de partículas menores que 250 μm foi de 66,46% para a variedade BRS Piabiru e de 57,53% para a variedade Real (Figura 2).

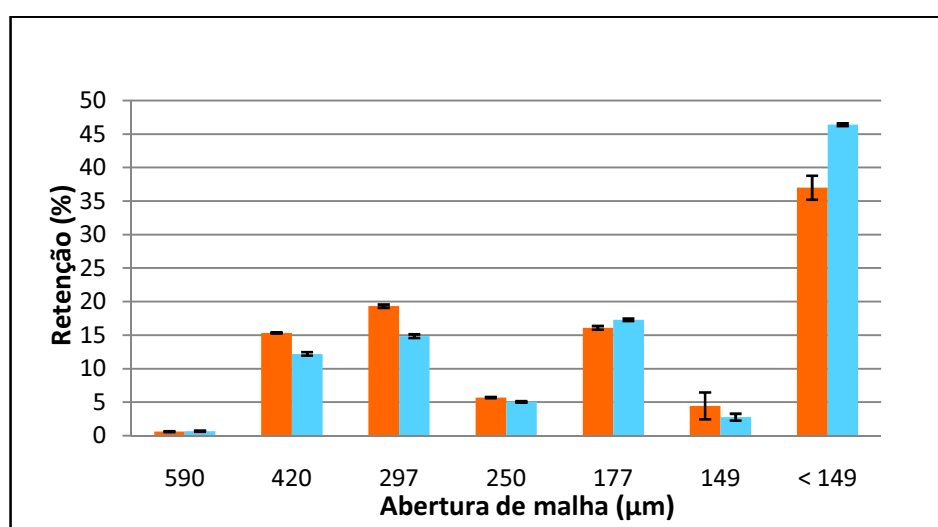


Figura 2 – Distribuição de partículas da farinha integral de quinoa das variedades ■Real e ■BRS Piabiru.

Farro (2008), utilizando grãos de quinoa 'Real' procedentes do Departamento de Ayacucho, Peru, moídos em moinho de facas, observou que as peneiras de abertura de malha de 297 e de 150 μm concentraram 33,2 e 25,2%, respectivamente, do peso total da farinha obtida, sendo a quantidade de farinha com partículas de diâmetro menor que 150 μm de 41,6%, valor pouco maior ao obtido neste trabalho para a variedade de quinoa Real utilizada.

Park et al. (2005) trabalharam com grãos de quinoa importados do Peru, que foram moídos de duas maneiras: em moinho de pedra e tostados e moídos em moinho de rolos. Os pesquisadores verificaram que a quantidade de farinha com tamanho de partículas menores que 250 μm foi de apenas $4,3 \pm 0,8\%$ e de $2,4 \pm 0,5\%$, respectivamente, e, portanto, bem mais grossas que as farinhas moídas em moinho de martelo utilizado neste trabalho.

No trabalho realizado por Borges et al. (2003) com grãos de quinoa procedentes da EMBRAPA Cerrados, moídos em moinho granulador de facas e martelo, com peneira de 1 mm, observou-se que aproximadamente 45% das partículas da farinha integral de quinoa ficaram retidas na peneira de 297 μm e 12% na peneira de 250 μm , enquanto apenas 22,3% das partículas da farinha apresentaram diâmetro menor de 250 μm , valor bem abaixo do obtido neste trabalho.

Caperuto et al. (2001) utilizaram grãos de quinoa lavados procedentes de Lima, Peru. A farinha de quinoa foi obtida pela moagem dos grãos condicionados a 15% de umidade em um moinho Sênior Quadrumat Brabender. Esses autores observaram que a quantidade de farinha obtida com diâmetro de partículas menor que 149 μm foi de 44,9% e, entre 149 e 250 μm , de 49,3%, ou seja, mais de 94% da farinha apresentou tamanho de partículas com diâmetro menor que 250 μm . Entretanto, segundo esses mesmos autores, um resultado inesperado da moagem foi a redução drástica na concentração de proteínas e lipídios na farinha, com relação à quantidade presente inicialmente nos grãos.

Com relação ao tamanho de partícula obtido no processo de trituração, este depende da maciez ou dureza da matéria-prima. Dependendo do tipo de moagem e da granulometria, podem-se obter

farinhas com teores diferenciados e apropriados de proteína, lipídios, fibras e material mineral com potencial de uso na elaboração dos mais diversos produtos. Isso pode ser possível em virtude da estrutura interna diferenciada do grão de quinoa e da localização de proteínas e lipídios no gérmen e de grânulos de amido, sem forte adesão a uma matriz proteica ou celulósica, no perisperma (FARRO, 2008).

A característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto relevante na elaboração de massas alimentícias e produtos de panificação, facilitando a mistura e permitindo maior uniformidade do produto elaborado. O tamanho de partícula influencia diretamente a capacidade de absorção de água, o tempo de mistura, as características sensoriais como aparência, sabor e textura e o tempo de cozimento das massas alimentícias (BORGES et al., 2003; BORGES et al., 2013b).

Segundo Borges et al. (2003), partículas mais finas tendem a absorver água mais rapidamente que as mais grossas durante a mistura. Entretanto, granulometria extremamente fina não é sinônimo de qualidade, pois teores elevados dessas partículas finas nas misturas podem prejudicar a estrutura interna de produtos de panificação, tornando-a úmida e gomosa (PYLER; GORTON, 2009).

Um processo de moagem inadequado contribui para maior número de partículas heterogêneas na farinha, comprometendo a qualidade final dos produtos elaborados. Dessa forma, a distribuição ou regularidade no tamanho das partículas é mais importante que o tamanho propriamente dito (BORGES et al., 2003).

3.2. Cor das farinhas

Verificou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias das duas farinhas integrais de quinoa dos três parâmetros de cor. O valor de L^* foi maior na amostra de farinha da variedade 'Real', enquanto os valores das coordenadas a^* e b^* foram maiores na variedade 'BRS Piabiru', mostrando que a farinha de quinoa 'Real' apresentou coloração mais clara, enquanto a farinha de quinoa 'BRS Piabiru' exibiu tendência para coloração mais intensa de vermelho e amarelo, de acordo com a escala de cor CIELab (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros de coloração das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)

Variedade	Coordenadas de cor		
	L*	a*	b*
BRS Piabiru	78,71 $\pm$ 0,23	0,88 $\pm$ 0,04*	14,10 $\pm$ 0,21*
Real	82,00 $\pm$ 0,13*	0,21 $\pm$ 0,02	11,46 $\pm$ 0,06

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A coordenada a^* , que indica a variação de verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$), é um parâmetro importante para o estudo de escurecimento, pois a cor marrom resultante da degradação dos açúcares (reação de caramelização) ou reações enzimáticas (fenolases) representa uma combinação do verde e do vermelho. Maior escurecimento é representado por um tom mais avermelhado, ou seja, maior valor de a^* (TAVERNA et al., 2012). A coordenada b^* , relacionada ao eixo que varia de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$), apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as duas farinhas, situando-se na faixa positiva e com maior tendência para o amarelo.

A cor da farinha é avaliada, principalmente, pelas medidas de luminosidade (L^*) e intensidade de amarelo ($+b^*$). A luminosidade é afetada pelo teor de farelo ou material estranho, enquanto a intensidade de amarelo está relacionada com a quantidade de pigmentos presentes na matéria-prima (GUTKOSKI et al., 2008).

Segundo Ortolan et al. (2010), em geral se considera uma farinha branca aquela que possui valor de L^* superior a 93 de a^* próximo a 0 (inferior a 0,5 ou negativo) e de b^* inferior a 8. Dessa forma, pode-se observar tendência para a cor mais clara da farinha integral de quinoa da variedade Real em relação à variedade BRS Piabiru (Figura 3).

Taverna et al. (2012), utilizaram em seu trabalho farinha de quinoa da marca Jasmine, obtiveram valores de 89,6; 0,09 e 12,66 para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , respectivamente. Esses autores verificaram que houve diminuição no valor da luminosidade e tendência no aumento das cores vermelha e amarela após o processo de extrusão das misturas de farinhas utilizadas.



Figura 3 – Farinha integral de quinoa ‘Real’ e ‘BRS Piabiru’.

Dogan e Karwe (2003), trabalhando com grãos de quinoa fornecidos pela Quinoa Corporation (Torrance, CA) e analisando a farinha, obtiveram valores médios de 87,27, -0,48 e 11,94 para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , respectivamente. Também, observaram que, quanto maiores os valores da diferença total da cor dos produtos extrudados em relação aos parâmetros iniciais da farinha, os produtos finais obtidos apresentaram-se mais escuros e com tendência ao aumento das cores vermelha e amarela.

Farro (2008) utilizou grãos de quinoa ‘Real’ procedente do Departamento de Ayacucho, Peru, e verificou que a farinha integral apresentou valores médios de 91,01, -0,59 e 10,64 para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , respectivamente, indicando ser farinha de coloração mais amarelada.

Cardoso (2007), utilizando farinha integral de quinoa fornecida pela Quinoa Real Brasil Ltda., obteve os seguintes valores médios para os parâmetros de cor L , a^* e b^* : 83,19, 0,89 e 19,19, respectivamente. Comparando com os valores obtidos para as farinhas de trigo, a farinha integral de quinoa apresentou-se mais escura e mais amarelada.

Segundo Ortolan et al. (2010), alterações nos valores das coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* são relevantes na avaliação da qualidade da cor das amostras de farinha. Cuidados são necessários durante o armazenamento, com relação a possíveis fatores responsáveis

pela alteração da cor. As farinhas devem ser armazenadas ao abrigo da luz, calor e umidade e, quando possível, em locais com baixas temperaturas (como *freezer* ou refrigerador) e, ou, baixa pressão de oxigênio, que reduzem a velocidade das reações oxidativas, resultando em maior estabilidade da cor ao longo do armazenamento.

3.3. Composição centesimal

As farinhas das duas variedades de quinoa apresentaram teor de água abaixo de 12% (bu), considerado seguro pela legislação brasileira, que estabelece um limite máximo de 15% de umidade para farinhas, amidos e farelos (BRASIL, 2005) (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição química (g 100 g⁻¹) das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média ± desvio-padrão)

	'BRS Piabiru'		'Real'	
	(bu)	(bs)	(bu)	(bs)
Teor de água	10,45 ± 0,17	11,67 ± 0,21	11,05 ± 0,15*	12,43 ± 0,19*
Proteínas	14,01 ± 0,37*	15,65 ± 0,41*	12,98 ± 0,34	14,59 ± 0,38
Lipídios	5,79 ± 0,24 ^{ns}	6,47 ± 0,26 ^{ns}	5,66 ± 0,49	6,37 ± 0,55
Cinzas	2,55 ± 0,09*	2,85 ± 0,10*	2,18 ± 0,09	2,44 ± 0,10
Fibra alimentar total	7,27 ± 0,60	8,12 ± 0,67	7,26 ± 0,35	8,16 ± 0,39
Fibra insolúvel	5,45 ± 0,39	6,09 ± 0,44	6,22 ± 0,28	6,99 ± 0,31
Fibra solúvel	1,82 ± 0,20	2,03 ± 0,23	1,04 ± 0,07	1,17 ± 0,08
Carboidratos	59,93 ± 0,46	66,91 ± 0,51	60,87 ± 0,88 ^{ns}	68,44 ± 0,98*
Amido total	49,14 ± 2,78	54,88 ± 3,10	55,41 ± 1,64	62,29 ± 1,85

bu: base úmida; e bs: base seca.

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A farinha integral de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentou teor de proteínas superior ($P < 0,05$) ao da variedade Real. Lopes et al. (2009) obtiveram teor proteico de $12,96 \pm 5,08\%$ (bs) para a variedade de quinoa BRS Piabiru, safra 2008/2009, Planaltina, DF, teor inferior ao obtido

para essa mesma variedade neste estudo. Palombini et al. (2013) relataram um valor de $16,41 \pm 0,15\%$ (bs) para a mesma variedade fornecida pela EMBRAPA. Farro (2008) reportou teor de proteína de 12,8% (bs) para a farinha integral de quinoa da variedade Real, procedente do Departamento de Ayacucho, Peru, valor inferior ao observado neste trabalho para a farinha integral da mesma variedade de quinoa.

Segundo Koziol (1992), o teor de proteínas no grão de quinoa variou de 13,8% a 16,5% (bs), com um valor médio de 15% (bs). Wright et al. (2002) relataram teor de proteína de 16,1% (bs) e 17,3% (bs) para variedades bolivianas de quinoa doce e amarga, respectivamente, enquanto Dini et al. (1992) obtiveram da variedade Perlada do Peru teor de proteína de 13,7% (bs). Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010a), utilizando grãos de quinoa vermelha da variedade Pasankalla, do Peru, reportaram um valor de 13,2% (bs) de proteína. Dessa forma, os valores observados nas duas variedades de quinoa estudadas estão próximos da faixa de variação verificados por outros autores.

Os teores de proteínas das duas variedades de quinoa observados neste trabalho foram maiores do que os encontrados em arroz (8,8% bs), cevada (11,0% bs), milho (10,% bs) e trigo (14,8% bs) (USDA, 2011).

Miranda et al. (2012), analisando a composição química de seis variedades de grãos de quinoa do Chile, verificaram que as duas variedades da Região Sul apresentaram o maior teor de proteínas (14,44 e 16,18 g 100 g⁻¹ bs), enquanto as variedades da região central mostraram o menor teor de proteínas (11,13 e 11,43 g 100 g⁻¹ bs). O teor de proteínas das variedades de quinoa da Região Sul chilena foi similar aos obtidos para as variedades de quinoa utilizadas neste trabalho.

Hager et al. (2012) reportaram teor de proteína de 15,37% (bs) para a farinha de quinoa fornecida pela Ziegler Naturprodukte, Alemanha. Segundo esses autores, a farinha deste pseudocereal foi superior em proteínas em relação às farinhas dos outros cereais estudados. A grande variação no teor de proteína não é apenas devida a fatores genéticos, mas também a efeitos ambientais. A proteína é sintetizada durante o período de frutificação, enquanto a síntese de amido começa mais tarde. Se as condições de crescimento no período final de frutificação forem boas, o rendimento em

amido será maior, enquanto o teor de proteína, relativamente menor (HAGER et al., 2012).

Stikic et al. (2012) utilizaram grãos de quinoa da variedade Puno (KVL 37) fornecidos pela Universidade de Copenhagen, Dinamarca. Verificaram que o teor de proteína variou de 17,41% (bs) no grão integral sem descascamento, 15,69% (bs) no grão descascado e 15,16% (bs) no grão descascado e lavado.

Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011), trabalhando com quatro variedades de quinoa do Peru, verificaram que o teor proteico variou de 13,96% (bs) na variedade Blanca de Juli a 15,47% (bs) na variedade La Molina 89. Esses autores observaram que o processo de extrusão causou pequena diminuição no teor proteico das quatro variedades estudadas.

Bhargava et al. (2007) avaliaram a qualidade nutricional de 27 cultivares de *Chenopodium quinoa* Willd. e dois cultivares mexicanos de *Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*, cultivados em condições subtropicais no Norte da Índia, ao longo de um período de dois anos. Verificaram que as sementes apresentaram teor médio de proteínas de $16,22 \pm 0,47\%$.

Em razão da elevada quantidade de proteínas presentes na quinoa 'BRS Piabiru', esta pode ser considerada alimento com alto teor proteico, podendo ser, comumente, utilizada no preparo de alimentos como substituto parcial ou total de cereais, uma vez que supera todos os cereais tradicionalmente consumidos no Brasil, incluindo o trigo.

A quinoa tem sido considerada cultura oleaginosa alternativa, devido à qualidade e quantidade de sua fração lipídica. Possui teor lipídico entre 2,0 e 9,5%, dependendo dos métodos de cultivo, e é rica em ácidos graxos essenciais, como linoleico e α -linolênico (KOZIOL, 1992; ANDO et al., 2002; NG et al., 2007). Possui teor de óleo próximo a 6,5% (bs) (Tabela 2), superior ao do milho (4,7% bs) e de outros cereais e inferior ao da soja (19,0% bs).

Não houve diferença ($P>0,05$) no teor de lipídios das farinhas integrais das duas variedades de quinoa estudadas. Palombini et al. (2013) obtiveram teor de lipídios de $9,71 \pm 0,57\%$ (bs) na variedade BRS Piabiru fornecida pela EMBRAPA, enquanto Lopes et al. (2009) encontraram, nessa

mesma variedade de quinoa, procedente de Planaltina, DF, teor de lipídios de $5,76 \pm 1,78\%$ (bs). Neste trabalho foi observado, na quinoa 'BRS Piabiru', teor de lipídios de $6,47 \pm 0,26\%$ (bs), valor intermediário ao verificado por esses mesmos autores. Farro (2008) obteve da farinha integral da variedade peruana Real teor de 6,3% (bs), bem próximo ao obtido neste trabalho com a farinha dessa mesma variedade.

Miranda et al. (2012) estudaram a composição química de seis variedades de quinoa do Chile. Verificaram que o teor de lipídios variou de 5,57% (bs) na variedade Villarrica cultivada na Região Sul até 7,06% (bs) na variedade Cáhuil, cultivada na região central chilena.

Stikic et al. (2012) verificaram que o teor de lipídios de grãos de quinoa da variedade Puno (KVL 37) fornecidos pela Universidade de Copenhague, Dinamarca, variou de 4,79% (bs) nas sementes sem tratamento a 5,79% (bs) nas sementes descascadas e lavadas.

Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) observaram que a quantidade de lipídios das quatro variedades de quinoa do Peru variou de 4,69% (bs) na variedade Sajama até 6,85% (bs) na variedade La Molina.

Em outro trabalho, Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010b) avaliaram a composição centesimal de 10 variedades peruanas de quinoa, obtendo teor médio de lipídios de $6,24 \pm 0,9\%$ bs.

Hager et al. (2012) reportaram teor de lipídios de 9,8% (bs) na farinha de quinoa. Aveia, trigo-mourisco, trigo integral e sorgo apresentaram teores relativamente elevados de lipídios (7,5%, 4,8%, 4,2% e 3,9% bs), em comparação com a farinha de trigo (2,1% bs). Segundo esses autores, a farinha de quinoa foi superior em lipídios em relação às farinhas de outros cereais, devido ao tamanho proporcional do embrião do grão de quinoa (até 30% da massa total dos grãos, em comparação com 1% na maioria dos outros cereais).

Verificou-se que houve diferença ($P < 0,05$) entre o teor de cinzas das farinhas de quinoa, sendo superior na variedade BRS Piabiru. De modo geral, sabe-se que o teor de cinzas está diretamente relacionado com a coloração e a quantidade de minerais presentes nas farinhas.

O teor de cinzas da variedade BRS Piabiru foi de $2,85 \pm 0,10\%$ (bs), valor inferior ao observado na farinha de quinoa da mesma variedade

estudada por Lopes et al. (2009), que obtiveram teor de 3,93% (bs); e por Palombini et al. (2013), que reportaram teor de 3,03% (bs). Farro (2008) obteve da farinha integral da variedade peruana Real teor de 2,4% (bs), bem próximo do conseguido neste trabalho para a farinha dessa mesma variedade. Esses teores de cinzas são superiores aos do arroz e trigo e da maioria dos cereais (USDA, 2011).

Hager et al. (2012) reportaram teor de cinzas de 2,77% (bs) na farinha de quinoa, sendo significativamente maior do que nas amostras dos outros grãos estudados: trigo-mourisco (1,89% bs), trigo integral (1,52% bs), sorgo (1,09% bs), aveia (0,92% bs), arroz (0,58% bs) e milho (0,43% bs).

Miranda et al. (2012) verificaram que o teor de cinzas dos grãos de quinoa foi superior nas variedades cultivadas na Região Sul do Chile, variando de 3,18% (bs) na variedade Cáhuil até 3,70% (bs) na variedade Villarrica. Repo-Carrasco-Valencia e Serna (2011) relataram que a quantidade de cinzas das quatro variedades de quinoa do Peru variou de 3,04% (bs) na variedade Sajana até 5,46% (bs) na variedade La Molina 89.

Stikic et al. (2012) verificaram que, após o descascamento e a peneiragem, foi registrada redução de quase duas vezes no teor de cinzas dos grãos de quinoa. O teor de cinzas variou de 7,06% (bs) no grão inteiro sem descascamento, 3,59% (bs) no grão descascado e 2,22% (bs) no grão descascado e lavado, para a remoção das saponinas.

Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010b), estudando a composição centesimal de 10 variedades de quinoa peruanas, reportaram teor médio de cinzas de $2,93 \pm 0,9\%$ (bs), próximo ao valor observado na quinoa 'BRS Piabiru' neste estudo.

Quantidades variáveis de cinzas em grãos de quinoa também foram relatadas por outros autores. Os resultados do teor de cinzas deste estudo nas duas variedades de quinoa estão dentro da variação de valores observados em outros trabalhos.

Os teores de fibra alimentar total obtidos neste trabalho foram de $8,16 \pm 0,39$ e $8,12 \pm 0,67\%$ (bs) nas farinhas integrais de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru, respectivamente (Tabela 2). Esses valores foram inferiores aos observados por outros autores.

Alvarez-Jubete et al. (2009) verificaram teor de fibra alimentar em grãos de quinoa de 14,2% (bs). Ando et al. (2002) reportaram valores de fibras de 13,9% (bs) no grão inteiro e de 12,7% (bs) na farinha. Miranda et al. (2012) relataram valores de fibra alimentar em variedades de grãos de quinoa do Chile variando entre 8,07% (bs) e 12,08% (bs). Wright et al. (2002) citaram teor de fibra alimentar de 11,4% (bs) na quinoa amarga e de 9,6% (bs) na quinoa doce. Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010a) verificaram teor de fibra alimentar total de 8,87% (bs) em grãos de quinoa vermelha, enquanto Gewehr (2010) obteve teor de 9,82% (bs) em flocos de quinoa.

Na quinoa, o teor de fibra alimentar total está próximo ao valor normalmente encontrado nos cereais (7 a 9,7% bs), e o embrião contém quantidades mais elevadas do que o perisperma (ABUGOCH JAMES, 2009).

Devido às diferenças na composição química dos grãos e dos procedimentos de moagem utilizados, o teor de fibras das farinhas pode variar muito. Em comparação com os grãos integrais, as farinhas são significativamente mais pobres em fibras, porque o processo de moagem pode remover parcial ou completamente o farelo e o gérmen.

Conforme verificado por Hager et al. (2012), a farinha de quinoa teve a maior quantidade de fibra alimentar entre as farinhas sem glúten estudadas (8,14% bs), valor bem próximo ao obtido nesta pesquisa. A farinha de sorgo apresentou teor de fibras de 5,07% (bs), de aveia de 4,52% (bs), de milho de 3,05% (bs), de trigo-mourisco de 2,49% (bs) e de arroz apenas de 0,49% (bs).

Stikic et al. (2012) verificaram que os procedimentos de descascamento e lavagem realizados para a remoção das saponinas diminuíram significativamente o teor de fibras dos grãos de quinoa, cujos valores variaram de 10,32% (bs) e 5,69% (bs), respectivamente, nas sementes antes e depois da limpeza.

A quinoa pode ser considerada alimento com alto teor de fibras por conter mais de 6 g de fibra de 100 g⁻¹ de produto (BRASIL, 1998). Dietas ricas em fibras estão associadas à prevenção da obesidade. Em virtude do equilíbrio entre as fibras solúveis e insolúveis na quinoa, elas podem contribuir para a redução dos níveis plasmáticos de colesterol por manter o menor tempo de contato desses compostos com as paredes intestinais, além

de diminuir potenciais riscos de enfermidades, como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes mellitus (GEWEHR, 2010; BORGES et al., 2013a).

Segundo Hager et al. (2012), a fibra dietética geralmente é fracionada em fibra solúvel e insolúvel, sendo a última associada à regulação intestinal (aumento do peso das fezes e frequência e redução do tempo de trânsito intestinal). A fibra alimentar solúvel está relacionada à redução dos níveis de colesterol no soro e atenuação da resposta glicêmica pós-prandial. De acordo com esses autores, as farinhas de trigo, quinoa, milho e trigo-mourisco são caracterizadas por elevada porcentagem de fibra solúvel (39%, 25%, 24% e 22%) em relação à fibra dietética total.

Neste trabalho, as farinhas de quinoa 'BRS Piabiru' e 'Real' apresentaram 25% e 14,3% de fibra solúvel, respectivamente. A quinoa brasileira apresentou percentual de fibra solúvel semelhante ao relatado por Hager et al. (2012).

O teor de fibra solúvel da quinoa é reportado variando entre 1,3% e 6,1% (bs) (ABUGOCH JAMES, 2009). Contém pectinas, gomas, mucilagens e certos tipos de hemiceluloses solúveis. Na quinoa, a fibra solúvel é formada majoritariamente por β -glucanos (MERA, 2010).

Os produtos à base de cereais apresentam grande variação quanto ao teor de fibra alimentar, pelo fato de que esta se concentra, em sua maior parte, nas camadas externas do grão, as quais estão presentes nos produtos integrais, mas ausentes, ou muito reduzidas, nos refinados e seus derivados. Há, também, bastante variação quanto à proporção de fibra solúvel e insolúvel entre os diferentes cereais e, mesmo, entre variedades diferentes de um mesmo cereal (RIEDER et al., 2012; BORGES et al., 2013a).

A farinha de quinoa da variedade Real apresentou teor de carboidratos de $68,44 \pm 0,98\%$ (bs), superior ($P < 0,05$) ao teor obtido na farinha da variedade BRS Piabiru, que foi de $66,91 \pm 0,51$ (Tabela 2). Palombini et al. (2013) relataram teor de carboidratos de 68,92% (bs) na quinoa 'BRS Piabiru'. A variação no teor de carboidratos em diferentes variedades de quinoa pode ser atribuída às diferenças nos teores dos outros componentes presentes nos grãos.

Chauhan et al. (1992) verificaram que o teor de carboidratos do grão de quinoa foi menor no farelo devido aos maiores teores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas e aumentou na farinha devido à menor quantidade desses componentes nesse derivado.

Miranda et al. (2012) relataram teores de carboidratos em variedades de grãos de quinoa do Chile variando de 56,54% até 68,12% (bs). Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010a) reportaram valor de 69,10% (bs) desse macronutriente em grãos de quinoa vermelha, da variedade Pasankalla do Peru.

Stikic et al. (2012) obtiveram teor de carboidratos de 60,42% (bs) no grão integral de quinoa, 68,73% (bs) no grão descascado e 71,14% (bs) no grão descascado e lavado.

Ando et al. (1992) reportaram na variedade Real da Bolívia teores de carboidratos de 63,7% (bs) no grão integral e 64,6% (bs) no grão moído. Esses autores verificaram que o teor desse componente no perisperma foi de 78,2% (bs), em comparação com 63,7% no grão integral. Wright et al. (2002) obtiveram em variedades bolivianas teores de carboidratos de 66,2% (bs) na quinoa doce e 62,2% (bs) na amarga, enquanto Gewehr et al. (2012) relataram teor de 69,2% (bs) em flocos de quinoa e Koziol (1992), um valor de 69,0% (bs), correspondente ao resultado médio obtido por diversos outros pesquisadores.

Neste trabalho, as farinhas integrais de quinoa das variedades Real e BRS Piabiru apresentaram teor de amido total de $62,29 \pm 1,85$ e $54,88 \pm 3,10\%$ (bs), respectivamente (Tabela 2). Segundo Abugoch James (2009), o teor de amido da quinoa pode variar de 52 a 69% (bs). Por apresentar menor teor de amido total, a variedade brasileira, consequentemente, possui maior teor dos demais componentes nutricionais.

Hager et al. (2012) estudaram as propriedades nutricionais de farinhas comerciais isentas de glúten de diferentes fontes botânicas, em comparação com a farinha de trigo, e observaram que o teor de amido total das farinhas estudadas variou de 55,7% (bs) na farinha de quinoa até 88,9% (bs) na farinha de arroz. A farinha de trigo, devido à maior proporção de material do endosperma, apresentou quantidade elevada de amido (78% bs).

Ruales e Nair (1994) relataram teor de amido de 53,1% (bs) em grãos de quinoa lavada, valor inferior ao de outros cereais como trigo (64 a 70%) e milho (73%). Em comparação com grãos de quinoa sem processamento, as sementes que foram limpas e lavadas para remover as saponinas não apresentaram aumento significativo na quantidade de amido, assim como as amostras de quinoa que foram cozidas ou autoclavadas.

O teor de amido total obtido neste trabalho na farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru' ficou bem próximo aos valores observados por Hager et al. (2012) e Ruales e Nair (1994).

O amido da quinoa tem grande potencial para ser usado em diversas aplicações industriais especializadas, devido ao pequeno tamanho dos seus grânulos e à sua alta viscosidade de pasta. Estudos sobre a estabilidade do amido de quinoa ao congelamento-descongelamento têm mostrado que sua pasta é resistente à retrogradação, sugerindo aplicações em produtos alimentares congelados e em emulsões (BHARGAVA et al., 2006).

3.4. Composição mineral

O alto teor de cinzas da quinoa sugere que esse pseudocereal pode ser importante fonte de minerais. A Tabela 3 apresenta os teores de minerais presentes na farinha integral de quinoa das duas variedades estudadas.

O potássio foi o mineral em maior quantidade presente em ambas as variedades de quinoa, elemento químico importante que está envolvido na manutenção do equilíbrio hídrico, osmótico e ácido-base, na regulação da atividade neuromuscular e na prevenção da hipertensão arterial (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010).

Ando et al. (2002), Konish et al. (2004) e Hager et al. (2012) analisaram o teor de minerais no grão de quinoa, obtendo, entre os minerais analisados, maiores teores de cálcio, fósforo, potássio, magnésio, ferro e zinco. Verificou-se que as variedades de quinoa Real e BRS Piabiru também apresentaram quantidades expressivas desses minerais. Alguns estudos comprovam que o grão de quinoa apresenta quantidades significativamente superiores desses minerais, em comparação com a maioria dos cereais

tradicionalmente consumidos no Brasil (REPO-CARRASCO et al., 2003; BHARGAVA et al., 2006).

Tabela 3 – Composição mineral (mg 100 g⁻¹) das farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média ± desvio-padrão)

Minerais	Variedades			
	BRS Piabiru		Real	
	(bu)	(bs)	(bu)	(bs)
Ca	66,33 ± 8,62 ^{ns}	74,08 ± 9,63 ^{ns}	62,33 ± 8,96	70,08 ± 10,08
P	391,67 ± 10,60	437,37 ± 11,84	399,00 ± 19,05 ^{ns}	448,56 ± 21,42 ^{ns}
K	1042,67 ± 95,84*	1164,34 ± 107,02*	650,00 ± 22,91	730,75 ± 25,76
Mg	192,00 ± 14,00	214,41 ± 15,63	200,00 ± 6,24 ^{ns}	224,85 ± 7,02 ^{ns}
Na	330,00 ± 8,66	368,51 ± 9,67	330,00 ± 8,66 ^{ns}	370,99 ± 9,74 ^{ns}
Mn	2,36 ± 0,32 ^{ns}	2,64 ± 0,36 ^{ns}	2,18 ± 0,18	2,45 ± 0,20
Fe	9,13 ± 1,39 ^{ns}	10,20 ± 1,55 ^{ns}	6,73 ± 1,15	7,57 ± 1,29
Zn	4,86 ± 0,38*	5,43 ± 0,43*	3,42 ± 0,14	3,85 ± 0,15
Cu	0,81 ± 0,04*	0,90 ± 0,05*	0,64 ± 0,05	0,72 ± 0,05

bu: base úmida; e bs: base seca.

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Comparando os resultados deste trabalho com os valores apresentados no “National Nutrient Database for Standard Reference” (USDA, 2011), verificou-se que os teores de minerais presentes na farinha de quinoa foram superiores aos de outros cereais.

Em uma condição de má absorção como a doença celíaca, deficiências nutricionais ocorrem com frequência. Perda de peso, osteoporose e anemia por deficiência de ferro são comuns, além de várias deficiências de outros minerais, como cálcio, magnésio, zinco, cobre e selênio. Dessa forma, os grãos e farinhas integrais de pseudocereais, como amaranto, quinoa e trigo-sarraceno, são uma boa fonte desses minerais para os indivíduos portadores dessa doença. Em especial, o elevado teor de cálcio desses grãos é de grande relevância para os celíacos devido à

prevalência bem conhecida de osteopenia e osteoporose em pacientes recentemente diagnosticados com essa doença (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; HAGER et al., 2012).

Vega-Gálvez et al. (2010) relataram grande diferença na quantidade de minerais nos grãos de quinoa. Essa diferença observada por diversos autores pode estar relacionada aos genótipos estudados e a regiões diferentes, com variados tipos de solo, temperaturas e tratos culturais utilizados, além de diferentes métodos de análise.

Stikic et al. (2012) verificaram que o descascamento tende a reduzir o teor de minerais nas sementes de quinoa. De acordo com Koziol (1992), as perdas resultantes da remoção do tegumento por polimento podem ser da ordem de 12 a 15% nas concentrações de Ca, P, Fe, K, Na e Zn, 3% de Mg e de até 27% de Cu. Entretanto, esses autores observaram que o descascamento manual dos grãos reduziu substancialmente somente a quantidade de Ca (53%) e de Na (34%), diminuindo insignificamente Mn e K e não afetando o teor de P, Mg, Fe, Cu e Zn, resultados também verificados por Konishi et al. (2004), que encontraram redução particularmente alta no teor de Ca, mas muito menor em outros minerais. Segundo esses autores, a purificação adicional das sementes por lavagem reduziu substancialmente os teores de Fe, K e Na em quase 50%. Outros minerais não foram significativamente alterados (STIKIC et al., 2012).

3.5. Composição de aminoácidos

As duas variedades de quinoa apresentaram composição em aminoácidos bem próxima, diferindo ($P < 0,05$) apenas no teor de arginina e de lisina. As duas variedades de quinoa apresentaram maiores teores dos seguintes aminoácidos: ácido glutâmico, arginina, ácido aspártico, leucina, lisina, glicina, prolina, alanina, valina e fenilalanina (Tabela 4).

Tabela 4 – Composição em aminoácidos (mg aa g⁻¹ proteína) das proteínas das farinhas de quinoa das duas variedades estudadas (média ± desvio-padrão)

Aminoácidos	Variedades	
	Quinoa 'BRS'	Quinoa 'Real'
Ácido aspártico	99,70 ± 0,00	101,55 ± 5,59 ^{ns}
Ácido glutâmico	175,55 ± 2,47 ^{ns}	167,50 ± 7,64
Serina	39,15 ± 2,90 ^{ns}	38,95 ± 6,58
Glicina	62,75 ± 1,91 ^{ns}	59,00 ± 1,13
Histidina	37,35 ± 2,90 ^{ns}	36,50 ± 5,37
Arginina	116,10 ± 2,12*	97,35 ± 3,46
Treonina	42,30 ± 1,70	43,55 ± 0,64 ^{ns}
Alanina	49,15 ± 0,92	52,90 ± 1,70 ^{ns}
Prolina	52,05 ± 2,90	58,85 ± 9,55 ^{ns}
Tirosina	27,50 ± 0,42	28,75 ± 5,73 ^{ns}
Valina	49,45 ± 1,91	52,10 ± 8,63 ^{ns}
Metionina	28,15 ± 5,59 ^{ns}	27,45 ± 1,77
Cisteína	nd	nd
Isoleucina	42,90 ± 0,71 ^{ns}	42,75 ± 8,13
Leucina	73,90 ± 1,13	76,10 ± 2,40 ^{ns}
Fenilalanina	46,55 ± 0,92	49,75 ± 3,32 ^{ns}
Lisina	57,55 ± 1,91	66,95 ± 2,33*

nd = não detectado.

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Segundo Palombini et al. (2013), os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentaram altas concentrações dos aminoácidos essenciais, leucina (8,4 mg g⁻¹ da amostra), lisina (7,0 mg g⁻¹) e fenilalanina (5,0 mg g⁻¹). Indicaram também concentrações elevadas de ácido glutâmico (18,9 mg g⁻¹), arginina (12,0 mg g⁻¹), ácido aspártico (10,7 mg g⁻¹) e glicina (8,8 mg g⁻¹). Os valores deste trabalho, para essa mesma variedade de quinoa, ficaram um pouco abaixo dos relatados pelos autores citados.

Farro (2008) verificou que os maiores teores na composição aminoacídica de grãos de quinoa da variedade Real em ordem decrescente foram: glutamina (14,3 g/16 g N), arginina (9,8 g/16 g N), asparagina

(8,3 g/16 g N), leucina (6,5 g/16 g N), lisina (5,8 g/16 g N) e glicina (5,2 g/16 g N). Segundo esse autor, os valores de composição de aminoácidos foram similares aos resultados encontrados na literatura. Neste trabalho, observou-se que os grãos de quinoa da variedade Real apresentaram valores próximos ou até superiores aos descritos por Farro (2008) para esses aminoácidos.

As diferenças observadas em relação à composição de aminoácidos podem ser atribuídas aos diferentes cultivares, variabilidade de crescimento da planta e diferentes solos de cultivo. Conforme verificado por Miranda et al. (2012), as características genéticas dos genótipos de quinoa influenciaram decisivamente no perfil dos aminoácidos. O genótipo Villarrica apresentou teor mais elevado da maioria dos aminoácidos (histidina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, taurina, glicina e serina), enquanto o menor teor de aminoácidos foi encontrado no genótipo Cáhuil. Ruales e Nair (1992) relataram que o teor de metionina na variedade Sajama foi inferior a outras variedades, enquanto a variedade Blanca apresentou menor teor de lisina que outras variedades.

A determinação da composição de aminoácidos de uma proteína fornece informações importantes das possíveis condições físico-químicas requeridas para a sua utilização tecnológica. As proteínas da quinoa apresentam alto teor de aminoácidos ionizáveis (arginina, asparagina, glutamina e lisina) e baixo teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina). Essas proteínas são mais solúveis em pHs básicos do que em pHs ácidos. Entre os grupos ionizáveis, o mais reativo é o grupo ϵ -NH₂ pertencente à lisina, devido ao fato de que o pH alcalino permite que a base (OH⁻) atue primeiro desprotonando, de forma parcial, os grupos amino da lisina, aumentando sensivelmente sua reatividade e disponibilidade (FARRO, 2008).

Segundo Abugoch et al. (2008), as propriedades funcionais das proteínas alimentares são importantes no processamento de alimentos e na formulação de novos produtos alimentícios, e algumas dessas propriedades estão relacionadas com as propriedades de hidratação, como a capacidade de retenção de água, a capacidade de absorção de água e a solubilidade.

A solubilidade de uma proteína é uma propriedade físico-química fundamental que depende do peso molecular e da conformação das moléculas, densidade e distribuição das cargas elétricas influenciadas pelo pH, natureza e concentração de íons ou força iônica e temperatura. Um dos fatores mais relevantes está relacionado com o número e o arranjo de cargas na molécula que, por sua vez, depende da composição em aminoácidos. No caso do grão de quinoa, a presença de maior número de resíduos básicos (histidil, arginil e lisil) do que os ácidos (aspartil e glutamil) dão como resultado maior valor de solubilidade na faixa básica do que na faixa ácida (FARRO, 2008).

A qualidade nutricional das proteínas é determinada pelas proporções de aminoácidos essenciais, os quais não podem ser sintetizados pelo nosso organismo e, portanto, devem ser fornecidos pela dieta. Nove aminoácidos são estritamente essenciais para o homem: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano, valina e histidina (essencial na infância) (WHO, 2007). Se apenas um desses aminoácidos for limitante, os demais poderão ser metabolizados e excretados, ou seja, não absorvidos, provocando baixo crescimento e perda de nitrogênio na dieta (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). Assim, a alimentação deve ser a mais variada possível para que o organismo possa obter o maior número desses aminoácidos.

A quinoa supera os cereais comumente utilizados no Brasil, como arroz, milho e trigo, na maioria dos aminoácidos essenciais com destaque para a alta concentração de lisina, limitante na maioria dos cereais (STIKIC et al., 2012; JANCUROVÁ et al., 2009; ABUGOCH et al., 2008; WRIGHT et al., 2002).

Na Tabela 5, tem-se a comparação do escore químico dos aminoácidos essenciais da quinoa com milho, arroz e trigo, de acordo com o padrão de referência da FAO para crianças de 1 a 2 anos de idade (WHO, 2007). Como observado, as duas variedades de quinoa estudadas não apresentaram nenhum aminoácido limitante, enquanto a lisina foi o principal aminoácido limitante para o milho, arroz integral e trigo, de acordo com o padrão de referência da FAO/WHO/UNU (WHO, 2007).

Tabela 5 – Escore químico de aminoácidos essenciais da quinoa ‘BRS Piabiru’, quinoa ‘Real’, milho, arroz e trigo (padrão de referência da FAO para crianças de 1 a 2 anos) (mg aa g⁻¹ proteína amostra/mg aa g⁻¹ proteína-padrão FAO/WHO)

A.A.	Quinoa ^a ‘BRS’	Quinoa ^a ‘Real’	Milho ^b	Arroz ^b Integral	Trigo ^b	FAO/WHO ^c Padrão ref.
His	2,08	2,03	1,69	1,41	1,26	18
Ile	1,38	1,38	1,15	1,36	1,17	31
Leu	1,17	1,21	1,95	1,31	1,07	63
Lys	1,11	1,29	0,54*	0,73*	0,51*	52
AAS ^d	1,08	1,06	1,50	1,33	1,60	26
AAA ^e	1,61	1,71	1,95	1,94	1,69	46
Thr	1,57	1,61	1,39	1,36	1,07	27
Trp	nd	nd	0,96*	1,72	1,71	7,4
Val	1,18	1,24	1,20	1,40	1,05	42

^a Valores da Tabela 5.

^b USDA, 2011.

^c FAO/WHO/UNU – WHO, 2007.

^d Valores de metionina + cisteína.

^e Valores de fenilalanina + tirosina.

* Aminoácidos limitantes.

nd = não determinado.

Stikic et al. (2012) verificaram que a principal característica dos grãos de quinoa é a qualidade especial de sua composição em aminoácidos. Grãos polidos apresentaram teores mais elevados de todos os aminoácidos essenciais do que a farinha de trigo, com exceção de isoleucina e fenilalanina. Os grãos de quinoa possuem teor de aminoácidos essenciais igual ou superior aos padrões de referência da FAO/WHO/UNU (2007) para adultos (STIKIC et al., 2012; WRIGHT et al., 2002), conforme verificado neste trabalho.

Stikic et al. (2012) observaram que a incorporação de 15% de farinha de quinoa à farinha de trigo aumentou o teor de lisina para 19,9% e de metionina e histidina para 7%. A incorporação de 20% de quinoa aumentou o teor de lisina em 26,5%, de metionina em 8,8% e de histidina em 9,8%.

Conforme relatado por Abugoch et al. (2009), a análise da composição de aminoácidos indicou que a quinoa é excelente fonte de lisina, metionina e cisteína, além de outros aminoácidos essenciais, e atende ou excede as recomendações para a adequada nutrição, em concordância com observações anteriores feitas por Ruales e Nair (1992) e Koziol (1992).

Diferenças notáveis no perfil de aminoácidos entre a farinha integral de quinoa e de outros cereais foram registradas por vários autores, comprovando a superioridade da quinoa como alimento de alta qualidade proteica (RUALES; NAIR, 1992; ASCHERI et al., 2002; BORGES et al., 2003). De fato, a quinoa destaca-se como importante fonte de proteínas para os seres humanos, particularmente rica em aminoácidos essenciais, fornecendo, assim, proteína de alto valor nutricional. Segundo Comai et al. (2007), a digestibilidade da proteína de quinoa foi considerada comparável à de outras proteínas alimentares de alta qualidade. Alvarez-Jubete et al. (2010) citaram que a biodisponibilidade da proteína dos pseudocereais é alta e tem sido demonstrado, em vários estudos em animais, ser superior à da maioria dos cereais e próxima da qualidade das proteínas de origem animal.

Segundo Ruales e Nair (1992), o perfil de aminoácidos foi muito semelhante nas amostras de quinoa, antes e depois da lavagem para a remoção das saponinas, mostrando que a lavagem não modificou a composição de aminoácidos das sementes de quinoa.

Conforme citado por Alvarez-Jubete et al. (2010), a qualidade da proteína também pode ser afetada pelo processamento. No entanto, quando processado sob condições que não prejudicam a disponibilidade dos aminoácidos essenciais, a qualidade da proteína dos grãos dos pseudocereais não é afetada negativamente pelo processamento, podendo ser até ligeiramente melhorada, devido a um aumento na sua digestibilidade.

3.6. Vitaminas e carotenoides

Os grãos de quinoa da variedade Real apresentaram concentração maior ($P < 0,05$) de α e β -tocoferol e, conseqüentemente, de vitamina E total em relação à variedade BRS Piabiru. Por sua vez, a variedade brasileira

mostrou quantidade maior ($P < 0,05$) de β -caroteno, zeaxantina e da soma de carotenoides do que a variedade importada (Tabela 6).

Tabela 6 – Concentração de vitaminas e carotenoides nas farinhas integrais de quinoa ‘BRS Piabiru’ e ‘Real’ (média $\pm$ desvio-padrão)

	Variedades			
	Quinoa BRS (bu)	Quinoa BRS (bs)	Quinoa Real (bu)	Quinoa Real (bs)
Vitaminas				
Tiamina (mg 100 g ⁻¹)	0,12 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,01	0,16 $\pm$ 0,01
Riboflavina (mg 100 g ⁻¹)	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01
Niacina (mg 100 g ⁻¹)	11,06 $\pm$ 0,16	12,35 $\pm$ 0,18	11,39 $\pm$ 0,47	12,81 $\pm$ 0,53
α -tocoferol (mg 100 g ⁻¹)	1,25 $\pm$ 0,06	1,39 $\pm$ 0,07	1,61 $\pm$ 0,16*	1,81 $\pm$ 0,18*
β -tocoferol (μ g 100 g ⁻¹)	56,66 $\pm$ 6,13	63,27 $\pm$ 6,85	92,08 $\pm$ 17,83*	103,52 $\pm$ 20,04*
γ -tocoferol (μ g 100 g ⁻¹)	47,63 $\pm$ 0,09	53,19 $\pm$ 0,10	47,64 $\pm$ 0,13 ^{ns}	53,56 $\pm$ 0,14*
γ -tocotrienol (μ g 100 g ⁻¹)	9,64 $\pm$ 0,19	10,76 $\pm$ 0,21	9,72 $\pm$ 0,63 ^{ns}	10,93 $\pm$ 0,71 ^{ns}
Vitamina E total (mg 100 g ⁻¹)	1,36 $\pm$ 0,05	1,52 $\pm$ 0,06	1,76 $\pm$ 0,17*	1,97 $\pm$ 0,19*
Carotenoides				
β -caroteno (μ g 100 g ⁻¹)	38,36 $\pm$ 5,45*	42,84 $\pm$ 4,97*	30,26 $\pm$ 2,19	34,02 $\pm$ 2,46
Luteína (μ g 100 g ⁻¹)	54,56 $\pm$ 2,84	60,92 $\pm$ 3,17	56,48 $\pm$ 3,72 ^{ns}	63,50 $\pm$ 4,18 ^{ns}
Zeaxantina (μ g 100 g ⁻¹)	15,46 $\pm$ 0,83*	17,26 $\pm$ 0,93*	2,31 $\pm$ 0,61	2,60 $\pm$ 0,69
Soma de carotenoides	108,38 $\pm$ 6,90*	121,02 $\pm$ 7,70*	89,05 $\pm$ 6,08	100,11 $\pm$ 6,83

bu: base úmida; e bs: base seca.

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os teores de vitaminas do complexo B observados nas duas variedades de quinoa estudadas diferiram dos valores reportados por Koziol (1992), Ruales e Nair (1993) e pela USDA (2011), conforme mostrado na Tabela 7. As concentrações de tiamina e, principalmente, de riboflavina neste estudo foram bem menores em relação aos valores relatados por esses autores. No entanto, os teores de niacina encontrados neste trabalho foram praticamente 10 vezes maiores se comparados aos valores observados pelos autores citados.

Tabela 7 – Concentração de vitaminas e carotenoides em grãos de quinoa e outros cereais

	Quinoa ^a (bs)	Quinoa ^b (bs)	Quinoa ^c (bu)	Arroz ^c (bu)	Aveia ^c (bu)	Trigo ^c (bu)
Vitaminas (mg 100 g⁻¹)						
Tiamina (B ₁)	0,38	0,40	0,36	0,40	0,76	0,38
Riboflavina (B ₂)	0,39	0,20	0,32	0,09	0,14	0,12
Niacina	1,06	ni	1,52	5,09	0,96	5,46
α-tocoferol	5,37	2,60	2,44	0,59	ni	1,01
β-tocoferol	ni	0,20	0,08	0,00	ni	ni
γ-tocoferol	ni	5,30	4,55	0,00	ni	ni
δ-tocoferol	ni	0,30	0,35	0,00	ni	ni
Carotenoides (μg 100 g⁻¹)						
β-Caroteno	390,00	ni	8,00	0,00	ni	5,00
Luteína + zeaxantina	ni	ni	163,00	0,00	ni	220,00

Fontes: ^aKOZIOL, 1992; ^bRUALES; NAIR, 1993; ^cUSDA, 2011.
ni = não informado.

Miranda et al. (2011) observaram, em seis genótipos de quinoa cultivados em três diferentes regiões do Chile, variação de 0,35 a 0,65 mg 100 g⁻¹ (bs) na tiamina, 0,05 a 0,08 mg 100 g⁻¹ (bs) na riboflavina e de 0,56 a 1,57 mg 100 g⁻¹ (bs) na niacina. Os valores observados na riboflavina também foram menores que os reportados por Koziol (1992) e Ruales e Nair (1993) e próximos aos obtidos neste trabalho.

Segundo Vega-Gálvez et al. (2010), os grãos de quinoa são considerados ricos em niacina, carotenoides e tocoferóis. Koziol (1992) comparou o teor de vitaminas da quinoa com alguns cereais (arroz, cevada e trigo) e relatou que a quinoa contém consideravelmente mais riboflavina (B₂), α-tocoferol e carotenoides do que esses cereais. Neste estudo, verificou-se que as duas variedades de quinoa apresentaram teores maiores de niacina, tocoferóis e β-caroteno, em comparação com arroz, aveia e trigo (Tabela 7).

O teor de vitamina E em quinoa é importante, uma vez que esta vitamina atua como antioxidante natural ao nível da membrana celular, protegendo os ácidos graxos das membranas celulares contra os danos causados pelos radicais livres (GEWEHR et al., 2012).

Palombini et al. (2013), avaliando o teor de tocoferóis em grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru, obtiveram valores de 1,16 mg 100 g⁻¹ de α -tocoferol e de 1,08 mg 100 g⁻¹ para a soma de β e γ -tocoferóis. O teor de α -tocoferol observado pelos autores foi um pouco inferior ao obtido neste estudo para a mesma variedade de grãos de quinoa, porém o teor da soma de β e γ -tocoferóis ficou bem acima do obtido nesta pesquisa.

Gewehr et al. (2012), analisando o teor de tocoferóis em flocos de quinoa originários do Peru, obtiveram valores de 2,14, 0,43, 2,95 e 0,56 mg 100 g⁻¹ para α , β , γ e δ tocoferóis, respectivamente, superiores aos deste trabalho. Apesar da elevada concentração de ácidos graxos insaturados, os grãos de quinoa são estáveis em razão da sua elevada quantidade de tocoferóis, principalmente de α e γ -tocoferol (BHARGAVA et al., 2006; REPO-CARRASCO et al., 2003).

As duas variedades de quinoa estudadas neste trabalho apresentaram menores teores de α -tocoferol e da soma de β e γ tocoferóis do que o relatado por Ryan et al. (2007) (2,1 mg 100 g⁻¹ de α -tocoferol e de 3,1 mg 100 g⁻¹ de β + γ -tocoferol) em grãos de quinoa.

Ruales e Nair (1993) também obtiveram teor superior de α -tocoferol (2,6 mg 100 g⁻¹ bs), β -tocoferol (0,2 mg 100 g⁻¹ bs) e γ -tocoferol (5,3 mg 100 g⁻¹ bs), em relação aos valores deste estudo.

De acordo com Ryan et al. (2007), para maximizar o teor de fitosteróis, esqualeno e tocoferóis em alimentos vegetais é importante considerar fatores como condições de processamento, cultivar, período de crescimento e local de cultivo. Além disso, o aumento dos teores desses componentes bioativos pode também ser alcançado por meio de melhoramento genético.

Os carotenoides vêm sendo bastante estudados atualmente, sobretudo no que diz respeito à sua ação fisiológica e à sua quantificação em diversos alimentos (CAMPOS et al., 2006). Alguns carotenoides, como o β -caroteno, possuem capacidade de conversão em vitamina A após a ingestão, e suas funções no organismo estão relacionadas a visão, crescimento ósseo e diferenciação de tecidos (IOM, 2001; COZZOLINO, 2011).

Atualmente, a ação dos carotenoides na prevenção e tratamento de diversas doenças, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, desordens fotossensíveis e do sistema imunológico, tem atraído a atenção dos pesquisadores. Devido ao seu potencial antioxidante e à sua ação no desenvolvimento e diferenciação celular, os carotenoides podem proteger o organismo contra várias desordens degenerativas. Evidências epidemiológicas têm sido associadas à ingestão de uma dieta rica em carotenoides e à sua alta concentração nos tecidos com a redução do risco de câncer (BENDICH, 1989; ZIEGLER, 1989; TAPIERO et al., 2004 citados por CAMPOS et al., 2006).

Bhargava et al. (2007) avaliaram a qualidade nutricional de 27 linhagens de germoplasma de *Chenopodium quinoa* e duas linhagens de *Chenopodium berlandieri* Subsp. *nuttalliae*, verificando variação no teor de carotenoides nas sementes de 169 a 552 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$. Koziol (1992) também reportou quantidade média de 390 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ (bs) de β -caroteno em grãos de quinoa. Esses resultados foram superiores aos obtidos neste trabalho para as duas variedades de quinoa estudadas.

Os teores de β -caroteno nos grãos de quinoa observados nesta pesquisa foram, entretanto, superiores ao relatado pelo USDA (2011), enquanto as quantidades de luteína + zeaxantina foram inferiores às divulgadas pela agência norte-americana. Verificou-se, portanto, grande variação nos resultados das concentrações das principais vitaminas presentes nos grãos de quinoa obtidos neste trabalho e por diversos autores. Essa variação pode ser atribuída a diferenças nas metodologias utilizadas, assim como a fatores genéticos, climáticos e tratos culturais.

Sabe-se que fatores genéticos e climáticos interferem diretamente na composição nutricional da quinoa e, de acordo com Koziol (1992), variedades de quinoa do Equador possuem mais lipídios e proteínas em relação às andinas, assim como variedades cultivadas em temperaturas mais elevadas, como no bioma Cerrado brasileiro (SPHEAR, 2007).

Spehar (2007) citou que a composição do grão de quinoa, para um conjunto de genótipos, é consideravelmente variável em diversos componentes, tanto na planta selecionada no exterior quanto no Brasil.

4. CONCLUSÕES

A farinha integral de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentou granulometria mais fina e mais próxima da farinha de trigo que a farinha da variedade Real, nas condições de moagem utilizadas neste trabalho.

A farinha integral de quinoa 'Real' apresentou-se mais clara que a farinha da variedade brasileira. A farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru' apresentou coloração mais intensa de vermelho e amarelo, colaborando para a sua coloração mais escura.

A farinha integral de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentou teor médio de proteínas e cinzas superior ao da variedade importada. O teor de lipídios foi similar nas farinhas integrais das duas variedades de quinoa estudadas.

O teor de fibra alimentar total apresentado pela farinha de quinoa classificou-a como alimento com alto teor desse componente alimentar.

As farinhas de quinoa apresentaram quantidades significativas de minerais, destacando-se o alto teor de fósforo, potássio, magnésio, manganês, ferro e zinco.

As duas variedades de quinoa apresentaram composição em aminoácidos bem próxima, contendo maiores teores de ácido glutâmico, arginina, ácido aspártico, leucina, lisina, glicina, prolina, alanina, valina e fenilalanina. O teor de proteínas, juntamente com o equilíbrio de

aminoácidos, quando comparado com a indicação da FAO, destacou o valor nutricional dessa semente.

O estudo comparativo do perfil de aminoácidos e do teor de minerais das farinhas integrais de quinoa permitiu concluir sobre a superioridade destas, tanto no perfil de aminoácidos quanto no teor de minerais em relação a farinhas de outros cereais.

A farinha integral das duas variedades de quinoa apresentou concentrações elevadas de carotenoides e de vitaminas, destacando-se a niacina e tocoferóis.

5. REFERÊNCIAS

ABUGOCH, L.; CASTRO, E.; TAPIA, C.; AÑÓN, M.C.; GAJARDO, P.; VILLARROEL, A. Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) during storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 10, p. 2013-2020, 2009.

ABUGOCH JAMES, L. E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, cap.1, p. 1-31, 2009.

ABUGOCH, L. E.; ROMERO, N.; TAPIA, C. A.; SILVA, J.; RIVERA, M. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 12, p. 4745-4750, Jun. 2008.

ALMEIDA, S. G.; SÁ, W. A. C. Amaranto (*Amaranthus* ssp) e quinoa (*Chenopodium quinoa*) alimentos alternativos para doentes celíacos. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, SP, v. 13, n. 1, p. 77-92, 2009.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 2, p.106-113, Febr. 2010.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. s4, p. 240-257, Sep. 2009.

ANDO, H.; CHEN, Y.; TANG, H.; SHIMIZU, M.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Food components in fractions of quinoa seed. **Food Science and Technology Research**, v. 8, n. 1, p. 80-84, 2002.

ASCHERI, J. L. R.; NASCIMENTO, R. E.; SPEHAR, C. R. **Composição química comparativa de farinha instantânea de quinoa, arroz e milho**. Rio de Janeiro: Embrapa, Out. 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 52).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Gaithersburg, USA, 1998.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v. 101, n. 1, p. 104-116, 2007.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – An indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73-87, Jan. 2006.

BIDLINGMEYER, B.A.; COHEN, S.A.; TARVIN, T.L. Rapid analysis of amino acids using pre-column derivatization. **Journal of Chromatography B**, v. 336, n. 1, p. 93-104, Dec. 1984.

BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SOUSA e SILVA, N. A.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013a.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; VIDIGAL, J. G.; PAULA, C. D.; SOUSA e SILVA, N. A. Utilização de farinha mista de trigo e quinoa na elaboração de bolos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, PR, v. 7, n. 2, p. 1034-1048, 2013b.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. 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* L.) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, Jul./Dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 Set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar (declarações relacionadas ao teor de nutrientes). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 Jan. 1998.

CAMPOS, F. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; SOUZA, P. M.; STRINGHETA, P. C.; CHAVES, J. B. P. Pró-vitaminas A em hortaliças comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 33-40, Jan./Mar. 2006.

CAPERUTO, L. C.; AMAYA-FARFAN, J.; CAMARGO, C. R. O. Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 1, p. 95-101, Jan. 2001.

CARDOSO, I. B. **Tratamento térmico de misturas de farinha de trigo e de quinoa e sua aplicação em bolo tipo pão de ló**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007.

CASTRO, L. I. A.; VILA REAL, C. M.; PIRES, I. S. C.; PIRES, C. V.; PINTO, N. A. V. D.; MIRANDA, L. S.; ROSA, B. C.; DIAS, P. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): digestibilidade *in vitro*, desenvolvimento e análise sensorial de preparações destinadas a pacientes celíacos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 18, n. 4, p. 413-419, Out./Dez. 2007.

CHAUHAN, G. S.; ESKIN, N. A. M.; TKACHUK, R. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 85-88, 1992.

CHILLO, S.; CIVICA, V.; IANNETTI, M.; SURIANO, N.; MASTROMATTEO, M.; DEL NOBILE, M. A. Properties of quinoa and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. **Carbohydrate Polymers**, v. 78, n. 4, p. 932-937, Nov. 2009.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1350-1355, 2007.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. Barueri, SP: Manole, 2011. 1172 p.

DINI, A.; RASTRELLI, L.; SATURNINO, P.; SCHETTINO, O. A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. **Molecular Nutrition & Food Research** – Die Nahrung, v. 36, n. 4, p. 400-404, 1992.

DOGAN, H.; KARWE, M. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 2, p. 101-114, Apr. 2003.

FARRO, P. C. A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) da variedade “Real”**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

GEWEHR, M. F.; DANELLI, D.; MELO, L. M.; FLÔRES, S. H.; JONG, E. V. Análises químicas em flocos de quinoa: caracterização para a utilização em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, SP, v.15, n. 4, p. 280-287, Out./Dez. 2012.

GEWEHR, M.F. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de quinoa**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A. C. T.; ELIAS, M. C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 888-894, Out./Dez. 2008.

HAGER, A.-S.; WOLTER, A.; JACOB, F.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 239-247, Sep. 2012.

HUNTERLAB. Hunter L, a, b color scale. Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, USA. **Applications Note**, v. 8, n. 9, 2008. 4 p.

IOM – U.S. Institute of Medicine. **Food and nutrition board**. Dietary reference intakes: for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 773 p.

JACOBSEN, S.-E.; MUJICA, A.; ORTIZ, R. La importancia de los cultivos andinos. **Fermentum**, Mérida, Venezuela, v. 13, n. 36, p. 14-24, Enero/Abril 2003.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVÍČOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: a review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 2, p. 71-79, 2009.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 68, n. 1, p. 231-234, 2004.

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

LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; DA SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 20, n. 4, p. 669-675, Out./Dez. 2009.

MAEDA, Y.; YAMAMOTO, M.; OWADA, K.; SATO, S.; MASUI, T.; NAKAZAWA H. Simultaneous liquid chromatographic determination of water soluble vitamins caffeine and preservative in oral liquid tonics. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 2, p. 244-247, 1989.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause, alimentos, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 1351 p.

MEGAZYME – Megazyme International Ireland Ltd. **Total Starch assay procedure (amyloglucosidase/ α -amylase method)**. Bray, Co. Wicklow, Ireland: Megazyme International Booklet, 2011. 19 p.

MERA, A. G. R. **Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un snack laminado a partir de quinoa**. 2010. 209 f. (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniera agroindustrial) – Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, Quito, Ecuador, 2010.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; MARTINEZ, E.; LÓPEZ, J.; RODRÍGUEZ, M. J.; HENRÍQUEZ, K.; FUENTES, F. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 32, n. 4, p. 835-843, Out./Dez. 2012.

MIRANDA, M.; VEGA-GÁLVEZ, A.; URIBE, E.; LÓPEZ, J.; MARTÍNEZ, E.; RODRÍGUEZ, M. J.; QUISPE, I.; DI SCALA, K. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1439-1446, 2011.

MORAES FILHO, L. F. C. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): uma revisão bibliográfica**. 2013. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Agrônoma) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

NG, S.; ANDERSON, A.; COKER, J.; ONDRUS, M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 185-192, 2007.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 760-766, Jan. 2008.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 30, n. 1, p. 55-59, Jan./Mar. 2010.

PALOMBINI, S. V.; CLAUS, T.; MARUYAMA, S. A.; GOHARA, A. K.; SOUZA, A. H. P.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V.; GOMES, S. T. M.; MATSUSHITA, M. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. **Food Science Technology**, Campinas, SP, v. 33, n. 2, p. 339-344, Apr./Jun. 2013.

PANFILI, G.; FRATIANNI, A.; IRANO, M. Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 21, p. 6373-6377, Sep. 2004.

PARK, S. H.; MAEDA, T.; MORITA, N. Effect of whole quinoa flours and lipase on the chemical, rheological and breadmaking characteristics of wheat flour. **Journal of Applied Glycoscience**, v. 52, n. 4, p. 337-343, 2005.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; GUINAZI, M.; OLIVEIRA, D. S.; DELLA LUCIA, C. M.; REIS, B. de L.; BRANDÃO, S. C. C. Method for simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in various foods by high performance liquid chromatography and fluorescence detection. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 47, p. 8496-8502, Nov. 2011.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; STRINGUETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C.; PÁEZ, H. H.; QUEIRÓZ, V. M. V. Evaluation of total carotenoids, α - and β -carotene in carrots (*Daucus carota* L.) during home processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 18, n. 1, Jan./Apr. 1998.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ROSA, J. C.; COSTA, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 26, n. 1, p. 179-187, Jan./Mar. 2006.

PYLER, E. J.; GORTON, L. A. **Baking Science & Technology**: fundamentals and ingredients. 4th ed. Kansas City: Sosland Publishing Co., 2009. v. 1.

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**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 225-230, Jan./Mar. 2011.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.; ENCINA, C. R.; BINAGHI, M. J.; GRECO, C. B.; DE FERRER, P. A. R. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 12, p. 2068-2073, Sep. 2010a.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.; HELLSTRÖM, J. K.; PIHLAVA, J.-M.; MATTILA, P. H. 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, May 2010b.

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.

RIEDER, A.; HOLTEKJØLEN, A. K.; SAHLSTRØM, S.; MOLDESTAD, A. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 1, p. 44-52, Jan. 2012.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 45, n. 3, p. 223-246, Apr. 1994.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 131-136, 1993.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 42, n. 1, p. 1-11, Jan. 1992.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A. R.; O'BRIEN, N. M. 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, Sep. 2007.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; SANTOS, R. L. B. Desempenho agronômico e recomendações para cultivo de quinoa (*BRS Syetetuba*) no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, Jan./Mar. 2011.

SPEHAR, C. R. (Ed. Técnico). **Quinoa**: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

STIKIC, R.; GLAMOCLIJ, D.; DEMIN, M.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIĆ, Z.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; JACOBSEN, S.-E.; MILOVANOVIĆ, M. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 132-138, 2012.

TAVERNA, L. G.; LEONEL, M.; MISCHAM, M. M. Changes in physical properties of extruded sour cassava starch and quinoa flour blend snacks. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 32, n. 4, p. 826-834, Out./Dez. 2012.

USDA. United States Department of Agriculture – Agricultural Research Service. **National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27**. Nutrient Data Laboratory, Dec. 2011. Available in: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>>. Access in: 17 Nov. 2014.

VAN DE WEERDHOF, T.; WIERSUN, M. L.; REISSENWEBER, H. Application of liquid chromatography in food analysis. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 83, p. 455-460, Aug. 1973.

VEGA-GÁLVEZ, A. V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**: report of a joint WHO/FAO/UNU expert consultation. Geneva, 2007. 265 p. (Who Technical Report Series, 935).

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of atriplex hortensis, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 4, p. 1383-1385, 2002.

CAPÍTULO 5

FATORES ANTINUTRICIONAIS DA FARINHA INTEGRAL DE QUINOA DA VARIEDADE BRS PIABIRU

1. INTRODUÇÃO

Embora a maioria dos grãos de cereais e leguminosas apresente quantidade consideravelmente elevada de proteínas, calorias, vitaminas e minerais, um dos principais problemas decorrentes de sua utilização como fonte de nutrientes na alimentação está na presença de alguns compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas que, quando consumidos, reduzem seu valor nutritivo, interferindo em sua digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes, podendo acarretar efeitos danosos à saúde se ingeridos em altas concentrações (SANTOS, 2006; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009; LOPES et al., 2009; BORGES et al., 2010; BENEVIDES et al., 2011).

Vários tipos de fatores antinutricionais têm sido identificados nos diferentes vegetais. Na semente de quinoa, os fatores antinutricionais identificados são saponinas, ácido fítico, taninos, nitratos, oxalatos e inibidores de tripsina. Essas substâncias encontram-se presentes em maior concentração nas camadas externas do grão. Contudo, estudos sobre a presença desses compostos na quinoa ainda são escassos e pouco se conhece a respeito de seus efeitos na qualidade nutritiva, para que se possa

incorporá-la de forma efetiva nas dietas humana e animal (KOZIOL, 1992; LOPES et al., 2009; BORGES et al., 2010).

O grão de quinoa possui revestimento natural denominado genericamente saponina, que tem gosto amargo e acre, sendo irritante para as mucosas. Apresenta propriedades tóxicas por ocasionar hemólises das células vermelhas do sangue. No entanto, embora seja extremamente tóxica para animais de sangue frio, sua toxicidade por via oral a mamíferos é baixa, e verificou-se que não exercem qualquer efeito negativo sobre a qualidade nutritiva da proteína (KOZIOL, 1992; RUALES; NAIR, 1993a; DINI et al., 2001; FARRO, 2008; JANCUROVÁ et al., 2009).

Embora algumas saponinas sejam consideradas tóxicas, por modificarem a permeabilidade das células da mucosa intestinal, podem ajudar na absorção de medicamentos específicos e diminuir o colesterol plasmático ou sérico. Na indústria farmacêutica são utilizadas como precursores para a síntese de esteroides, hormônios, contraceptivos, anti-inflamatórios, expectorantes e diuréticos (DINI et al., 2001; SILVA, 2008; CASTEJON, 2011).

Pelo seu gosto amargo característico, as saponinas normalmente são reduzidas, ou removidas da parte externa do grão de quinoa, com a finalidade de conferir melhor sabor e aceitação pelo consumidor, diminuindo-se também a sua toxicidade (DINI et al., 2001; MUJICA et al., 2001; SPEHAR, 2007; BORGES et al., 2010).

Os fitatos representam uma classe complexa de componentes naturais que ocorrem, principalmente, na casca da maioria dos cereais e leguminosas e afetam as suas propriedades funcionais e nutricionais. Podem formar complexos com proteínas, amidos e minerais no trato digestivo, reduzindo a biodisponibilidade desses nutrientes. Entretanto, podem agir como antioxidantes, reduzindo a peroxidação de membranas e a formação de radicais livres e atuar como anticarcinogênicos, fornecendo proteção contra o câncer de cólon e prevenção de enfermidades cardiovasculares (RUALES; NAIR, 1993a; OLIVEIRA et al., 2003; CARLI et al., 2006; PAULA, 2007; JANCUROVÁ et al., 2009; BENEVIDES et al., 2011).

Os taninos estão incluídos no grupo dos polifenóis, substâncias naturais mais numerosas e extensamente distribuídas no Reino Vegetal. São encontrados em muitas plantas usadas pelo homem na forma de ervas medicinais, na alimentação e na fabricação de bebidas. Nas plantas, os taninos podem ser encontrados em raízes, flores, frutos, folhas, cascas e na madeira (QUEIROZ et al., 2002; MONTEIRO et al., 2005; CASTEJON, 2011).

Os taninos formam complexos com as proteínas, tornando-as insolúveis e inativando enzimas, além de se ligarem a outras macromoléculas como o amido, causando a redução no valor nutricional dos alimentos (SANTOS, 2006). São atribuídos aos taninos outros efeitos prejudiciais, como cor indesejável aos alimentos, devido a reações de escurecimento enzimático e diminuição da sua palatabilidade, devido à adstringência, além de outros efeitos antinutricionais, como danos à mucosa intestinal e interferência na absorção de ferro, glicose e vitamina B₁₂ (SANTOS, 2006; BENEVIDES et al., 2011; CASTEJON et al., 2011). No entanto, os taninos apresentam-se como importantes substratos em alguns setores da indústria, como na produção de cerveja e de resinas e no curtimento de pele animal para produção de couro (SANTOS, 2006).

Apesar da ação negativa do tanino no valor nutritivo de certos alimentos, estudos têm demonstrado que os compostos fenólicos, incluindo os taninos, apresentam atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, que podem inibir ou retardar a formação de radicais livres e as reações de oxidação nos tecidos e membranas. Estudos experimentais em animais e em cultura de células humanas têm mostrado o papel dos polifenóis na prevenção de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, diabetes e osteoporose (SCALBERT et al., 2005; NSIMBA et al., 2008; HIROSE et al., 2010).

Inibidores de proteases são proteínas amplamente distribuídas no Reino Vegetal, que tem a capacidade de inibir a atividade de enzimas proteolíticas como a tripsina, quimiotripsina e carboxipeptidase, formando complexos muito estáveis. A presença dos inibidores de tripsina no trato intestinal reduz a ação das enzimas responsáveis pela digestão das proteínas, levando ao aumento na produção enzimática pelo pâncreas, com

consequente hipertrofia deste órgão, além da redução na taxa de crescimento. Na nutrição humana, tais fatores antinutricionais têm pequena consequência, pois são termolábeis e geralmente destruídos nas condições normais de preparo doméstico ou industrial dos alimentos (PAULA, 2007; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009; LOPES et al., 2009).

Os nitratos estão presentes no solo e na água, sendo distribuídos em alimentos de origem animal e vegetal. Algumas plantas acumulam nitrato nas raízes e na parte aérea quando a absorção excede as suas necessidades metabólicas. Entretanto, os órgãos reprodutivos, frutos e sementes são supridos com aminoácidos via floema, possuindo, dessa forma, baixos teores de nitrato (BENINNI et al., 2002; SANTOS, 2006). No ser humano, interfere no metabolismo da vitamina A e nas funções da glândula tireoide, podendo sofrer redução a nitrito no organismo e, após absorvidos, originam cianoses devido à formação de metamioglobina ou, ainda, reagem com aminas secundárias e terciárias, formando compostos N-nitrosos, potencialmente carcinogênicos (BENINNI et al., 2002; SANTOS, 2006; LOPES et al., 2009; PAULA et al., 2009; BENEVIDES et al., 2011).

Apesar da presença dos fatores antinutricionais no grão de quinoa, estas substâncias podem ser inativadas ou reduzidas a níveis seguros à saúde quando se utilizam técnicas adequadas de processamento industrial e, ou, doméstico no preparo desse alimento (BORGES et al., 2010).

É essencial a realização de estudos dos fatores antinutricionais dos vegetais de uso convencional e não convencional, a fim de determinar quais são os compostos que interferem no seu valor nutritivo. Assim, há necessidade de estudos mais detalhados para determinação de seus principais fatores antinutricionais.

Objetivou-se com este trabalho determinar e quantificar os principais fatores antinutricionais presentes nos grãos de quinoa 'BRS Piabiru', propondo algumas técnicas adequadas para a inativação ou redução a níveis seguros à saúde, contribuindo para que o consumo da quinoa possa ser definitivamente incorporado à nossa dieta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado nos Laboratórios de Pesquisa de Cereais, Amido, Farinha e Panificação Experimental e de Embalagens, do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Viçosa. A quantificação de ácido fítico e dos inibidores de tripsina foi realizada no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do ITAL (Campinas, SP), e a quantificação de taninos e de nitratos foi realizada na Agrolab (Vila Velha, ES).

2.1. Matéria-prima

Foram utilizados grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) da variedade BRS Piabiru safra 2013, Lote BSB-004/13, fornecida pela EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF. Como referência, as mesmas análises foram conduzidas com grãos de quinoa 'Real' safra 2013, Lote SP152303/0213, importada do Peru, adquirida da empresa Boaluz Comércio de Gêneros Alimentícios Ltda., São Paulo, SP.

2.2. Métodos

Os grãos de quinoa de cada variedade foram peneirados, limpos manualmente para separação de material indesejável, partículas menos

densas e material mais fino proveniente da colheita e debulha e armazenados em sacos plásticos de polietileno, identificados e mantidos sob refrigeração (5 ± 2 °C) até o momento das análises, para evitar degradação de seus principais componentes durante o período do experimento.

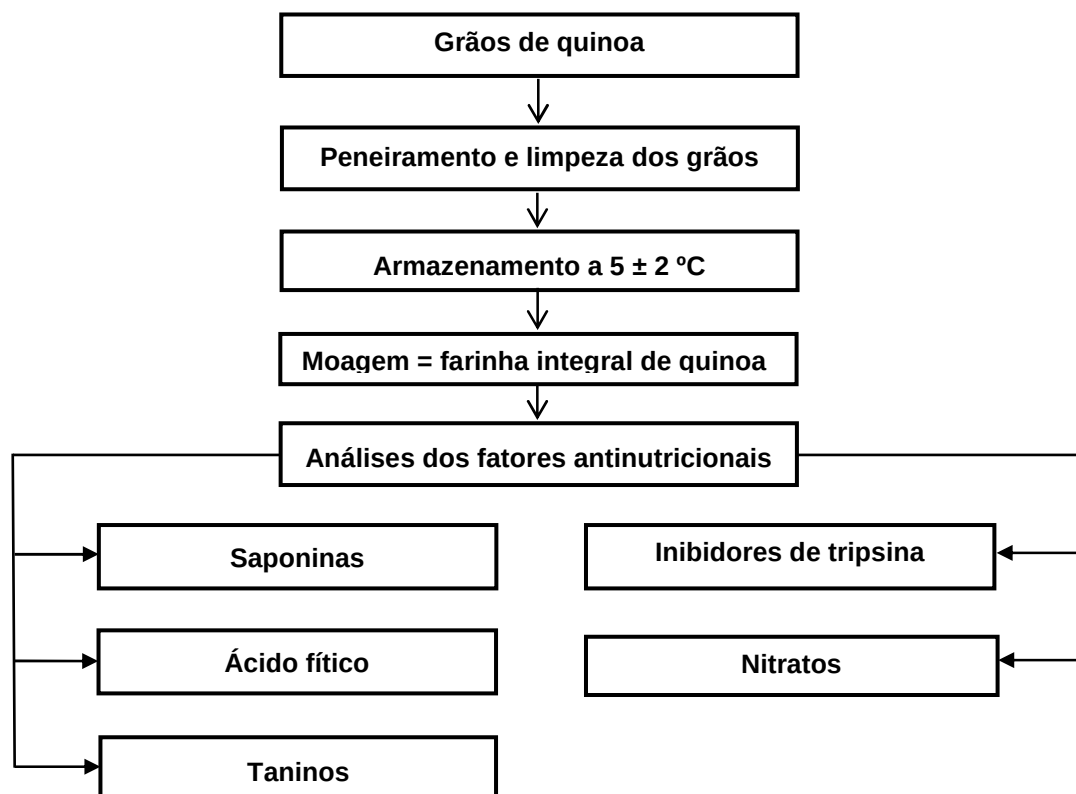


Figura 1 – Fluxograma das etapas de limpeza e das análises dos fatores antinutricionais dos grãos das duas variedades de quinoa.

2.2.1. Extração e quantificação de saponinas

A determinação da quantidade de saponinas totais nos grãos das duas variedades de quinoa foi realizada por espectrofotometria baseada no procedimento estabelecido por Monje e Raffaillac (2006), conforme descrito por Lozano et al. (2012) utilizando o reagente de Lieberman-Burchard (LB), que reage com as saponinas e produz compostos coloridos. O reagente

consiste em uma mistura de 16,7% de anidrido acético em ácido sulfúrico concentrado.

A extração das saponinas foi realizada segundo procedimento descrito por Lozano et al. (2012), utilizando-se como solvente etanol:água (1:1) e relação de massa de grãos por volume de solvente de 1:9 (g mL⁻¹). Assim, para cada amostra, pesaram-se cerca de 5 ($\pm$ 0,0001) g de grãos de quinoa, e acrescentaram-se 45 mL de solução extratora (etanol/água), procedendo à maceração sob agitação por 24 h à temperatura ambiente. Em seguida, o extrato foi filtrado e transferido para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com a solução extratora.

Uma alíquota de 0,5 mL foi transferida para um tubo de ensaio, adicionou-se 1,5 mL da mistura etanol:água (1:1) e 7 mL do reagente de Lieberman-Buchard, agitando-se por 20 seg em agitador de tubos e deixando em repouso por 30 min. A absorbância foi medida a 528 nm em espectrofotômetro (VARIAN, modelo Cary 50 Probe). A determinação do teor de saponinas foi feita em duplicata com quatro repetições de cada variedade de quinoa.

Para quantificar a porcentagem de saponinas presentes em cada amostra analisada, elaborou-se uma curva analítica utilizando um padrão de saponinas (Sigma-Aldrich®) nas seguintes concentrações: 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; e 0,40 mg mL⁻¹. Para cada concentração, prepararam-se 2 mL com a solução etanol/água, e adicionaram-se 7 mL do reagente de Lieberman-Burchard, agitando por 20 seg em agitador de tubos e deixando em repouso por 30 min e medindo a absorbância em espectrofotômetro a 528 nm. A equação de regressão linear obtida foi utilizada para quantificar o teor de saponinas presente nas amostras.

2.2.2. Extração e quantificação de ácido fítico

O método colorimétrico para determinação de fitato baseia-se na reação entre o íon férrico e o ácido sulfossalicílico (reagente de Wade – RW) com formação de um complexo de coloração rosa-escura que possui absorção máxima a 500 nm, de acordo com a metodologia MA-CQ179 (ITAL, Campinas, SP), baseada no trabalho de Latta e Eskin (1980). Na

presença de fitato, o ferro liga-se a esse grupamento fosfato, ficando indisponível para reagir com o ácido sulfossalicílico, reduzindo, assim, a intensidade da cor do RW.

Foram pesados $1,0 \pm 0,001$ g de cada amostra de farinha integral de quinoa, e efetuou-se a extração do fitato com 20 mL de solução de HCl 0,65 N sob agitação mecânica, por 1 h à temperatura ambiente, seguida de centrifugação a 15.000 xg por 30 min a 15 °C. Filtrou-se o sobrenadante em papel-filtro, uma alíquota de 5,0 mL do filtrado foi diluída em 25 mL de água desionizada e 10 mL do extrato diluído foram purificados em coluna de troca iônica pré-preparada (resina AG1-X8 200-400 mesh), para a separação do fitato. A coluna foi lavada com 15 mL de água, em seguida com 15 mL de NaCl 0,1 M, para eluir o fósforo inorgânico e, finalmente, com 15 mL de NaCl 0,7 M, para a eluição do fitato. Alíquotas de 3 mL do eluato foram adicionadas de 1 mL do reagente de Wade (0,03% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e 0,3% de ácido sulfossalicílico em água desionizada). Os tubos foram agitados em agitador para tubos por 5 seg, realizando-se a leitura da absorbância a 500 nm em espectrofotômetro UV/Vis, utilizando água ultrapura para zerar o espectrofotômetro (LATTA; ESKIN, 1980; NAVES et al., 2014). A determinação do teor de fitato foi feita em duplicata para cada variedade de quinoa.

Para determinação da concentração de fitato nas amostras, elaborou-se uma curva analítica com concentrações de 5 a 40 $\mu\text{g mL}^{-1}$ de ácido fítico em água desionizada, utilizando fitato de sódio (Sigma-Aldrich®) como padrão e observando os mesmos procedimentos utilizados para as amostras analisadas, de acordo com o método descrito por Latta e Eskin (1980). A equação de regressão linear obtida foi utilizada para quantificar o teor de ácido fítico presente nas amostras em mg g^{-1} .

2.2.3. Extração e quantificação de taninos

A determinação da concentração de taninos nas amostras de quinoa foi realizada utilizando o método 255/IV do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), que envolve a redução do reagente Folin-Dennis, em meio básico, pelo tanino presente na amostra, produzindo uma coloração azul intensa,

que é medida na região do visível a 760 nm. O resultado foi expresso em ácido tânico.

Para a extração dos taninos das amostras de quinoa, pesou-se $0,5 \pm 0,001$ g dos grãos moídos, acrescentando 10 mL de HCl 1% em metanol. As amostras foram agitadas levemente por 20 min e centrifugadas a 1.000 rpm por 8 min (RODRIGUES et al., 1998). O sobrenadante foi filtrado em papel-filtro e evaporado sob pressão reduzida. O resíduo foi dissolvido em água desionizada e transferido para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com água. Foram transferidos 5 mL do extrato de cada amostra para um balão volumétrico de 100 mL contendo 75 mL de água. Adicionaram-se 5 mL do reagente Folin-Dennis e 10 mL da solução saturada de carbonato de sódio, sendo completado o volume com água desionizada. Agitou-se bem, efetuando a leitura em espectrofotômetro a 760 nm após 30 min e usando um branco preparado da mesma forma com água desionizada no lugar da amostra (BRASIL, 2005). A quantificação de taninos foi feita em duplicata para cada variedade de quinoa.

Para determinação da concentração de taninos nas amostras, elaborou-se uma curva analítica utilizando solução-padrão de ácido tânico em água ($0,1 \text{ mg mL}^{-1}$). Pipetaram-se alíquotas de 1 a 10 mL da solução-padrão de ácido tânico em balões volumétricos de 100 mL, contendo 75 mL de água. Adicionaram-se 5 mL do reagente Folin-Dennis e 10 mL da solução saturada de carbonato de sódio, completando o volume com água desionizada. Agitou-se bem, fazendo a leitura em espectrofotômetro a 760 nm após 30 min (BRASIL, 2005). A equação de regressão linear obtida foi utilizada para quantificar o teor de taninos presente nas amostras.

2.2.4. Determinação da atividade de inibidores de tripsina

A atividade dos inibidores de tripsina foi analisada com base no método enzimático que utiliza o Benzoil D,L-arginina-p-nitroanilida (BAPA) como substrato, conforme metodologia MA-CQ093 (ITAL, Campinas, SP), baseada no método oficial da AOCS Ba 12-75 (2009). A tripsina catalisa a hidrólise de proteínas e peptídeos, e os inibidores de tripsina formam um complexo fortemente estável, indisponibilizando a enzima. O método baseia-

se na hidrólise da ligação éster e amida do BAPA, um derivado sintético de aminoácidos, pela tripsina livre dos inibidores, sendo o produto da hidrólise, p-nitroanilida, determinada espectrofotometricamente. A atividade dos inibidores de tripsina é expressa em unidade de tripsina, sendo considerada como o número de unidades de tripsina inibidas por mg de amostra (UTI/mg). Uma unidade de tripsina é definida arbitrariamente como o aumento de 0,01 unidade de absorbância a 410 nm por 10 mL da mistura reativa, nas condições utilizadas pelo método (AOCS, 2009).

A extração a frio dos lipídeos das amostras de farinha integral de quinoa foi feita misturando-se 10 g da amostra com 100 mL de éter de petróleo em homogeneizador. Essa suspensão, após agitação por 90 min à temperatura ambiente, foi filtrada a vácuo e o resíduo, transferido para placa de Petri e seco à temperatura ambiente (DUARTE et al., 2010). Em seguida, as amostras desengorduradas foram armazenadas sob refrigeração a 0 °C, para posterior análise.

Para a extração dos inibidores de tripsina, pesou-se $1,0 \pm 0,001$ g de cada amostra de farinha de quinoa previamente desengordurada, e adicionaram-se 50,0 mL de solução 0,01 N de hidróxido de sódio. A suspensão foi agitada lentamente por 3 h à temperatura ambiente (AOCS, 2009) e filtrada em papel-filtro, utilizando-se o filtrado para determinação da atividade enzimática.

Em tubos de ensaio foram pipetadas alíquotas de 0,0; 0,6; 1,0; 1,4; e 1,8 mL do filtrado, em duplicata, sendo o volume final ajustado para 2,0 mL, com água destilada. A cada tubo, previamente acondicionado em banho-maria a 37 °C, foram adicionados 2,0 mL da solução de tripsina (0,02 mg mL⁻¹ de HCl 0,001 N), agitando-se rapidamente em agitador para tubos e colocando os tubos imediatamente no banho-maria a 37 °C. Após 10 min, adicionaram-se 5 mL de BAPA (0,4 mg mL⁻¹ de tampão Tris-HCl 50 mM L⁻¹, pH 8,2, contendo CaCl₂ 20 mM L⁻¹), agitando em agitador para tubos e colocando os tubos novamente no banho-maria. Imediatamente após 10 min, a reação foi interrompida pela adição de 1,0 mL de ácido acético 30% e agitando novamente os tubos. O branco foi preparado pipetando 2,0 mL do filtrado, adicionando-se 5 mL de BAPA, agitando e colocando os tubos em banho-maria a 37 °C, por 10 min. Adicionou-se 1,0 mL de ácido acético

30%, com agitação, e, em seguida, 2,0 mL da solução de tripsina, agitando-se novamente. A absorbância de cada ensaio foi determinada em espectrofotômetro, contra o branco a 410 nm (AOCS, 2009). Os resultados foram expressos como unidades de tripsina inibidas (UTI) por mg de amostra. A determinação da atividade de inibidores de tripsina foi feita em duplicata, para cada variedade de quinoa.

2.2.5. Quantificação de nitratos

A determinação de nitratos foi realizada utilizando o método 284/IV (BRASIL, 2005 citado por MANTOVANI et al., 2005). O nitrato é reduzido a nitrito em coluna de cádmio metálico em meio alcalino. A reação baseia-se na diazotação dos nitritos com ácido sulfanílico e copulação com cloridrato de alfa-naftilamina em meio ácido, formando o ácido alfa-naftilamino-p-azobenzeno-p-sulfônico de coloração rósea. O produto resultante foi determinado espectrofotometricamente a 540 nm.

Para determinação de nitratos, foram pesados $10 \pm 0,001$ g de cada uma das amostras de farinha integral de quinoa em béquer de 200 mL. Adicionaram-se 5 mL de solução de tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 50 g L^{-1} , misturando-se com bastão de vidro, e acrescentaram-se 50 mL de água desionizada quente (80°C). Deixou-se a suspensão em banho-maria a 80°C por 15 min, agitando frequentemente com o bastão de vidro. Procedeu-se da mesma forma com o branco de reagentes sem a adição da amostra. Com o auxílio do bastão e de um funil, transferiu-se o conteúdo quantitativamente para balão volumétrico de 200 mL, lavando bem o béquer com aproximadamente 50 mL de água. Deixou-se esfriar, e adicionaram-se 5 mL de solução de ferrocianeto de potássio [$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$] 150 g L^{-1} e 5 mL de sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 300 g L^{-1} . Agitou-se com movimentos de rotação após a adição de cada reagente, completando o volume com água desionizada. Deixou-se em repouso por 15 min, agitando vigorosamente várias vezes nesse período. A seguir, o material foi filtrado em papel-filtro qualitativo para frasco erlenmeyer de 250 mL. Transferiu-se uma alíquota de 20 mL do filtrado (primeiramente do branco de reagentes e na sequência das amostras) para béquer de 100 mL. Adicionaram-se 5 mL

da solução-tampão pH 9,6-9,7 (mistura de HCl 0,24 mol L⁻¹ e NH₄OH 0,75 mol L⁻¹) e 2 mL de solução de EDTA 50 g L⁻¹ (BRASIL, 2005).

Em seguida, as alíquotas foram percoladas em coluna contendo cádmio esponjoso, previamente preparada, a um fluxo inferior a 6 mL min⁻¹, recolhendo-se diretamente em balões volumétricos de 100 mL. As paredes do béquer foram lavadas três vezes consecutivas, com aproximadamente 15 mL de água desionizada, passando sequencialmente pela coluna de cádmio. Prosseguiu-se com a passagem de água pela coluna até completar o volume de 100 mL no balão volumétrico. Alíquotas de 10 mL (do branco de reagentes e das amostras, respectivamente) foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL, aos quais foram adicionados 5 mL de solução de sulfanilamida (C₆H₈N₂O₂S) e 5 g L⁻¹ em HCl 6 mols L⁻¹, agitando-se com movimentos de rotação. Após 5 min, adicionaram-se 3 mL de reagente NED 5 g L⁻¹ em água desionizada (C₁₂H₁₆Cl₂N₂ - cloreto de alfa-naftiletilenodiamina), completando o volume com água desionizada. Misturou-se bem, deixando desenvolver a cor por 15 min. Determinou-se a absorbância a 540 nm, utilizando espectrofotômetro (BRASIL, 2005).

Para obter a curva analítica de nitrito de sódio, foram pipetadas alíquotas de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mL de solução-padrão de trabalho de nitrito de sódio (8 µg mL⁻¹) para balões volumétricos de 50 mL. Adicionaram-se, a cada um, 5 mL de reagente sulfanilamida, misturou por rotação e, após 5 min, adicionaram-se 3 mL de reagente NED. Completou-se o volume com água desionizada homogeneizando-se. Deixou-se desenvolver a cor por 15 min, e determinou-se a absorbância a 540 nm contra o branco de reagentes. Construiu-se a curva analítica com os valores de absorbância no eixo Y e de concentração de nitrito de sódio 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,80; 0,96; e 1,12 µg mL⁻¹ no eixo X. Calcularam-se os coeficientes linear e angular da reta (absortividade, considerando o caminho óptico da cubeta de 1 cm) contra o branco de reagentes (passado pela coluna). O resultado refere-se ao teor de nitrito de sódio total. Para determinação da concentração de nitrato, descontou-se o valor de nitrito de sódio presente na amostra (reação colorimétrica do filtrado antes de passá-lo pela coluna de cádmio esponjoso) (BRASIL, 2005). A determinação da concentração de nitratos foi feita em duplicata, para cada variedade de quinoa.

As equações 1, 2 e 3 foram utilizadas para o cálculo do teor de nitratos das amostras de farinha de quinoa.

$$\frac{(A_a - b) \times 5.000}{P \times a} = \text{nitrito de sódio total, em mg kg}^{-1} \quad [\text{equação 1}]$$

$$\frac{(A_a - b) \times 1.000}{P \times a} = \text{nitrito de sódio, em mg kg}^{-1} \quad [\text{equação 2}]$$

Nitrato de sódio (em NaNO_3) = (nitrito de sódio total - nitrito de sódio) x 1,231
[equação 3]

em que:

A_a = absorbância da amostra;

b = coeficiente linear da curva analítica de nitrito de sódio;

a = absortividade, coeficiente angular da curva analítica de nitrito de sódio;

P = massa da amostra em g;

5.000 = fator de diluição da amostra para cálculo do nitrito de sódio total;

1.000 = fator de diluição da amostra para cálculo do nitrito de sódio; e

1,231 = fator de conversão de nitritos em nitratos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentaram teor de saponinas superior ($P < 0,01$) em relação aos grãos de quinoa da variedade Real, apesar de a quinoa produzida no Brasil ser considerada variedade de quinoa “doce”, ou seja, com baixo teor de saponinas. Esse resultado pode ser confirmado pelas Figuras 5, 6 e 7, apresentadas no Capítulo 3, que mostram que os grãos da variedade BRS Piabiru, por não terem passado por nenhum processamento de limpeza ou polimento após a colheita, exibiram uma cobertura áspera devido à presença de saponinas e outras estruturas da casca. Os grãos da variedade Real adquiridos comercialmente normalmente são processados e polidos para remoção da maior parte das saponinas presentes, verificando-se notável diferença na superfície desses em relação aos grãos da variedade de quinoa brasileira e mostrando a eficiente remoção dessa camada mais áspera após o processamento da quinoa, reduzindo, assim, a quantidade de saponinas desses grãos.

Koziol (1992) encontrou teores de saponinas em grãos de quinoa variando de 0,07% (bs) na variedade Sajama até 1,12% (bs) na variedade INIAP-San Juan. Segundo esse autor, fatores como variedade, procedência e condições climáticas podem estar relacionados com as diferenças nos teores de saponinas, assim como os métodos de análise utilizados. Bhargava et al. (2006) citaram que o déficit hídrico no solo também pode afetar negativamente o teor de saponinas.

Tabela 1 – Concentração dos fatores antinutricionais nas farinhas integrais de quinoa das variedades BRS Piabiru e Real (média $\pm$ desvio-padrão)

Compostos	Variedades			
	BRS Piabiru		Real	
	(bu)	(bs)	(bu)	(bs)
Saponinas (g 100 g ⁻¹)	0,61 $\pm$ 0,03**	0,68 $\pm$ 0,03**	0,43 $\pm$ 0,04	0,48 $\pm$ 0,04
Ácido fítico (g 100 g ⁻¹)	0,61 $\pm$ 0,06	0,68 $\pm$ 0,07	0,48 $\pm$ 0,04	0,54 $\pm$ 0,04
Taninos (g 100 g ⁻¹)	0,14	0,15	0,14	0,16
Inibidores de tripsina (UTI mg ⁻¹)	ND		0,17 $\pm$ 0,00	
Nitratos (mg 100 g ⁻¹)	1,25	1,40	0,83	0,93

UTI = unidades de tripsina inibidas.

ND = Não detectado.

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Vários outros autores determinaram a concentração de saponinas nos grãos de quinoa. Chauhan et al. (1992) obtiveram teor de 2,05 g 100 g⁻¹ (bs), Ruales e Nair (1993a) de 0,9 g 100 g⁻¹ (bs) e Ando et al. (2002) de 2,63 g 100 g⁻¹, valores superiores aos observados neste trabalho.

A quantidade de saponina normalmente é reduzida ou removida da parte externa do grão de quinoa, com a finalidade de conferir melhor gosto e aceitação pelo consumidor, diminuindo sua toxicidade. Esse processo pode ser realizado por meio da seleção de variedades de quinoa denominadas “doce”, por métodos úmidos (lavagem vigorosa em água fria) ou secos (tratamento térmico, extrusão, torrefação ou abrasão mecânica) ou por combinação dos dois métodos (DINI et al., 2001; MUJICA et al., 2001; SPEHAR, 2007; BORGES et al., 2010).

Apesar de a remoção da casca ser positiva para melhorar o gosto do produto, a desvantagem desse método é a perda de nutrientes como vitaminas e minerais, sendo essas perdas significativas no caso de potássio, ferro, zinco e manganês (RUALES; NAIR, 1993b; JANCUROVÁ et al., 2009). Por essa razão, sugere-se a utilização do método úmido combinado com o polimento, o que garante a obtenção de derivados de quinoa com teores de

saponina efetivamente reduzidos e minimiza as perdas nutricionais (BORGES et al., 2010).

Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentaram 26% de ácido fítico a mais que os grãos da variedade Real, conforme mostrado na Tabela 1. Entretanto, os teores de ácido fítico obtidos neste trabalho foram inferiores ao teor de 1,34 g 100 g⁻¹ observado por Hager et al. (2012), porém superiores aos teores reportados por Chauhan et al. (1992) de 0,17 g 100 g⁻¹ (bs) em grãos integrais de quinoa e 0,19 g 100 g⁻¹ (bs) em grãos lavados. A concentração de ácido fítico em cinco diferentes variedades de quinoa estudadas por E. Tagliaferri (citado por KOZIOL, 1992) variou de 1,05 a 1,31 g 100 g⁻¹ (bs), e o teor médio de ácido fítico foi de 1,18 g 100 g⁻¹ em cinco variedades de quinoa estudadas por Valencia-Chamorro (citado por JANCUROVÁ et al., 2009).

Ruales e Nair (1993a), analisando a quantidade de ácido fítico em grãos de quinoa da variedade Latinreco-40057 do Equador, obtiveram teor de 1,04 g 100 g⁻¹ (bs) nos grãos inteiros e 0,78 g 100 g⁻¹ (bs) nos grãos polidos e lavados. Segundo esses autores, o processo de remoção de saponinas desses grãos por escovação e lavagem reduziu aproximadamente 30% a quantidade de ácido fítico. Esse resultado pode explicar a diferença no teor de ácido fítico encontrada nas variedades de quinoa utilizadas neste estudo, visto que os grãos de quinoa 'Real' são normalmente polidos ou lavados para comercialização. Segundo Souza (2003 citado por PAULA, 2007), as variações nos teores de ácido fítico normalmente encontradas na literatura são devidas, além do genótipo, a variações nas condições ambientais e na dose aplicada de fertilizantes, ao armazenamento e aos métodos utilizados em sua determinação.

O conteúdo de ácido fítico pode ser significativamente reduzido por processos de maceração em água, germinação, cozimento ou fermentação. A eficiência da degradação é maior nos processos que favorecem a ativação da fitase, como germinação e fermentação (RUALES; NAIR, 1993a; OLIVEIRA et al., 2003; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009; BORGES et al., 2010).

As duas variedades de quinoa estudadas apresentaram teores de taninos bem próximos: 0,15 g 100 g⁻¹ (bs) na variedade BRS Piabiru e 0,16 g 100 g⁻¹ (bs) na variedade Real.

Conforme Valencia-Chamorro (citado por JANCUROVÁ et al., 2009), os taninos estão presentes em pequenas quantidades nos grãos de quinoa, variando de 0,53 g 100 g⁻¹ em grãos integrais a 0,23 g 100 g⁻¹ após o descascamento e a lavagem com água. Goristein et al. (2008) relataram teores de taninos de 0,051 g 100 g⁻¹ (bs) em grãos de quinoa provenientes do Peru, e Ruales e Nair (1993a) verificaram que taninos não estavam presentes em níveis detectáveis em grãos de quinoa integrais ou polidos e lavados. Entretanto, Chauhan et al. (1992) constataram que o teor de taninos nos grãos de quinoa da variedade americana D-407 Colorado de porte baixo variou de 0,53% (bs) no grão inteiro a 0,39% (bs) no grão descascado e lavado com água.

A concentração de polifenóis nos alimentos varia de acordo com a genética, fatores ambientais e tecnológicos, e alguns desses podem ser controlados para otimizar o seu teor nos alimentos. Seus efeitos na saúde dependem tanto da quantidade ingerida quanto da sua biodisponibilidade, que pode apresentar grandes variações (CARDOSO et al., 2009). De acordo com Santos (2006), teores de polifenóis acima de 1,0 g 100 g⁻¹ (bs) são considerados elevados e prejudiciais à digestibilidade de proteínas. Dessa forma, as quantidades de taninos encontradas nas duas variedades de grãos de quinoa estudadas podem ser consideradas não prejudiciais à saúde.

A variedade Real apresentou teor de 0,17 UTI mg⁻¹, enquanto não foi detectado inibidor de tripsina na variedade BRS Piabiru, nas condições analíticas utilizadas. Baixos teores de inibidor de tripsina também foram reportados por vários autores (RUALES; NAIR, 1993a; ANDO et al., 2002; VEGA-GÁLVEZ et al., 2010).

Lopes et al. (2009) obtiveram teor de inibidor de tripsina de 2,11 UTI mg⁻¹ na farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru', considerado inferior às quantidades presentes em outros alimentos vegetais comumente utilizados na alimentação humana no Brasil. Esse resultado coincidiu com valores citados por Jancurová et al. (2009), que reportaram quantidades desse fator

antinutricional em amostras de quinoa na faixa de 1,36 a 5,04 UTI mg⁻¹, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

Segundo Ando et al. (2002), os teores de inibidores de tripsina foram mais elevados no embrião das sementes de quinoa (0,16 UTI mg⁻¹) em relação ao grão inteiro (0,07 UTI mg⁻¹). Chauhan et al. (1992) pesquisaram os fatores antinutricionais presentes em grãos de quinoa e obtiveram teores de 4,0 UTI mL⁻¹ de inibidores de tripsina no grão inteiro, 6,5 UTI mL⁻¹ na casca e apenas 0,75 UTI mL⁻¹ no farelo e no grão polido e lavado com água. Na farinha, não foi detectada a presença de inibidores de tripsina, mostrando que esses compostos estão presentes somente nas camadas mais externas dos grãos de quinoa.

A quinoa contém pequenas quantidades de inibidores de tripsina, muito inferiores às aquelas presentes em grãos comumente consumidos. Além disso, os tratamentos térmicos normalmente utilizados no preparo doméstico inativam essas proteínas e, portanto, não representam maiores preocupações.

Os grãos de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru apresentaram concentração de nitratos 50% superior à da variedade importada. O teor de nitrato encontrado por Lopes et al. (2009) na farinha integral de quinoa 'BRS Piabiru' (63,26 mg 100 g⁻¹) foi muito superior aos valores observados neste trabalho, nas duas variedades de quinoa estudadas.

O menor teor de nitratos observado na variedade importada pode ser devido ao processo de limpeza desses grãos para remoção de saponinas, uma vez que o íon nitrato tende a se difundir na água, pois é bastante solúvel, além do genótipo, de variações nas condições ambientais, na dose aplicada de fertilizantes, bem como aos métodos de análises utilizados.

Segundo Benevides et al. (2011), a ingestão diária aceitável (IDA) recomendada pela World Health Organization (WHO) dos íons nitrato e nitrito é de 3,7 e 0,06 mg kg⁻¹ de peso corpóreo por dia, respectivamente. Portanto, para um adulto de 60 kg, a ingestão de nitrato não deve ultrapassar 222 mg dia⁻¹ e de nitrito 3,6 mg dia⁻¹. Dessa forma, a farinha integral de quinoa não oferece risco à saúde do consumidor quanto à presença de nitratos.

4. CONCLUSÕES

Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru apresentaram baixa concentração de ácido fítico, taninos e nitratos, não sendo detectada a presença de inibidores de tripsina.

A variedade BRS Piabiru, considerada “doce”, apresentou saponinas em seus grãos, necessitando de sua remoção para lhes conferir melhor gosto e melhor aceitação pelo consumidor.

Os baixos teores desses compostos indicam que a farinha integral de quinoa da variedade brasileira pode ser consumida sem risco para a saúde quanto a esses fatores antinutricionais.

5. REFERÊNCIAS

ANDO, H.; CHEN, Y.; TANG, H.; SHIMIZU, M.; WATANABE, K.; MITSUNAGA, T. Food components in fractions of quinoa seed. **Food Science and Technology Research**, v. 8, n. 1, p. 80-84, 2002.

AOCS – AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society**. AOCS Official Method Ba 12-75. 6th ed. reapproved 2009. Urbano, Illinois: AOCS, 2009.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 62-79, 2011.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, Jun. 2002.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – An indian perspective. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 1, p. 73-87, Jan. 2006.

BORGES, J. T. S.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 9-23, Enero/Junio, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE – ANVISA. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018 p.

CARDOSO, R. M.; BARRÉRE, A. P. N.; TROVÃO, F. C. S. Os fitoquímicos e seus benefícios na saúde. **Einstein**: educação contlnuada em saúde. São Paulo, v. 7, n. 2 (PT 2), p. 106-109, 2009. Disponível em: <<http://www.einstein.br/einstein-saude/pagina-einstein/documents/os-fitoquimicos-e-seus-beneficios.pdf>>. Acesso em: 14 Nov. 2014.

CARLI, L.; ROSSO, N. D.; SCHNITZLER, E.; CARNEIRO, P. I. B. Estudo da estabilidade do complexo ácido fítico e o íon Ni(II). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 19-26, Jan./Mar. 2006.

CASTEJON, F. V. **Taninos e saponinas**. 2011. 26 f. Seminário Aplicado (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

CHAUHAN, G. S.; ESKIN, N. A. M.; TKACHUK, R. Nutrients and antinutrients in quinoa seed. **Cereal Chemistry**, v. 69, n. 1, p. 85-88, 1992.

DINI, I.; SCHETTINO, O.; SIMIOLI, T.; DINI, A. Studies on the constituents of *Chenopodium quinoa* seeds: isolation and characterization of new triterpene saponins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 741-746, Febr. 2001.

DUARTE, M. S. L.; PEREIRA, C. A. S.; SOUZA, E. C. G.; CONCEIÇÃO, L. L. Determinação da atividade *in vitro* de inibidores de tripsina no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) preto, albumina e globulina. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 373-376, Jul./Set. 2010.

FARRO, P. C. A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) da variedade “Real”**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÎZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 43, n. 4, p. 629-637, Apr. 2008.

HAGER, A.-S.; WOLTER, A.; JACOB, F.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 239-247, Sep. 2012.

HIROSE, Y.; FUJITA, T.; ISHII, T.; UENO, N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1300-1306, Apr. 2010.

JANCUROVÁ, M.; MINAROVIČOVÁ, L.; DANDÁR, A. Quinoa: a review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 2, p. 71-79, 2009.

KHATTAB, R. Y.; ARNTFIELD, S. D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 1113-1118, Jul. 2009.

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

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, Nov. 1980.

LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; DA SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, SP, v. 20, n. 4, p. 669-675, Out./Dez. 2009.

LOZANO, M.; TICONA, E.; CARRASCO, C.; FLORES, Y.; ALMANZA, G. R. Cuantificación de saponinas em resíduos de Quinoa Real *Chenopodium quinoa* Willd. **Revista Boliviana de Química**, v. 29, n. 2, p. 131-138, 2012.

MANTOVANI, J. R.; DA CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARBOSA, J. C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 53-59, Jan. 2005.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. O. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro**. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>>. Acesso em: 14 Nov. 2014.

NAVES, L. P.; RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; CORRÊA, A. D.; OLIVEIRA, D. H.; OLIVEIRA, E. C.; DUARTE, W. F.; CUNHA, M. R. R. Comparison of methodologies to quantify phytate phosphorus in diets containing phytate and excreta from broilers. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 7, p. 1003-1012, Jul. 2014.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. **Food Chemistry**, v. 106, n. 2, p. 760-766, Jan. 2008.

OLIVEIRA, A. C.; REIS, S. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; PIMENTA, F. M. V.; RIOS, K. R.; PAIVA, K. C.; SOUSA, L. M.; ALMEIDA, M.; ARRUDA, S. F. Adições crescentes de ácido fítico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 211-217, Abr./Jun. 2003.

PAULA, S. A. de. **Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

PAULA, D. C.; FRUTUOZO, J. R.; SANTOS, T. D.; PINHEIRO, A. L. B. Investigação do teor de nitrito em linguças do tipo toscana, comercializadas na região de Franca-SP. **Revista Uniara**, v. 12, n. 2, p. 101-118, Dez. 2009.

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. D.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

RODRIGUES, W. A.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G.; BERTECHINI, A. G.; TOSELL, G. A. Métodos para determinar taninos em sorgo, avaliando-se o desempenho de aves e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 22, n. 4, p. 540-550, Out./Dez. 1998.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Saponins, phytic acid, tannis and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 137-143, 1993a.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. **Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 131-136, 1993b.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 294-301, Mar./Abr. 2006.

SCALBERT, A.; MANACH, C.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 4, p. 287-306, 2005.

SILVA, M. A. **Estudo térmico e cinético de precursores naturais de hormônios**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SPEHAR, C. R. (Ed. Técnico). **Quinoa**: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.

VEGA-GÁLVEZ, A. V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variedade de quinoa BRS Piabiru apresentou características físicas importantes para sua qualidade comercial, podendo ainda favorecer as operações de processamento pós-colheita.

A farinha integral da quinoa brasileira apresentou altos teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar, além de quantidades expressivas de minerais, carotenoides, niacina e tocoferóis. Sua proteína mostrou bom equilíbrio em aminoácidos essenciais, destacando o valor nutricional dessa farinha.

A quinoa 'BRS Piabiru' apresentou concentrações de fatores antinutricionais inferiores às aquelas presentes em grãos normalmente consumidos. Observou-se a presença de saponinas em seus grãos, o que sugere a necessidade de um processamento com a finalidade de lhes conferir melhor gosto e melhor aceitação pelo consumidor.

A utilização de processamento industrial e o emprego de técnicas adequadas de manipulação e preparo doméstico dos grãos e derivados de quinoa podem favorecer a redução dos principais fatores antinutricionais presentes, além de melhorar sua aceitação sensorial.

Este estudo mostrou que a quinoa 'BRS Piabiru' tem grande potencial como fonte alimentar de elevado valor nutricional, apresentando características similares e algumas até superiores à variedade importada, podendo ser utilizada sozinha ou em combinação com outras farinhas para

se ter uma alimentação saudável e agregar valor na elaboração de novos produtos, sendo recomendado seu uso, principalmente, na alimentação infantil e para os portadores da doença celíaca.

Tornar o consumo da quinoa popular no Brasil é um grande desafio que exigirá ampla divulgação de informações sobre o seu cultivo, de seus benefícios à saúde para os consumidores, além de “marketing” comercial adequado e de tecnologias pós-colheita eficientes.

Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para maior divulgação da quinoa como matéria-prima para a indústria de alimentos, para seu consumo doméstico e para novos estudos e pesquisas.

Outros estudos com a quinoa ‘BRS Piabiru’ podem ser sugeridos como: perdas nutricionais no processamento e preparo culinário; estudo do valor biológico de sua proteína; determinação do peso molecular e do perfil cromatográfico dos extratos proteicos; determinação das propriedades funcionais e tecnológicas da proteína; extração e determinação das propriedades funcionais e tecnológicas do amido; determinação do teor de amilose, amilopectina e de amido resistente; e extração, caracterização química e perfil de ácidos graxos dos lipídios da quinoa.

É importante também a incorporação gradativa da quinoa à alimentação com o desenvolvimento de novos produtos: utilização da quinoa em produtos extrudados e de panificação com melhores aspectos nutricionais e sensoriais; confecção de barras de cereais; e desenvolvimento de bebidas aromatizadas, utilizando-se o extrato solúvel da quinoa.