



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM E DO ARMAZENAMENTO NA
QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA**

EDER STOLBEN MOSCON

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA-DF
FEVEREIRO/2020



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM E DO ARMAZENAMENTO NA
QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA**

EDER STOLBEN MOSCON

ORIENTADOR: LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: N° ____/2020

**BRASÍLIA-DF
FEVEREIRO/2020**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIA DA SECAGEM E DO ARMAZENAMENTO NA
QUALIDADE DE SEMENTES DE QUINOA**

EDER STOLBEN MOSCON

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTOR.**

APROVADA POR:

LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM, Dr. / UnB / luizblum@unb.br / Orientador

ERNANDES RODRIGUE DE ALENCAR, Dr. / UnB / ernandesalencar@unb.br / Examinador
interno

MAURÍCIO ROSSATO, Dr. / UnB / mauricio.rossato@unb.br / Examinador Externo

CAROLINE JÁCOME COSTA, Dra. / EMBRAPA / caroline.costa@embrapa.br /
Examinador Externo

BRASÍLIA-DF, 27 de FEVEREIRO de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Stolben Moscon, Eder

Influência da secagem e do armazenamento na qualidade de sementes de quinoa / Eder Stolben Moscon; Orientador Luiz Eduardo Bassay Blum. -- Brasília, 2020.

117 p.: il.

Tese (Doutorado - Doutorado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2020.

1. *Chenopodium quinoa* Willd. 2. Ambientes. 3. Enzimas. 4. Fungos. 5. Temperaturas. 6. Vigor. I. Bassay Blum, Luiz Eduardo, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Moscon, E. S. **Influência da secagem e do armazenamento na qualidade de sementes de quinoa**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 117 p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: EDER STOLBEN MOSCON

TÍTULO DA TESE: Influência da secagem e do armazenamento na qualidade de sementes de quinoa.

GRAU: DOUTOR ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Tese de Doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Tese de Doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Nome: Eder Stolben Moscon

(61) 9 9677-6701 / hederstolben@hotmail.com

OFEREÇO,

A DEUS.

“Que proveito tira o homem de todo o trabalho com que se afadiga debaixo do sol? Uma geração vai, outra vem, mas a terra sempre subsiste. O sol se levanta, o sol se põe e se apressa a voltar a seu lugar onde renasce. O vento sopra para o sul, volta para o norte, volteia e gira nos mesmos circuitos” “Em conclusão: tudo bem entendido, teme a Deus e observa seus preceitos, é este o dever de todo homem. Deus fará prestar conta de tudo o que está oculto, todo ato, seja ele bom ou mau” (Eclesiastes 1, 3-7; 12, 13-14).

DEDICO

a família e amigos, razão do meu existir.

AGRADECIMENTO

A Deus por me iluminar, estando sempre ao meu lado, me dando força, saúde e paz para prosseguir.

A minha mãe, Lídia Maria Stolben, por todo amor, carinho, apoio, ensinamentos, valores éticos, e por sempre se dedicar a mim incondicionalmente.

A minha esposa Janaina Stolben, pelo carinho, compreensão, afeto, paixão, paciência e companheirismo.

A minha irmã Caroline, que sempre esteve ao meu lado, demonstrando amizade, carinho e compreensão sem igual.

A Aloysio Eleutério Becker, meu grande amigo, pai e exemplo, pelos ensinamentos e apoio.

A Universidade de Brasília, que me possibilitou diversos aprendizados, os quais abrirão portas para conquistar o que almejo para o futuro.

Ao professor Luiz Eduardo Bassay Blum, que acreditou na minha capacidade, pela confiança em mim conferida, por encarar o desafio de me orientar, permitindo liberdade de pensamento, conduzindo-me com paciência, confiança e amizade.

Aos professores Samuel Martin, Carlos Roberto Spehar e Marcelo Fagioli, pela amizade, apoio, orientação e conhecimentos compartilhados.

Aos demais professores da UnB que fizeram parte de minha trajetória educacional, transmitindo ensinamentos em geral e indicando caminhos corretos a seguir.

A todos os amigos, em especial Cleiton Borges e família, Elza Ramos e família, Lorisval e família, Iara Alencar e família, Oscar Anaconda. Obrigado pelo afeto e carinho, fundamentais durante a caminhada

Ao amigo Israel, da Fazenda Água Limpa. Aos colegas e amigos do Laboratório de Micologia da UnB, sobretudo, Justino, Lincon, Doyglas e Pedro. Obrigado pelo carinho, compreensão, paciência e confiança.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa.

E a todas as pessoas que por ventura eu de momento não citei, e que de certa forma contribuíram para esse momento.

A todos vocês, de todo meu coração, muito obrigado!

RESUMO

A baixa qualidade de sementes tem sido fator limitante na produção de quinoa em regiões tropicais como o cerrado brasileiro, devido principalmente a alguns fatores, tais como a ocorrência de fungos associados ao desenvolvimento da semente, os processos pós-colheita efetuados de forma incorreta e a deterioração acelerada das sementes em função das condições em que são armazenadas. Este estudo teve por objetivo analisar a cinética de secagem e avaliar o efeito de diferentes formas de secagem, ambientes e períodos de armazenamento na qualidade fisiológica, sanitária e química em sementes de quinoa. Foram utilizadas sementes provenientes de multiplicação em área experimental da Universidade de Brasília, em Brasília-DF. As panículas foram colhidas e debulhadas manualmente após 120 dias do plantio e as sementes foram limpas em máquina de ar e classificadas em conjunto de peneiras. O processo de secagem foi realizado em camada fina, em estufa, e em terreiro suspenso, sob sol. Após a secagem, as sementes foram armazenadas em câmara fria a ± 10 °C e $\pm 50\%$ UR, câmara fria a 17 °C e $\pm 40\%$ UR e em ambiente de laboratório, sem controle. No Capítulo I, analisou-se a cinética de secagem, germinação e qualidade sanitária das sementes. No Capítulo II, foi mensurada a qualidade fisiológica das sementes e no Capítulo III, a qualidade química foi analisada. O modelo de Midilli foi o selecionado para descrever as curvas de secagem de quinoa. A germinação das sementes é afetada quando a secagem foi associada ao armazenamento em condições não controladas de temperatura e umidade. A qualidade sanitária das sementes foi afetada apenas pelo tempo de armazenamento, havendo redução na incidência de fungos nos últimos períodos de avaliação. O ambiente de armazenamento influencia a qualidade das sementes de quinoa, devendo-se considerar a possibilidade de armazená-las sob temperatura e umidade controladas. A atividade de enzimas amilolíticas é maior quando as sementes são armazenadas em câmara fria ou climatizada, por até 12 meses.

Termos para indexação: *Chenopodium quinoa* Willd., ambientes, enzimas, fungos, temperaturas, vigor.

ABSTRACT

The low quality of seeds has been a limiting factor in the production of quinoa in tropical regions such as the Brazilian 'Cerrado', mainly due to some factors, such as the occurrence of fungi associated with seed development, post-harvest processes carried out incorrectly and the accelerated deterioration of seeds depending on the conditions in which they are stored. This study aimed to analyze the drying kinetics and evaluate the effect of different forms of drying, environments and storage periods on the physiological, sanitary and chemical quality of quinoa seeds. Seeds from multiplication were used in an experimental area at the University of Brasília, in Brasília-DF. The panicles were harvested and threshed manually 120 days after planting and the seeds were cleaned in an air machine and classified as a set of sieves. The drying process was carried out in a thin layer, in stove and on a suspended terrace, under the sun. After drying, the seeds were stored in a cold chamber at ± 10 °C and $\pm 50\%$ RH, cold chamber at 17 °C and $\pm 40\%$ RH and in a laboratory environment, without control. In Chapter I, the kinetics of drying, germination and sanitary quality of seed were analyzed. In Chapter II, the physiological quality of the seeds was measured and in Chapter III, the chemical quality was analyzed. Seed germination is affected when drying has been associated with storage, under uncontrolled conditions of temperature and humidity. The health quality of the seeds was affected only by the storage time, with a reduction in the incidence of fungi in the last evaluation periods. The storage environment influences the quality of quinoa seeds, considering the possibility of storing them under controlled temperature and humidity. The activity of amylolytic enzymes is greater when the seed are stored in a cold or refrigerated chamber, for up to 12 months.

Index terms: *Chenopodium quinoa* Willd., enzymes, environment, fungi, temperature, vigor.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1. Representação esquemática da semente de quinoa, à esquerda: Pericarpo (PE) externamente à semente; Embrião constituído de eixo hipocótilo-radícula (H) e dois cotilédones (C); radícula (R); Endosperma (EN) presente na região da micrópila; Funículo (F); Perisperma (P); meristema apical (SA). Fonte: Prego et al, (1998); Gallardo et al., (1997)..... 7
- Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura de agregados de amido e grânulos de amido de sementes de quinoa. Adaptado de Ando et al. (2002)..... 8
- Figura 3. Diagrama esquemático mostrando a forma típica das respostas de viabilidade de sementes ao tempo de armazenamento, com um período assintomático em que há poucas mudanças detectáveis⁹⁵, seguido por um rápido declínio na viabilidade das sementes. Adaptado de Walters et al. (2010)..... 15

CAPÍTULO I

- Figura 1. Teor de água (A) e taxa de remoção de água (B) durante a secagem de sementes de quinoa sob diferentes formas, em função do tempo de secagem. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado..... 41
- Figura 2. Razão de umidade (A) e distribuição dos resíduos (B) dos valores observados e ajustados pelo modelo Midilli, para sementes de quinoa submetidas a secagem em diferentes formas. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado 43
- Figura 3. Teor de água (% base úmida), de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem, em função do tempo de armazenamento. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado..... 44
- Figura 4. Germinação (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento, em relação ao tempo de armazenamento. S1, S2 e S3 representam secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 corresponde a secagem em terreiro suspenso, ao sol; Ambientes de armazenamento: A1 - câmara seca (± 10 °C, $\pm 50\%$ UR); A2 - câmara seca (± 17 °C, $\pm 40\%$ UR); A3 – ambiente de laboratório..... 46

Figura 5. Incidência de sementes contaminadas (A) e de fungos (B) em sementes de quinoa submetidas a diferentes condições de secagem e armazenamento, em três períodos de avaliação (0, 6 e 12 meses).....	48
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Medias mensais de temperatura (°C) e umidade relativa (UR, %), nos diferentes ambientes de armazenamento das sementes de quinoa. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).....	61
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Valores observados e estimados da germinação (%) e primeira contagem (%) de sementes de quinoa, em função dos ambientes e tempos de armazenamento para as diferentes formas de secagem. S1, S2 e S3 - secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.....	65
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. Valores observados e estimados da Emergência (EP, %) e do Índice de velocidade de emergência de sementes de quinoa, em função dos ambientes e tempos de armazenamento para as diferentes formas de secagem. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.....	68
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Valores observados e estimados da condutividade elétrica da solução das sementes de quinoa, em função dos períodos e locais de armazenamento. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).....	70
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO III

Figura 1. Padrões eletroforéticos das proteínas totais de sementes de quinoa submetidas à secagem artificial em estufa e terreiro sob sol e armazenadas em ambiente sem controle de temperatura (A3). S1, S2 e S3 - secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.....	86
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados na predição do fenômeno de secagem.....	39
..	
Tabela 2. Coeficientes de determinação (R ²), erro médio relativo (P, decimal), desvio padrão estimado (SE, decimal) e variância explicada (VE) dos dez modelos analisados para a secagem de sementes de quinoa após diferentes formas de secagem.....	42
Tabela 3. Germinação (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento.....	45

CAPÍTULO II

Tabela 1. Germinação (%) e primeira contagem (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento.....	63
Tabela 2. Emergência em areia (%) e Índice de velocidade de emergência de sementes quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento.....	67
..	

CAPÍTULO III

Tabela 1. Germinação de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento.....	82
Tabela 2. Primeira contagem da germinação de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento.....	83
Tabela 3. Atividade de enzimas amilolíticas (μmol de açúcar redutor/min) em sementes de quinoa secas e armazenadas sob diferentes condições, após doze meses de armazenamento.....	85

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVO.....	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Quinoa	4
3.2 Secagem	10
3.3 Armazenamento.....	14
3.4 Qualidade de sementes.....	18
3.5 Referências.....	22
4. CAPÍTULO I. Cinética de secagem e qualidade de sementes de quinoa após a secagem e durante o armazenamento.....	35
4.1 Introdução	36
4.2 Material e Métodos	38
4.3 Resultados e Discussão	41
4.4 Conclusões	49
4.5 Referências.....	49
5. CAPÍTULO II. Qualidade fisiológica de sementes de quinoa após secagem e durante o armazenamento.....	56
5.1 Introdução	57
5.2 Material e métodos	59
5.3 Resultados e discussão.....	61
5.4 Conclusões	70
5.5. Referências.....	71
6. CAPÍTULO III. Atividade amilolítica e proteínas de sementes de quinoa em função de secagem e armazenamento	76
6.1 Introdução	77
6.2 Material e métodos	79
6.3 Resultados e discussão	81
6.4 Conclusões	87
6.5 Referências.....	87
7. CONCLUSÕES GERAIS	94
ANEXOS	95

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os avanços alcançados na agricultura nos últimos anos são notórios e a grande maioria deles são resultantes de massivos investimentos em pesquisa e tecnologia, tanto por parte de instituições públicas como privadas. Nesse contexto, pode-se citar como exemplo a evolução na produção de sementes. É imprescindível para o produtor que a semente apresente alta qualidade, pois contribuem significativamente para o aumento da produtividade dos cultivos. Sementes vigorosas e sadias são essenciais para assegurar a formação de um estande bem desenvolvido e adequado no campo (MARCOS-Filho, 2015).

Durante a produção, além das práticas de manejo no campo, as sementes passam por secagem, beneficiamento e armazenamento. Alguns cuidados nesses processos são decisivos quando se deseja obter um produto com qualidade superior. Portanto, a determinação de parâmetros como a temperatura com qual deve ser secada, o tempo e as condições em que são armazenadas são decisivos na qualidade final das sementes (SILVA et al., 2008).

Do ponto de vista de qualidade, as sementes devem ser puras física e geneticamente, apresentando uniformidade de tamanho, peso, forma e boa sanidade. Devem ainda ter vigor elevado antes, durante e após o armazenamento, emergência uniforme e rápida, para gerarem plântulas e posteriormente, plantas com bom desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (MARCOS-Filho, 2015).

A sanidade é importante na qualidade, pois a semente se apresenta como o mais eficiente meio de disseminação de microrganismos fitopatogênicos. Grande parte dos fungos causadores de doenças que acometem as culturas são propagados pelas sementes. Atualmente, os gastos com prevenção e controle de doenças em plantas correspondem a uma boa parcela dos custos de produção. Logo, sementes sadias são essenciais principalmente pela necessidade de uma agricultura mais sustentável, ecologicamente correta e com menor custo (HENNING, 2015).

O armazenamento adequado é uma prática amplamente adotada durante o ciclo de produção de sementes. No decorrer dessa etapa, podem haver perdas na qualidade, deterioração, além do desenvolvimento de insetos e microrganismos. Assim, deve ser realizada atendendo, especialmente, aos quesitos que mais afeta a qualidade das sementes, observando-se fatores como a temperatura e umidade do ambiente (LABBÉ, 2003).

Embora muitos cuidados sejam tomados durante o processo de produção para retardar a deterioração da semente, a perda de vigor e germinação são inevitáveis. Muitos estudos têm sido desenvolvidos para analisar essas perdas, sejam a níveis fisiológicos, físicos, sanitários ou bioquímicos. Estes estudos resultam em testes, que são cada vez mais utilizados por produtores e pesquisadores para avaliar o estado de qualidade da semente (MARCOS-FILHO, 2015).

Atualmente, a homogeneização das culturas e o monocultivo têm acelerado a proliferação de pragas e doenças. Então, a busca pela diversificação tem se tornado necessária, principalmente por propiciar a quebra dos ciclos desses patógenos e insetos causadores de perdas, sejam elas econômicas ou de produção.

Neste contexto, muitas espécies têm se mostrado como opções à diversificação do sistema produtivo, dentre elas a quinoa. Originária do altiplano entre Peru e Bolívia, a cultura tem cultivo registrado há milênios. Apresenta como principais características a adaptabilidade a diferentes tipos de solos, climas e resistência a fatores biótico e abióticos. Além disso, por apresentar sementes com composição química rica em proteínas, aminoácidos e minerais, se tornou alternativa para alimentação tanto humana quanto animal. Ainda, pode ser usada como opção de rotação de cultivo e adubação verde (SPEHAR et al., 2011)

Contudo, apesar de ser uma opção de cultivo, existem poucos estudos sobre a incidência de fungos associados à semente e também sobre a qualidade das mesmas após serem submetidas a secagem e ao armazenamento. Assim como para as demais culturas agrícolas, as sementes de quinoa perdem vigor e germinação ao longo do armazenamento. Portanto é de suma importância que se investigue os efeitos que as condições ambientais responsáveis por tal decréscimo, principalmente quando se deseja obter sementes com qualidade superior.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da secagem e do armazenamento nos atributos de qualidade de sementes de quinoa.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a cinética de secagem e avaliar o efeito de diferentes formas da secagem, ambientes e períodos de armazenamento na qualidade de sementes de quinoa;
- Avaliar a qualidade fisiológica das sementes de quinoa sob o efeito de diferentes formas de secagem, ambientes e períodos de armazenamento;
- Avaliar a atividade enzimática, proteínas e vigor das sementes de quinoa sob o efeito de formas da secagem e ambientes de armazenamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Quinoa

3.1.1 Histórico e potencialidades

Produzida há milênios, a quinoa tem seu centro de origem na zona do Altiplano Andino. A cultura faz parte da dieta de muitos povos, garantindo com sua qualidade nutricional a segurança alimentar, sobretudo em áreas onde a população não tem acesso a fontes adequadas de proteínas, ou onde há restrições ambientais para a produção de culturas alimentares (BAZILE; SANTIVAÑEZ, 2014). Por seus atributos alimentares e agronômicos, é de suma importância para a diversidade de cultivos e renda (HANCCO, 2003). A quinoa é um dos alimentos vegetais que fornecem de forma balanceada todos os aminoácidos essenciais para a vida do ser humano, pois é rica em minerais, vitaminas, é livre de glúten, sendo muito utilizada por pacientes celíacos (ASCHERI et al., 2002).

A 'National Academy of Science' (NAS) considerou a quinoa, na década de 70, como uma das 23 plantas promissoras e recomendadas para pesquisa. Tal recomendação visava estudos para melhorar a nutrição e a qualidade de vida da população nos países em que ela teve origem. Muitos países, que antes ainda não eram produtores, iniciaram o seu cultivo, como Canadá e Estados Unidos, França, Alemanha, Dinamarca, entre outros (FARRO, 2008).

Em 2013, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou como sendo este o ano internacional da quinoa. A Bolívia formulou a proposta, com apoio de grande parte dos países latino-americanos, a fim de sustentar a necessidade de aumentar a consciência do público a respeito das propriedades nutritivas, econômicas, ambientais e culturais da quinoa (FAO, 2013).

Mundialmente, a Bolívia mantém a liderança na produção. Em 2012, a cultura atingiu 96,5 mil ha e em 2013 chegou a 131 mil ha, com um aumento de 35,88%. Em 2014, foram plantados aproximadamente 200 mil hectares e produzidas 130 mil toneladas de grãos. A comercialização da quinoa também tem a Bolívia como líder mundial, que em 2014 voltou a superar as vendas do Peru. De acordo com o Ministério da Agricultura e Irrigação do Peru e do Instituto Nacional de Estatística da Bolívia (INE), o principal mercado consumidor são os Estados Unidos (59,89%), seguido pela

França (7,99%), Alemanha (6,62%), Países Baixos (5,61%), Canadá (5,30%) e Austrália (4,73%) (LAZCANO, 2015, 2013).

No Brasil, a história dessa cultura é recente. A quinoa foi introduzida na década de 90 como parte de um esforço para diversificar o sistema de produção no Cerrado. As primeiras tentativas de adaptá-la ao cultivo se deram por seleção em populações híbridas, provenientes de Cambridge, Inglaterra. Nos últimos anos, parcerias entre Embrapa, Universidade de Brasília e agricultores têm estimulado a sua adaptação e cultivo no Brasil (SPEHAR, 2007). O genótipo Syetetuba apresenta sementes livres de saponina, permitindo seu uso direto na alimentação, sem a necessidade de remoção do pericarpo do fruto, que contém tal substância. Apresentou, em experimentos de verão e entressafra, rendimentos de 2,3 t.ha⁻¹ de grãos e 7,5 t.ha⁻¹ de biomassa total, em 120 dias, da emergência à maturação. Estes resultados superaram aqueles alcançados pelas cultivares padrões BRS Piabiru e Kancolla. As sementes têm boa qualidade, aspecto e coloração, com os resultados iniciais indicando, na Syetetuba, características favoráveis para desencadear a produção comercial no Brasil (SPEHAR et al., 2011).

No Brasil, até o ano de 2010, o consumo de quinoa era limitado em virtude do alto custo do grão importado, do desconhecimento da população, de hábitos e costumes tradicionais de cereais como arroz, trigo e milho e da baixa disponibilidade de cultivares adaptadas às condições locais (BORGES et al., 2010). Ademais, a planta e o grão têm sido pouco estudados e seu consumo chega a ser desconhecido pela maioria da população.

Portanto, para que a produção nacional se desenvolva, algumas considerações devem ser feitas. A cultura pode ser cultivada em ambiente de menor fertilidade do que a exigida pela soja ou milho, expressando notáveis vantagens produtivas sob condições ambientais adversas (FUENTES; BHARGAVA, 2011). Por apresentar elevado nível de tolerância a estresses abióticos, a cultura pode ser implementada em áreas com terras agrícolas marginais, especificamente aquelas afetadas pela salinidade do solo (PETERSON; MURPHY, 2015). Pode ainda ser empregada em áreas onde o solo foi salinizado pela agricultura tradicional, sem que haja necessariamente um abandono produtivo da mesma (BAZILE; BAUDRON, 2014).

Nos países andinos, a quinoa tem sido cultivada desde o nível do mar até a altitude de 3800 m, mostrando capacidade de se desenvolver em diferentes tipos de solos e ambientes (SPEHAR; SANTOS, 2002; MIRANDA et al., 2012).

3.1.2 Descrição botânica

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é uma espécie dicotiledônea anual, que já pertenceu à família Chenopodiaceae, mas atualmente é classificada como Amaranthaceae. Essa família inclui outras espécies economicamente importantes, a exemplo do espinafre (*Spinacia oleracea* L.) e da beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.). A quinoa, junto com seus parentes selvagens (*C. carnosolum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* subsp. *melanospermum* e *C. ambrosoides incisum*), possuem alta diversidade e formas variadas de uso (FUENTES et al., 2009a, b).

Morfologicamente, a quinoa é uma planta herbácea, com raiz axial, vigorosa, profunda, bastante ramificada e fibrosa. O caule é cilíndrico, de coloração variando de verde a roxo, com estrias. As folhas são alternadas, e nestas se torna notória a presença de grânulos de oxalato de cálcio (CaC_2O_4). A inflorescência ou panícula (eixo principal com eixos secundários e terciários) pode ser do tipo glomerulada, laxa ou amarantiforme. As flores são pequenas, incompletas (não possuem pétalas), sésseis e de mesma cor que as sépalas, podendo ser hermafroditas, pistiladas ou macho-estéreis, sendo que essa espécie é ginomonoica (flores femininas e hermafroditas na mesma planta). O fruto, também chamado de semente ou grão (Figura 1), é do tipo aquênio (uma única sementes recoberta pelo pericarpo), seco e indeiscente na maioria dos genótipos (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001; PREGO et al., 1998), tem forma cilíndrico-lenticular levemente alargado e proveniente de um ovário unilocular (GALLARDO et al., 1997).

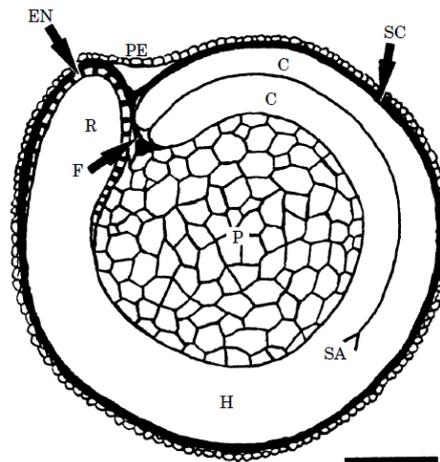


Figura 2. Representação esquemática da semente de quinoa, à esquerda: Pericarpo (PE) externamente à semente; Embrião constituído de eixo hipocótilo-radícula (H) e dois cotilédones (C); radícula (R); Endosperma (EN) presente na região da micrópila; Funículo (F); Perisperma (P); meristema apical (SA). Fonte: Prego et al, (1998), Gallardo et al., (1997).

A cor da semente pode ser branca, vermelha, amarela, laranja, roxa, marrom ou preta (JACOBSEN, 2006). Anatomicamente, apresenta principalmente o pericarpo, o episperma (testa), o perisperma (principal tecido de reserva nutricional) e o embrião (radícula e cotilédones) sendo, portanto, considerada semente. Frutos com cores claras no pericarpo têm perisperma branco e os frutos escuros têm perisperma marrom ou preto (KOZIOL, 1992; PREGO et al. 1998). O embrião é curvo em forma de anel e envolve todo o perisperma, sendo constituído pelo eixo hipocótilo-radícula e dois cotilédones. A radícula apresenta uma leve coloração castanho-escuro (PANDO; CATELLANOS, 2016). O perisperma é originário do restante do nucelo que persistiu após o desenvolvimento embrionário, sendo basicamente composto por células grandes e mortas cheias de grânulos de amido (PREGO et al. 1998).

Os diferentes genótipos de quinoa podem ser classificados em cinco ecotipos diferentes: Altiplano (altiplano Perú-Bolívia); Salar (Bolívia, Chile e Argentina); Vales Interandinos (Colômbia, Equador e Perú); Costa ou Zona Costeira / Terras Baixas (Chile) e Yungas (Bolívia). Entretanto, todos os germoplasmas desses centros são associados a um ancestral comum, domesticado na bacia do Lago Titicaca (BAZILE; SANTIVAÑEZ, 2014).

3.1.3 Composição química

A Quinoa possui equilíbrio singular na sua composição, sendo óleo, proteína, carboidratos, vitaminas, antioxidantes e uma grande quantidade de minerais (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010). A qualidade da proteína se destaca, principalmente por sua composição balanceada de aminoácidos essenciais (ASCHERI et al., 2002; CECCATO et al., 2011).

Devido ao elevado teor de amido (51-61%), a quinoa pode ser usada como os cereais para a produção de farinha (STIKIC et al., 2012). Pela proximidade em composição química à dos cereais, sem, no entanto, pertencer à mesma família botânica, a quinoa tem sido classificada como pseudocereal (SPEHAR, 2006). Sendo livre de glúten, é propícia ao consumo por pacientes celíacos (ZEVALLOS et al., 2012).

No amido, o teor de amilose varia de 3% até 18%, e o tamanho dos grânulos varia entre 0,7 e 3,2 μm de diâmetro (Figura 2). Diferentemente de outros amidos de grânulos pequenos, como no arroz, na quinoa a gelatinização inicia-se a temperaturas mais baixas, entre 57 °C e 71 °C. Variações no conteúdo e nas propriedades do amido provavelmente são resultantes das variações genéticas em variedades, bem como da ação do ambiente (ATWELL et al., 1983; KOZIOL, 1992; ANDO et al., 2002; WU et al., 2017).

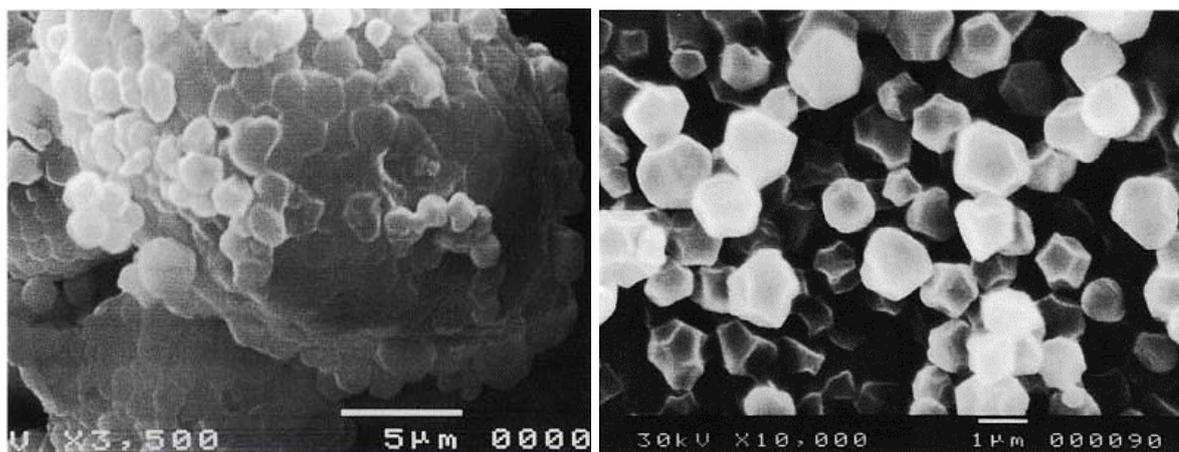


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura de agregados de amido e grânulos de amido de sementes de quinoa. Adaptado de Ando et al. (2002).

Por suas características nutricionais, a farinha de quinoa apresenta-se como ingrediente alimentar altamente desejável à base alimentar (CASTRO et al., 2007).

Potencialmente, pode também ser usada no enriquecimento da dieta em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, devido ao valor biológico de sua proteína. Logo, seu grão torna-se aplicável na fortificação de farinhas de trigo, milho e tubérculos.

Alguns estudos apontam outras funcionalidades da quinoa. Pompeu et al. (2015) extraíram, purificaram e testaram a atividade antimicrobiana da lectina de quinoa. A lectina - proteínas de plantas capazes de aglutinar eritrócitos - mostrou atividade antimicrobiana contra várias cepas de bactérias, chegando a inibir eficazmente três estirpes, ambas Gram-negativas, tornando-a uma promissora ferramenta antimicrobiana. Farinazzi-Machado et al. (2012) testaram em pacientes o consumo de quinoa durante 30 dias e verificaram uma redução nos níveis de triglicérides e colesterol. Assim, segundo os autores, a quinoa pode ainda ajudar no controle de doenças cardiovasculares.

A semente pode apresentar sabor amargo atribuído à presença de saponina, substância composta de glicosídeos triterpenóides (glicosídeos secundários vegetais). Embora algumas saponinas sejam consideradas tóxicas por ocasionarem hemólises, apresentam propriedades de inibição de crescimento fúngico. Também possuem potencial farmacológico, por modificar a permeabilidade do intestino delgado, ajudando na absorção de medicamentos específicos, e diminuir o colesterol plasmático ou sérico (hipocolesterimizante) pela secreção fecal de ácidos biliares e esteroides neutros (KOZIOL, 1992; HERNANDEZ-ROYERO, 1997; DINI et al. 2001).

Quando presentes nos grãos, as saponinas podem ser facilmente removidas por lavagem vigorosa em água fria, tratamento térmico por tostagem e/ou abrasão (GEE et al., 1993), ou por melhoramento genético (SPEHAR, 2007). De acordo com a concentração de saponina, as variedades de quinoa são classificadas em “doces” (<0,11%), e variedades “amargas” (>0,11%) (BERTI et al., 1999).

Existem outros fatores antinutricionais presentes nas sementes de quinoa, tais como o ácido fítico, taninos e inibidores de tripsina (SANTOS, 1996), mas estas substâncias encontram-se presentes em maior concentração nas camadas externas do grão (KOZIOL, 1992; SANTOS, 1996) e são, assim como as saponinas, facilmente removíveis por técnicas geralmente empregadas no preparo doméstico de alimentos (BORGES et al., 2010).

3.2 Secagem

3.2.1 Conceitos e importância

A secagem é definida como processo simultâneo de transferência de calor e massa (água) entre o produto e o ar de secagem. Essa transferência ocorre devido à diferença de pressão de vapor de água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve. A principal condicionante para que ocorra a secagem é a de que a pressão de vapor na superfície do produto seja maior que a do ar de secagem (SILVA et al., 2008).

Nos processos pós-colheita, a secagem é determinante para a manutenção da qualidade dos produtos (DEVILLA et al., 1999; MENEGHETTI, 2008). A diminuição da quantidade de água do material visa reduzir a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento. A secagem é o processo responsável pela remoção de água e o mais utilizado para assegurar a qualidade e a estabilidade das sementes (RESENDE, 2006).

A secagem de produtos agrícolas tornou-se de suma importância e cresce anualmente com o incremento da produção, tornando o armazenamento dos produtos mais seguro, sem o risco de deterioração. Além disso, auxilia na obtenção de sementes de melhor qualidade e maior quantidade com menor custo financeiro. Permite ainda que se faça a colheita antecipada, mais próxima da maturidade fisiológica. Contribui para manter o poder germinativo das sementes durante longo período, auxilia no controle de microrganismos e insetos e minimiza a perda de materiais no campo (SILVA et al., 2008).

Nas últimas décadas, tem surgido a necessidade de pesquisa sobre secagem, com o objetivo de aprimorar a tecnologia na produção de sementes, principalmente para os novos cultivos introduzidos no sistema produtivo (GARCIA et al., 2004).

3.2.2 Secagem de sementes

Em muitas espécies de plantas, o teor de umidade das sementes pode ser reduzido, sem que a viabilidade e o vigor sejam afetados. Essas sementes toleram dessecação pós-colheita, sendo denominadas ortodoxas. O processo de secagem da semente ortodoxa é de fundamental importância para a sua conservação (HONG; ELLIS, 1996; ROBERTS, 1973).

Quando não passarem pela secagem natural ou artificial em determinado estágio do seu desenvolvimento, as sementes ortodoxas geralmente não germinam ou não apresentam síntese de enzimas essenciais à germinação (BEWLEY; BLACK, 1994). A nível de expressão de genes, a desidratação faz com que a semente saia do estágio de desenvolvimento para um de germinação. Assim, embora seja colhida prematuramente, depois de seca e reidratada, inicia a germinação em vez de continuar a expressar os genes relacionados a maturação (CASTRO et al., 2004).

Em culturas de importância econômica, a secagem é um fator de suma importância, pois possibilita o armazenamento das sementes por longos períodos, desde que a baixas temperaturas. Uma das principais causas da perda do poder germinativo e do vigor das sementes é o elevado teor de água durante o armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A água nas sementes pode se apresentar sob diferentes formas, tais como: a) água livre, que se encontra aderida ao sistema coloidal das sementes por meio de forças capilares, ocupando os espaços intercelulares e poros do material; b) água adsorvida, estando presa ao sistema pela ação molecular, é retida por adesão de suas moléculas ao material sólido e; c) água de constituição e/ou de composição, a qual faz parte da estrutura molecular, encontrando-se quimicamente presa aos componentes das sementes e fazendo parte integrante das moléculas que constituem as substâncias de reserva (TILLMANN et al., 2003; SILVA et al., 2008; PARK et al., 2014).

Alterações químicas, físicas e fisiológicas nas sementes podem ocorrer com a remoção de água, tornando a secagem crítica no processo de produção de sementes. A desintegração das membranas celulares torna-se evidente em sementes que passam por secagem em altas temperaturas, provavelmente por alterações nos lipídeos que as constituem (ROVERI JOSÉ et al., 2004).

A ocorrência de danos às sementes pode ser minimizada se alguns critérios forem observados antes da realização da secagem, tais como emprego de temperaturas menos elevadas, tempo de exposição ao ar aquecido, a espécie e método de secagem (MENEZES et al., 2012). Segundo Villela e Peske (2003), os danos acarretam redução na qualidade física e fisiológica, seja logo após a secagem (efeito imediato), ou durante o armazenamento (efeito latente). Ainda, o teor de água

das sementes tem relação direta com a atividade de insetos e microrganismos e estes com a qualidade das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

A temperatura do ar de secagem deve ter como referência a temperatura da massa de sementes (BROOKER et al., 1981). Assim, valores entre 40,5 a 43,3 °C são considerados máximos e acima destes, podem ocorrer danos físicos, biológicos ou químicos. Entretanto, em função da diferença entre as temperaturas do ar insuflado e as da massa do produto e dependendo do tipo de secador, da espécie e da resistência à passagem do ar, torna-se necessário determinar temperaturas padrões para cada secador e para cada espécie.

Temperaturas elevadas na secagem de sementes de aveia, acima de 55 °C foram prejudiciais ao vigor (AHRENS et al., 2000). Temperatura elevada foi prejudicial a sementes com alto teor de umidade, sendo que os valores dessas grandezas devem ser inversamente proporcionais, quando se procede à secagem. Assim, em sementes que estejam com teor de água superior a 18%, a temperatura na massa de sementes deve ser de no máximo 32 °C; entre 10 e 18% até 38 °C e abaixo de 10%, pode ser empregada a temperatura máxima de 43 °C (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Elevação na temperatura de secagem pode aumentar a eficiência do processo, que depende do conhecimento da tolerância da semente ao dano térmico durante a secagem (BERTI et al., 1999). Zonta et al. (2011) recomendam que, em geral, a secagem de sementes seja realizada de tal forma que a temperatura da massa do produto não ultrapasse 40 °C, para que não haja redução acentuada de sua qualidade fisiológica. No entanto, a temperatura máxima às quais as sementes podem ser expostas, durante a secagem, depende do seu teor de água, da espécie e do tempo de exposição a essa condição.

3.2.3 Métodos de secagem

Os métodos de secagem são classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo) (GARCIA et al., 2004).

A secagem em sementes ortodoxas ocorre naturalmente, logo após a maturidade fisiológica, ainda no campo, na própria planta, sem a interferência do homem. Nesta condição, a movimentação do ar é feita pela ação do vento e a energia

para evaporação de água provém do potencial de secagem do ar e da incidência direta da energia solar (SILVA et al., 2008). A secagem natural pode ou não afetar a qualidade das sementes, a depender da condição ambiental. Em alguns casos, pode até ser economicamente viável (ELIAS, 2007).

A secagem artificial é tida como o processo mais econômico para manutenção da qualidade de produtos agrícolas (CARDOSO SOBRINHO, 2001). Mecanicamente, a secagem pode ser entendida como a atividade destinada a diminuir o teor de água das sementes, até níveis seguros, sem comprometer as suas propriedades naturais (WEBER, 2001). O sistema de secagem artificial, segundo Silva et al. (2008), se caracteriza pela utilização de processos manuais ou mecânicos tanto no manejo do produto quanto na passagem do ar através da massa de produto. Manualmente, no caso do terreiro e do paiol, a secagem ocorre pela ventilação natural ou não forçada. Porém, maioria dos casos, o ar é forçado por meio de ventiladores.

A secagem utilizando ventilação natural requer instalações simples, mas tem a desvantagem do uso intensivo de mão-de-obra, o que gera baixo rendimento nas operações (BERTI et al., 1999). Apesar de ser empregada por grande número de produtores, esta técnica em geral não usa tecnologia adequada, podendo expor as sementes a condições prejudiciais à sua qualidade e culminando em redução de seu valor comercial (ELIAS et al., 2015).

Artificialmente, a secagem pode ser realizada a partir de estruturas específicas, projetadas e construídas para esse fim. Nelas, geralmente (exceto por convecção), o ar é forçado a passar pela massa do produto, havendo a possibilidade da secagem de quantidades variáveis em curtos períodos, independentemente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (AOSANI, 2007). Para a secagem de grãos, é o sistema mais difundido atualmente. Contudo, quando empregado para sementes, precisa monitoramento e maior cuidado no manuseio. Como mencionado anteriormente, deve-se tomar cuidado com a temperatura de secagem, pois pode causar sérios danos à semente, inclusive a sua morte. Expor sementes com altos teores de água a temperaturas elevadas durante a secagem artificial pode resultar em redução da qualidade, conduzindo à baixa germinação, e vigor das plântulas e à redução do estande (ROVERI JOSÉ, 2003).

Um critério utilizado para classificar a secagem artificial é a temperatura. Considera-se como baixa temperatura a utilização do ar natural ou aquecido de 1 a 8

°C acima da temperatura ambiente. Quando o ar é aquecido a temperaturas iguais ou superiores a 8-10 °C acima da temperatura ambiente, tem-se a secagem em alta temperatura (VILLELA, 1991; ELIAS, 2007).

Alguns trabalhos evidenciam o efeito na qualidade fisiológica das sementes dessas variações de temperatura na secagem. A exemplo, em aveia branca, houve influência de temperaturas elevadas do ar, após a secagem e armazenamento, mostrando 55 °C como a temperatura máxima da secagem estacionária, sem ventilação forçada de ar sem prejudicar a germinação e o vigor (AHRENS et al., 2000).

A semente de quinoa apresenta comportamento ortodoxo, podendo tolerar secagem até que seu teor de água atinja 4,1% (ELLIS et al., 1988). Quando a finalidade for a obtenção de sementes, deve-se evitar temperaturas elevadas. Diferentemente de muitas outras, as sementes desta espécie tem o embrião desprovido ou com quase nenhuma proteção, e a exposição à luz solar ou contato com superfícies quentes pode propiciar danos irreversíveis ao mesmo. Portanto, deve-se realizar a secagem em baixas temperaturas, quando utilizados secadores artificiais (SOLID OPD, 2010).

3.3 Armazenamento

3.3.1 Conceitos e importância

O armazenamento das sementes se inicia no campo, primeiramente na planta mãe. Depois da colheita, passa a ser responsabilidade do homem a sua conservação durante o período de armazenamento (LABBÉ, 2003). Quando não precedido de secagem eficiente, durante o armazenamento pode ocorrer o desenvolvimento de insetos, ácaros e microrganismos, seguido por deteriorações, por estimular o metabolismo e consumir substâncias de reserva, culminando na redução de seus atributos de qualidade (ELIAS et al., 2015).

É importante salientar que a massa de produto armazenado constitui um sistema ecológico. A preservação da sua qualidade depende da interação entre variáveis físicas como temperatura, umidade, propriedades físicas e termo-físicas do produto e variáveis meteorológicas. Além disso, as variáveis biológicas intrínsecas - longevidade, maturidade, metabolismo, germinação - e extrínsecas - leveduras, fungos, insetos e roedores - das sementes são de suma importância (FARONI, 1998).

Durante o armazenamento, a temperatura e a umidade relativa do ar contribuem para que as sementes atinjam o equilíbrio higroscópico específico, podendo determinar a manutenção da qualidade ao longo do tempo. Estes dois fatores ambientais têm sido estudados com maior frequência, sobretudo na conservação de sementes (BORGES et al., 2009).

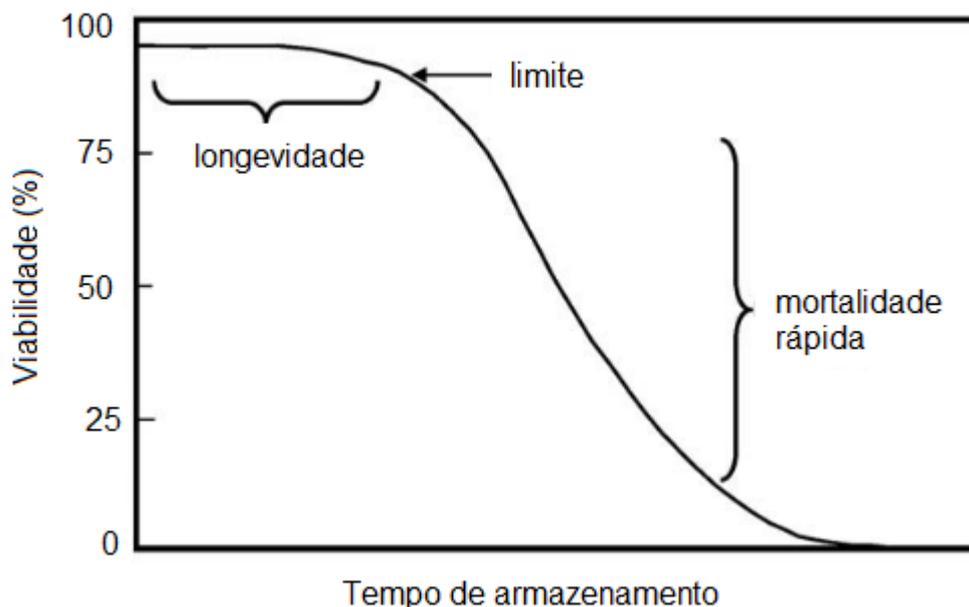


Figura 3. Diagrama esquemático mostrando a forma típica da resposta da viabilidade de sementes ao tempo de armazenamento, com um período assintomático em que há poucas mudanças detectáveis, seguido por um rápido declínio na viabilidade das sementes. Adaptado de Walters et al., 2010

A conservabilidade das sementes depende de sua própria fisiologia e da atividade dos organismos associados (ELIAS et al., 2015): A velocidade e a intensidade da ação destes fatores dependem das características da semente e do ambiente, principalmente com relação à água disponível e à temperatura. A propriedade higroscópica das sementes deve ser observada, ou seja, a capacidade que estas apresentam de realizar troca com o meio que os circunda, seja ganhando ou perdendo umidade (CAETANO et al., 2012).

Embora se busque manter as melhores condições durante o armazenamento, a deterioração dos produtos vai ocorrer, mas em velocidade e intensidade variáveis, e

isto depende do estado fisiológico e das condições ambientais durante o armazenamento (FREITAS et al., 2000).

O potencial de armazenamento de sementes de quinoa foi pouco estudado, sobretudo no Brasil. Na avaliação dos efeitos de diferentes condições de armazenamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de quinoa, verificou-se, após 300 dias de análise, ser a temperatura o fator mais influente. Quando se utilizou embalagens impermeáveis e baixa temperatura (4,4 °C), a qualidade fisiológica de sementes de quinoa se manteve por longo prazo (SOUZA, 2013).

3.3.2 Fungos no armazenamento de sementes

A sanidade de sementes é essencial para uma agricultura mais econômica e rentável, pois determinados microrganismos associados às sementes, podem afetar negativamente o estabelecimento inicial de uma lavoura (GOULART, 1997). A semente um eficiente transmissor de patógenos, e isso se dá principalmente devido à transmissibilidade prolongada, causando infecção e disseminação de patógenos a grandes distâncias (LUCCA FILHO, 2007). Ademais, criam-se focos de infecção casualizado nas lavouras, contribuindo à perpetuação do patógeno, o aumento do potencial de transmissão, a indução de doenças por dois ou mais patógenos e introdução dos mesmos em áreas novas.

Segundo Pando e Castellanos (2016), no Peru e Bolívia, as principais doenças relatadas na quinoa são o míldio (*Perenospora variabilis*), podridão marrom do talo (*Phoma exigua* var *foevata*), podridão radicular (*Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. E *Pytium* sp.), mofo verde (*Cladosporium* sp.), mancha oval do talo (*Phoma* spp.), manchas foliares (*Ascochita hyalospora*), olho de galo (*Cercospora* sp.) e mancha bacteriana (*Pseudomonas* spp.). No Brasil, existe poucos relatos de fungos transmitidos por sementes ou de doenças nesta cultura. Mendes et al. (1997) analisaram 49 linhagens de quinoa, buscando detectar e identificar fungos associados às sementes de quinoa e testar a patogenicidade dos fungos isolados. Os autores concluíram que os fungos *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equiseti*, *Phoma* sp., *Bipolaris heweiensis* e *Bipolaris* sp., que ocorreram nas sementes de quinoa, foram patogênicos a plântulas e, portanto, podem vir a causar danos a essa cultura. É importante lembrar que culturas emergentes como a quinoa, sempre estão sujeitas ao surgimento de novos patógenos.

germoplasma semente de quinoa e testar a patogenicidade dos fungos isolados.

A associação dos fungos com as sementes pode ocorrer por mistura de estruturas de resistência à massa de sementes, adesão na superfície (infestação), ou ainda no interior das mesmas (infecção). Os fungos se apresentam nas mais variadas formas de propagação, desde esporos até estruturas de resistência e outras estruturas específicas (SANTOS et al., 2011). Alguns microrganismos transmitidos por sementes morrem em poucos meses de armazenamento, no entanto, outros sobrevivem nas sementes vários anos (LUCCA FILHO, 2003). Durante o processo de armazenamento, os principais fatores favorecedores do crescimento desses microrganismos são a alta umidade relativa do ar, o teor de água do substrato e a temperatura de armazenamento (LAZZARI, 1997; MALLMANN; DILKIN, 2007). Fatores abióticos, tais como o teor de umidade, a atividade de água, a precipitação e a temperatura do ar, mostram-se determinantes para o nível da incidência fúngica em milho (BENTO et al., 2012).

A presença de fungos nas sementes afeta sua qualidade, podendo levá-las à morte antes mesmo da germinação. Fungos do gênero *Fusarium* spp. apresentam rápido crescimento, além de alta agressividade (ANTONELLO et al., 2009; BAUDET, 2003). Fungos como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., podem ser indicadores, em sementes e grãos, de deterioração durante o armazenamento (MALLMANN; DILKIN, 2007).

A diferenciação que se faz entre fungos de campo e de armazenamento não tem por base apenas a classificação taxonômica. Considera também as condições ambientais e/ou ecológicas que favorecem o crescimento dos mesmos. Contudo, não é absoluta, pois baseia-se nos hábitos de crescimento e onde os danos ocorrem. Durante o armazenamento, os fungos causam danos em diferentes proporções e isso depende das condições de armazenagem (MILLER, 1995; MARCIA; LAZZARI, 1998).

Durante o armazenamento de sementes ocorrem com alta frequência fungos do gênero *Fusarium*, com muitas espécies toxigênicas e causadores de deterioração, reduzindo germinação, causando perda de matéria seca e alteração do valor nutricional (DIAS 2012). Os principais fungos no armazenamento se desenvolvem preferencialmente em sementes com teor de água em equilíbrio com umidade relativa do ar de acima de 65% (LABBÉ, 2003).

Alguns estudos observaram o comportamento destes fungos no decorrer do armazenamento. Em algodão, por exemplo, o armazenamento em condições ambientais durante doze meses resultou decréscimo linear da viabilidade e do vigor, com aumento linear na incidência de fungos de armazenamento (FREITAS et al., 2000). Observou-se, ainda, a presença de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., demonstrando a importâncias destes no armazenamento. Sementes de arroz mantidas por doze meses em condições ambientais apresentaram elevação na incidência tanto dos fungos *Penicillium* spp., como dos *Aspergillus* spp. Entretanto, estes dois gêneros só apareceram após quatro a seis meses de armazenamento, o que levou a chamá-los de “fungos de armazenamento” (MACEDO et al., 2002).

3.4 Qualidade de sementes

3.4.1 Definições e fatores que interferem

O conceito de qualidade de sementes tem sido modificado, agrupando-se em três categorias: descrição - pureza física, genética; uniformidade de tamanho, forma e massa; higiene - sanidade e contaminação por espécies silvestres; potencial de desempenho - germinação, vigor, armazenagem, percentagem e uniformidade de emergência de plântulas (HAMPTON, 2002).

A qualidade de sementes é afetada por vários fatores, sendo agrupados em quatro classes: genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários. Os fatores genéticos estão relacionados com as diferenças de vigor, longevidade e heterose (vigor híbrido). Fatores fisiológicos e físicos têm sua ação determinada, principalmente, pelo ambiente no qual as sementes se formam e pelo manuseio das mesmas durante as fases de colheita, beneficiamento e armazenamento. Os fatores sanitários se caracterizam pelo efeito deletério provocado pela ocorrência de microrganismos associados às sementes, desde o campo de produção até o armazenamento (LUCCA FILHO, 2003).

Em se tratando da qualidade das sementes durante o armazenamento, esta pode ser afetada pelo teor de água, disponibilidade de oxigênio, tipo de embalagem em que estão mantidas, qualidade inicial do lote, presença de microrganismos e insetos, bem como características inerentes à espécie (ABREU et al., 2013).

Quimicamente, como ocorrem em outras partes da planta, a semente apresenta composição variável, basicamente devido à fase de desenvolvimento ou fatores

externos. Essa variação composicional se constitui em um dos principais fatores responsáveis pela diferença de longevidade das sementes de diferentes espécies (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

3.4.2 Deterioração de sementes

Normalmente, quando a semente deixa de germinar em condições favoráveis, na ausência de dormência, considera-se que ela esteja inviável. Isto pode ser resultado da soma de fatores que causam a deterioração (NEDEL, 2006). A deterioração se inicia logo após a semente atingir a maturidade fisiológica. Este processo é irreversível e inevitável, sendo manifestado por uma série de alterações bioquímicas, fisiológicas e físicas (MARCOS-FILHO, 2015), culminando em queda na germinação e no vigor. O envelhecimento das sementes é caracterizado por uma relação sigmoide entre a viabilidade e o tempo. Inicialmente existe uma fase de ausência de mudança aparente no vigor da semente e, posteriormente, uma fase de morte rápida. Essas etapas são muito variáveis e difíceis de serem determinadas (WALTERS et al., 2010).

Dentre os sintomas de deterioração da semente podem ser evidenciados o aumento de lixiviados e de plântulas anormais, redução de germinação e na taxa de crescimento das plântulas na primeira contagem do teste de germinação, alteração da cor, alteração de composição química (ex. proteínas) e enzimática e presença de fungos (NEDEL, 2006). Um dos principais responsáveis pela diminuição do metabolismo durante a deterioração das sementes pode ser atribuído à redução na quantidade de proteínas (ESPÍNDOLA et al., 1994).

Normalmente, um dos fatores que mais contribuem para deterioração da semente é a umidade. Este fator é incontrolável enquanto a semente estiver no campo, pois as condições climáticas são muito variáveis. Uma resultante da deterioração por umidade é o aumento do dano mecânico na colheita, tornando as sementes vulneráveis a impactos (PESKE; BARROS, 2003). Porém, é possível retardar a velocidade de deterioração por ajustes no manejo da planta e das condições de secagem, beneficiamento e armazenamento (BAUDET, 2003).

Quando a colheita é retardada e a semente é mantida no campo após a maturação fisiológica, se torna suscetível a uma série de agentes causadores de deterioração, como chuva, variações de temperatura, presença de insetos,

microrganismos, todos contribuindo para alterações indesejáveis na qualidade da semente (CARNEIRO et al., 2005).

A secagem pode contribuir para a redução no avanço da deterioração, por remover a umidade. Além disso, a produção de enzimas essenciais à degradação de reservas, durante a fase de germinação ocorre em resposta à secagem prematura (ROSA et al., 2004). Outro fator importante para redução na deterioração é o armazenamento, uma vez que ambientes úmidos e quentes são extremamente favoráveis ao aumento da respiração e proliferação de fungos e insetos danosos as sementes. Vale acrescentar que a qualidade das sementes não pode ser melhorada durante o armazenamento. Porém, com a utilização de condições adequadas de umidade e temperatura do ambiente, pode ser mantida (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Baixa umidade das sementes, temperatura ambiente e umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento, são importantes para a manutenção da qualidade das sementes por períodos prolongados (HEBERLE, 2012).

3.4.3 Atividade proteica em sementes

As proteínas são essenciais às plantas, sendo encontradas em todos os tecidos e órgãos. Nas sementes, a maior concentração está no embrião e, no caso dos cereais, na camada de aleurona (KENT, 1971). Os diferentes processos aos quais são submetidas as sementes podem causar variações na sua composição bioquímica (STORCK et al., 2005). Citando como exemplo, Queiroz et al. (2012) relatam que a secagem aumentou o pH e os teores de sólidos solúveis em semente de lichia. Segundo Donadon et al. (2015), os teores de proteína bruta diminuíram durante o armazenamento de sementes de crambe.

No envelhecimento das sementes, as macromoléculas essenciais para a germinação, tais como as enzimas e proteínas se degradam (McDONALD, 1998). Entretanto, nas sementes secas, embora sejam indicadores de deterioração, as reações enzimáticas desempenham pouco papel. A deterioração tende a se acelerar quando o teor de água da semente for elevado (GONÇALVES et al., 2015; CASTELLIÓN et al., 2010). Cabe observar que no decorrer da secagem podem ocorrer danos mecânicos e alterações bioquímicas, podendo ou não ser de caráter enzimático (ELIAS et al., 2015).

Atualmente, além dos testes normalmente aplicados para avaliação do vigor de sementes, novas técnicas têm sido adotadas e recomendadas, tais como a caracterização bioquímica, frequentemente realizada por eletroforese (McDONALD, 1998). Logo, se justifica estudar o comportamento e as mudanças bioquímicas nas sementes durante e após o beneficiamento, pois podem trazer informações importantes, vindo ajudar na garantia da qualidade das mesmas (OLIVEIRA et al., 2011).

A maioria das sementes apresentam carboidratos e proteínas em quantidades superiores aos demais compostos químicos. Para quinoa, Koziol (1992) encontrou valores de proteína bruta variando entre 13,8 e 16,5% e, Wright et al. (2002), mencionam teores aproximados de 15,7%. Miranda et al. (2012) analisaram a composição química de sementes de seis genótipos diferentes de quinoa cultivados em três zonas geográficas distintas do Chile e observaram influência significativa dos diferentes genótipos e variação na concentração de proteína.

Na quinoa, o principal tecido de reserva é o amido, que compõe a maior parte da matéria seca da semente, podendo chegar até próximo de 80% (VARRIANO-MARSTON; DEFRANCISCO, 1984). O amido é um polissacarídeo constituído por dois tipos de moléculas, conhecidas como amilose e amilopectina. Na semente de milho, por exemplo, cerca de 80% de matéria seca é constituída de amido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A degradação do amido na germinação ocorre por meio das vias fosforolítica e hidrolítica. Nessa última, as principais enzimas envolvidas são a α -amilase, β -amilase, enzima desramificadora e α -glicosidase. Enzimas α -amilase clivam ligações α -1,4 das cadeias de amilose e amilopectina, liberando principalmente maltose e algumas dextrinas livres. As β -amilases degradam preferencialmente a molécula de amilose, atacando especificamente a segunda ligação, a partir do final não redutor da cadeia, gerando exclusivamente maltose. A enzima desramificadora (dextrinase limite) cliva as ligações α -1,6 nos pontos de ligação, permitindo o ataque das outras amilases. A α -glicosidase realiza a hidrólise final do amido, convertendo maltose em duas moléculas de glicose (HEBERLE, 2012).

A enzimas amilolíticas são de fundamental importância na germinação da maioria das sementes que apresentam amido como principal tecido de reserva. A α -amilase sintetizada durante a germinação é a principal responsável pela degradação

do amido em sementes de cereais, contudo, normalmente não está presente nas sementes secas e quiescentes, sendo substancialmente produzida durante a germinação. Assim, pode-se relacionar a atividade de enzimas amilolíticas com a germinação, pois quanto menor a germinação, menor tende a ser a presença destas enzimas (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1978). Resultados de redução da atividade destas enzimas associadas à degradação das sementes já foram relatadas em cereais e milho por Timoteo (2010) e Heberle (2012).

3.5 Referências

ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M. PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p.240-247, 2013. <https://doi.org/10.1590/S2317-15372013000200015>

AHRENS, D. C.; VILLELA, F, A.; DONI-FILHO, L. Secagem estacionária de sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.) empregando diferentes temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 6-11, 2000. <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n2p6-11>

ANDO, H.; CHEN, YI-CHUN; 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. <https://doi.org/10.3136/fstr.8.80>

ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDAL, M. D.; GARCIA, D.; RIBEIRO, L.; SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2191-2194, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000157>.

ASCHERI, J.; NASCIMENTO, R.; SPEHAR, C. R. Composição química comparativa de farinha instantânea de quinoa, arroz e milho. Embrapa, Rio de Janeiro, **Comunicado Técnico**, p.1-4, 2002. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76343/1/ct52-2002.pdf>

AOSANI, E. **Temperatura de secagem estacionária e de armazenamento na qualidade de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. - Pelotas, 2007.100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Pelotas, 2007.

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

BAZILE, D.; BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. IN. BAZILE D. et al. (Ed.), 2014. **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. 724 p.

BAZILE, D.; SANTIVANEZ, T. Introducción al estado del arte de la quinua en el mundo. IN. BAZILE D. et al. (Ed.), 2014. **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. 724 p.

BAUDET, L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; D'AVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 1.ed. Pelotas: UFPel, 2003. p.369-418.

BENTO, L. F.; CANEPPELE, M. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; KOBAYASTI, L.; CANEPPELE, C.; ANDRADE, P. J. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 44-49, 2012. <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v71n1/v71n1a06.pdf>

BERTI, M.; WILCKENS, R.; HEVIA, F.; SERRI, H.; VIDAL, I.; MENDEZ, C. Fertilización nitrogenada en quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 27, n. 2, p. 107-116, 1999.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2 ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BORGES, J. T.; BONOMO, R. C.; PAULA, C. D.; OLIVEIRA, L. C.; CESÁRIO, M. C. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinua (*Chenopodium quinoa* willd.). **Temas Agrarios**, v. 15, n. 1, p. 9-23, 2010. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i1.815>

BORGES, S.; BORGES, E. E. L.; CORREA, P. C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 475-481, 2009. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap15.pdf>

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying cereal grains**. Westport : AVI , 1981. 265p.

CARDOSO SOBRINHO, J. **Simulação e avaliação de sistemas de secagem de café**. Viçosa: UFV, 2001. 112p. TESE (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 127-137, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000100014>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Campinas: FUNEP, 2000. 588p.

CASTELLIÓN, M.; MATIACEVICH, S.; BUERA, P.; MALDONADO, S. Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term Storage. **Food Chemistry**, n. 121, p. 952–958, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.025>

CASTRO, D. R.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. P. 51-67.

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**, v. 18, n. 4, p. 413-419, 2007.

CECCATO, D.; BERTERO, D.; BATLLA, D. Fuentes de tolerância al brotado pre-cosecha en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Efecto de las condiciones ambientales sobre el nivel de dormición. **Análisis de semillas**, v. 5, n. 17, p. 50-55, 2011.

CAETANO, G. S.; SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; COSTA, L. M. Higroscopicidade de sementes de caju-de-árvore-do-cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 437-445, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400012>

DEVILLA, I. A.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; DAMASCENO, G. S.; REIS, F. P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aeração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 211-215, 1999. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n2p211-215>.

DIAS, E. I. **Crescimento micelial e produção de toxinas por fungos de armazenamento associados a grãos de milho sob diferentes níveis de restrição hídrica**. 2012. 58p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Agronomia). Lavras, Universidade Federal de Lavras – Lavras, 2012.

DINI, I.; TENORE, G. C.; SCHETTINO, O.; DINI, A. New oleanane saponins in *Chenopodium quinoa*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 376-381, 2001. <https://doi.org/10.1021/jf010361d>

DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - Qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 231-237, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p231-237>

ELIAS, M. C. **Pós-Colheita de Arroz: Secagem, Armazenamento e Qualidade**. Pelotas: Ed. UFPEL, 2007, 422 p.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de; VANIER, N. L.; FERREIRA, C. D. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. PÓLO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ALIMENTOS DA REGIÃO SUL - COREDE-SUL / SCT-RS. Pelotas, Ed. UFPEL, 2015. 102 p.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. A low moisture content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. **Annals of Botany**, n. 61, p.405–408, 1988. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087571>

ESPÍNDOLA, L. S.; NOIN, M.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. **Seed Science Research**, v. 4, n. 2, p. 193-201, 1994. <https://doi.org/10.1017/S096025850000218X>

FAO - **La ONU declara al 2013 año Internacional de la quinua**. Disponível em: http://www.fao.org/in-action/agronoticias/en/?dyna_fef%5Buid%%205D=11928.

Acesso em: 24 de junho de 2015.

FARONI, L. R. Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 5, p.34-41, 1998.

FARRO, P. C. A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) variedade “Real”**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2008, 320 p

FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; BARBALHO; S. M.; OSHIWA, M.; GOULART, R.; PESSAN JUNIOR, O. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 239-244, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000040>

FREITAS, R. A.; DIAS, D. C. F. S.; CECON, P. R.; REIS, M. S. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 94-101, 2000. <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v22n2p94-101>

FUENTES, F.; BHARGAVA, A. Morphological analysis of Quinoa germplasm grown under lowland desert conditions. **Journal Agronomy and Crop Science**, v. 197, p. 124-134, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00445.x>

FUENTES, F.; MARTÍNEZ, E.; HINRICHSEN, P.; JELLEN, E.; MAUGHAN, P. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. **Conservation Genetical**, v. 10, p. 369–377, 2009^a. <https://doi.org/10.1007/s10592-008-9604-3>

FUENTES, F.; MAUGHAN, P.; JELLEN, E. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Revista Geografía Valpo**, v. 42, p. 20–33. 2009^b. http://www.pucv.cl/uuaa/site/artic/20180316/asocfile/20180316172222/42_3.pdf

GALLARDO, M; GONZÁLEZ, J. A; PONESSA, G. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa). *Chenopodiaceae. Lilloa*, v. 39, n. 1, p. 71-80, 1997.

GARCIA, D. C.; SOUZA, A. C.; BARROS, A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N. L. A. A secagem de sementes. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200045>

GEE, J. M.; PRICE, K. R.; RIDOUT, C. L.; WORTLEY, G. M.; HURREL, R. F.; JOHNSON, I. T. Saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa*): effects of processing on their abundance in quinoa products and their biological effects on intestinal mucosal tissue. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 63, n. 2, p. 201-209, 1993. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740630206>

GONÇALVES, L. H. N.; SANTOS, H. O.; VON PINHO, É. V. R.; ANDRADE, T.; VON PINHO, I. V.; PEREIRA, R. W. Physiological quality and expression of genes in seeds of *Handroanthus serratifolius* subjected to drying. *Journal of Seed Science*, v. 37, n. 2, p. 102-110, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v37n2144303>

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção e importância**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. 58p.

HAMPTON, J. G., What is seed quality? **Seed Science Technology**. v. 30, n. 1, p. 1-10, 2002.

HANCCO, J. M. L.: **Cultivo de la quinua en puno-perú descripción, manejo y producción**. Puno, Peru, 2003. Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/cultivo-quinua-puno-peru/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2015. <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>

HEBERLE, E. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho armazenadas**. Viçosa, 2012, 56p. TESE (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

HERNANDEZ-ROYERO, R. Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa* Willd. **Revista Cubana de Medicina Militar**, v. 26, n. 1, p.55-62. 1997.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behavior. Rome: IPGRI, 1996. 62 p. (IPGRIU Technical Bulletin, 1).

JACOBSEN, S.-E., 2006: The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**. V. 19, n.1 e 2, p. 167–177, 2003. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>

KENT, N. L. **Composição química dos alimentos**. In: Tecnologia de los cereales. Zaragoza. Acribia, 1971. p. 36-62.

KOZIOL, M. J.; Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*). **Journal Food Components**, v. 5, p. 36-68, 1992. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)

LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T.; D'ÁVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1.ed. Pelotas: UFPel, 2003. p.370-416.

LAZCANO, M. **Bolivia se posiciona como el primer productor de quinua, 2013**. Disponível em: http://www.la-razon.com/index.php?_url=/suplementos/especiales/Bolivia-posiciona-primer-productor-quinua_0_1889211186.html. Acesso em 01 de setembro de 2015.

LAZCANO, M. **Bolivia mantiene liderato y supera a Perú en la venta de quinua, 2015**. Disponível em: http://www.la-razon.com/index.php?_url=/economia/Exportacion-Bolivia-mantiene-liderato-Peru-quinua_0_2202379748.html. Acesso em 01 de setembro de 2015.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: edição do autor; 1997.

LUCCA FILHO, O. A. Patologia de Sementes. In: PESKE, S. T.; D'ÁVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1.ed. Pelotas: UFPel, 2003. p. 224-279.

LUCCA FILHO, O. A. **Patologia de Sementes**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS. Curso de Ciência e Tecnologia de Sementes. Módulo 5. ABEAS; Pelotas, RS – 2007, 63p.

MACEDO, E. C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade sanitária de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 42-50, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100007>

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of plants**. Pergamon Press, 4ed, 1978. 270p.

MARCIA, B. A; LAZZARI, F. A. Monitoramento de fungos em milho em grão, grits e fubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 363-367, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000400001>.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MALLMANN, C. A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e micotoxicoses em suínos**. Santa Maria: edição do autor; 2007.

McDONALD, M. B. Seed quality assessment. **Seed Science Research**, v. 8, n. 02, p. 265-276, 1998. <https://doi.org/10.1017/S0960258500004165>

MENDES, M. A. S.; SPEHAR, C. A.; NASSER, L. C. B.; LIMA, E. A. L. A. **Fungos associados a sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)**. Comunicado Técnico nº 24. Brasília: Embrapa, 1997. 5p.

MENEGHETTI, V. L. **Parâmetros industriais e qualidade de consumo do arroz na secagem e no armazenamento**. Pelotas, 2008. 92p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2008.

MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>

MILLER, J. D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **Journal of Stored Products Research**, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(94\)00039-V](https://doi.org/10.1016/0022-474X(94)00039-V)

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**, v. 32, n. 4, p. 835-843, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000114>.

MUJICA-SANCHEZ, A.; JACOBSEN, S. E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.):** Ancestral Cultivo Andino, Alimento Del Presente y Futuro. Santiago, Chile: FAO, 2001. 564 p.

NEDEL, J. L. Fundamentos da Qualidade de Sementes. In: PESKE, S. T.; D'AVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes:** fundamentos científicos e tecnológicos. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 94-136.

OLIVEIRA, J. A.; SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; ABREU, L. A. S. Secagem e armazenamento de sementes de sorgo com alto e baixo teor de tanino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 699-710, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400012>

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; DAL FABBRO, I. M. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.93-127, 2014. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v16n1p93-127>

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de Sementes. In: PESKE, S. T.; D'AVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes:** fundamentos científicos e tecnológicos. 1.ed. Pelotas: UFPel, 2003. p. 13-91.

PETERSON, A. J.; MURPHY, K. M. (2015) Quinoa Cultivation for Temperate North America: Considerations and Areas for Investigation, in MURPHY, K.; MATANGUIHAN, J. **Quinoa:** Improvement and Sustainable Production, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA, 2015. <https://doi.org/10.1002/9781118628041.ch10>

PREGO, I.; MALDONADO, S.; OTEGUI, M. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. **Annals of Botany**. v. 82, p.481-488, 1998. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0704>

POMPEU, D. G.; MATTIOLI, M. A.; RIBEIRO, R. I. M. A.; GONÇALVES, D. B.; MAGALHÃES, J. T.; MARANGONI, S. SILVA, J. A.; GRANJEIRO, P. A. Purification, partial characterization and antimicrobial activity of Lectin from *Chenopodium Quinoa* seeds. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 4, p. 696-703, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6823>

QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; OLIVEIRA, K. S. Constituintes químicos das frações de lichia in natura e submetidas à secagem: potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1174-1179, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400026>

RESENDE, O.: **Variação das propriedades físicas e mecânicas e da qualidade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2006. 197f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seeds Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 499-514, 1973.

ROSA, S. D. V. F.; VON PINHO, É. V. R.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Indução de tolerância à alta temperatura de secagem em sementes de milho por meio de pré-condicionamento à baixa temperatura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, p. 290-310, 2004. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v3n2p290-310>

ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Tolerância a alta temperatura de secagem de sementes de milho**. Lavras, 2003, 149p. TESE (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2003.

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; SILVEIRA, C. M. Padrões eletroforéticos da enzima α -amilase em sementes de milho submetidas a alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.77-83, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000100012>

SANTOS, A. F.; PARISI, J. J. D; MENTEM, J. O. M. (Ed.). **Patologia de sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 236 p.

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) nos cerrados**, 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília. 135p.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L; DONZELLES, S. M. L; NOGUEIRA, R. M.: Secagem e secadores. IN: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Editora UFV, Viçosa, 2008. 560p.

SOLID OPD – Organización Privada de Desarrollo. **Programa modular para el manejo técnico del cultivo de quinua**. Soild OPD - Lima, 2010. 74p.

SOUZA, F. F. J. **Qualidade fisiológica de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) armazenadas em diferentes ambientes e embalagens**. 2013, 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Goiás – UEG, 2013.

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

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2006.v23.8654>

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S.; SANTOS, R. L. B.: Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado. Comunicação científica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600020>

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 the Science of Food and Agriculture**, v. 55, p. 132-138, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. **Alimentos e Nutrição**, v. 16, n. 3, p. 259-264, 2005.

TILLMANN, M. A. A.; MELO, V. D. C.; ROTA, G. R. M. Análise de Sementes. In: PESKE, S. T.; D'ÁVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G. R. M. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1. Ed. Pelotas: UFPel, 2003. p. 138-222.

TIMOTEO, T. S. **Condições de armazenamento e conservação do potencial fisiológico de sementes de diferentes genótipos de milho**. Piracicaba, 2010, 89p. (Tese de doutorado), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

VARRIANO-MARSTON, E.; DEFRANCISCO, A. Ultrastructure of quinoa fruit (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Microstructure**, v. 3, p. 165- 173, 1984.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTINEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal Science Food Agriculture**, v. 90, p. 2541–2547, 2010. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>

VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. 1991. 104f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP.

VILLELA, F. A.; PESKE, S. T. **Secagem de sementes**. In: PESKE, S. T.; D'ÁVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G. R. M. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1. Ed. Pelotas: UFPel, 2003. p. 283-321.

ZIVALLOS, V. F.; ELLIS, H. J.; ŠULIGOJ, T.; HERENCIA, L. I.; CICLITIRA, P. J. Variable activation of immune response by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) prolamins in celiac disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.96, n. 2, p. 337-344, 2012. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.030684>

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão. **Revista**

Brasileira de Sementes, v. 33, n. 4 p. 724 - 734, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400014>.

WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: Standing the test of time. **Plant Science**, v. 179, p. 565–573, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.06.016>

WEBER, E. A. Secadores. In: Weber, E. A., **Armazenagem e conservação dos grãos**, Livraria e editora Agropecuária Ltda. Guaíba - RS, 2001, p. 93-186.

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.1380–1383, 2002. http://doi.wiley.com/10.1002/tm_license_1.1

WU, G.; MORRIS, C. F.; MURPHY, K. M. Quinoa Starch Characteristics and Their Correlations with the Texture Profile Analysis (TPA) of Cooked Quinoa. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 10, p. 2387-2395, 2017. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13848>

4. CAPITULO I. Cinética de secagem e qualidade de sementes de quinoa após a secagem e durante o armazenamento¹

RESUMO: Neste trabalho se analisou a cinética de secagem e avaliou o efeito de diferentes formas da secagem, ambientes e períodos de armazenamento na germinação e qualidade de sementes de quinoa genótipo Syetetuba. As sementes foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30, 40, e 50 °C e em terreiro suspenso, a pleno sol até atingirem teor de água de $\pm 12\%$. O armazenamento por 360 dias foi contínuo em três diferentes ambientes. Aos dados observados de secagem foram ajustados dez modelos matemáticos. Na qualidade, as sementes foram avaliadas aos 0, 6 e 12 meses, pelos testes de germinação, primeira contagem da germinação, teor de água e sanidade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas sub subdivididas com 4 repetições. O modelo de Midilli foi o selecionado para descrever as curvas de secagem de quinoa. A germinação diminuiu após seis meses de armazenamento nos tratamentos de secagem em estufa a 30 °C e em terreiro suspenso, apenas quando foram associados ao armazenamento em condições não controladas. A qualidade sanitária das sementes é afetada apenas pelo tempo de armazenamento, havendo redução na incidência de fungos com o tempo.

Termos para indexação: *Chenopodium quinoa* Willd., ambiente, fungos, Midilli, temperatura.

Kinetics and quality of quinoa seeds after drying and during storage

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of different drying forms, environments and storage periods on germination and sanitary quality of quinoa seeds Syetetuba genotype. Seeds were submitted to drying in forced air circulation chamber at 30, 40 and 50 °C and in suspended tray, at the sun light and natural air, until they reached $\pm 12\%$ of moisture content. The observed drying data were adjusted to 10

¹ Capítulo publicado no *Journal of Agricultural Science*; v. 12, n. 2; 2020, em Anexo

mathematical models. The storage for 360 days was continuous in three different environments. Seeds were evaluated at 0, 6 and 12 months for germination, first count of germination, moisture content and sanity tests. The experimental design was completely randomized, in a split split-plot scheme with 4 replicates. The Midilli model was selected to describe the drying kinetics of quinoa seeds. Germination decreased after six months of storage in the stove drying treatments at 30 ° C and in the suspended tray, only when they were associated with storage under uncontrolled conditions. The sanitary quality of the seeds is affected only during storage, and there is a reduction of fungi incidence over time.

Index terms: *Chenopodium quinoa* Will., environments, fungi, Midilli, temperature.

4.1 Introdução

A semente de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) apresenta marcante qualidade nutricional e integra a dieta dos povos andinos há séculos (BAZILE et al., 2016). Foi considerada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação como uma das culturas mais promissoras da humanidade, não só por suas propriedades benéficas à saúde, mas também pela variedade de usos (FAO, 2013). A cultura apresenta adaptabilidade a diversas condições edafoclimáticas, resistência a fatores abióticos e baixo custo de produção, podendo ser introduzida em diversos sistemas agrícolas (RESTREPO et al., 2005). No Brasil, foi oficialmente implementada visando oferecer opção para os diversos sistemas de cultivo praticados no país, além de ser uma alternativa para contribuir na segurança alimentar e no aumento da renda do produtor (SPEHAR et al., 2011).

Nos últimos anos a cultura passou por uma grande expansão, sobretudo fora de seus países de origem, elevando-se a demanda por seus grãos e derivados principalmente nos EUA, Canadá, União Europeia e Ásia, que são os maiores importadores (BAZILE et al., 2016). Portanto, existe potencial de cultivo em média e grande escala para atender à crescente demanda mundial (TORRES; SALAS, 2015).

Um fator estratégico do sucesso do cultivo é a qualidade das sementes. Esta deve se manter elevada durante a conservação, para assegurar um ótimo estabelecimento de plântulas em campo e assegurar o retorno econômico e produtivo almejado pelo produtor (TUNES et al., 2014). A secagem é uma etapa vital no ciclo

produtivo das sementes (PESKE; VILLELA, 2012), sendo empregada sobretudo para reduzir o teor de água, retardando a deterioração, tornando-as adequadas ao armazenamento (OLIVEIRA et al., 2009). Esse, por sua vez, visa conservar a qualidade inicial da semente, protegendo-as de intempéries, insetos e microrganismos (ELLIS; HONG, 2006).

Embora sejam importantes etapas do ciclo produtivo da semente, para muitas culturas, tanto a secagem como o armazenamento, têm sido negligenciadas (BERBERT et al., 2008). Para a quinoa, por exemplo, a maioria dos produtores ainda empregam técnicas artesanais. A a secagem natural na própria planta, ao sol ou à sombra e sobre terreiros e o armazenamento em ambientes com temperatura e umidade relativa não controladas (QUIROGA et al., 2014). O teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento são fatores determinantes na conservação da qualidade das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

Todavia, a secagem pode ser prejudicial à qualidade da semente, principalmente em função do seu atraso ou pelo emprego de temperaturas elevadas, excesso de tempo de exposição ao ar aquecido e método empregado (MENEZES et al., 2012). Alterações químicas, físicas e fisiológicas nas sementes podem ocorrer durante a remoção de água (ROVERI JOSÉ et al., 2004; PESKE; VILLELA, 2012). Ainda, em função de sua importância, faz-se necessário o estudo teórico do processo de secagem das sementes e sua aplicação prática na pós-colheita, principalmente em culturas com recente histórico de produção, como é o caso da quinoa (MOSCON et al., 2017).

Outro ponto crucial e que deve ser observado é o fato de a semente ser um dos principais veículos disseminadores de patógenos (HENNING et al., 2011; CARDOSO et al., 2015), sendo frequentemente responsáveis pela introdução de novos focos de infecção de doenças em áreas não contaminadas (MEDEIROS et al., 2015). Dentre os agentes fitopatogênicos, os fungos têm notória importância. Alguns se manifestam quando as sementes são postas para germinar e outros apenas no armazenamento, causando danos sobretudo na produção e produtividade (HENNING et al., 2011).

Nesse contexto, para culturas em ascensão, como a quinoa, ainda são escassas as informações sobre o processo de secagem e os efeitos das etapas pós-colheita nos atributos de qualidade das sementes. Assim, objetivou-se nesta pesquisa analisar e modelar as curvas de secagem, bem como avaliar o efeito de diferentes formas de

secagem, ambientes e períodos de armazenamento, na germinação e qualidade sanitária de sementes de quinoa.

4.2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado em Brasília, DF, Brasil. Foram utilizadas sementes do genótipo Syetetuba (SPEHAR et al., 2011), produzidas na Fazenda Água Limpa (FAL), área experimental da Universidade de Brasília.

A colheita e a debulha das sementes foram realizadas manualmente por fricção das panículas e se deu 120 dias após emergência das plântulas. A limpeza e uniformização do tamanho das sementes foi realizada com uso de máquina de ar (protótipo experimental) e conjunto de peneiras.

O processo de secagem das sementes foi realizado em camada fina, com uso de estufa com circulação forçada de ar (marca Lucadema, modelo 82/150), sendo dividido da seguinte forma: S1 – estufa à 30 °C; S2 – estufa à 40 °C; S3 – estufa a 50 °C; S4 – terreiro suspenso a um metro de altura e a pleno sol. Em todos os tratamentos foram utilizadas três bandejas de fundo telado (50 x 50 cm), contendo 1,0 kg de sementes, distribuídas em camada fina de $\pm 1,5$ cm. As bandejas foram alocadas de forma aleatória, com revolvimento manual da camada de sementes e a secagem ocorreu até que as sementes atingissem teor de água de $12 \pm 1,0\%$.

Em todos os tratamentos a redução do teor de água no decorrer da secagem foi realizado pelo método gravimétrico. A determinação final foi pelo método da estufa a 105 °C, utilizando três amostras de 5 g (BRASIL, 2009a). O teor de água de equilíbrio foi determinado utilizando-se três amostras com 5 g de sementes para cada condição de secagem. Após a secagem, o conteúdo das bandejas foi agrupado, homogeneizado com as mãos e dividido em porções com ± 200 g, caracterizando as repetições, que foram acondicionadas em recipientes plásticos translúcidos tampados, com capacidade de 300 mL.

Os recipientes contendo as sementes foram armazenados durante 360 dias em diferentes ambientes, sendo: A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial). A temperatura e umidade relativa do ar (UR) durante o armazenamento foram obtidas por meio de registrador digital (*data logger*) Onset HOBO® U12-011. As sementes permaneceram armazenadas no período de agosto de 2017 a setembro de 2018.

Para o estudo da cinética de secagem, a determinação da taxa de remoção de água das sementes foi realizada segundo a Equação 1 (SILVA et al., 2018).

$$TRA = (Ma_0 - Ma_i) / (Ms * (t_i - t_0)) \quad (1)$$

onde: TRA : taxa de redução de água (kg kg⁻¹ h⁻¹); Ma₀ : massa de água total anterior (kg); Ma_i : massa de água total atual (kg); Ms : matéria seca (kg); t₀ : tempo total de secagem anterior (h); t_i : tempo total de secagem atual (h).

A razão de teor de água foi obtida para cada temperatura segundo a Equação 2.

$$RU = ((X - X_e) / (X_i - X_e)) \quad (2)$$

onde: RU = razão de teor de água do produto (adimensional); X = teor de água do produto (% b.s.); X_e = teor de água de equilíbrio do produto (% b.s.); X_i = teor inicial de água do produto (% b.s.).

Os dados determinados de teor de água das sementes durante a secagem foram submetidos a dez modelos matemáticos (Tabela 1), tradicionalmente utilizados para descrever tal fenômeno (DOYMAZ, 2014; GONELI et al., 2014; SANTOS et al., 2015; MENDONÇA et al., 2015; MACIEL et al., 2017; TAO et al., 2018).

Tabela 1 Modelos matemáticos utilizados na predição do fenômeno de secagem

Designação	Modelo	Equação
Page	$RU = \exp(-kt^n)$	(3)
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-kt)$	(4)
Midilli	$RU = a \exp(-kt^n) + bt$	(5)
Wang e Singh	$RU = 1 + at + bt^2$	(6)
Verma	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-k_1t)$	(7)
Thompson	$RU = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5})/2b)$	(8)
Newton	$RU = \exp(-kt)$	(9)
Exp. de Dois Termos	$RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$	(10)
Dois Termos	$RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	(11)
Page Modificada	$RU = \exp(-kt)^n$	(12)

RU: razão de umidade, adimensional; t: tempo de secagem (min); k, k₀, k₁: constantes de secagem (s⁻¹); a, b, c, n: coeficientes dos modelos.

O ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem deu-se por análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, em programa computacional. Para avaliar o grau de ajuste de cada modelo, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R²), do erro médio relativo (P) e do desvio

padrão da estimativa (SE) e a variância explicada pelo modelo (VE) (GONELI et al., 2014).

Amostras das sementes foram retiradas aos 0, 6 e 12 meses de armazenamento para avaliação, pelos seguintes métodos:

Teor de água (TA): determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 h, utilizando-se três amostras de 2 g por repetição (BRASIL, 2009a).

Germinação (G): quatro subamostras de 50 sementes por repetição foram semeadas em caixas plásticas transparentes (11 cm x 11 cm x 3 cm), sobre duas folhas de papel Germitest previamente umedecidas com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel seco. As caixas foram mantidas em câmara de incubação (luz 12h; 25 ± 2 °C). Foram contabilizadas as plântulas normais aos 5 dias e os resultados foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009a; SOUZA et al., 2017).

Primeira contagem da germinação (PC): obtido pela contagem das plântulas normais aos dois dias da instalação do teste de germinação e expressos em porcentagem (BRASIL, 2009a; SOUZA et al., 2017).

Qualidade sanitária: A incubação das sementes foi realizada pelo método de papel de filtro, com congelamento e fotoperíodo de 12 horas (BRASIL, 2009b). Amostras de aproximadamente 2,0 g de sementes de cada repetição foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (2%) por 2 minutos. Foram extraídas 200 sementes, divididas em quadruplicatas de 50 e semeadas em caixas plásticas, levadas câmara de incubação a 20 °C durante 12 horas, congelamento a -20 °C por 24 horas e câmara de incubação à 25 °C por 7 dias. Em seguida, procedeu-se ao exame individual das sementes com auxílio de lupa e, quando necessário, microscópio estereoscópico. Foram considerados o percentual de sementes infectadas e a incidência de cada gênero (BRASIL, 2009b; HENNING, 2015).

Para a análise da qualidade, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas sub subdivididas, com 4 repetições. Os fatores foram as formas de secagem, condições e períodos de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias deu-se pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para o fator períodos de armazenamento fez-se análise de regressão e os modelos foram ajustados com base no teste t ($p \leq 0,05$) e coeficiente de determinação (R^2).

4.3 Resultados e Discussão

Depois da secagem, os tempos gastos e os teores de água das sementes foram de 7,0 h, 5,0 h, 2,25 h, 1,5 h e 12,3%, 12,1%, 12,0%, 11,4%, para secagem em terreiro suspenso, estufa a 30 °C, 40 °C e 50°C, respectivamente (Figura 1A). Quando observados os tratamentos utilizando estufa, observou-se que a elevação da temperatura ocasiona diminuição do tempo necessário para realização da secagem, resultado este já esperado (ZONTA et al., 2011). A secagem em terreiro suspenso demandou menor tempo, apresentando também a maior taxa de remoção de água. O inverso foi observado para a secagem a 30 °C. Na Figura 1B é possível observar que os valores para a remoção da água foram maiores no início do processo de secagem e depois tenderam a ser constantes (ZONTA et al., 2011).

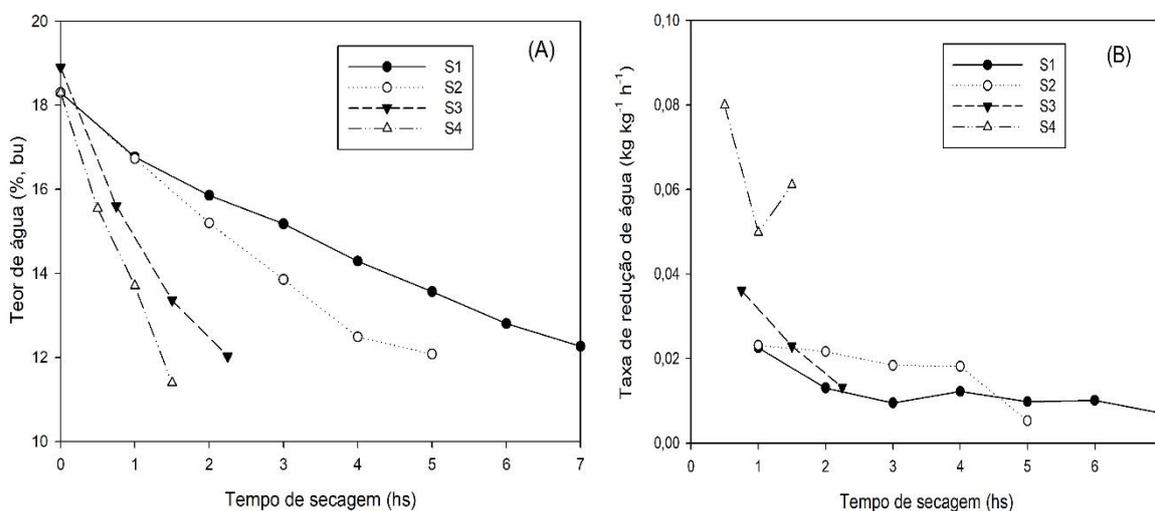


Figura 1. Teor de água (A) e taxa de remoção de água (B) durante a secagem de sementes de quinoa sob diferentes formas, em função do tempo de secagem. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

No processo de remoção de água das sementes, a renovação do ar é importante, pois quanto mais saturado de umidade estiver o ar, mais difícil é a saída da água e, quanto mais seco, mais rápida será a secagem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Na estufa, a troca do ar interno com o externo ao equipamento pode ser mais lenta principalmente devido ao impedimento físico causado pelo próprio equipamento, mesmo possuindo sistema de ventilação. Na secagem em terreiro suspenso e a pleno

sol, é possível que as condições psicrométricas do ar, como a umidade relativa, a temperatura e a ventilação natural do local, propiciaram condições para que a velocidade de secagem fosse mais rápida em relação aos tratamentos em estufa.

Em relação aos dez modelos analisados, todos foram eficientes em descrever o processo de secagem das sementes de quinoa, com coeficiente de determinação (R^2) e variância explicada (VE) elevados, erro médio relativo (P) e desvio padrão da estimativa (SE) baixos. Contudo, considerando as condições em que este trabalho foi realizado, optou-se por seleccionar o modelo de Midilli por apresentar o maior número de parâmetros favoráveis às formas de secagem estudadas (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R^2), erro médio relativo (P, decimal), desvio padrão estimado (SE, decimal) e variância explicada (VE) dos dez modelos analisados para a secagem de sementes de quinoa após diferentes formas de secagem

Modelo	30 °C				40 °C			
	R^2	P	SE	VE	R^2	P	SE	VE
Page	0,999	0,018	2,71	0,994	0,999	0,011	1,92	0,997
Henderson - Pabis	0,997	0,018	2,92	0,993	0,993	0,026	3,65	0,985
Midilli	0,997	0,016	2,29	0,995	0,999	0,011	1,81	0,997
Wang e Singh	0,997	0,017	2,01	0,994	0,998	0,014	2,22	0,996
Verma	0,998	0,013	1,53	0,996	0,997	0,015	2,44	0,994
Thopson	0,997	0,018	2,92	0,993	0,993	0,026	3,65	0,985
Newton	0,997	0,018	2,92	0,993	0,993	0,026	3,65	0,985
Exp. Dois Termos	0,997	0,018	2,92	0,993	0,993	0,026	3,65	0,985
Dois termos	0,997	0,018	2,96	0,993	0,994	0,023	3,35	0,989
Page Modificada	0,997	0,018	2,92	0,994	0,993	0,026	3,65	0,985
Modelo	50 °C				AMB			
	R^2	P	SE	VE	R^2	P	SE	VE
Page	0,999	0,002	0,27	0,999	0,994	0,022	3,65	0,987
Henderson - Pabis	0,997	0,014	1,53	0,995	0,985	0,034	6,69	0,969
Midilli	0,999	0,000	0,000	1,000	0,999	0,008	1,13	0,999
Wang e Singh	0,999	0,004	0,43	0,999	0,998	0,012	1,46	0,996
Verma	0,999	0,006	0,64	0,999	0,999	0,001	0,00	0,998
Thopson	0,997	0,014	1,53	0,994	0,985	0,034	6,69	0,969
Newton	0,997	0,014	1,53	0,994	0,985	0,034	6,69	0,969
Exp. Dois Termos	0,999	0,002	0,29	0,999	0,993	0,023	4,11	0,985
Dois termos	0,998	0,013	1,50	0,995	0,985	0,033	6,63	0,971
Page Modificada	0,997	0,014	1,53	0,994	0,985	0,034	6,69	0,970

O modelo Midilli comportou-se de forma satisfatória, descrevendo com elevada concordância a relação entre os dados estimados e observados, em cada condição de secagem analisada (Figura 2). O mesmo modelo foi usado para descrever a cinética de secagem de diversas sementes, tais como das de melancia (DOYMAZ, 2013), andiroba (MENDONÇA et al., 2015) e ervilha (TAO et al., 2018).

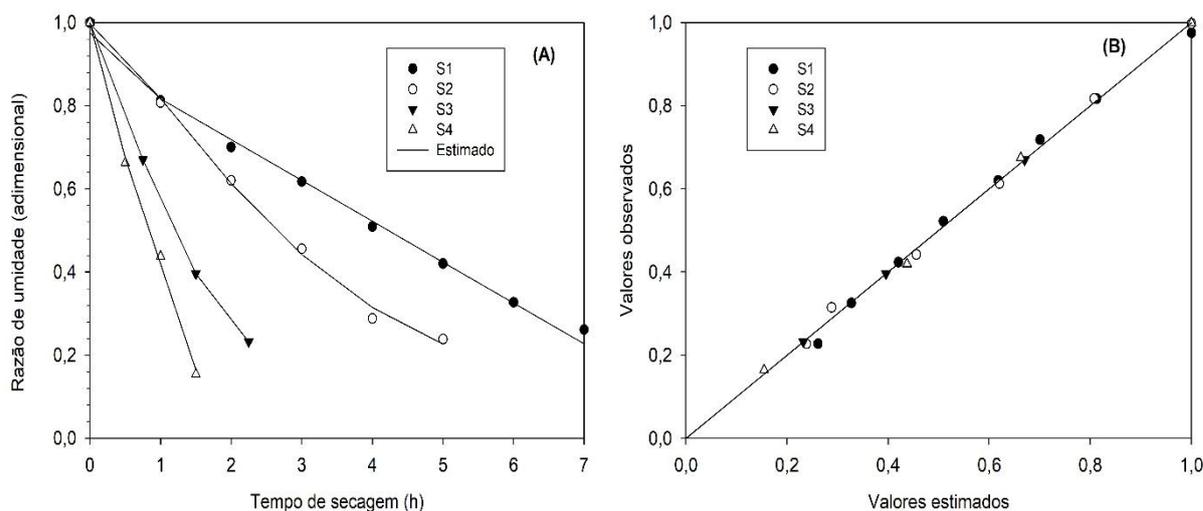


Figura 2. Razão de umidade (A) e distribuição dos resíduos (B) dos valores observados e ajustados pelo modelo Midilli, para sementes de quinoa submetidas a secagem em diferentes formas. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 -secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

Após a secagem e durante o armazenamento em diferentes ambientes para estudar a qualidade das sementes, as variáveis climáticas foram monitoradas, com estas se comportando de forma distinta nos diferentes ambientes, estando assim em conformidade com o proposto na metodologia. As médias das variáveis climáticas foram de $11,4 \pm 0,2$ °C e $53,7 \pm 1,5\%$ de UR no ambiente A1, $19,1 \pm 0,4$ °C e $40,1 \pm 6,5\%$ de UR em A2 e, $26,5 \pm 1,3$ °C e $50,9 \pm 9,5\%$ de UR em A3. As maiores amplitudes térmicas e de umidade relativa do ar foram observadas no tratamento A3, onde os valores oscilaram entre 21,4 °C a 31,1 °C e 19,4 a 77,3%.

Para o teor de água das sementes durante o armazenamento, o resultado da análise de variância apontou haver interação estatisticamente significativa apenas entre as formas de secagem e os períodos de armazenamento. Os tratamentos

submetidos a secagem à 30 °C e sob a luz solar, apresentaram os maiores valores no início e na metade do período avaliado, com decréscimo no final. Os demais tratamentos apresentaram elevação contínua no teor de água no decorrer do período. O maior valor foi observado no tratamento S1 (12,75%) aos seis meses e o menor em S3 (11,37%), no início do armazenamento conforme descrito da Figura 3.

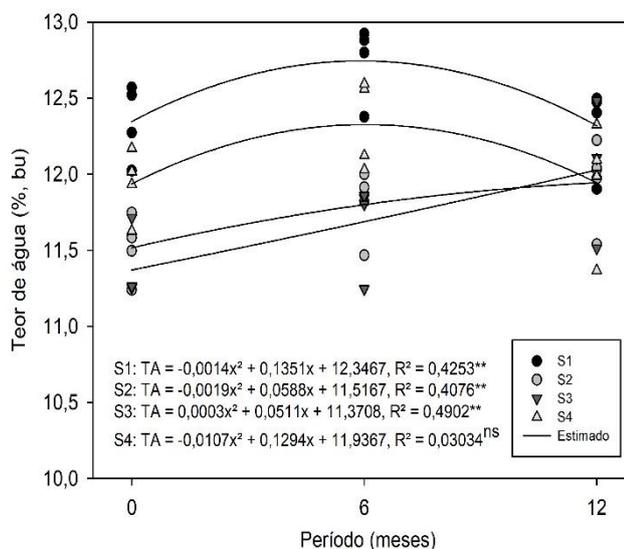


Figura 3. Teor de água (% base úmida), de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem, em função do tempo de armazenamento. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

Durante o armazenamento, o teor de água apresentou variações possivelmente devido ao fato de as embalagens não serem herméticas, a abertura das mesmas no momento da amostragem e ao teor de água variável inicial de cada tratamento. As sementes tendem a apresentar oscilações no teor de água em função da temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento, justamente por seu caráter higroscópico (PESKE; VILLELA, 2012). Cabe salientar que para conservar as sementes de forma segura, o teor de água não deve ser superior a 12-14% (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Quando mantido inferior a isso, o processo respiratório se mantém baixo, favorecendo então a manutenção da qualidade das mesmas (ZUCARELI et al., 2015).

A germinação foi influenciada pelos três fatores àos quais as sementes foram submetidas, sendo estatisticamente significativa a interação entre todos. É possível observar na Tabela 3 que, tanto em A1 como em A2, os tratamentos de secagem não diferiram estatisticamente entre si, com a germinação permanecendo elevada, apresentando-se superior a 90%. Contudo, em A3 houve efeito significativo das formas de secagem, com diferença estatística entre S1, S4 e os demais tratamentos. Nesse ambiente, a queda na germinação foi mais acentuada em S1 e S4, mas permaneceu elevada para S2 e S3 (64%, 82%, 92% e 93%, respectivamente).

Tabela 3. Germinação (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento

Forma de secagem	Ambiente de armazenamento		
	A1	A2	A3
	----- % -----		
D1	95* aA	94 aA	64 cB
D2	94 aAB	95 aA	92 aB
D3	95 aA	95 aA	93 aB
D4	94 aA	95 aA	82 bB
	Forma de secagem	Ambiente de armazenamento	
CV (%)	1,26	1,52	
dms	1,43	1,40	

*Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado; A1 -câmara fria (± 10 °C, $\pm 50\%$ UR); A2 - câmara fria (± 17 °C, $\pm 40\%$ UR); A3 - ambiente de laboratório (26 ± 2 °C, 50 $\pm 10\%$ UR). CV (%) - coeficiente de variação; dms - diferença mínima significativa.

A associação do ambiente de laboratório (A3) com as diferentes formas de secagem, contribuiu para a queda observada na germinação das sementes. Esses danos latentes são percebidos após o armazenamento, resultando em queda na germinação e vigor (LABBÉ, 2012). O aumento na velocidade da secagem pode resultar em aumento na incidência de rachaduras, tanto no tegumento como nos cotilédones e eixo embrionário (PESKE; VILLELA, 2012).

Durante os 12 meses em que permaneceram armazenadas, tanto nos ambientes A1 como A2, as sementes mantiveram a germinação superior a 90%, independente das condições de secagem. Contudo, no ambiente A3, apenas as secas a 40 °C e 50°C (S2 e S3, respectivamente), permaneceram com germinação alta. As secas ao ambiente (S4) e em estufa a 30 °C (S1) apresentaram diminuição na germinação,

chegando apenas a 64% e 25%, respectivamente, no final do período de 12 meses (Figura 4).

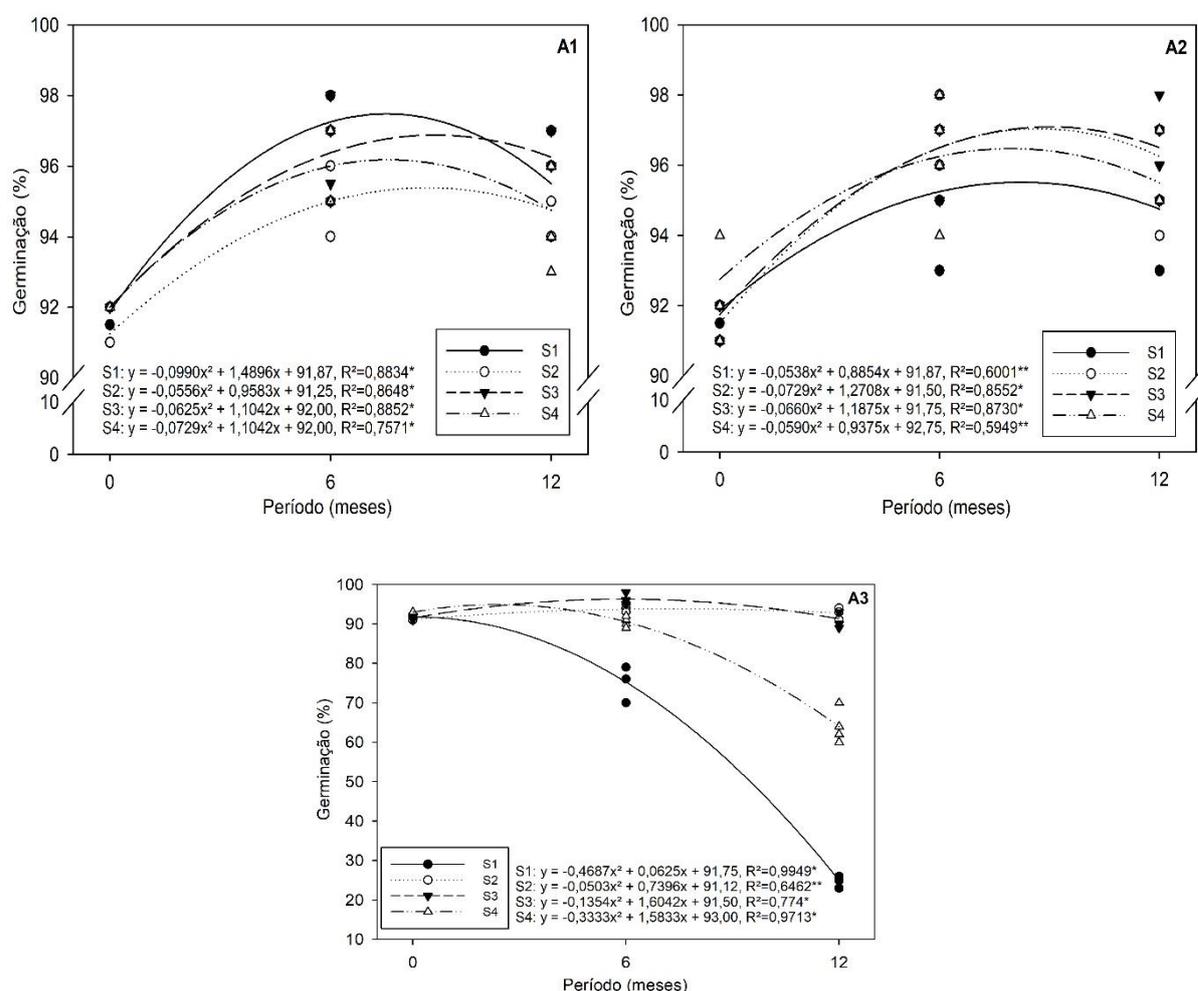


Figura 4. Germinação (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento, em relação ao tempo de armazenamento. S1, S2 e S3 representam secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 corresponde à secagem em terreiro suspenso, ao sol; Ambientes de armazenamento: A1 - câmara fria (± 10 °C, $\pm 50\%$ UR); A2 - câmara fria (± 17 °C, $\pm 40\%$ UR); A3 - ambiente de laboratório.

A influência do ambiente de armazenamento na germinação de sementes já foi citada por diversos autores. Dias et al. (2016) afirmam que sementes de *Jatropha curcas* perdem poder germinativo quando permaneceram em condições de laboratório ($23 \pm 3^\circ\text{C}$ e $64 \pm 11\%$ de UR), mas mantêm quando em câmara fria ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $55 \pm 5\%$ de UR), sendo essa a condição mais adequada para armazená-las por 12 meses.

Sementes de feijão azuki (*Vigna angularis*), quando armazenadas por 6 meses a $25,4\pm 3$ °C e $67,3\pm 3\%$ de UR perderam qualidade, reduzindo a germinação, o tamanho e a massa seca de plântulas (TAVARES et al., 2015). A qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*), em armazenamento por 18 meses, foi reduzida em condições não controladas de temperatura e umidade (ZUCARELI et al., 2015). Em pimenta (*Capsicum* sp.) a qualidade fisiológica de sementes foi reduzida quando as mesmas foram submetidas à secagem a 42 °C e ao armazenamento por 8 meses (SILVA et al., 2018).

O aumento do tempo de armazenamento também reduziu a qualidade de sementes de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) (CORADI et al., 2016). A mesma tendência, com decréscimo na germinação de sementes de pinhão-manso, foi observada ao longo de 270 dias, após secagem em estufa a 33 °C e ao sol (ZONTA et al., 2011), sendo atribuída ao dano latente devido à secagem lenta.

Porém, no armazenamento de sementes não basta apenas observar os fatores abióticos (teor de água e temperatura), mas também os bióticos (fungos e pragas), haja vista que, individualmente ou a combinação destes, pode intensificar o processo de deterioração, causando assim perdas irreversíveis na qualidade do produto (GIORNI et al., 2008; CORADI et al., 2016).

Neste trabalho, o percentual de sementes infectadas (SI), não mostrou haver interação estatisticamente significativa entre as formas de secagem e os ambientes de armazenamento, sendo que estes não influenciaram na quantidade de sementes infectadas por fungos. Entretanto, houve efeito único dos períodos de armazenamento, sendo possível observar que esses foram estatisticamente distintos (Figura 5). Os maiores valores foram observados no início, com diminuição no decorrer do armazenamento, atingindo a nulidade para alguns tratamentos no final do período.

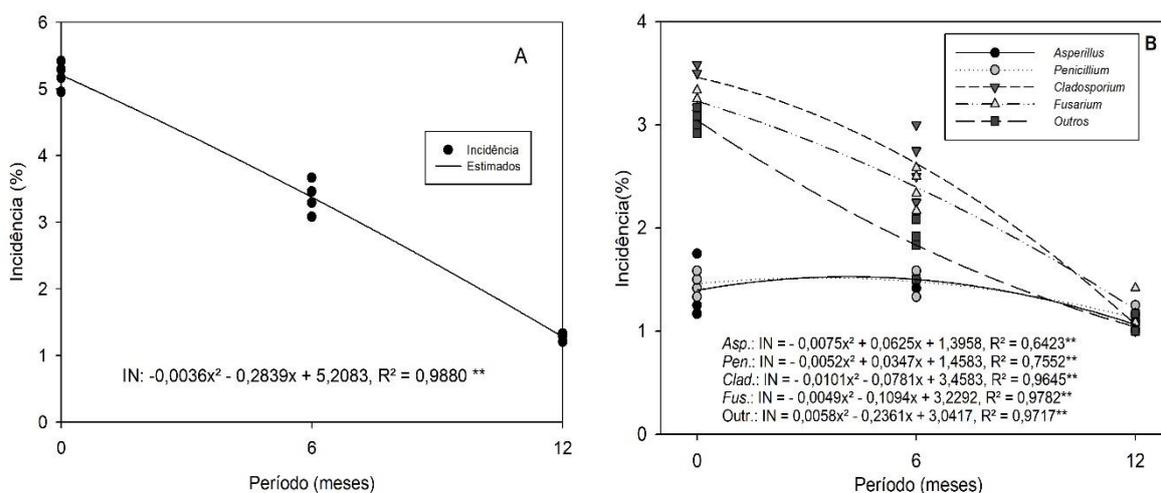


Figura 5. Incidência de sementes contaminadas (A) e de fungos (B) em sementes de quinoa submetidas a diferentes condições de secagem e armazenamento, em três períodos de avaliação (0, 6 e 12 meses).

A diminuição de sementes contaminadas pode ser explicada pela perda de viabilidade dos esporos e micélios dormentes durante o armazenamento. Como não houve aumento abrupto no teor de água das sementes, a multiplicação dos fungos foi dificultada, não havendo assim proliferação. A queda da infecção com o passar do tempo de armazenamento foi igualmente observada por outros autores. Suleiman et al. (2018) afirmaram que, em sementes de milho armazenadas com baixo teor de umidade (14%) em condições herméticas ou não herméticas, a qualidade original do produto foi mantida, com baixo crescimento de fungos, mesmo após meses de armazenamento. Rupollo et al. (2006) também observaram diminuição na contaminação das sementes de aveia com o decorrer do armazenamento.

Em relação aos fungos encontrados neste experimento, a maior incidência foi de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. e *Cladosporium* spp. No primeiro período de análise foi observada a maior incidência de *Cladosporium* spp. (4,92%), seguido de *Fusarium* spp. (4,46%). No segundo período, prevaleceram os gêneros *Cladosporium* spp. (3,25%) e *Fusarium* spp. (2,79%). No último período de avaliação, as maiores incidências foram de *Fusarium* spp. (0,42%), *Penicillium* spp. (0,25%) e *Aspergillus* spp. (0,13 %) (Figura 5). Ademais, outros gêneros foram detectados, porém não identificados devido à ausência de esporulação. Também alguns ocorreram com baixíssima frequência ou apenas uma vez, sendo então apenas

relatados, como no caso de *Alternaria* spp., *Curvularia* spp. *Phoma* spp. e *Phomopsis* spp.

A presença de *Cladosporium* spp. esteve associada às sementes de feijão durante o armazenamento, infligindo danos à qualidade (GUIMARAES; CARVALHO, 2014). Silva e Lourenço Jr. (2009) encontraram semelhantes patógenos em sementes de cinco linhagens brasileiras de quinoa. Os fungos *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. foram encontrados durante o armazenamento de sementes de milho em embalagens plásticas (ANTONELLO et al., 2009). Ademais, espécies de *Fusarium* encontradas em sementes de quinoa foram relatadas como causadoras de tombamento (DRÍMALKOVÁ; VEVERKA, 2004).

Neste experimento vale destacar que os fungos não influenciaram diretamente na germinação das sementes, por sua baixa incidência, principalmente no final do período de armazenamento. Porém, cuidados com o manejo das sementes, para evitar ou diminuir a contaminação, devem ser considerados, principalmente devido ao potencial de patogenicidade, uma vez que os mesmos podem causar deterioração das sementes ou morte antes ou após o plantio.

4.4 Conclusões

O modelo de Midilli mostra-se eficiente para descrever as curvas de secagem de quinoa. A germinação das sementes de quinoa é afetada, após 6 meses de armazenamento, quando as secagens em estufa a 30 °C e em terreiro suspenso foram associadas ao armazenamento em condições ambientais, não controladas. Houve redução na incidência de fungos com o passar do período de armazenamento.

4.5 Referências

ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. B.; BRAND, S. C.; VIDAL, M. D.; GARCIA, D.; RIBEIRO, L.; SANTOS, V. Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2191-2194, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000157>.

BAZILE, D.; JACOBSEN, S-E.; VERNIAU, A. The global expansion of quinoa: trends and limits. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, a. 622, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>

BERBERT, P. A.; CARLESSO, V. O.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; THIÉBAUT, J. T. L.; OLIVEIRA, M. T. R. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 40-48, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000100006>.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Equipe Técnica de Sementes e Mudas. **Regras para análises de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009a. 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009b. 200 p.

CARDOSO, A. M. S.; DAVID, A. M. S. S.; CARVALHO, A. R. J.; SALES, R. P.; OLIVEIRA, P. C. C.; SOUZA, M. D. C. Tratamento químico na qualidade sanitária e na germinação de sementes de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 41-48, 2015. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i1.538>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Campinas: FUNEP, 2012. 590p

CORADI, P. C.; PEREIRA, T. L. L.; CAMILO, L. J. Quality of seeds of jatobá-do-cerrado processed and stored in diferents forms. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 665-684, 2016. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p665>

DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, G. L.; VALLORY, G. G.; SILVA, L. J.; SOARES, M. M. Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 041-049, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n1155449>

DOYMAZ, I. Experimental study and mathematical modeling of thin-layer infrared drying of watermelon seeds. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 1377-1384, 2014. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12217>

DRÍMALKOVÁ, M.; VEVERKA, K. Seedlings damping-off of *Chenopodium quinoa* Willd. **Plant Protection Science**, v. 40, n.1, p. 5–10, 2004. <https://doi.org/10.17221/3119-PPS>

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; Temperature sensitivity of the low-moisture-content limit to negative seed longevity–moisture content relationships in hermetic storage. **Annals of Botany**, n. 97, p.785-791, 2006. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl035>

FAO - **La ONU declara al 2013 año internacional de la quinua**. Disponível em: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508947/> . Acesso em: 24 de junho de 2018.

GIORNI, P.; BATTILANI, P.; PIETRI, A.; MAGAN, N.; Effect of aw and CO₂ level on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in high moisture maize post-harvest. **International Journal of Food Microbiology**, v: 122, n.1-2, p. 109-113, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.051>

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005>.

GUIMARAES, G. R.; CARVALHO, D. D. C. Incidência e caracterização morfológica de *Cladosporium herbarum* em feijão comum cv. 'Pérola'. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, p. 137-140, 2014. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2823>

HENNING, A. A. **Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja**. Brasília: Embrapa, 2015. 33p.

HENNING, F. A.; JACOB JUNIOR, E. A.; MERTZ, L. M.; PESK, S. T.; Qualidade sanitária de sementes de milho em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2 p. 316 - 321, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000200014>

LABBÉ, L. M. B. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S. T; VILLELA, F. A. MENEGHELLO, G. E. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2012. p.371-420.

MACIEL, R. M. G.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C.; SEVERO, L. S.; LIMA, N. D. Mathematical modeling of the foam-mat drying curves of guava pulp. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 10, p. 721-725, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p721-725>

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MEDEIROS, J. G. F.; ARAÚJO NETO, A. C.; SILVA, E. C.; HUANG, M. N.; NASCIMENTO, L. C. Qualidade sanitária de sementes de *Caesalpinia ferrea*: incidência de fungos, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 163-174, 2015.
<http://dx.doi.org/10.5380/ff.v45i1.34074>

MENDONÇA, A. P.; SAMPAIO, P. T. B.; ALMEIDA, F. A. C.; FERREIRA, R. F.; NOVAIS, J. M. Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.382–387, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p382-387>

MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>

MOSCON, E. S.; MARTIN, S.; SPEHAR, C; R.; DEVILLA, I. A.; RODOLFO JUNIOR, F. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Revista Engenharia na Agricultura**, v.25, n.04, p.318-328, 2017.
<https://doi.org/10.13083/reveng.v25i4.773>

OLIVEIRA, M. T. R.; BERBERT, P. A.; VIEIRA, H. D.; THIÉBAUT, J. T. L.; CARLESSO, V. O.; PEREIRA, R. C. Avaliação do vigor de sementes de carambola em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 477-482, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000400016>

PESKE, S. T; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T; VILLELA, F. A. MENEGHELLO, G. E. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2012. p.371-420.

QUIROGA, C.; ESCALERA, R.; ARONI, G.; BONIFACIO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; VILLCA, M.; SARAVIA, R.; RUIZ, A. Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. In: BAZILE et al. (Ed.), 2014. **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. 724 p.

RESTREPO, L. A. M.; VIANCHÁ, L. M.; BALLESTEROS, J.P. Analisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. **INNOVAR**, revista de ciencias administrativas y sociales, 2005. <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v15n25/v15n25a07.pdf>

ROVERI JOSÉ, S. C. B.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; SILVEIRA, C. M. Padrões eletroforéticos da enzima α -amilase em sementes de milho submetidas a alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.77-83, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000100012>

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000100017>

SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. Sun drying of residual annatto seed powder. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 1, p. 161-166, 2015. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i1.20582>

SILVA, A. P.; LOURENÇO JUNIOR, V. Ocorrência de fungos em sementes de cinco linhagens brasileiras de quinoa (ocorrência de fungos em sementes de quinoa). **Campo Digital**, v. 4, n. 1, p. 137-141, 2009. <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/667>

SILVA, H. W.; VALE, L. S. R.; SILVA, C. F.; SOUZA, R. C.; SOARES, R. S. Drying kinetics and physiological quality of 'Cabacinha' pepper seeds during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 292-297, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p292-297>

SOUZA, F. F. J.; SOUZA, J. E. A.; SOUZA, N. O. S.; SPEHAR, C. R.; JESUS, T. F. Standardizing germination tests for quinoa seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n.3, p. 155-160, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11820>

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, 2011. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>

SULEIMAN, R.; BERN, C. J.; BRUMM, T. J.; ROSENTRATER, K.A. Impact of moisture content and maize weevils on maize quality during hermetic and non-hermetic storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 78, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.05.007>

TAO, Z.; YANG, Z.; YU, F.; YANG, Z. Effect of ultrasound on heat pump drying characteristics of pea seeds. **International Journal of Food Engineering**, v. 2, p. 1-14, 2018. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2018-0204>

TAVARES, C. J.; ARAÚJO, A. C. F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; FREITAS, M. A. M. Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1197–1202, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1197-1202>

TORRES, L. A. C.; SALAS, J. C. D. Posibilidades en el comercio internacional de la quinua: un análisis desde la perspectiva de la competitividad. **Equidad y Desarrollo**, n. 24, p. 119-137, 2015. <https://doi.org/10.19052/ed.3683>

TUNES, L. V. M.; FONSECA, D. Â. R.; MENEGHELLO, G. E.; REIS, B. B.; BRASIL, V. D.; RUFINO, C. A.; VILELLA, F. A. Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 675-685, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461050011>

ZONTA, J.B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 724-734, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000400014>

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803–809, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>

5. CAPITULO II. Qualidade fisiológica de sementes de quinoa após secagem e durante o armazenamento²

RESUMO: Propôs-se, nesse trabalho, avaliar o efeito de diferentes condições de secagem, formas e períodos de armazenamento, na qualidade fisiológica das sementes de quinoa. As sementes, com teor de água de $\pm 18\%$, foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30, 40, e 50 °C (S1, S2 e S3, respectivamente) e em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado (S4), até atingirem $\pm 12\%$. O armazenamento foi contínuo por 360 dias em diferentes ambientes, sendo: A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial). As sementes foram avaliadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses, quanto à germinação, primeira contagem da germinação, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica e teor de água. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas sub subdivididas com 4 repetições. As sementes de quinoa perdem qualidade no decorrer do armazenamento. O ambiente de armazenamento influencia na qualidade das sementes de quinoa, devendo-se considerar a possibilidade de mantê-las armazenadas sob temperatura e umidade controladas.

Termos para indexação: *Chenopodium quinoa* Will., temperatura, ambiente, vigor.

Physiological quality of quinoa seeds after drying and during storage

ABSTRACT: It was proposed, even work, to evaluate the effect of different drying conditions, forms and periods of storage on the physiological quality of quinoa seeds. Seeds, with a moisture content of $\pm 18\%$, were submitted to drying in forced air circulation chamber at 30, 40 and 50 °C (S1, S2 and S3, respectively) and in suspended tray, in the sun and natural air not forced (S4), until they reached $\pm 12\%$. The storage was continuous, during 360 days in different environments, being: A1 – cold chamber at ± 10 °C and $\pm 50\%$ RH; A2 – cold chamber at ± 17 °C and $\pm 40\%$ RH;

² Artigo submetido à Revista Ciência Rural

A3 - natural, in the laboratory. The seeds were evaluated at 0, 3, 6, 9 and 12 months, as to germination, first count of germination, emergence seedling, emergency speed index, electrical conductivity and moisture content tests. The experimental design was completely randomized, in a split split-plots scheme with 4 replicates. Regardless of whether is the fast or slow drying, quinoa seeds lose quality during storage. The storage environment influences the quality of quinoa seeds, considering the possibility of keeping seeds stored under temperature and humidity control.

Index terms: *Chenopodium quinoa* Will., temperature, environments, vigor.

5.1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é de origem andina e nas últimas décadas tem experimentado crescente expansão mundial de cultivo e uso (JACOBSEN, 2003; BAZILE; BAUDRON, 2014), principalmente devido ao seu alto valor nutritivo (MAHONEY et al., 1975; ASCHERI et al., 2002; SPEHAR, 2007; JACOBSEN; CHRISTIANSEN, 2016) e adaptabilidade a ambientes com condições adversas de clima e solo (JACOBSEN, 2003). No Brasil, foi introduzida como opção para incrementar a diversidade agrícola e alimentar (SPEHAR, 2006). Entretanto, no país ainda não existe uma cadeia produtiva bem desenvolvida, sendo que a maioria das sementes são produzidas e comercializadas não com esse fim, mas sim como grãos e sob demanda da indústria.

Atualmente, um dos grandes objetivos da agricultura é o aumento da produtividade. Para alcançá-lo, se faz necessário a utilização de sementes com altíssima qualidade, pois estas tendem a assegurar rápida e uniforme emergência das plântulas, com a formação de um estande bem desenvolvido e adequado, gerando plantas uniformes, vigorosas e saudáveis. No contexto agrícola, entende-se por qualidade de sementes o somatório dos seus atributos genéticos, fisiológicos, físicos e sanitários (PESKE et al., 2009; MARCOS-FILHO, 2015).

A longevidade das sementes é determinada por interações genéticas e ambientais durante a maturação, umidade das sementes na colheita, condições de secagem e temperatura de armazenamento. Acredita-se que as interações entre

esses fatores contribuem para a grande variação observada dentro e entre os lotes de sementes e espécies (WALTERS et al., 2010).

O momento ideal para a realização da colheita das sementes seria na maturidade fisiológica (DEMIR; ELLIS, 1992). Entretanto, na maioria das vezes o teor de água é elevado e se assim permanecer, resultará em deterioração (DIAS; NASCIMENTO, 2009; MARCOS-FILHO, 2015), exigindo então o uso da secagem (GARCIA et al., 2004), que pode ser natural, no sol ou à sombra, ou artificial, utilizando-se baixas e/ou altas temperaturas do ar (SILVA et al., 2008).

A secagem, quando mal realizada, pode resultar em queda na germinação e, conseqüentemente, desuniformidade de plantas e baixa produtividade (OLIVEIRA et al., 2009). Todavia, a secagem depende da espécie, tipo de manejo e cultivar, método de secagem, da interação entre temperatura, tempo de exposição e teor de água inicial da semente (MENEZES et al., 2012). Portanto, deve-se tomar cuidado no emprego da secagem, para evitar danos imediatos ou aqueles latentes, expressos apenas no decorrer do armazenamento (PESKE; VILELLA, 2012; GUISTEM et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2011).

O armazenamento se apresenta como etapa essencial na manutenção da qualidade das sementes. Durante a armazenagem, a temperatura e umidade relativa do ar são os fatores que mais influenciam na deterioração e, conseqüentemente na perda de qualidade das sementes (McDONALD, 2004). Isso se deve pelo fato de o primeiro influir na velocidade em que ocorrem processos bioquímicos, reações químicas, respiração, deterioração e desenvolvimento de microrganismos. Já o segundo afeta principalmente o teor de água, haja visto o caráter higroscópico das sementes (MARCOS-FILHO, 2015).

A deterioração das sementes muitas vezes não é perceptível na fase inicial do armazenamento, sendo mais expressiva com o passar do tempo (GARCIA et al., 2004), principalmente onde o intervalo entre safras coincide com a ocorrência de altos valores de temperatura e umidade relativa do ar (MIELEZRSKI; MARCOS-FILHO, 2013). Portanto, informações a respeito do comportamento das sementes frente às condições ambientais que ocorrem no armazenamento, são de fundamental importância para manutenção da qualidade das mesmas (SMANIOTTO et al., 2014).

Ainda existem muitas lacunas acerca do potencial fisiológico das sementes de quinoa durante o armazenamento, principalmente quando associado a diferentes

formas de secagem. Em face ao exposto, a pesquisa dos processos pós-colheita pode dizer de forma mais precisa quais são os limites toleráveis pelas sementes desta cultura. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes formas de secagem, ambientes e períodos de armazenamento na qualidade fisiológica das sementes de quinoa.

5.2 Material e métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Micologia, pertencente à Universidade de Brasília, em Brasília-DF, entre os anos de 2017 e 2018. Foram utilizadas sementes do genótipo Syetetuba, provenientes de multiplicação em área experimental da Universidade de Brasília (Brasília-DF), a 15° 56' de latitude (S) e 47° 56' de longitude (O) e altitude média de 1.080 m. As panículas foram colhidas e debulhadas manualmente após 120 dias do plantio e as sementes foram limpas em máquina de ar (protótipo) e conjunto de peneiras.

As diferentes condições de secagem foram baseadas na utilização de ventilação natural ou artificial, sendo: secagem em estufa, marca Lucadema, modelo 82/150, com circulação ar forçado, nas temperaturas de 30, 40, e 50 °C (T1, T2 e T3, respectivamente); secagem em terreiro suspenso, sob sol e ar ambiente não forçado (T4). Em todos os procedimentos foram utilizadas três bandejas de fundo telado (50 x 50 cm), com ±1,0 kg do produto em cada, distribuído em camada fina de ±1,5 cm, com as bandejas alocadas de forma aleatória. O teor de água inicial era de 18% e a secagem ocorreu até que atingissem 12%. O acompanhamento da redução do teor de água se deu pelo método gravimétrico, com aferição pelo método da estufa (BRASIL, 2009). Os intervalos de pesagem foram de 1 h e 0,5 h para os tratamentos T1, T2 e T3 e T4, respectivamente. Em cada intervalo, as sementes eram revolvidas na bandeja.

Após a secagem, as sementes das bandejas foram agrupadas, homogeneizadas e divididas em 3 subamostras equivalentes correspondentes aos ambientes de armazenamento. Então, cada uma destas foi novamente dividida em outras 4 frações, que compuseram as repetições, sendo acomodadas em recipientes plásticos translúcidos tampados e levados ao armazenamento contínuo durante 360 dias em diferentes ambientes, sendo: A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

Durante o armazenamento, a temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas por meio de registrador digital (*data logger* - marca ONSET, modelo HOB0[®] U12-011), e o teor de água (TA) das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105±3 °C por 24 h (BRASIL, 2009, adaptado), com os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

Para realização da avaliação da qualidade fisiológica das sementes, foram retiradas amostras de 2 g de cada repetição e aplicados os testes descritos abaixo:

Germinação (G): quatro subamostras de 50 sementes de cada repetição foram distribuídas sobre duas folhas de substrato de papel Germitest, previamente umedecido com água destilada, em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 3 cm) e mantidas em estufa com 12 h de fotoperíodo, a 25±0,5 °C. Foram contabilizadas as plântulas normais, aos cinco dias (BRASIL, 2009).

Primeira contagem da germinação (PC): obtido pela contagem das plântulas normais aos dois dias da instalação do teste de germinação (BRASIL, 2009; SOUZA et al., 2017).

Condutividade elétrica (CE): três subamostras de 50 sementes por repetição foram pesadas em balança (0,001 g), colocadas em copos plásticos com 50 mL de água destilada e levadas a incubadora tipo BOD à 30 °C por 6 h. Após esse período, a condutividade foi obtida por meio do condutímetro GEHAKA, modelo CG2500. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes (AOSA, 1983; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999, adaptado).

Emergência de plântulas (EP): três subamostras de 50 sementes de cada repetição foram semeadas em bandejas plásticas com substrato de areia autoclavada, em linhas a 0,005 m de profundidade e 0,15 m entrelinhas. As bandejas foram levadas à câmara (tipo BOD), com fotoperíodo de 12 h, a 25 °C e a contagem foi realizada após 48 h do final da semeadura, e perduraram por cinco dias (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999, adaptado).

Índice de velocidade de emergência (IVE): realizado em conjunto com o teste de emergência de plântulas. Para isso, foram anotados diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas emergidas, até a constância. Consideraram-se emergidas as plântulas que apresentavam a parte aérea acima do nível do substrato e com cotilédones separados. O índice foi calculado segundo Vieira e Krzyzanowski (1999).

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas sub subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram as formas de secagem e condições de armazenamento e nas subparcelas, os períodos de armazenamento (DIAS et al., 2016). As avaliações ocorreram aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento. Aos dados foram aplicados análise de variância (Anova) e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para o fator tempo de armazenamento, fez-se análise de regressão, utilizando-se para avaliação o teste t ($p \leq 0,05$) e o coeficiente de determinação (R^2). O teor de água não foi analisado estatisticamente.

5.3 Resultados e discussão

Na Figura 1 encontram-se as médias de temperatura e umidade relativa do ar dos diferentes ambientes, ao longo do tempo de armazenamento das sementes de quinoa.

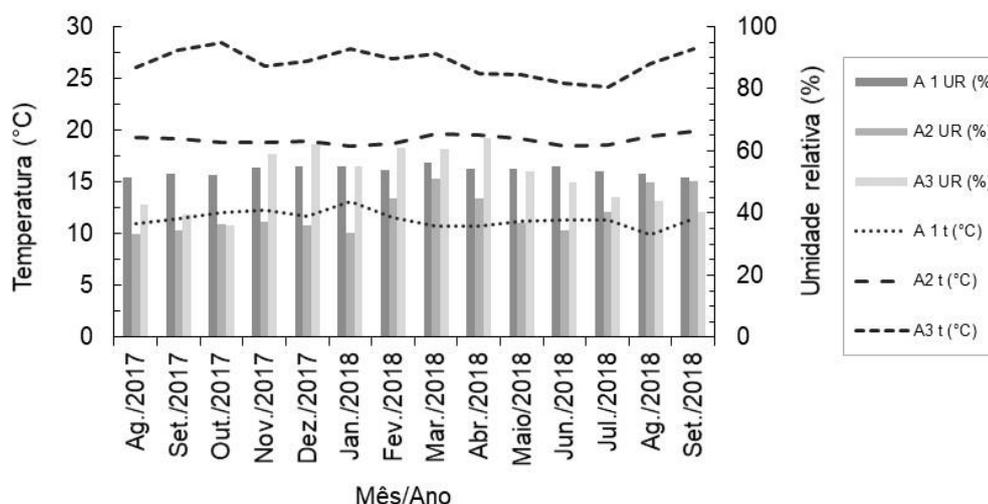


Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (UR, %), nos diferentes ambientes de armazenamento das sementes de quinoa. : A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

As maiores temperaturas e UR foram registradas no ambiente de laboratório A3, sendo 28,5 °C no mês de outubro/2017 e 64,1%, em abril/2018. No ambiente A1, as máximas registradas foram de 13,1 °C e 56,3%, respectivamente em janeiro/2018 e

março/2018. Em A3, a temperatura máxima foi de 19,8 °C em setembro/2018 e a umidade relativa máxima de 51,2% em março/2018.

O teor de água das sementes oscilou durante todos os doze meses, com média de 12,30%. O valor máximo foi de 13,21%, correspondente ao tratamento de secagem à 30 °C (S1), no ambiente de laboratório (A3), após seis meses de armazenamento. Já o menor foi de 9,45%, medido no nono mês, no ambiente A1 (câmara fria à 11,42±0,21 °C e 53,71±1,51% UR). As flutuações no teor de água podem ser relacionadas com a permeabilidade das embalagens onde as sementes foram acomodadas. Embora fossem de plástico com tampa, essas embalagens podem ser consideradas semipermeáveis, permitindo troca de umidade do ambiente com as sementes (ROVERI JOSE et al., 2018). Vale salientar também que as sementes são higroscópicas e, portanto, sujeitas a tais oscilações (MARCOS-FILHO, 2015).

Os resultados do teste de germinação e primeira contagem apontaram interação estatisticamente significativa entre todos os fatores. Sementes secas em S1 e S4 permaneceram com germinação superiores a 90% em câmaras frias, porém perderam qualidade quando armazenadas em laboratório, chegando a diminuir 25 e 12 pontos percentuais, respectivamente. Essas duas também foram estatisticamente distintas das demais, com a primeira sendo inferior e a segunda, intermediária, neste ambiente. Para as demais formas de secagem, a germinação permaneceu elevada em todos os ambientes, sendo inclusive superior ao padrão exigido para a comercialização da maioria das culturas no Brasil.

Para a primeira contagem, pode-se observar a separação em três níveis de vigor no ambiente de laboratório, com os tratamentos submetidos a temperaturas de 40 °C e 50 °C apresentando maiores porcentagens de plântulas normais e S1 e S4, com vigor menor e intermediário, respectivamente, sendo que foram os mais afetados. Nos demais ambientes poucas diferenças foram observadas, independentemente da condição em que foram armazenados. Contudo, em A1 houve diferenciação entre as formas de secagem, com as maiores germinações sendo expressas por S1 e S3. As sementes que foram submetidas à secagem a 40 °C e 50 °C apresentaram valores elevados em todos os ambientes, mantendo-se superior a 90%. Na Tabela 1 estão apenas os dados referentes à interação entre as formas de secagem e os ambientes de armazenamento.

Tabela 1. Germinação (%) e primeira contagem (%) de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento

Germinação (%)			
Forma de secagem	Ambiente de armazenamento		
	A1	A2	A3
S1	95* aA	94 aA	69 cB
S2	94 bB	95 aA	93 aA
S3	95 abB	95 aA	93 aB
S4	94 abB	95 aA	83 bB
	Forma de secagem	Ambiente de armazenamento	
CV (%)	1,29	1,23	
DMS	1,71	1,24	
Primeira contagem (%)			
Forma de secagem	Ambiente de armazenamento		
	A1	A2	A3
S1	94* aA	93 aA	54 cB
S2	92 bB	94 aA	91 aC
S3	94 aA	94 aA	92 aB
S4	93 abA	94 aA	75 bB
	Forma de secagem	Ambiente de armazenamento	
CV (%)	0,94	1,77	
DMS	1,17	1,24	

*Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; S1, S2 e S3: secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4: secagem em terreiro suspenso, sob sol e ar natural não forçado; Ambientes de armazenamento: A1 - câmara fria (± 10 °C, $\pm 0\%$ UR); A2 - câmara refrigerada (± 17 °C, $\pm 40\%$ UR); A3 - natural, no laboratório.

As sementes mantidas sob refrigeração permaneceram com vigor elevado, demonstrando apenas pequenas oscilações. Isso pode ser explicado pela baixa temperatura a qual foram submetidas durante o armazenamento. É importante frisar também que nesses ambientes a umidade relativa também não variou muito, em comparação ao ambiente de laboratório cujas flutuações foram maiores. Portanto, para esses dois ambientes, a manutenção do vigor se deve principalmente à temperatura, que contribui na redução da atividade respiratória e dos processos de deterioração (MARCOS-FILHO, 2015). Porém, foi observado que mesmo sob condições de estresse, proferido pelo ambiente mais quente, sementes secas a 40 °C e 50 °C mantiveram o vigor, sem apresentarem efeito latente da secagem.

O armazenamento de sementes em condições ambientais também causou queda na germinação e primeira contagem da germinação em sementes de outras espécies, conforme citado por Sarath et al. (2016) em sementes de amendoim e Zucareli et al. (2015) em sementes de feijão carioca. Ainda, Abreu et al. (2013) e Dias

et al. (2016) verificaram o mesmo comportamento em sementes de girassol e Smaniotto et al. (2014) e Juvino et al. (2014), em sementes de soja.

Na Figura 2, encontram-se os valores da germinação e primeira contagem da germinação das sementes de quinoa em função do ambiente e períodos de armazenamento, para cada uma das condições empregadas na secagem. Em A3, as sementes secas à 30 °C (S1) perderam germinação durante o período analisado e a partir do sexto mês, quando então passou a existir diferença estatística entre todos os períodos. Já em S4, a queda só foi observada a partir do nono mês, e a partir deste houve a diferença. Para as condições de secagem S2 e S3, a germinação permaneceu elevada, superior a 90%, mostrando assim manutenção da mesma.

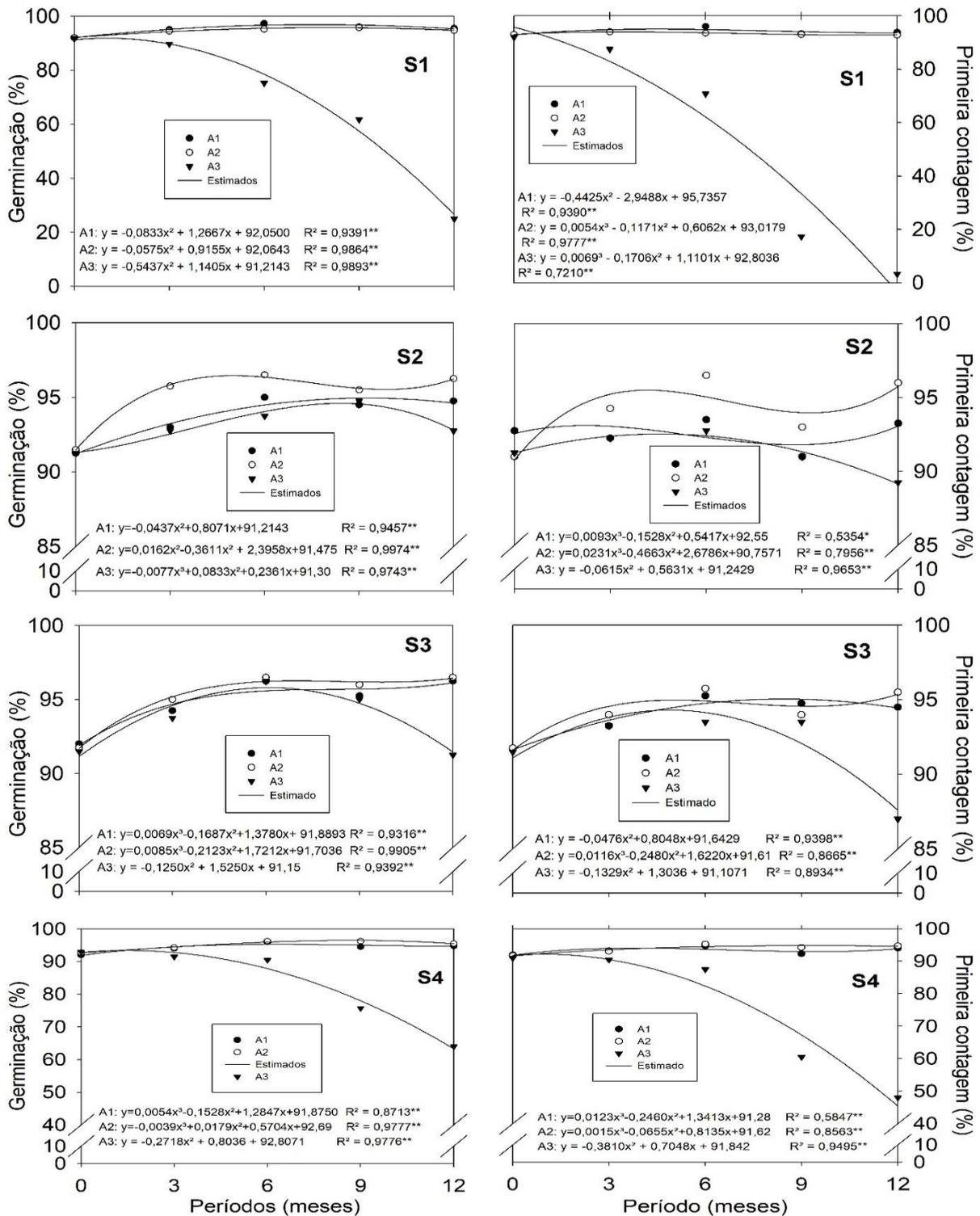


Figura 2. Valores observados e estimados da germinação (%) e primeira contagem de germinação (%) de sementes de quinoa, em função dos ambientes e períodos de armazenamento para as diferentes condições de secagem. S1, S2 e S3 -secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

Embora tenha ocorrido queda na germinação no decorrer do armazenamento para algumas das formas de secagem, esta não foi uma unanimidade, uma vez que se observou comportamento contrário para as outras formas de secagem e, na literatura, são encontrados trabalhos que corroboram com esses resultados. Roveri-Jose et al. (2018) concluíram ser viável armazenar sementes de pinhão manso em condições ambientais de 25 ± 3 °C e $51,7\pm 7\%$ de UR por nove meses, sem haver perda do vigor e germinação. Contudo, ressaltam que o teor de água não deve ser elevado, com risco de haver perdas na qualidade.

Foi possível observar que não houve efeito imediato nas sementes, das diferentes condições de secagem e ambientes de armazenamento, pois a germinação e o vigor permaneceram elevados até o terceiro mês. Entretanto, houve efeito latente, observada após determinado período de armazenamento (NEDEL, 2006), principalmente quando as sementes foram armazenadas em ambiente não controlado. A diferença entre as condições de secagem pode ser atribuída a esses danos, provavelmente sofridos quando procedida nas duas situações extremas, com baixa (S1) e alta (S4) velocidade na remoção de água, com tempos de secagem de 420 e 90 minutos, respectivamente. Cabe salientar que são raros os trabalhos onde foram avaliados os efeitos latentes da secagem para essa espécie, portanto se torna difícil a comparação de resultados. Contudo, em sementes de carambola também foi observado efeito latente negativo após 270 dias, após secagem a 30 °C (OLIVEIRA et al., 2009).

O armazenamento pode influenciar diretamente na manutenção da qualidade das sementes (SCARIOTI et al., 2018). Os resultados explanados acima corroboram com os de Juvino et al. (2014), que armazenaram sementes de soja (cultivar BMX Potência RR) em ambientes distintos, sendo câmara climatizada (18 ± 2 °C) e ambiente natural (25 ± 2 °C) por nove meses e concluíram que, em câmara climatizada, as sementes apresentam melhor conservação comparativamente ao ambiente natural. Também por Marques et al. (2014), que avaliaram a germinação de sementes de arroz armazenadas em vários ambientes e concluíram ser o ambiente natural aquele no qual as sementes apresentaram qualidade fisiológica inferior. Para Dias et al. (2016), a germinação de sementes de *Jatropha curcas* L. foi mantida quando armazenadas por doze meses em sala refrigerada e freezer, mas decaiu quando em laboratório.

No teste de emergência de plântulas em areia, assim como no índice de velocidade de emergência, houve interação estatisticamente significativa entre todos os fatores. Na Tabela 2 encontram-se os dados da interação entre as formas de secagem e os ambientes de armazenamento. Quanto aos ambientes, as formas de secagem foram estatisticamente iguais apenas naqueles que tinham as condições controladas. No ambiente de laboratório, a secagem à 30 °C obteve o menor, com 63% de plântulas emergidas, seguida da secagem ao sol com 85%.

Tabela 2. Emergência em areia (%) e Índice de velocidade de emergência de sementes quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento

Emergência (%)			
Forma de secagem	Ambiente de armazenamento		
	A1	A2	A3
S1	94* aA	95 aA	63 cB
S2	94 aA	94 aA	92 aB
S3	94 aA	93 aAB	92 aB
S4	93 aA	95 aA	85 bB
CV (%)	Forma de secagem		Ambiente de armazenamento
DMS	2,15		2,36
	1,77		1,69
Índice de velocidade de emergência			
Forma de secagem	Ambiente de armazenamento		
	A1	A2	A3
S1	20,28* aB	20,98 aA	12,81 cC
S2	20,64 aAB	21,03 aA	20,23 aB
S3	21,68 aA	20,79 aA	19,91 aB
S4	20,45 aA	21,13 aA	17,49 bB
CV (%)	Forma de secagem		Ambiente de armazenamento
DMS	4,36		3,51
	0,69		0,67

* *Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; S1, S2 e S3: secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4: secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado; Ambientes de armazenamento: A1 - câmara fria (11,42±0,21 °C e 53,71±1,51% UR); A2 - câmara fria (19,10±0,43 °C e 40,18± 6,58% UR); A3 - natural, no laboratório (26,53±1,31 °C e 50,98±9,51% UR).

Observou-se também que o IVE tende a diminuir significativamente principalmente quando procedida a secagem a 30 °C e ao sol, mas somente quando as sementes foram mantidas em condições não controladas de umidade e temperatura durante o armazenamento (Figura 3).

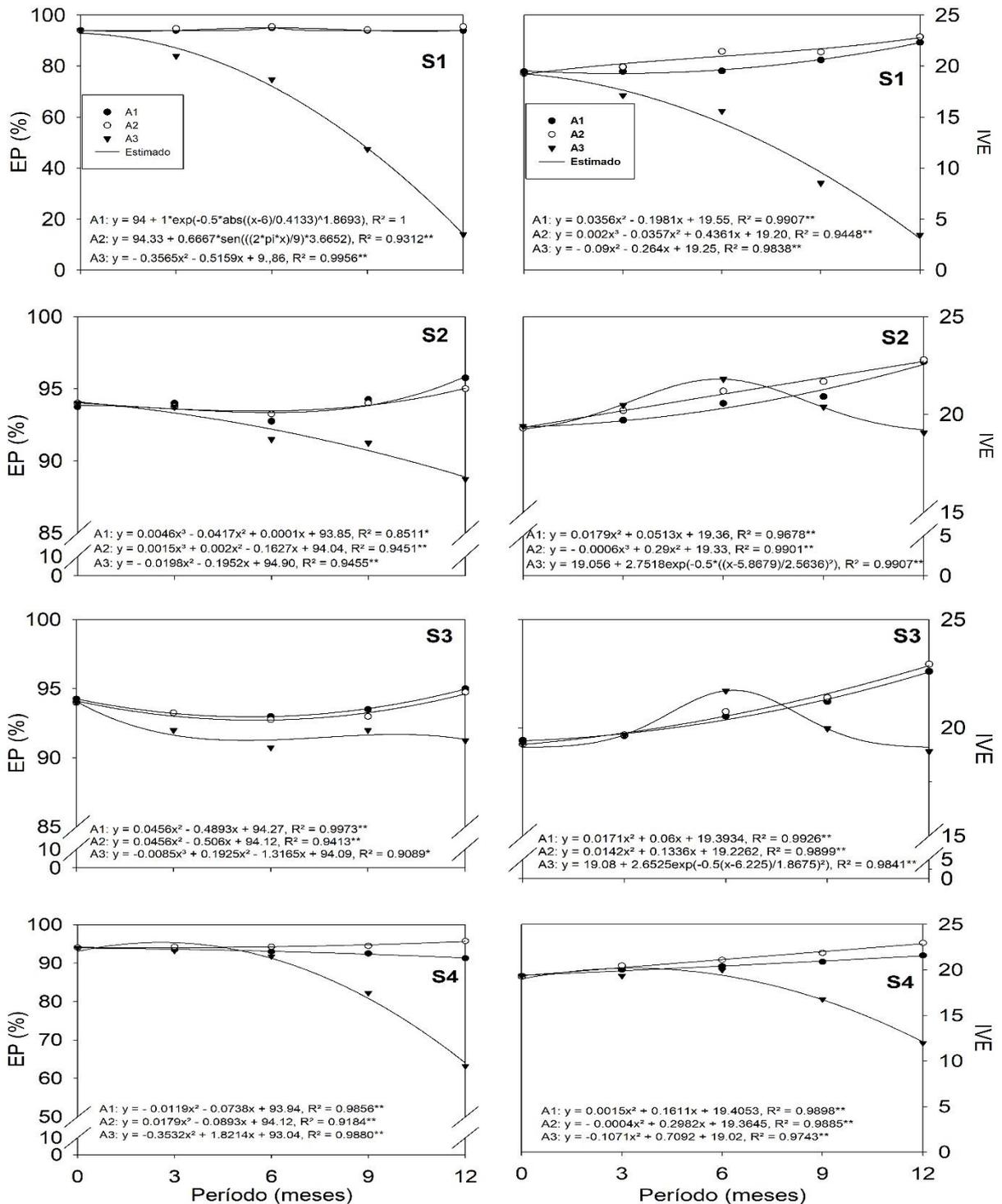


Figura 3. Valores observados e estimados da Emergência (EP, %) e do Índice de velocidade de emergência de sementes de quinoa, em função dos ambientes e tempos de armazenamento para as diferentes formas de secagem. S1, S2 e S3 - secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

A baixa temperatura durante o armazenamento contribuiu para a manutenção do vigor das sementes e o mesmo foi observado por Smaniotto et al. (2014) com sementes de soja. Também foi observada redução na emergência ao longo do armazenamento, sobretudo após seis meses de armazenamento, quando as sementes foram mantidas em condições ambientais. Resultados similares foram observados por Silva et al. (2018) com sementes de pimenta armazenadas por oito meses, por Dias et al. (2016) em sementes de pinhão manso armazenadas em doze meses e Scariot et al. (2018), em sementes de trigo armazenadas durante oito meses.

Em sementes de quinoa, a redução da qualidade foi atribuída às variações ocorridas no ambiente, principalmente quando o armazenamento ocorreu em condições não controladas ($25,1 \pm 2$ °C. e $75 \pm 15\%$ de UR), opondo-se ao ambiente controlado ($4,4 \pm 0,3$ °C e $88 \pm 4\%$ de UR), onde mantiveram o vigor e germinação por período de 300 dias (SOUZA et al., 2016). Sementes dessa mesma espécie perderam germinação quando armazenadas em condições de ambiente, mas mantiveram quando em ambiente refrigerado (STRENSKE et al., 2015; 2017). Isso se deve, talvez, ao fato de terem o tegumento poroso e assim, serem mais sensíveis à troca de umidade com o ambiente (SPEHAR, 2007).

Para a condutividade elétrica foi observada interação somente entre os locais e períodos de armazenamento. Foi possível determinar comportamento ascendente na liberação de eletrólitos nos três primeiros meses de armazenamento, com posterior manutenção e pequenas oscilações na lixiviação de eletrólitos no restante do período. Os maiores valores de condutividade foram obtidos nas sementes que permanecerem no ambiente não controlado de temperatura e umidade relativa. Contudo, ao final do período analisado, as médias de condutividade elétrica foram estatisticamente similares para todos os ambientes (Figura 4).

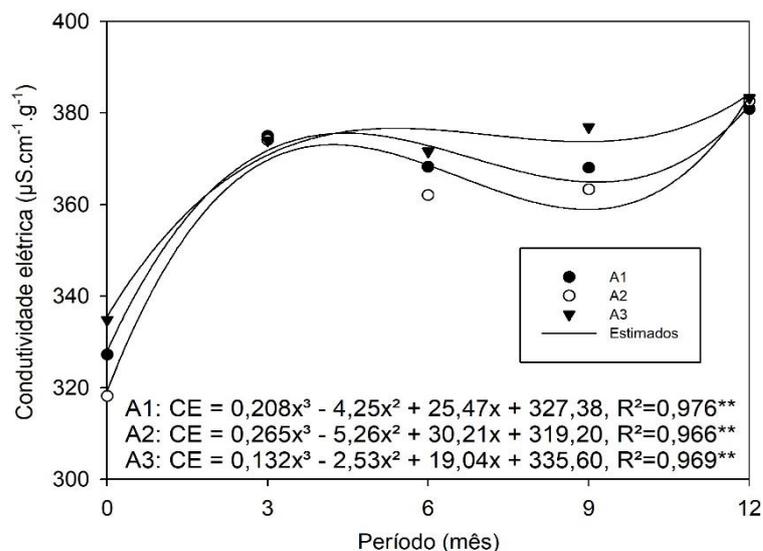


Figura 4. Valores observados e estimados da condutividade elétrica da solução das sementes de quinoa, em função dos períodos e locais de armazenamento. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

O teste de condutividade elétrica se apresenta como uma opção para a avaliação do vigor e tem sido aplicado para diferenciação de lotes de sementes de várias espécies (MARCOS-FILHO, 2015). No Presente estudo, foi possível identificar o aumento na liberação de solutos com o decorrer do armazenamento. Tal comportamento também foi observado por Scariot et al. (2018) em sementes de trigo, Vergara et al. (2018), em sementes de milho, Dias et al. (2016), em sementes de pinhão manso, Sarath et al. (2016) em sementes de amendoim e Smaniotto et al. (2014), em sementes de soja.

5.4 Conclusões

As sementes de quinoa que foram submetidas à secagem em estufa a 40 °C apresentaram elevada qualidade fisiológica durante todo o período analisado, independentemente das condições em que foram mantidas armazenadas.

O ambiente de armazenamento influencia na qualidade das sementes de quinoa, devendo-se considerar a possibilidade de manter as sementes sob temperatura e umidade controladas.

5.5. Referências

ABREU, L. A. S.; CARVALHO, M. L. M. PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p.240-247, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-1537201300020001>

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. **Seed Vigor Testing Handbook**. Zürich: AOSA, 1983. 93p.

ASCHERI, J.; NASCIMENTO, R.; SPEHAR, C. R. Composição química comparativa de farinha instantânea de quinoa, arroz e milho. Embrapa, Rio de Janeiro, **Comunicado Técnico**, p.1-4, 2002. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/415522/1/ct522002.pdf>

BAZILE, D.; BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad. IN. BAZILE D. et al. (Ed.), 2014. **Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013**: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. 724 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2433/1/iniapscCD13.pdf>

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Equipe Técnica de Sementes e Mudas. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF, 398p., 2009.

DEMIR, I.; ELLIS, R. H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, v. 2, n. 1, p. 81-87, 1992. <https://doi.org/10.1017/S0960258500001173>

DIAS, D. C. F. S.; NASCIMENTO, W. Desenvolvimento, maturação e colheita de sementes de hortaliças. In. NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2009. p.11-74.

DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, G. L.; VALLORY, G. G.; SILVA, L. J.; SOARES, M. M. Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 041-049, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n1155449>

GARCIA, D. C.; SOUZA, A. C.; BARROS, A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N. L. A. A Secagem de sementes. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000200045>

GUISCHEM, J. M.; NAKAGAWA, J.; ZUCARELI, C. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce BR 400 (bt) em função do teor de água na colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 220-228, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100031>

JACOBSEN, S.-E., 2003: The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**. V. 19, n.1 e 2, p. 167–177, 2003. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>

JACOBSEN, S. -E.; CHRISTIANSEN, J. L. Some Agronomic Strategies for Organic Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 202, p. 454-463, 2016. doi:10.1111/jac.12174. <https://doi.org/10.1111/jac.12174>

JUVINO, A. N. K.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; SALES, J. F. Vigor da cultivar BMX Potência RR de soja durante o beneficiamento e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 844–850, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p844-850>

MAHONEY, A. W.; LOPEZ, J. HENDRICKS, D. G. An evaluation of the protein quality of quinoa. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 2, p. 190-193, 1975. <https://doi.org/10.1021/jf60198a035>

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARQUES. E. R.; ARAÚJO, E. F., ARAÚJO, R. F.; MARTINS FILHO, S.; SOARES, P. C. Seed quality of rice cultivars stored in different environments. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 1, p. 032-39, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372014000100004>

McDONALD, M. B. Orthodox Seed Deterioration and Its Repair. In. BENECH-ARNOLD, R. L.; SÁNCHEZ, R. A (Eds.) **Handbook of seed physiology**: applications to agriculture. Binghamton: Food Products Press, 2004. p. 273-304

MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>

MIELEZRSKI, F.; MARCOS-FILHO, J. Assessment of physiological potential of stored pea (*Pisum sativum* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 1, p.42-50, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000100006>.

NEDEL, J. L. Fundamentos da Qualidade de Sementes. In: PESKE, S. T.; D´AVILA ROSENTHAL, M.; ROTA, G, R. M. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1.ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 94-136.

OLIVEIRA, M. T. R.; BERBERT, P. A.; VIEIRA, H. D.; THIÉBAUT, J. T. L.; CARLESSO, V. O.; PEREIRA, R. C. Avaliação do vigor de sementes de carambola em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 477-482, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000400016>

OLIVEIRA, J. A.; SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; ABREU, L. A. S. Secagem e armazenamento de sementes de sorgo com alto e baixo teor de tanino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 699-710, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000400012>

PESKE, S. T; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T; VILLELA, F. A. MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2012. p.371-420.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; LABBÉ-BAUDET, F. Secagem de sementes de hortaliças. In. NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2009. p. 137-154.

ROVERI-JOSE, S. C. B.; SALOMÃO, A. N.; MELO, L. A. M. P.; SANTOS, I. R. I.; LAVIOLA, B. G. Germination and vigor of stored *Jatropha* (*Jatropha curcars* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 052-059, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n1183431>

SARATH, K. L. L.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v. 38 n. 3, p. 233-240, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n3165008>

SCARIOTI, M. A.; RNADÜZ, L. L.; DIONELLO, R. G.; TONI, J. R.; MOSSI, A. J.; REICHERT JUNIOR, F. W. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system. **Journal of Stored Products Research**, v. 75, p. 29-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.11.005>

SILVA, H. W.; VALE, L. S. R.; SILVA, C. F.; SOUZA, R. C.; SOARES, R. S. Drying kinetics and physiological quality of 'Cabacinha' pepper seeds during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 292-297, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p292-297>

SMANIOTTO, T. A. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446–453, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2006.v23.8654>

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

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L.; NOGUEIRA, R. M.: Secagem e secadores. IN: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Editora UFV, Viçosa, 2008. 560p.

SOUZA, F. F. J.; DEVILLA, I. A.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, I. R.; SPEHAR, C. R. Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. **African Journal of Agricultural Research**. v. 11, n. 15, p. 1299-1308, 2016. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016-10870>

SOUZA, F. F. J.; SOUZA, J. E. A.; SOUZA, N. O. S.; SPEHAR, C. R.; JESUS, T. F. Standardizing germination tests for quinoa seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12(3), p. 155-160, 2017. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11820>

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E. S.; EGEWARTH, N. F.; HERZOG, M.; MALAVASI, M. M. Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 1, p. 83-88, 2017. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v39i1.30989>

STRENSKE, A., VASCONCELOS, E. S., HERZOG, N. F. M., MALAVASI, M. M. Germinação de sementes de quinoa com diferentes períodos de armazenamento. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 286-290, 2015. <http://dx.doi.org/10.18188/sap.v14i0.13319>

VERGARA, R. O.; CAPILHEIRA, A. F.; GADOTI, G. I.; VILELLA, F. A. Intermittence periods in corn seed drying process. *Journal of Seed Science*, v. 40, n. 2, p. 193-198, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n2187373>

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de Condutividade Elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4-1.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803–809, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>

WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: Standing the test of time. **Plant Science**, v. 179, p. 565–573, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.06.016>

6. CAPÍTULO III. Atividade amilolítica e proteínas de sementes de quinoa em função de secagem e armazenamento

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a atividade enzimática, teor de proteínas e vigor das sementes de quinoa submetidas a diferentes formas da secagem e ambientes de armazenamento. A secagem se deu via estufa com ar circulante nas temperaturas de 30, 40, e 50 °C e em terreiro suspenso a um metro de altura e a pleno sol. Os ambientes de armazenamento foram: câmara fria a 10 °C, câmara fria a 19 °C e em ambiente de laboratório. Avaliou-se a qualidade fisiológica e química através da germinação, primeira contagem, envelhecimento acelerado, atividade amilolítica e eletroforese de proteínas totais. O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 (formas de secagem x locais de armazenamento), com 4 repetições. A atividade de enzimas amilolíticas nas sementes de quinoa é maior quando as mesmas são armazenadas em câmara fria, por até 12 meses. A qualidade é afetada pelas condições de armazenamento, não sendo viável manter as sementes sem controle de temperatura. Houve redução na quantidade de proteínas totais com a redução no vigor e germinação das sementes.

Termos para indexação: *Chenopodium quinoa*, amilases, ambientes, vigor.

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the enzymatic activity, protein content and vigor of quinoa seeds submitted to different forms of drying and storage environments. The drying took place via an oven with circulating air at temperatures of 30, 40, and 50 °C and on a terrace suspended at a height of one meter and in full sun. The storage environments were in a cold room at 10 °C, a cold room at 19 °C and in a laboratory environment. The physiological and chemical quality were evaluated through germination, first count, accelerated aging, amylolytic activity and electrophoresis of total proteins. The experiment was carried out under a completely randomized design in a 4x3 factorial scheme (drying forms x storage locations), with 4 replications. The activity of amylolytic enzymes in quinoa seeds is greater when they are stored in a cold chamber, for up to 12 months. The quality is affected by the storage

conditions, it is not feasible to keep the seeds without temperature control. There is a reduction in the amount of total proteins with a reduction in seed vigor and germination.

Index terms: *Chenopodium quinoa*, amylases, environments, vigor.

6.1 Introdução

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é resultante da hibridação de espécies diploides ancestrais, ocorrido entre 3,3 e 6,3 milhões de anos atrás (JARVIS et al., 2017) e foi domesticada há cerca de 7.000 anos no planalto que circunda o lago Titicaca (RISI; GALWEY, 1984). A cultura foi por séculos apenas cultivada em comunidades andinas nativas (REPO-CARRASCO et al., 2003), mas apresentou enorme expansão nos últimos anos, estando atualmente presente em muitos países e na maioria dos continentes (BAZILE; BAUDRON, 2014). A espécie pode ser considerada opção de diversificação de cultivo nos mais variados sistemas agrícolas (SPEHAR, 2006), haja visto sua fácil adaptação a diferentes condições climáticas e zonas agroecológicas (JACOBSEN, 2003; KRIVONOS, 2013).

Embora seja dicotiledônea, a quinoa é conhecida como um pseudocereal (JAMES, 2009), por conter quantidades significativas de albumina, globulina e alto nível de lisina (WATANABE et al., 2007). As sementes apresentam elevada qualidade nutricional (KOZIOL, 1992; BAZILE et al., 2016), podendo ser utilizadas como alternativa aos cereais (LINDEBOOM et al., 2005) na produção de pães, bolos, mingaus e inúmeros produtos alimentícios (WATANEBE et al., 2007; AHAMED et al., 1996). É rica em amido (ATWELL et al., 1983; VARRIANO-MARSTON; DeFRANCISCO, 1984, WRIGHT et al., 2002), variando entre 50 a 60% do seu conteúdo conforme o genótipo (LINDEBOOM et al., 2005). A composição do amido é variável, com teor de amilose variando de 3 a 20% (LINDEBOOM et al., 2005).

A demanda por sementes de quinoa tem crescido, principalmente, devido à sua popularização no mundo. Como para muitas culturas agrícolas, se faz necessário que estas apresentem elevada qualidade e para que isso ocorra, alguns fatores relacionados ao ciclo de produção devem ser observados. Durante o beneficiamento, a secagem é de fundamental importância pois resulta na queda da deterioração, na atividade biológica e no aumento do tempo de armazenamento. Esse, por sua vez,

deve preservar a qualidade das sementes, protegendo-a de fatores bióticos e abióticos (DELOUCHE, 1973; MARCOS-FILHO, 2015), a exemplo da temperatura e a umidade, que influenciam na velocidade dos processos bioquímicos e no metabolismo (BEWLEY; BLACK, 1994). É importante salientar que a deterioração das sementes é inevitável e se inicia no campo, entre a maturidade fisiológica e a colheita, determinando, assim, a qualidade inicial que as etapas posteriores do processo produtivo apenas podem manter, mas não melhorar (DELOUCHE, 1982).

A qualidade de sementes pode ser determinada através da atividade de enzimas associadas à degradação, oxidação de substâncias de reserva e biossíntese de novas substâncias (SPINOLA et al., 2000; COPELAND; McDONALD, 2001), pois, durante o processo de deterioração, ocorre degradação e inativação enzimática (COPELAND; McDONALD, 1995). De modo geral, as enzimas têm papel fundamental nas diversas reações metabólicas, tanto de síntese como na biodegradação de moléculas (PIMENTEL et al., 2012; ORLANDELLI et al., 2012). Em sementes amiláceas, que apresentam amido como seu principal tecido de reserva, as enzimas amilolíticas degradam esse polissacarídeo em monossacarídeos menores (LEHNINGER, 2006), que são utilizados na síntese de novos tecidos e crescimento das plântulas (BEWLEY; BLACK, 1994). Na quinoa, foram relatados teores de amido variando entre 53% e 75%, dependendo da variedade (WU et al., 2017). Portanto, estudos sobre a susceptibilidade do amido de quinoa a essas enzimas são essenciais (VARRIANO-MARSTON; DeFRANCISCO, 1984).

Lorenz e Nyanzi (1989) determinaram a atividade amilolítica a partir de farinha de sementes de quinoa *in natura*, sementes submetidas à abrasão mecânica e sementes lavadas e secas para remoção de saponinas. Os autores encontraram elevada atividade na farinha oriunda da abrasão, principalmente devido à remoção das partes externas, haja visto a concentração maior de enzimas amilolíticas ser no perisperma. Também observaram que a secagem sob alta temperatura reduziu consideravelmente a atividade. Caussette et al. (1997) também investigaram a atividade em sementes desaponificadas e concluíram que as enzimas amilolíticas de quinoa poderiam ser usadas na panificação, produção de cerveja e no enriquecimento de alimentos infantis.

As proteínas são encontradas nas mais diversas partes e tecidos das sementes, sendo essenciais para as células vivas (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Durante a

germinação, são usadas como fonte de nitrogênio e enxofre, necessários à síntese de novos compostos, proteínas, enzimas e outros compostos (BUCKERIDGE et al. 2004). Redução no metabolismo e, conseqüentemente, na quantidade de proteínas totais, são uns dos principais resultados da deterioração de sementes, principalmente devido aos danos no sistema de síntese desses compostos (ESPÍNDOLA et al., 1994). Torres (1987) observou diminuição na germinação e vigor, além de aumento de plântulas anormais e aberrações cromossômicas em sementes de quinoa submetidas ao armazenamento com teor de água de 12% e sob temperaturas superiores a 15 °C.

Atualmente existem poucos trabalhos na literatura que correlacionam a qualidade fisiológica e química das sementes de quinoa com as condições de secagem e armazenamento às quais foram submetidas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a atividade enzimática, proteínas e vigor das sementes de quinoa sob o efeito de formas da secagem e ambientes de armazenamento.

6.2 Material e métodos

As sementes foram obtidas na Fazenda Água Limpa (FAL), área experimental da Universidade de Brasília (Brasília-DF), nas coordenadas 15° 56' S, 47° 56' W e altitude média de 1.080 m. Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Syetetuba, produzidas seguindo as recomendações disponíveis em Spehar et al. (2011). As panículas foram colhidas e debulhadas manualmente, após 120 dias da emergência das plântulas e as sementes foram limpas e classificadas em máquina de ar e peneiras.

As formas de secagem foram através de estufa com ar circulante nas temperaturas de 30, 40, e 50 °C (S1, S2, S3, respectivamente) e em terreiro suspenso a um metro de altura e a pleno sol (S4). Para todas elas, foram utilizadas três bandejas de fundo telado (50 x 50 cm), contendo 1 kg de sementes em cada, distribuídas em camadas finas de $\pm 1,5$ cm. As bandejas foram pesadas em intervalos regulares, com e as sementes sendo revolvidas manualmente neste momento. A redução do teor de água no decorrer da secagem foi acompanhada por meio do método gravimétrico (diferença de massa) e quando as sementes atingiram $12 \pm 1,0\%$, encerrou-se o processo.

Após a secagem, as bandejas foram colocadas dentro de outra estufa desligada (similar à utilizada para a secagem), por 12 h, para que resfriassem e pudessem ser

embaladas. Decorrido esse período, o conteúdo das bandejas foi agrupado, homogeneizado, dividido em três porções (referentes aos ambientes de armazenamento), sendo novamente fracionadas em quatro partes (referentes às repetições). Estas foram acomodadas em recipientes plásticos translúcidos tampados (300 mL), que foram mantidos armazenados em câmara fria a 10 °C (A1), câmara fria a 19 °C (A2), e em ambiente de laboratório (A3), por 12 meses. Após esse período, avaliou-se a qualidade fisiológica e química das sementes através dos seguintes testes:

Germinação (G): quatro subamostras de 50 sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel Gernitest previamente umedecidas com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel seco, em caixas plásticas transparentes (11 cm x 11 cm x 3 cm), que foram mantidas em câmara de incubação (luz 12 h; 25±2 °C). Decorridos cinco dias, foram contabilizadas as plântulas normais, com resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009; SOUZA et al., 2017).

Primeira contagem da germinação (PC): obtido pela contagem das plântulas normais aos 2 dias da instalação do teste de germinação e expressos em porcentagem (BRASIL, 2009; SOUZA et al., 2017).

Envelhecimento acelerado (EA): o teste foi efetuado após 7 dias do início do armazenamento. Utilizaram-se caixas plásticas transparentes (gerbox), contendo 40 mL de água e acima desta uma tela metálica, na qual foram distribuídas 6 g de sementes de cada repetição, em fina e única camada. As caixas foram mantidas em câmara de incubação a 41 °C por 48 h (SOUZA et al., 2017). Após este período, as sementes foram submetidas à germinação (G), com avaliação sendo realizada após 5 dias. Foram contabilizadas as plântulas normais, com a raiz primária apresentando mais que 2 cm. Os resultados foram expressos em porcentagem. Concomitantemente, após a saída da câmara de incubação, aferiu-se o teor de água das sementes (%) pelo método da estufa a 105±3 °C por 24 h (BRASIL, 2009).

Atividade amilolítica (AA): foram retiradas amostras de 2 g de cada repetição e destas, 150 sementes foram submetidas ao teste de germinação por 24 h (BRASIL, 2009; SOUZA et al., 2017). Após este período, foram selecionadas apenas as sementes que visivelmente iniciaram o processo de germinação. Devido ao pequeno tamanho das plântulas e para evitar perdas da atividade detectada, que seriam altamente variáveis e difíceis de serem avaliadas, não foram retirados os eixos embrionários. Assim, as

plântulas foram maceradas com almofariz e pistilo em tampão TRIS-HCl 0,1 mol.L⁻¹, pH 7 e centrifugadas a 12.000g durante 10 minutos, coletando-se o sobrenadante que foi congelado a -20 °C até a realização dos ensaios. A curva padrão foi elaborada utilizando-se solução de maltose (2000 µg/mL), com leitura em espectrofotômetro (540 nm). Para avaliação da atividade, foram adicionados em tubos de vidro 250 µL de extrato e 250 µL de amido de batata solúvel (MERCK) 1%. Após 15 minutos de reação a 35 °C, foram adicionados 500 µL da solução de ácido dinítrosalicílico - 3,5 e os vidros foram colocados para ferver durante cinco minutos. Depois de resfriados, foram adicionados a todos os tubos 5 mL de água deionizada. A leitura foi realizada no espectrofotômetro (marca SpectraMax 3M Thermofisher), a 540 nm e 25 °C, sendo a atividade expressa em UI. A fim de se obter os valores de atividade enzimática em Unidades Internacionais, definiu-se que 1 UI equivale à quantidade de enzima necessária para liberar 1 µmol de açúcar redutor por minuto (MILLER, 1959). Para a atividade amilolítica, no início do armazenamento foram analisadas apenas as formas de secagem.

Proteínas totais (P): o sistema de eletroforese foi montado segundo o protocolo de Sambrook e Russel (2001). A solução de gel separador 12% foi vertida e em seguida coberta com álcool butílico para impedir contato direto com o ar. Após a polimerização, o butanol foi descartado, a superfície do gel foi lavada com água destilada, a solução do gel concentrador foi adicionada, sendo o pente para a formação dos poços acoplado logo em seguida. Antes da aplicação no gel, as amostras foram fervidas por 5 minutos junto ao tampão de amostra 1x. O sistema foi submetido à voltagem de 90 mV durante toda a corrida. O gel foi corado com solução de prata, seguindo as recomendações do kit plus one – Silver Staining Kit Protein (Pharmacia Biotech).

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3 (formas de secagem x ambientes de armazenamento), com 4 repetições. Aos dados foram aplicadas análise de variância (Anova) e quando as interações entre os fatores foram significativas (teste F), fez-se comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.3 Resultados e discussão

A germinação e a primeira contagem após a secagem e no início do armazenamento eram praticamente semelhantes entre os tratamentos, apresentando

valores superiores a 95%. Embora que atualmente a legislação brasileira não abarque o padrão mínimo de germinação para a quinoa, esse valor pode ser considerado satisfatório, haja visto ser utilizado para muitas culturas. A germinação sofreu influência dos fatores, após os doze meses de armazenamento, sendo observada a interação significativa entre as formas de secagem e os ambientes de armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1. Germinação de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento

Forma de secagem	Ambiente		
	A1	A2	A3
	----- % -----		
S1	95aA*	95aA	25dB
S2	95aAB	96aA	93aB
S3	96aA	96aA	89bB
S4	95aA	95aA	64cB

*Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

As diferentes condições de secagem tiveram comportamentos distintos, em função dos ambientes de armazenamento. Quando comparadas, observou-se prejuízos à germinação se este procedimento foi efetuado com temperaturas baixas (S1) ou muito altas (S4), quando as sementes foram acondicionadas sem controle de ambiental. Entretanto, em ambiente controlado, os mesmos não foram percebidos, sendo que a germinação permaneceu elevada em A1 e A2. Assim, fica evidente o efeito pronunciado do fator armazenamento na qualidade das sementes. No ambiente de armazenamento A3, a forma de secagem que menos afetou a germinação foi a S2, ou seja, em estufa a 40 °C.

Em relação à primeira contagem da germinação, a interação entre os fatores também foi observada. As diferenças quanto às formas de secagem também foram mais pronunciadas no ambiente sem controle de temperatura. O vigor não foi afetado nos ambientes controlados, contudo decaiu no ambiente A3 (Tabela 2).

Tabela 2. Primeira contagem da germinação de sementes de quinoa submetidas a diferentes formas de secagem e ambientes de armazenamento

Forma de secagem	Ambiente		
	A1	A2	A3
	----- % -----		
S1	94aA*	93aA	23cB
S2	93aA	96aA	89aB
S3	94aA	95aA	87aB
S4	94aA	95aA	48bB

*Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

Muitos estudos demonstram variações na tolerância a diferentes temperaturas de secagem em diferentes espécies, porém 40 °C é a mais recomendada para a maioria das sementes pequenas, de hortaliças (PESKE; VILLELA, 2012) e de muitas outras culturas (MARCOS-FILHO, 2015). Hartmann-Filho et al. (2016) citam que o emprego desta temperatura para secagem de sementes de soja não trouxe danos. Já Carvalho et al. (2019) avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de milho e concluíram que, quando secas a temperaturas superiores a 40 °C, as perdas na qualidade são mais acentuadas, sobretudo com o avanço do período de armazenamento. Sarath et al. (2016) descreveram o mesmo efeito prejudicial em sementes de amendoim. Menezes et al. (2012) citam que a temperatura de 50 °C reduziu o potencial fisiológico de sementes de arroz. Entretanto, Dardengo et al. (2018) concluem que sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) podem ser secas a 50 °C, sem perda de vigor.

Resultados de interação entre os fatores temperatura e ambiente também foram observados por Oba et al. (2019), que armazenaram sementes de cártamo por 240 dias após a secagem em temperaturas de 40 °C a 70 °C. Os autores concluíram que o aumento na temperatura resultou em maiores danos, com queda acentuada na germinação e vigor. Para as sementes desta espécie, recomendaram que a temperatura do ar de secagem não exceda a 40 °C.

O armazenamento interfere definitivamente na qualidade das sementes, principalmente quando as condições em que se efetua tal procedimento sejam influenciadoras da deterioração, a exemplo de temperatura e umidade elevadas (DELOUCHE, 2002). Embora as sementes de quinoa detivessem elevada qualidade no início do armazenamento, foram afetadas pelas variações ambientais que não foram controladas, principalmente pela temperatura. Para Romero et al. (2018), as

sementes de quinoa devem ser armazenadas em condições controladas, de preferência sob refrigeração e com teor de água abaixo de 10%. O mesmo autor cita poder haver indução de dormência secundária nas sementes, frente às condições adversas de armazenamento e que, após exposição ao frio, esta é superada. No entanto, isso precisa ser abordado em estudos futuros, com mais detalhamento.

O efeito do ambiente de armazenamento já foi relatado em sementes de muitas espécies. Silva et al. (2019) observaram que sementes de milho, quando mantidas refrigeradas, permaneceram viáveis por até doze anos, diferentemente de quando mantidas em condições ambientais ou câmara seca. Santos et al. (2019) concluíram que sementes de mamona mantidas em temperatura de 10 °C permaneceram com a germinação inalterada após doze meses de armazenamento. Lima et al. (2014) afirmam que sementes de girassol permanecem viáveis por doze meses quando armazenadas em condições controladas de temperatura, seja em câmara fria e seca, refrigerador ou freezer.

Após o teste de envelhecimento acelerado, o teor de água das sementes de quinoa variou entre de 23,90% e 25,40%, sendo importante observar que essa relativa uniformidade se apresenta imprescindível para a correta interpretação dos resultados do teste (MARCOS-FILHO, 2015). Em relação aos fatores, não houve interação e nem diferença estatística significativa entre eles, com os resultados de germinação após o teste variando entre 87% e 89%. Em partes, o teste foi eficiente em prever a condição final das sementes, exceto para aquelas armazenadas em ambiente com controle. Assim, a qualidade das mesmas no início do armazenamento era praticamente semelhante, haja visto a resposta ao teste. Isso se justifica, pois, quando os lotes tem vigor mais baixo, tendem a apresentar maior queda na sua viabilidade após exposição a condições de estresse (MARCOS-FILHO, 2015), situação não observada neste estudo.

A atividade amilolítica nas sementes no início do armazenamento variou entre 10,02 e 11,26 μmol de açúcar redutor/min, para as diferentes formas de secagem. Após 12 meses, foi possível observar efeito dos fatores na atividade, com os melhores resultados sendo expressos para secagem a 40 °C, independente do ambiente. De modo geral, as reduções mais acentuadas foram observadas quando as sementes permaneceram armazenadas sem controle de temperatura (A3). Nesse mesmo ambiente, as secagens S1 e S4 foram igualmente prejudiciais (Tabela 3).

Tabela 3. Atividade de enzimas amilolíticas (μmol de açúcar redutor/min) em sementes de quinoa secas e armazenadas sob diferentes condições, após doze meses de armazenamento

Forma de secagem	Ambiente		
	A1	A2	A3
	----- $\mu\text{mol AR/min}$ -----		
S1	9,19aA	9,03aA	2,37cB
S2	10,89aA	10,73aA	11,68aA
S3	11,39aA	10,06aA	7,56bB
S4	10,23aA	8,77aB	3,47cC

Medias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A1 – câmara fria (10 °C e 50% UR, inicial); A2 – câmara fria (19 °C e 40% UR, inicial); A3 – ambiente de laboratório (26 °C e 50% UR, inicial).

Com base na análise dos dados, fica evidente a importância da secagem e do armazenamento para as sementes dessa espécie, uma vez que a redução na atividade destas enzimas corrobora ao padrão observado na germinação e no vigor. Estudos futuros podem ser realizados buscando avaliar quais são as enzimas amilolíticas, quando são sintetizadas, bem como o consumo de amido durante a germinação das sementes. Nos cereais, a α -amilase usualmente não está presente nas sementes secas, sendo sintetizadas durante o processo germinativo, apresentando declínio com o avanço da deterioração (HEBERLE, 2012). Uma vez que as enzimas amilolíticas desempenham a importante função de degradação do amido e mobilização de reservas durante a germinação, com a evolução da deterioração das sementes, tendem a se tornarem menos efetivas. Assim, para determinar o nível de qualidade das sementes, os testes bioquímicos que determinam a atividade dessas enzimas que são associadas à biossíntese de novos tecidos, podem ser indicados (COPELAND; McDONALD, 2001).

Em relação aos padrões eletroforéticos das proteínas totais das sementes de quinoa submetidas à secagem, foram realizados apenas para aquelas armazenadas em ambiente sem controle de temperatura (A3), que estão representados na Figura 1.

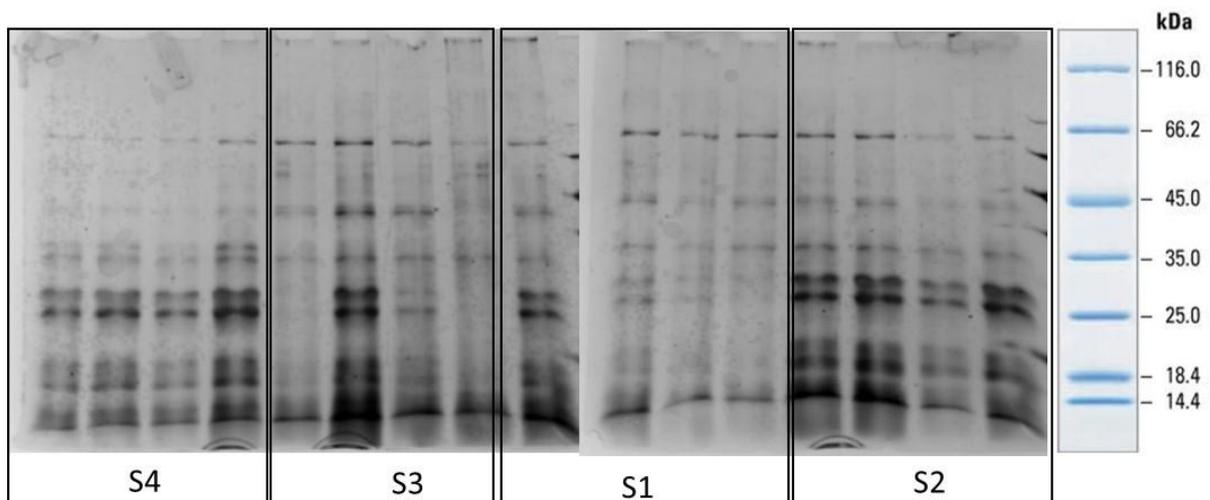


Figura 1. Padrões eletroforéticos das proteínas totais de sementes de quinoa submetidas à secagem artificial em estufa e terreiro sob sol e armazenadas em ambiente sem controle de temperatura (A3). S1, S2 e S3 - secagem em estufa com circulação de ar forçado, nas temperaturas de 30 °C, 40 °C, e 50 °C (respectivamente); S4 - secagem em terreiro suspenso, ao sol e ar natural não forçado.

Não houve estabilidade nos padrões de bandas das proteínas, contudo foi possível distinguir os tratamentos entre si. Maiores frações proteicas foram observadas nos tratamentos que não apresentavam queda na germinação e no vigor (S2 e S3). Marcos-Filho (2015) acrescenta que a queda na qualidade das sementes durante o envelhecimento, geralmente está associada à perda de permeabilidade seletiva das membranas, menor efetividade das enzimas em exercer suas atividades catalíticas e também aos cromossomos que tendem a apresentar mutações ou aberrações.

Henning et al (2010) observaram que, em sementes mais vigorosas de soja, houve maiores conteúdos de proteínas solúveis. Catão et al. (2016) observaram redução da qualidade fisiológica e alteração dos padrões enzimáticos em sementes de alface mantidas sob altas temperaturas e maiores períodos de armazenamento. Strenske et al. (2017) observaram aumento do número de plântulas anormais em sementes de quinoa, com queda na qualidade das mesmas, após armazená-las à temperatura ambiente e esse fato pode estar ligado com a diminuição da atividade enzimática e síntese de proteínas.

6.4 Conclusões

A atividade de enzimas amilolíticas nas sementes de quinoa é maior quando as mesmas são armazenadas em câmara fria ou climatizada, por até 12 meses.

Houve redução na quantidade de proteínas totais com a redução no vigor e germinação das sementes, após 12 meses de armazenamento em ambiente não controlado.

6.5 Referências

AHAMED, T. N.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R.; PAL, M. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. **Carbohydrate Polymers**, n. 3, v. 1–2, p. 99–103, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(96\)00034-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(96)00034-3)

ATWELL, W. A.; PATRICK, B. M.; JOHNSON, L. A.; Glass, R. W. Characterization of quinoa starch. **Cereal Chemistry**, n. 60, v. 1, p. 9-11, 1983. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1983/Documents/chem60_9.pdf

BAZILE, D.; BAUDRON, F. The dynamics of the global expansion of quinoa growing in view of its high biodiversity. In: BAZILE D. et al. (Ed.), **State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013**, Santiago: FAO; Montpellier: CIRAD Francia, 2014 p.42.55.).

BAZILE, D.; JACOBSEN, S-E.; VERNIAU, A. The global expansion of quinoa: trends and limits. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, a. 622, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.00622. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Equipe Técnica de Sementes e Mudas. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF, 398p., 2009.

BUCKERIDGE, M. D., AIDAR, M. P. M., SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed, 2004. p.31-50.

CARVALHO, E. R.; FRANCISCHINI, V. M.; AVELAR, S. A. G.; COSTA, J. C. Temperatures and periods of drying delay and quality of corn seeds harvested on the ears. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 336-343, 2019 <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n3218758>

CATÃO, H. C. R. M.; GOMES, L. A. A.; GUIMARÃES, R. M.; FONSECA, P. H. F.; CAIXETA, F.; MARONDI, J. C. Physiological and isozyme alterations in lettuce seeds under different conditions and storage periods. **Journal of Seed Science**, v.38, n.4, p.305-313, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n4163863>

CAUSSETTE. M.; KERSHAW, J. L.; SHELTON, D. R. Survey of enzyme activities in desaponified quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. **Food Chemisfry**, v. 60, n. 4, p. 587-592, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00037-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00037-X)

COPELAND, J. C.; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. Boston:KAP, 3ed, 1995. 409p.

COPELAND, J. C.; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Plubischers, 4ed, 2001. 488p.

DARDENGO, A. O.; VIEIRA, H. D.; DEMICINIS, B. B.; BARBERT, P. A.; OLIVEIRA, M. T. R.; LIMA, E. S. Effect of drying temperature in the physiological quality of *Jatropha curcas* seeds. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9; 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p443>

DELOUCHE, J. C., Precepts of seed storage (Revised) South Canada Proc., Mississippi State Univ., pp. 97-122. 1973.

DELOUCHE, J. C. Germinação, deterioração e vigor de sementes. **Seed News**, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

DELOUCHE, J. C. Physiological changes during storage that affect soybean seed quality. In: SINCLAIR, J.B.; JACKOBS, J.A. (Ed.). **Soybean seed quality and stand establishment**. s.l.: Intsoy, 1982. p.57-66. (Intsoy, 22).

ESPINDOLA, L. S.; NOIN, M.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. **Seed**

Science Research, v. 4, n. 2, p. 193-201, 1994.
<https://doi.org/10.1017/S096025850000218X>

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

HARTMANN FILHO, C. P.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; MARTINS, E. A. S.; OBA, G. C. The effect of drying temperatures and storage of seeds on the growth of soybean seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 287-295, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161866>

HEBERLE, E. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho armazenadas**. Viçosa, 2012, 56p. TESE (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JACOB JUNIOR, E. A.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p.727-734, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026>

JACOBSEN, S.-E. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**. v. 19, n.1 e 2, p. 167–177, 2003.
<https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>

JAMES, L. E. A. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 58, p. 1-31, 2009. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)

JARVIS, D. E. et al. The genome of *Chenopodium quinoa*. **Nature**, v. 542, p.307-312, 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/nature21370>

KOZIOL, M. J.; Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*). **Journal Food Components**, v. 5, p. 36-68, 1992.

KRIVONOS, E. **Food Outlook**: Biannual Reporto in Global Food Markets. FAO, 2013, p. 59-65.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, 4 ed., 2006. 1202p.

- LIMA, D. C.; DUTRA, A. S.; PONTES, F. M.; BEZERRA, F. T. C. Storage of sunflower seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 361-369, 2014. <http://www.scielo.br/pdf/rca/v45n2/a18v45n2.pdf>
- LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; FALK, K. C.; TYLER, R. T. Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 2, p. 216-222, 2005. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0216>
- LORENZ, K.; NYANZI, F. Enzyme activities in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p.543-551, 1989. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb00678.x>
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.
- MENEZES, N. L.; PASQUALLI, L. L.; BARBIERI, A. P. P.; VIDAL, M. D.; CONCEIÇÃO, G. M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- OBA, G. C.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; HARTMANN-FILHO, C. P.; MICHELS, K. L. L. S.; ÁVILA, J. P. C. Artificial drying of safflower seeds at different air temperatures: effect on the physiological potential of freshly harvested and stored seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 397-406, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n4197808>
- ORLANDELLI, R. C.; SPECIAN, V.; FELBER, A. C.; PAMPHILE, J. A. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. **SaBios: Revista Saúde e Biologia**, v. 7, n. 3, p.97-109, 2012. <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/1346/468>
- PESKE, S. T; VILLELA, F. A. Secagem de sementes. In: PESKE, S. T; VILLELA, F. A. MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2.ed. Pelotas: UFPel, 2012. p.371-420.

PIMENTEL, M. A.; VASCONCELLOS, M. C.; PENHA, R. O.; GUERRA, E. P.; SILVA, A. L. L. Ação de diferentes enzimas na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) – Asteraceae. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3: p. 1-4, 2012. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v3n3.pimentel>

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; AND 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. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>

RISI, C.; GALWEY, N. W. The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. **Advances in Applied Biology**. v.10, p. 145–216, 1984.

ROMERO, G.; HEREDIA, A.; CHAPARRO-ZAMBRANO, H. N. Germinative potential in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under cool conditions. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 21, n. 2, p. 241-350, 2018. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1076>

SAMBROOK, J.; RUSSEL, D. W. **Molecular Cloning: A laboratory Manual**. 3ª Ed.; 2001.

SANTOS, H. O.; ARVALHO, M. L. M.; LOPES, C. A.; VON PINHO, E. V. R.; COELHO, S. V. B. Physiological and sanitary quality and oil content of castor bean seeds under different storage conditions? **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 131-142, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n114rc>

SARATH, K. L. L.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; MASETTO, T. E.; OBA, G. C. Physiological potential of peanut seeds submitted to drying and storage. **Journal of Seed Science**, v. 38 n. 3, p. 233-240, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n3165008>

SILVA, G. H.; TOLEDO, M. Z.; TEIXEIRA, R. N.; ROSSI, R. F.; NAKAGAWA, J. Influence of the storage environment on the physiological quality of millet seeds (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 3, p. 286-292, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n3208200>

SOUZA, F. F. J.; SOUZA, J. E. A.; SOUZA, N. O. S.; SPEHAR, C. R.; JESUS, T. F. Standardizing germination tests for quinoa seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 3, p. 155-160, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11820>

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinoa (*chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006. <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2006.v23.8654>

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, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>.

SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo ao envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p.263-270, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200011>.

TORRES, R. O. C. **A study of the long-term storage behaviour of *Chenopodium quinoa* WILLD. seeds.** 63p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Biologia) – Universtity of Birmingham, UK, 1987.

STRENSKE, A.; VASCONCELOS, E. S.; EGEWARTH, N. F.; HERZOG, M.; MALAVASI, M. M. Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, n. 1, p. 83-88, 2017. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i1.30989>

VARRIANO-MARSTON, E.; DEFRANCISCO, A. Ultrastrucfvre of quinoa fruit (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Microstructure**, v. 3, N. 2, p. 165- 173, 1984. <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol3/iss2/9>

WATANABE, K.; PENG, N. L.; TANG, H.; MITSUNAGA, T. Molecular structural characteristics of quinoa starch. **Food Science Technology**, v. 13, n. 1, p. 73-76, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.12.001>

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.1380–1383, 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10294.x>

WU, G.; MORRIS, C. F.; MURPHY, K. M. Quinoa Starch Characteristics and Their Correlations with the Texture Profile Analysis (TPA) of Cooked Quinoa. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 10, p. 2387-2395, 2017. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13848>

7. CONCLUSÕES GERAIS

O modelo de Midilli mostra-se eficiente para descrever as curvas de secagem de quinoa.

Houve redução na incidência de fungos com o passar do período de armazenamento.

As sementes de quinoa que foram submetidas à secagem em estufa a 40 °C apresentaram elevada qualidade fisiológica durante todo o período analisado, independentemente das condições em que foram mantidas armazenadas.

O ambiente de armazenamento influencia na qualidade das sementes de quinoa, devendo-se considerar a possibilidade de manter as sementes sob temperatura e umidade controladas.

A atividade de enzimas amilolíticas nas sementes de quinoa é maior quando as mesmas são armazenadas em câmara fria ou climatizada, por até 12 meses.

Houve redução na quantidade de proteínas totais com a redução no vigor e germinação das sementes, após 12 meses de armazenamento em ambiente não controlado.

Kinetics and Quality of Quinoa Seeds After Drying and During Storage

Eder S. Moscon¹, Luiz E. B. Blum², Carlos R. Spehar¹, Samuel Martin¹, Marcelo Fagioli¹ & Justino J. Dias Neto²

¹ Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine, University of Brasília, Brasília, Brazil

² Department of Plant Pathology, Institute of Biology, University of Brasília, Brasília, Brazil

Correspondence: Eder S. Moscon, Faculty of Agronomy and Veterinary Medicine, University of Brasília, Darcy Ribeiro Campus, Asa Norte, s.n., 70.910-900, Brasília, Federal District, Brazil. Tel: 55-61-3107-7127. E-mail: hederstolben@hotmail.com

Received: November 16, 2019

Accepted: December 16, 2019

Online Published: January 15, 2020

doi:10.5539/jas.v12n2p71

URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v12n2p71>

Abstract

This study aimed to assess the effect of different drying forms, environments, and storage periods on germination and sanitary quality of quinoa seeds cv. BRS Syetetuba. Seeds were submitted to drying in forced air circulation chamber at 30, 40, and 50 °C and in a suspended tray, in full sun, until they reached $\pm 12\%$ of moisture content. The observed drying data were adjusted to 10 mathematical models. The storage for 360 days was continuous in three different environments. Seeds were evaluated at 0, 6, and 12 months for germination, first count of germination, moisture content, and sanity tests. The experimental design was completely randomized, in a split split-plot scheme with four replicates. Among the studied models, Midilli was efficient in describing the drying curves of quinoa seeds. The storage environment influenced the loss of seed quality more than the drying temperature. The increased storage period caused a decrease on fungal seed incidence.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd., environments, fungi, Midilli, temperature

1. Introduction

Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) have striking nutritional qualities and have integrated the diet of Andean Peoples for hundreds of years (Bazile et al., 2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations considered quinoa as one of the most promising cultures of humanity, not just for the beneficial properties to health, but also for the varieties of use (FAO, 2013). Quinoa adapts to different soil and climatic conditions, resist to abiotic factors and has a low production cost. In this form, this species may fit different agriculture systems (Restrepo et al., 2005). In Brazil, this culture was officially implemented to increase the variety of cultivation in production systems, besides contributing to food security and increasing producers' income (Spehar et al., 2011).

During the last years, this culture expanded greatly, mainly outside the origin country, causing an increase in the demand for its grains and derivatives, mainly in the USA, Canada, European Union, and Asia, which are the leading importers (Bazile et al., 2016). For these reasons, there is high potentiality for the growth of this cultivation at medium and large scale to satisfy the growing world demand for this product (Torres & Salas, 2015).

A key factor for the success of this cultivation is the quality of seeds. Seeds quality must be kept high during storage, aiming at an optimal seedling establishment in the field, in order to guarantee the economic and productive benefits aimed by the producer (Tunes et al., 2014). Drying is a crucial stage of the productive cycle of seeds (Peske & Villela, 2012), mainly employed to reduce the amount of water, delay the deterioration, and make them more suitable for storage (Oliveira et al., 2009). Storage, in turn, aims to preserve the initial quality of the seeds, protecting them from the weather, insects, and microorganisms (Ellis & Hong, 2006).

Both the processes of drying and storage are often neglected, even if they are critical stages of the productive cycle of seeds (Berbert et al., 2008). As refers to quinoa, as an example, most of the producers still use artisanal techniques, such as the natural drying on the plant, under the sun, or the shadow, and on the ground, and storage in environments with uncontrolled temperature and relative humidity (Quiroga et al., 2013). Moisture content, temperature, and storage time are critical factors in the preservation of the quality of the seed (Marcos-Filho, 2015).

Even the same, the drying process may be detrimental to the quality of seeds, mainly due to its delay, or the use of high temperatures, excessive time of exposure to heated air, or the drying method employed (Menezes et al., 2012). Chemical, physical, and physiological alterations may occur during the process of water removal (Roveri José et al., 2004; Peske & Villela, 2012). Considering the relevance of the drying process of the seeds, the theoretical study of the process and its practical application in the post-harvest stage is crucial, mainly dealing with cultures that have been produced for a short time, such as quinoa (Moscon et al., 2017).

Another crucial element to be considered is that the seed is one of the primary pathogen dissemination vehicles (Henning et al., 2011; Cardoso et al., 2015). Seeds contamination is often responsible for the introduction of new foci of infection of diseases in uncontaminated areas (Medeiros et al., 2015). Fungi play a crucial role as plant pathogens. Some infections caused by fungi appear as seeds are paced to germinate; other fungal infections appear during the storage, causing damages, mainly for production, and productivity (Henning et al., 2011).

As considering this context, there is still a lack of pieces of information on the drying process, and the effects of post-harvest stages, on the quality attributes of the seeds. In this form, the article aimed to analyze and to model the drying curve, and to assess the effects of different drying systems, environments, and storage times, on the germination, and sanitary quality of quinoa seeds.

2. Material and Methods

2.1 Environment and Harvesting

The study was conducted at the laboratory of 'Seed Studies' and 'Mycology' of the University of Brasilia (UnB), Brasilia, Federal District, Brazil. In the experiment, we used pure seeds of the cultivar BRS Syetetuba (Spehar et al., 2011), produced in the 'Água Limpa' experimental farm (FAL) of the UnB. Seed harvesting and threshing were hand made by the friction of the panicles. These processes were performed, 120 days after the emergence of the seedlings. Seed cleaning and size standardization were done by using a prototype of air machine and sieves.

2.2 Drying and Storage

Thin layer seed drying was performed in a stove with a forced ventilation system (Lucadema brand, model 82/150). The drying process was set as follows: D1—chamber at 30 °C; D2—chamber at 40 °C; D3—chamber at 50 °C; D4—suspended terrace at one-meter height under the full sun. All treatments used three trays with the bottom constituted by netting (50 × 50 cm). Each tray received 1.0 kg of seeds in a ±1.5 cm thin layer. The trays were randomly set, and seed layers were hand revolved. The drying continued until the seeds reached the moisture content of 12±1.0%.

The seed moisture content reduction during the drying was measured gravimetrically. The final determination was performed by the hoven method (105 °C) using three 5 g samples (Brasil, 2009a). The equilibrium moisture was determined by using three 5 g samples for each drying condition. After the drying process, the content of the trays was grouped, hand homogenized, and divided into 200±10 g portions. The repetitions were characterized and packaged in closed translucent 300 mL plastic bottles (Souza et al., 2016). The bottles were stored for 360 days as follows: A1—cold chamber (10 °C and 50% RH, initial); A2—cold chamber (19 °C and 40% RH, initial); A3—laboratory environment (26 °C and 50% RH, initial). The temperature and the relative humidity of the air (RH) during storage (August 2017 to September 2018) were assessed (Digital datalogger Onset HOBO® U12-011).

2.3 Study the Kinetics of Drying

To study the kinetics of drying, the assessment of the water removal rate from the seeds was performed according to equation 1 (Silva et al., 2018).

$$WWR = (Mw_0 - Mw_i) / [M_D \times (t_i - t_0)] \quad (1)$$

where, WRR: water removal rate ($\text{kg kg}^{-1} \text{h}^{-1}$); Mw_0 : previous total mass of water (M_p at $t_0 - M_D$), kg; Mw_i : current total mass of water (M_p at $t_i - M_D$), kg; M_D : dry matter [$M_p \times (1 - U_i)$], kg; t_0 : previous total drying time, h; and t_i : current total drying time, h.

Moisture ratios (MR) were obtained for each temperature according to Equation 2.

$$MR = (M - Me) / (M_i - Me) \quad (2)$$

where, M: moisture content of the product at each drying time, decimal and drying bases (d.b); M_i : initial moisture content of the product, decimal (d.b); and, Me: equilibrium moisture content of the product, decimal (d.b).

Moisture content data determined during drying were submitted to mathematical models (Table 1) used to describe this phenomenon (Doymaz, 2014; Goneli et al., 2014; Santos et al., 2015; Mendonça et al., 2015; Maciel et al., 2017; Tao et al., 2018).

Table 1. Mathematical models used to predict the drying

Designation	Model	Equation
Page	$MC = \exp(-kt^n)$	(3)
Henderson and Pabis	$MC = a \cdot \exp(-kt)$	(4)
Midilli	$MC = a \cdot \exp(-kt^n) + b \cdot t$	(5)
Wang e Singh	$MC = 1 + a \cdot t + b \cdot t$	(6)
Verma	$MC = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-k_1 t)$	(7)
Thompson	$MC = \exp\left\{\left[-a - (a^2 + 4bt)^{0.5}\right] / 2b\right\}$	(8)
Newton	$MC = \exp(-kt)$	(9)
Exponential Two Term	$MC = a \cdot \exp(-kt) + (1 - a) \cdot \exp(-k_1 t)$	(10)
Two Terms	$MC = a \cdot \exp(-k_0 t) + b \cdot \exp(-k_1 t)$	(11)
Page modified	$MC = \exp(-kt)^n$	(12)

Note. MC: moisture content data dimensionless; t: drying time (min); k, k_0 , k_1 drying constants (s⁻¹); a, b, c, n: models' coefficients.

The adjust of the mathematical methods to the experimental data of drying was performed by non-linear regression analysis, by the Quasi-Newton method, by computational analysis. The degree of adjustment to each model was assessed considering the magnitude of the determination coefficient (R^2), the mean relative deviation (P), and the standard error of estimate (SE), the variance explained by the model (VE) (Goneli et al., 2014).

2.4 Analysis of Physiological Quality

Samples of the seeds were withdrawn at 0, 6, and 12 months of storage to assess, by the following methods:

Moisture content (MC): Determined by the stove method at 105 ± 3 °C for 24 h (Brasil, 2009a). The results were expressed as percentage wet bases (w.b).

Germination (G): Four subsamples of 50 seeds were seeded in transparent plastic boxes (11 cm × 11 cm × 3 cm) on two leaves of previously moistened Germitest paper. The boxes were stored in an incubation chamber (12 hours of light exposure; 25 ± 2 °C). The normal seedlings were counted on the 5th day, and the results were expressed as a percentage (Brasil, 2009a; Souza et al., 2017).

First count of germination test (FC): Counting of the normal seedlings at two days after the beginning of the germination test and expressed as a percentage (Brasil, 2009a; Souza et al., 2017).

2.5 Analysis of Sanitary Quality

Seeds incubation was performed by the filter paper method, with freezing and 12 hours photoperiod (Brasil, 2009b). 2.0 g samples of seeds from each repetition were disinfected using a 2% solution of sodium hypochlorite for 2 minutes. Were extracted 200 seeds, divided into four groups of 50 units each, and seeded in plastic boxes, stored in incubation chambers at 20 °C during 12 hours, frozen at -20 °C during 24 hours and later placed again in an incubation chamber at 25 °C during seven days. After this, the seeds were examined individually using a magnifying glass with lighting and stereoscopic microscope. The percentage of infected seeds and the incidence of each genus were considered (Brasil, 2009b; Henning, 2015).

2.5 Statistics

For the analysis of physiological and sanitary quality, the completely randomized experimental design was used, in a split split plot scheme, with four repetitions. The factors were: the drying conditions, the place, and the storage period. Data were submitted to analysis of variance. The comparisons among the means were performed by the Tukey Test ($p \leq 0.05$). As refers to the storage time, the regression analysis was performed, and the models were adjusted based on the t-test ($p \leq 0.05$) and coefficient of determination (R^2).

3. Results and Discussion

3.1 Drying and Moisture Content

After drying, the times spent, and the moisture content of the seeds were respectively for D1 to D4: 7, 5, 2.25, 1.5 h and 12.26%, 12.07%, 12.02%, 11.39% (Figure 1A). As observing the treatment submitted to drying in the stove, we observed that the rise of temperature caused a reduction of the drying time. Seeds placed in the suspended terrace required the shortest time and displayed the highest water removal rate. Figure 1B shows the opposite results in the seeds dried at 30 °C. It was also possible to observe that the water removal rate was higher at the beginning of the drying process, and later tended to be constant (Zonta et al., 2011).

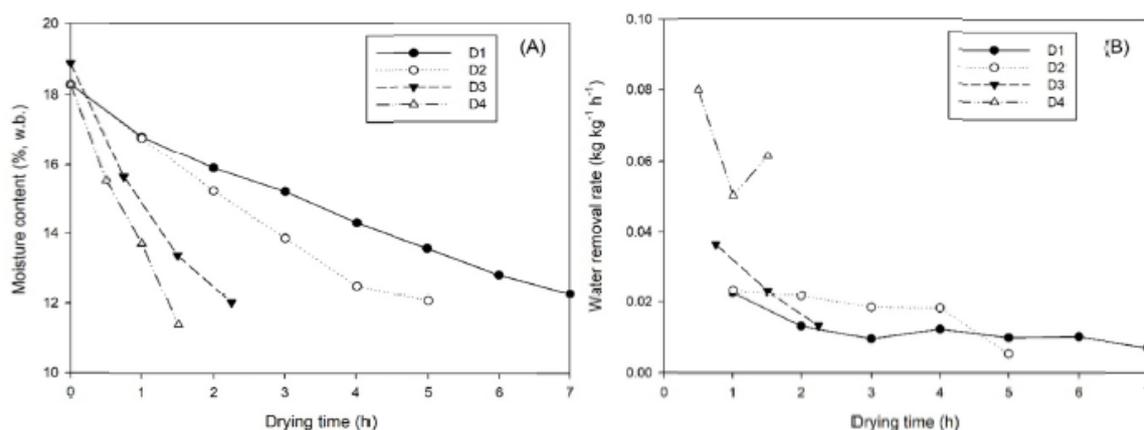


Figure 1. Moisture content (A) and water removal rate (B) during the drying of quinoa seeds under different treatments, according to the drying time

3.2 Adjust of Mathematical Models

During the process of water removal from the seeds, air renovation is crucial: the more the air is saturated with humidity, the more difficult is the removal of the water; the dryer the air, the faster the drying process (Carvalho & Nakagawa, 2012). In the stove, the exchange between the internal and external air may be slower, mainly due to the physical impairment caused by the equipment, even the presence of a ventilation system. During the drying in the suspended terrace, although the psychrometric conditions of the air, such as relative humidity, or temperature has not been measured, the natural ventilation of the environment might have provided conditions for faster drying of the seeds, as compared with the stove drying.

As refers to the ten models analyzed, all of them were effective in describing the drying process of the quinoa seeds with a high coefficient of determination (R^2), and explained variance (VE), and low relative average error (P), and standard deviation of the estimate (SE). Even the same, as considering the conditions in which the study was performed, we used the Midilli model, as it presented the highest number of favorable parameters to the studied drying forms (Table 2).

Table 2. Coefficient of determination (R^2), relative average error (P, decimal), estimated standard deviation (SE, decimal), and explained variance (VE) of the ten analyzed models for the drying of quinoa seeds after different methods of drying

Modelo	30 °C				40 °C			
	R ²	P	SE	VE	R ²	P	SE	VE
Page	0.999	0.018	2.71	0.994	0.999	0.011	1.92	0.997
Henderson-Pabis	0.997	0.018	2.92	0.993	0.993	0.026	3.65	0.985
Midilli	0.997	0.016	2.29	0.995	0.999	0.011	1.81	0.997
Wang and Singh	0.997	0.017	2.01	0.994	0.998	0.014	2.22	0.996
Verma	0.998	0.013	1.53	0.99	0.997	0.015	2.44	0.994
Thopson	0.997	0.018	2.92	0.993	0.993	0.026	3.65	0.985
Newton	0.997	0.018	2.92	0.993	0.993	0.026	3.65	0.985
Exp. Dois Termos	0.997	0.018	2.92	0.993	0.993	0.026	3.65	0.985
Dois termos	0.997	0.018	2.96	0.993	0.994	0.023	3.35	0.989
Page Modified	0.997	0.018	2.92	0.994	0.993	0.026	3.65	0.985

Model	50 °C				AMB			
	R ²	P	SE	VE	R ²	P	SE	VE
Page	0.999	0.002	0.27	0.999	0.994	0.022	3.65	0.987
Henderson-Pabis	0.997	0.014	1.53	0.995	0.985	0.034	6.69	0.969
Midilli	0.999	0.000	0.000	1.000	0.999	0.008	1.13	0.999
Wang and Singh	0.999	0.004	0.43	0.999	0.998	0.012	1.46	0.996
Verma	0.999	0.006	0.64	0.999	0.999	0.001	0.00	0.998
Thopson	0.997	0.014	1.53	0.994	0.985	0.034	6.69	0.969
Newton	0.997	0.014	1.53	0.994	0.985	0.034	6.69	0.969
Exp. Dois Termos	0.999	0.002	0.29	0.999	0.993	0.023	4.11	0.985
Dois termos	0.998	0.013	1.50	0.995	0.985	0.033	6.63	0.971
Page Modified	0.997	0.014	1.53	0.994	0.985	0.034	6.69	0.970

The Midilli model was satisfactory. It described the relationship between the estimated and observed data with high concordance in each analyzed drying condition (Figure 2). The same method was used to describe the kinetics of drying of different seeds, such as watermelon (Doymaz, 2014), *Carapa guayensis* (Mendonça et al., 2015) and pea (Tao et al., 2018).

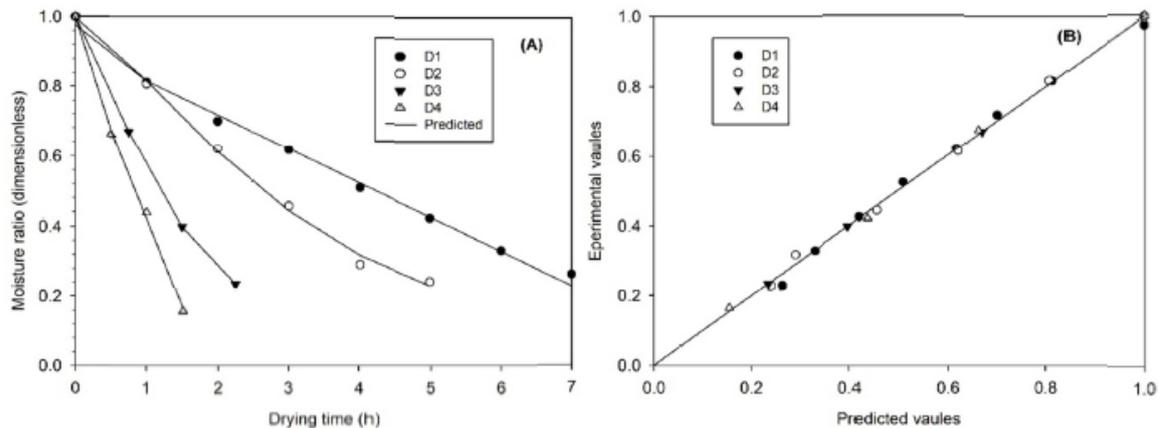


Figure 2. Moisture ratio (A) and distribution of the residuals (B) of the values observed and adjusted according to the Midilli model for quinoa seeds submitted to different forms of drying

3.3 Quality Seeds After Drying and Storage

During the storage, the climatic variables showed distinct behaviors in different environments. As refers to A1, A2 and A3, the average temperatures were: 11.4±0.2 °C, 19.1±0.4 °C and 26.5±7.3 °C and the air relative humidity: 53.7±1.5%, 40.1±6.5%, and 50.9±19.5%, respectively. A3 treatment displayed the higher amplitudes

of heat and relative humidity of the air. The values varied between 21.4 °C to 31.1 °C temperature, and 19.4 to 77.3% relative humidity.

As refers to the moisture content of the seeds during storage, the analysis of variance pointed out a significant interaction only between the drying method, and the periods. The treatments submitted to drying at 30 °C and under the sunlight presented the highest values of moisture content at the beginning and the end of the assessed period, and a decrease at the end. The remaining treatments displayed a continuous increase in moisture content during the storage period. Treatment D1 displayed the highest moisture content at six months of storage (12.75%). Treatment D3 displayed the lowest moisture content (11.37%) at the beginning of storage (Figure 3).

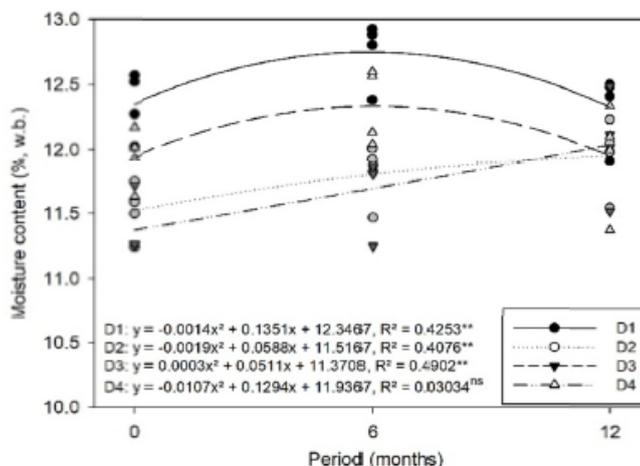


Figure 3. Moisture content (% wet basis) of quinoa seeds submitted to different drying methods, according to the storage time

The variations of the moisture content during the storage were probably mainly due to loss of hermeticity of the package and to their opening at the sampling. Due to their hygroscopicity, the moisture content of seeds tends to vary according to the temperature and relative humidity of the storage environment (Peske & Villela, 2012). It is essential to point out that the moisture content of seeds should not exceed 12-14% in order to preserve them safely (Carvalho & Nakagawa, 2012). As the moisture content is preserved lower than this, the respiratory processes are low, promoting the quality of the seeds (Zucareli et al., 2015).

In the germination of seeds was observed significant interaction of the factors to which the seeds were submitted (Table 3). Drying treatments did not cause significant differences among samples stored in A1 or A2 conditions. In both cases, germination continued high, over 90%. Even the same A3 storage caused a significant effect between D1, D4, and the remaining treatments. In this environment, germination decrease more significantly in D1 and D4, but stayed high in D2, and D3 (69%, 83%, 92% e 93%, respectively).

Table 3. Germination (%) of quinoa seeds submitted to different drying methods and storage environments

Drying methods	Storage environment		
	A1	A2	A3
	----- % -----		
D1	95 aA	94 aA	64 cB
D2	94 aAB	95 aA	92 aB
D3	95 aA	95 aA	93 aB
D4	94 aA	95 aA	82 bB

Note. Averages followed by the same lowercase letters in the row and upper-case letter in the line do not differ significantly among each other by the Tukey test at 5% probability. Drying conditions: D1—chamber at 30 °C; D2—chamber at 40 °C; D3—chamber at 50 °C; D4—suspended terrace at one-meter height under the full sun. Storage conditions: A1—cold chamber (±10 °C); A2—cold chamber (±19 °C); A3—laboratory environment (26±2 °C, 50±10% RH).

The association between the laboratory environment and some of the drying methods contributed to the decrease of germination observed in the experiment. Probably the delay or the excessive speed of water removal from the seeds during drying caused the extreme values observed. These latent damages can only be perceived after the storage, causing a decrease in germination and vigor (Labbé, 2012). The increase in drying speed may cause an increase in the incidence of cracks, both in the integuments and in the cotyledons and embryonic axis (Peske & Villela, 2012).

During the 12 months storage in both A1, and A2 environments, the seeds preserved over 90% germination, independently from the drying conditions. Seeds preserved in the A3 environment preserved high germination only as dried at 40 °C and 50 °C (D2 and D3, respectively). Seeds preserved in the natural environment (D4) and in the stove at 30 °C (D1) displayed a reduction of germination, reaching respectively 64%, and 25%, after the 12 months storage (Figure 4).

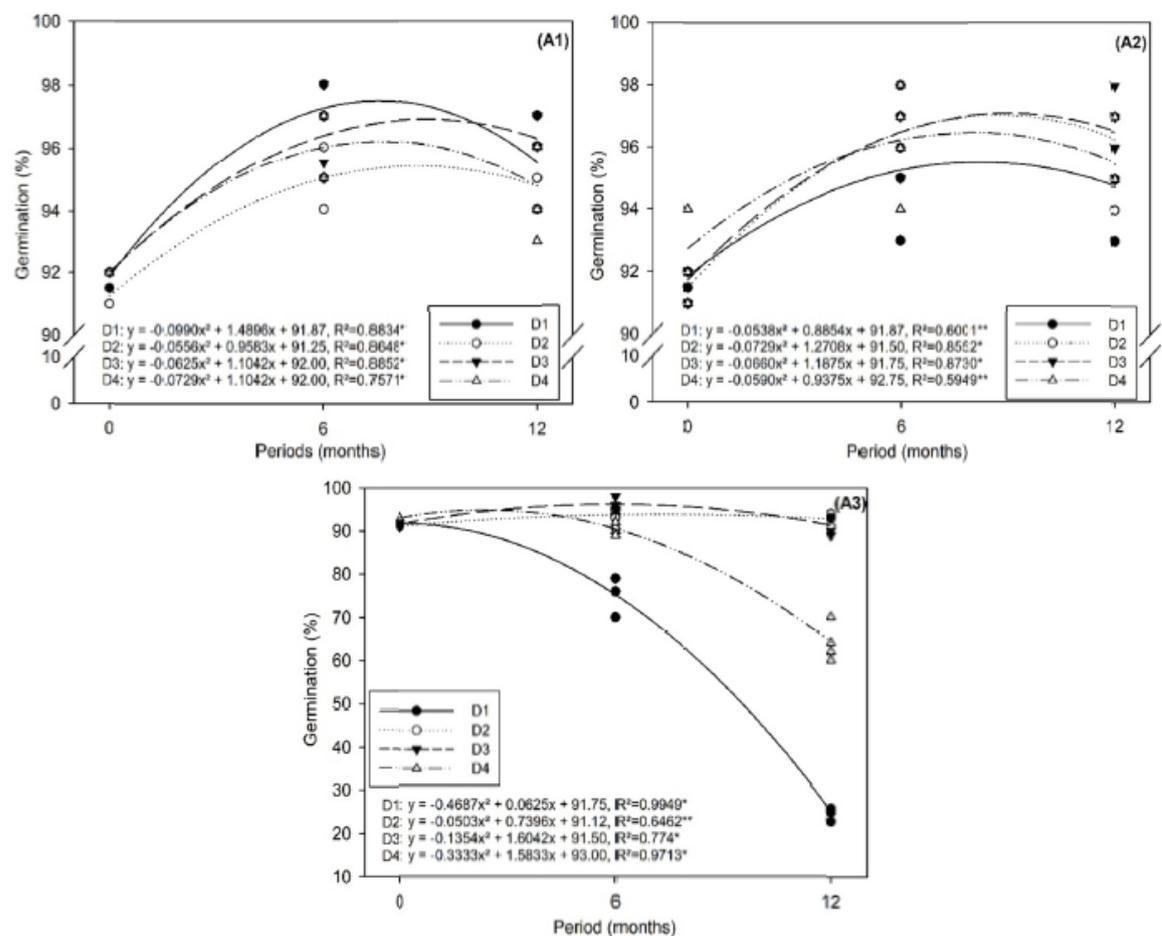


Figure 4. Germination (%) of quinoa seeds submitted to different drying methods and storage environments, to the storage time

Several authors have already described the influence of the storage environment on the germination of seeds. Dias et al. (2016) claim, seeds of *Jatropha curcas* loose germination capacity as preserved in laboratory conditions (23±3°C and 64±11% RH), but preserve it as stored in cold chamber (10±2 °C and 55±5% RH). According to the authors, the storage in the cold chamber is the best form to store the seeds for 12 months.

The storage of seeds of Adzuki beans (*Vigna angularis*) at 25.4±3 °C and 67.3±3% RH cause a reduction in quality, germination, size, and dry mass of the seedlings (Tavares et al., 2015). The physiological quality of beans seeds (*Phaseolus vulgaris*) decreased after 18 months of storage under uncontrolled condition of

temperature and humidity (Zucareli et al., 2015). The drying at 42 °C and the storage for eight months reduced the physiological quality of pepper seeds (Silva et al., 2018).

Storage time increase also reduced the quality of seeds of *Hymenaea stigonocarpa* (Coradi et al., 2016). Zonta et al. (2011) described the same decrease in the germination of the seeds of *Jatropha curcas* L. during 270 days of storage after drying in stove at 33 °C and under the sun. The decrease in germination was associated with the latent damages caused by the slow drying process.

Even the same, it is crucial to assess both abiotic (moisture content and temperature) and biotic factors (fungi and pests) during the storage of the seeds. Both classes of factors may intensify the degradation process, acting individually or in combination, and causing, in this form, irreversible losses in the product's quality (Giorni et al., 2008; Coradi et al., 2016).

3.4 Storage Fungi and Quality

In this work, there was no statistically significant interaction between the factors (drying conditions and the place storage) for the percentage of infected seeds (IS), but there was for the storage periods. Figure 5 highlights the significant differences between the different fungi contaminations observed.

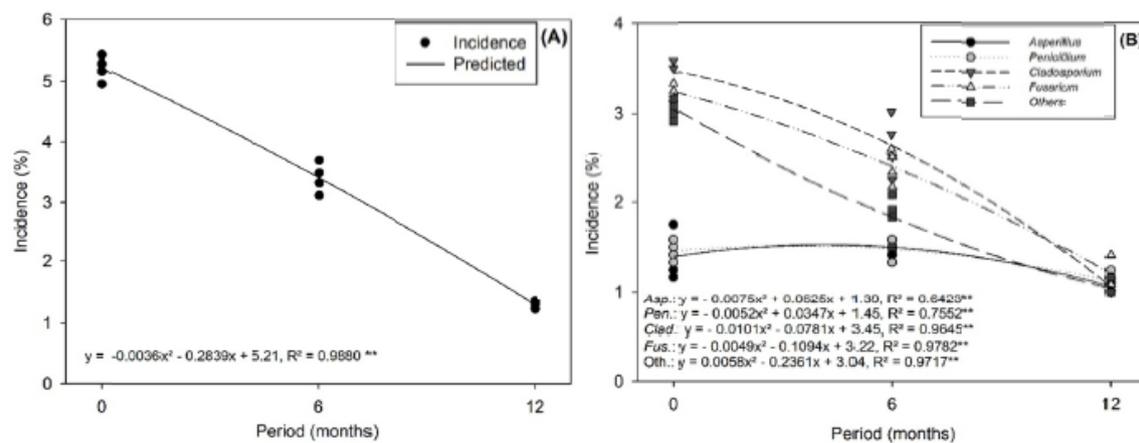


Figure 5. Incidence of contaminated seeds (A), and fungi (B) in quinoa seeds submitted to different methods of drying and storage, at three assessing periods (0, 6, and 12 months)

The variations among the drying methods and storage environments did not influence significantly the quality of seeds infected by fungi. However, the data showed significant effect of the storage period on the incidence of fungi. Contamination by fungi displayed the highest value the beginning of the storage period, decreased along the storage, reaching null in some treatments, at the end of the experimental period. The decrease of contaminated seeds may be explained by the loss of viability of fungal spores and dormant mycelia during the storage. As no abrupt increase in the moisture content of the seeds was observed, the multiplication of fungi was hindered, decreasing, in this form the contamination. The storage at low moisture content (14%) in hermetic or not hermetic conditions preserved the original quality of corn seeds, with low growth of fungi, even after months of storage (Suleiman et al., 2018). Decreases in oat seed contamination have also been observed during storage (Rupollo et al., 2006).

The most common genera of fungi found in this experiment were *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., and *Cladosporium* spp. At the beginning of the experiment, we observed the highest incidence of *Cladosporium* spp. (4.92%), followed by *Fusarium* spp. (4.46%). Also, at the second assessing time the genera *Cladosporium* spp. (3.25%), and *Fusarium* spp. (2.79%) prevailed. At the last assessing time we observed the highest incidence of *Fusarium* spp. (0.42%), *Penicillium* spp. (0.25%), and *Aspergillus* spp. (0.13 %) (Figure 5). Our experiment detected other genera of fungi, but the lack of sporulation prevented their identification. Some genera occurred with very low frequency, or just once, being, therefore, just quoted, as in the case of *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., *Phoma* spp., and *Phomopsis* spp.

Guimaraes and Carvalho (2014) associated the presence of *Cladosporium* spp. in bean seeds, with their storage, affecting their quality. Silva and Lourenço Jr. (2009) described similar pathogens in seeds of five other Brazilian quinoa strains. Antonello et al. (2009) described the presence of the fungi *Aspergillus* spp., and *Penicillium* spp. during the storage of corn seeds in plastic packages. Additionally, fungi of the genus *Fusarium* found in seeds of quinoa have already been described as causing agents of *damping-off* (Drímalková & Veverka, 2004).

It is crucial to point out that, due to their low incidence, in this experiment fungi did not influence the germination of the seeds directly, mainly at the end of the storage period. Even the same, it is essential to pay attention to the handling of the seeds to avoid or reduce the contamination, mainly due to their pathogenic potential. Fungi may deteriorate the seeds or kill them before, or after the planting.

4. Conclusions

The Midilli model was efficient to describe the drying curves of quinoa seeds. Regardless of the drying temperature, the storage environment influenced the loss of seed germination quality. There was a reduction in the incidence of fungi with increasing storage time.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Finance Code 001, with scientific and structural support from the University of Brasilia (UnB).

References

- Antonello, L. M., Muniz, M. B., Brand, S. C., Vidal, M. D., Garcia, D., Ribeiro, L., & Santos, V. (2009). Qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes embalagens. *Ciência Rural*, 39(7), 2191-2194.
- Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Verniau, A. (2016). The global expansion of quinoa: Trends and limits. *Frontiers in Plant Science*, 7, 622-630. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>
- Berbert, P. A., Carlesso, V. O., Silva, R. F., Araújo, E. F., Thiébaud, J. T. L., & Oliveira, M. T. R. (2008). Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 30(1), 40-48. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100006>
- Brasil, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2009a). *Regras para análises de sementes* (p. 395). Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, SNAD/DNDV/CLAV.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009b). *Manual de Análise Sanitária de Sementes* (p. 200). Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, SNAD/DNDV/CLAV.
- Cardoso, A. M. S., David, A. M. S. S., Carvalho, A. R. J., Sales, R. P., Oliveira, P. C. C., & Souza, M. D. C. (2015). Tratamento químico na qualidade sanitária e na germinação de sementes de *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Comunicata Scientiae*, 6(1), 41-48. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i1.538>
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: Ciência, tecnologia e produção*. Campinas, SP: Funep.
- Coradi, P. C., Pereira, T. L. L., & Camilo, L. J. (2016). Quality of seeds of jatobá-do-cerrado processed and stored in diferents forms. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 665-684. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p665>
- Dias, D. C. F. S., Oliveira, G. L., Vallory, G. G., Silva, L. J., & Soares, M. M. (2016). Physiological changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage. *Journal of Seed Science*, 38(1), 041-049. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n1155449>
- Doymaz, I. (2014). Experimental study and mathematical modeling of thin-layer infrared drying of watermelon seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 1377-1384. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12217>
- Drímalková, M., & Veverka, K. (2004). Seedlings damping-off of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant Protection Science*, 40(1), 5-10. <https://doi.org/10.17221/3119-pps>
- Ellis, R. H., & Hong, T. D. (2006). Temperature sensitivity of the low-moisture-content limit to negative seed longevity-moisture content relationships in hermetic storage. *Annals of Botany*, 97, 785-791. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl035>
- FAO. (2013). *La ONU declara al 2013 año internacional de la quinua*. Retrieved from <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508947>
- Giorni, P., Battilani, P., Pietri, A., & Magan, N. (2008). Effect of aw and CO₂ level on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production in high moisture maize post-harvest. *International Journal of Food Microbiology*, 122(1-2), 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.051>

- Goneli, A. L. D., Vieira, M. C., Vilhasanti, H. C. B., & Gonçalves, A. A. (2014). Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(1), 56-64. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005>
- Guimaraes, G. R., & Carvalho, D. D. C. (2014). Incidência e caracterização morfológica de *Cladosporium herbarum* em feijão comum cv. 'Pérola'. *Revista Brasileira de Biociência*, 12(3), 137-140. Retrieved from <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2823>
- Henning, A. A. (2015). *Guia prático para identificação de fungos mais frequentes em sementes de soja*. Brasília, DF: Embrapa.
- Henning, F. A., Jacob Junior, E. A., Mertz, L. M., & Peske, S. T. (2011). Qualidade sanitária de sementes de milho em diferentes estádios de maturação. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(2), 316-321.
- Labbé, L. M. B. (2012). Armazenamento de sementes. In S. T. Peske, F. A. Villela, & G. E. Meneghello (Eds.), *Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos*. Pelotas, RS: UFPel.
- Maciel, R. M. G., Afonso, M. R. A., Costa, J. M. C., Severo, L. S., & Lima, N. D. (2017). Mathematical modeling of the foam-mat drying curves of guava pulp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(10), 721-725. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p721-725>
- Marcos-Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina, PR: Abrates.
- Medeiros, J. G. F., Araújo Neto, A. C., Silva, E. C., Huang, M. N., & Nascimento, L. C. (2015). Qualidade sanitária de sementes de *Caesalpinia ferrea*: Incidência de fungos, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. *Floresta*, 45(1), 163-174. <https://doi.org/10.5380/rev.v45i1.34074>
- Mendonça, A. P., Sampaio, P. T. B., Almeida, F. A. C., Ferreira, R. F., & Novais, J. M. (2015). Determinação das curvas de secagem das sementes de andiroba em secador solar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 382-387. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p382-387>
- Menezes, N. L., Pasqualli, L. L., Barbieri, A. P. P., Vidal, M. D., & Conceição, G. M. (2012). Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(4), 430-436. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>
- Moscon, E. S., Martin, S., Spehar, C. R., Devilla, I. A., & Rodolfo Junior, F. (2017). Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Engenharia na Agricultura*, 25(4), 318-328. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i4.773>
- Oliveira, M. T. R., Berbert, P. A., Vieira, H. D., Thiébaud, J. T. L., Carlesso, V. O., & Pereira, R. C. (2009). Avaliação do vigor de sementes de carambola em função da secagem e do armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(4), 477-482. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400016>
- Peske, S. T., & Villela, F. A. (2012). Secagem de sementes. In S. T. Peske, F. A. Villela, & G. E. Meneghello (Eds.), *Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos*. Pelotas, RS: UFPel.
- Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., González, J. A., Villca, M., ... Ruiz, A. (2013). Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. In Bazile et al. (Eds.), *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. Montpellier, Francia: FAO & CIRAD.
- Restrepo, L. A. M., Vianchá, L. M., & Ballesteros, J. P. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103-119.
- Roveri José, S. C. B., Von Pinho, E. V. R., Von Pinho, R. G., & Silveira, C. M. (2004). Padrões eletroforéticos da enzima α -amilase em sementes de milho submetidas a alta temperatura de secagem. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1), 77-83. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000100012>
- Rupollo, G., Gutkoski, L. C., Martins, I. R., & Elias, M. C. (2006). Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(1), 118-125. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100017>
- Santos, D. C., Queiroz, A. J. M., Figueirêdo, R. M. F., & Oliveira, E. N. A. (2015). Sun drying of residual annatto seed powder. *Acta Scientiarum*, 37(1), 161-166. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i1.20582>
- Silva, A. P., & Lourenço Junior, V. (2009). Ocorrência de fungos em sementes de cinco linhagens brasileiras de quinoa (ocorrência de fungos em sementes de quinoa). *Campo Digital*, 4(1), 137-141.

- Silva, H. W., Vale, L. S. R., Silva, C. F., Souza, R. C., & Soares, R. S. (2018). Drying kinetics and physiological quality of 'Cabacinha' pepper seeds during storage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(4), 292-297. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p292-297>
- Souza, F. F. J., Devilla, I. A., Souza, R. T. G., Teixeira, I. R., & Spehar, C. R. (2016). Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 11(15), 1299-1308. <https://doi.org/10.5897/ajar2016-10870>
- Souza, F. F. J., Souza, J. E. A., Souza, N. O. S., Spehar, C. R., & Jesus, T. F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 12(3), 155-160. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11820>
- Spehar, C. R., Rocha, J. E. S., & Santos, R. L. B. (2011). Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(1), 145-147. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.9395>
- Suleiman, R., Bern, C. J., Brumm, T. J., & Rosentrater, K. A. (2018). Impact of moisture content and maize weevils on maize quality during hermetic and non-hermetic storage. *Journal of Stored Products Research*, 78, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.05.007>
- Tao, Z., Yang, Z., Yu, F., & Yang, Z. (2018). Effect of ultrasound on heat pump drying characteristics of pea seeds. *International Journal of Food Engineering*, 14(11-12), 1-14. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2018-0204>
- Tavares, C. J., Araújo, A. C. F., Jakelaitis, A., Resende, O., Sales, J. F., & Freitas, M. A. M. (2015). Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(12), 1197-1202. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1197-1202>
- Torres, L. A. C., & Salas, J. C. D. (2015). Posibilidades en el comercio internacional de la quinua: un análisis desde la perspectiva de la competitividad. *Equidad & Desarrollo*, 24, 119-137.
- Tunes, L. V. M., Fonseca, D. Â. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A., & Vilella, F. A. (2014). Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Revista Ceres*, 61(5), 675-685. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050011>
- Zonta, J. B., Araujo, E. F., Araujo, R. F., & Dias, L. A. S. (2011). Diferentes tipos de secagem: Efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso. *Revista Brasileira de Sementes*, 33(4), 724-734. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000400014>
- Zucareli, C., Brzezinski, C. R., Abati, J., Werner, F., Ramos Júnior, E. U., & Nakagawa, J. (2015). Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(8), 803-809. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p803-809>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).