



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA**

**CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE QUINOA
(*Chenopodium quinoa* Willd.)**

LENNON KAÍQUE BEDA DO NASCIMENTO

**BRASÍLIA,
2016**

LENNON KAÍQUE BEDA DO NASCIMENTO

**CONDICIONAMENTO OSMÓTICO DE SEMENTES DE QUINOA
(*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: **PROF^a. DR^a. TAISLENE BUTARELLO RODRIGUES DE MORAIS**

**BRASÍLIA,
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

Nascimento, Lennon Kaíque Beda.

Condicionamento osmótico de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / Lennon Kaíque Beda do Nascimento. Orientação: Taislene Butarello Rodrigues de Moraes, Brasília, 2016.

Monografia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.

43 p. : il.

1. Germinação. 2. Vigor. 3. Índice de Velocidade de Germinação. 4. Qualidade Fisiológica. 5. Osmocondicionamento. I. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária / Universidade de Brasília. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NASCIMENTO, L.K.B. **Condicionamento osmótico de sementes de quinoa** (*Chenopodium quinoa* Willd.). 2016. 43p. Monografia (Curso de Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: LENNON KAÍQUE BEDA DO NASCIMENTO

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO: Condicionamento osmótico de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

GRAU: 3° **ANO:** 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Nome Completo Do Autor: Lennon Kaíque Beda do Nascimento

Endereço: Universidade de Brasília Campus Universitário Darcy Ribeiro — Asa Norte
CEP: 70910-900 Brasília, DF. Brasil

Email: lennonkaique@gmail.com

LENNON KAÍQUE BEDA DO NASCIMENTO

Condicionamento osmótico de sementes de quinoa

(*Chenopodium quinoa* Willd.)

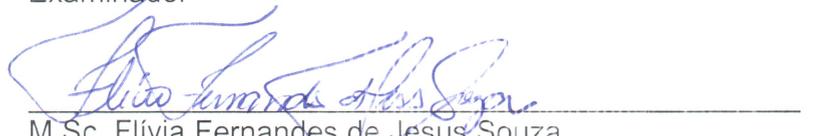
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 12 de Dezembro de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof.^a. Dr.^a. Taislene Butarello Rodrigues de Moraes
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Orientadora


Prof. Dr. Carlos Roberto Spehar
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinador


M.Sc. Flívia Fernandes de Jesus Souza
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Examinadora

*Dedico este trabalho a todos aqueles que,
de alguma forma, fizeram parte desta trajetória.*

AGRADECIMENTOS

Após essa jornada que durou cinco anos, com diversas experiências que me fizeram melhor, sinto-me realizado.

E em meio a esta importante etapa da minha vida, ofereço meus agradecimentos a:

A Deus, pela dádiva da vida e por saber que Ele ilumina os meus passos por onde quer que eu ande.

Aos meus pais, Zilneide Beda e Carlos Ramos, pelo amor e pelo esforço que tornaram esta conquista possível.

Aos meus irmãos, Luís Carlos e Marianne, pois são meus incentivos para buscar um futuro melhor.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Taislene Butarello Rodrigues de Moraes, pela confiança, compreensão, paciência e auxílio em todo o processo de elaboração deste trabalho e por me instigar a buscar o melhor sempre.

À Flívia Fernandes, por todo auxílio, confiança e paciência nas análises, por todo conhecimento partilhado e por me entusiasmar nos momentos complicados.

Ao Prof. Carlos Roberto Spehar, pela sabedoria, experiência compartilhada e por fazer a Agronomia brasileira melhor.

Aos meus amigos, que sempre estiveram presentes, dividindo comigo o fardo, tornando-o mais leve.

À Universidade de Brasília, corpo docente, diretoria e todos aqueles que contribuíram com a concretização de mais esta realização.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília pela oportunidade concedida para realização do Curso de Agronomia.

À Embrapa Hortaliças, por todo suporte no tratamento das sementes, em especial ao Dr. Warley Marcos Nascimento e a Dra. Patrícia Pereira.

Espero que este trabalho contribua para o conhecimento e para o crescimento de cada indivíduo que com ela tenha contato.

Que Deus nos abençoe sempre!

*“No que diz respeito ao compromisso, ao esforço,
à dedicação, não existe meio termo.*

Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz!”

Ayrton Senna.

RESUMO

Condicionamento Osmótico de Sementes de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

A cultura da quinoa têm se destacado no mundo pela sua qualidade nutricional, apresentando grande potencial para o cultivo no cerrado, tanto como cultivo principal, quanto como opção de segunda safra. Entretanto, a perda rápida de qualidade fisiológica da semente se apresenta como entrave para a participação definitiva desta cultura no sistema produtivo brasileiro. Algumas tecnologias têm auxiliado na melhoria da porcentagem de germinação e vigor das sementes aumentando à tolerância às condições abióticas adversas, como a exemplo do condicionamento osmótico. Este trabalho buscou testar os efeitos do condicionamento osmótico em sementes de quinoa, avaliar seus efeitos sobre a germinação e vigor das sementes, usando das soluções de polietilenoglicol (PEG) e nitrato de potássio (KNO_3), em diferentes concentrações e períodos de embebição, visando desenvolver metodologia aplicada à cultura da quinoa. O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade de Brasília e no Laboratório de Sementes da Embrapa Hortaliças. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de solução (PEG 6000 e KNO_3), nas concentrações de 20 e 30 %, e períodos de embebição correspondentes a 72 e 144 horas. No condicionamento utilizou-se imersão em solução osmótica aerada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 2$) +1 (solução x concentração x período de embebição) e uma testemunha, com quatro repetições. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados pelos testes padrão de germinação (25°C), germinação à temperatura sub-ótima (15°C) e índice de velocidade de germinação em ambas temperaturas. O condicionamento osmótico favoreceu, de maneira significativa, a germinação e vigor das sementes de quinoa. A solução de PEG 6000 demonstrou ser promissora para o aumento da germinação e vigor. A solução de KNO_3 apresentou valores inferiores para taxa de germinação e índice de velocidade de germinação, nas concentrações e período de embebição utilizados. Sob condições de estresse térmico o condicionamento osmótico usando a solução de PEG 6000, na concentração de 30% por 72 ou 144 horas mostrou-se eficiente para aumentar a taxa de germinação e vigor de sementes de quinoa.

Palavras-chave: Germinação; Vigor; Índice de Velocidade de Germinação; Qualidade Fisiológica; Osmocondicionamento

ABSTRACT

Osmotic Priming of Quinoa Seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Quinoa has stood out in the world due to its nutritional quality, presenting great potential for cultivations in the Brazilian Savanna. However, the rapid loss of physiological quality seeds is an obstacle to the crop insertion into the Brazilian production system. Some technologies have helped to improve seed germination and vigor, as osmotic priming increasing tolerance to adverse abiotic conditions, such as osmotic priming. This work aimed to at testing osmotic priming on quinoa seeds, by evaluating their effects on seed germination and vigor, by the use of polyethylene glycol (PEG) and potassium nitrate (KNO₃) solutions at different concentrations and imbibition times methodology applied to quinoa. The experiment was carried out in the Laboratory of Seed Analysis of the University of Brasília and in the Seed Laboratory of Embrapa Hortaliças. The treatments consisted of two types of solution (PEG 6000 and KNO₃), both at concentrations of 20 and 30%, and imbibition times corresponding to 72 and 144 hours. The method of priming used was the immersion in aerated osmotic solution. A completely randomized design was used in a factorial scheme (2 x 2 x 2) +1 (solution x concentration x imbibition time) and a control, with four replications. The effects of the treatments were evaluated by the standard tests of germination (25°C), germination at sub-optimal temperature (15°C) and germination speed index at both temperatures. The osmotic priming favored, significantly, the germination and vigor of the quinoa seeds. The PEG 6000 solution, especially at the sub-optimal temperature (15 °C), was shown to be promising for increased germination and vigor. The KNO₃ solution presented lower values for germination rate and germination speed index, at the concentrations and imbibition times used. Under thermal stress conditions, the osmotic conditioning using the PEG 6000 solution at a concentration of 30% for 72 or 144 hours proved to be efficient to increase the germination rate and vigor of quinoa seeds.

Keywords: Germination; Vigor; Germination Speed Index; Physiological Quality; Osmoconditioning

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação esquemática do corte longitudinal da semente de quinoa (PE: pericarpo; TE: tegumento, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H: hipocótilo, C: cotilédones e P: perisperma). Fonte: Prego, Maldonado e Otegui (1998).....18
- Figura 2. Padrão trifásico de captação de água pelas sementes durante a germinação. Fonte: Bewley e Black (1994).....20
- Figura 3. Evolução da germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas. Velocidade de germinação à 15° C e período de embebição de 72 h (A), velocidade de germinação à 15° C e período de embebição de 144 h (B), velocidade de germinação à 25° C e período de embebição de 72 h (C), velocidade de germinação à 25° C e período de embebição de 144 h (D).36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proteína bruta, lipídeos, fibra e digestibilidade de componentes de quinoa, 84 dias após a emergência.	16
Tabela 2. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias para teste de germinação de sementes de quinoa em temperaturas de 25°C e 15°C, submetidas ao condicionamento osmótico a diferentes soluções, concentrações e períodos de embebição.....	30
Tabela 3. Resultados médios do teste de germinação de sementes de quinoa em temperatura de 15°C para diferentes soluções (PEG e KNO ₃), concentrações (20% e 30%) e períodos de embebição (72 e 144 horas).	31
Tabela 4. Resumo das médias da porcentagem de germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas em diferentes soluções, concentrações e período de embebição e, submetidas à germinação a temperatura de 25°C e 15°C.	33
Tabela 5. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias para índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa em temperaturas de 25°C e 15°C, submetidas ao condicionamento osmótico a diferentes soluções, concentrações e períodos de embebição.....	34
Tabela 6. Resumo das médias do índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas em diferentes soluções, concentrações e período de embebição e, submetidas à germinação a temperatura de 25°C e 15°C.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Origem e Importância da Quinoa	15
3.2	Composição Nutricional	16
3.3	Caracterização da Semente.....	17
3.4	Qualidade Fisiológica.....	19
3.5	Condicionamento Osmótico	21
	3.5.1 <i>Fatores de Interferência no Condicionamento Osmótico</i>	22
	3.5.2 <i>Benefícios do Condicionamento Osmótico</i>	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Teste Padrão de Germinação	26
4.2	Teste de Germinação em Temperatura sub-ótima.....	27
4.3	Índice de Velocidade de Germinação.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO	38
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é um pseudocereal da família Amaranthaceae (APG II, 2003), subfamília Chenopodioideae, originária dos Andes onde é cultivada há milênios (MUJICA-SANCHEZ et al., 2001 apud SPEHAR; ROCHA; SANTOS, 2011). São plantas de importância socioeconômica, com elevado valor nutricional e com adaptabilidade aos diferentes sistemas de produção. A quinoa pode se tornar alternativa à diversificação da produção de grãos dos pequenos e médios produtores da região do Cerrado.

Produzida em vários países da América do Sul, principalmente no Peru, na Bolívia e no Equador, a quinoa possui papel tradicional na cultura destes países. A estimativa é de que 80% da produção mundial de quinoa são provenientes destes três países (FAO, 2014).

Este grão andino apresenta grande quantidade de proteínas, maior equilíbrio de aminoácidos essenciais que os cereais tradicionais, assemelhando-se à caseína (SPEHAR; SOUZA, 1993). O mercado de produtos saudáveis consome e demanda, cada vez mais, este grão para composições de alta qualidade em virtude do seu alto valor nutricional e por ser um alimento livre de glúten. Por isso, o interesse pela quinoa tem crescido exponencialmente nos últimos anos (ALVAREZ-JUBETE; ARENDT; GALLAGHER, 2010).

Sua introdução no Brasil é recente, ocorreu na década de 1990, fruto de trabalhos de melhoramento com o intuito de adaptação às condições brasileiras, principalmente no Cerrado, por meio de seleções em populações híbridas, oriundas de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR; SOUZA, 1993).

A partir deste esforço, surgiu a primeira cultivar brasileira, a BRS Piabiru, sendo utilizada como opção para produção de grãos e diversificação do sistema produtivo (SPEHAR; SANTOS, 2002). Na sequência, surgiu a BRS Syetetuba, a segunda cultivar nacional com rendimento de 2,3 t.ha⁻¹ (SPEHAR; ROCHA; SANTOS, 2011).

Embora tenha grande potencial para se tornar uma cultura amplamente cultivada no Brasil, a semente de quinoa quando comparada com outros cereais não consegue manter a germinação pelo mesmo período de tempo (SOUZA, 2013). A perda de qualidade fisiológica rápida se deve à porosidade externa das sementes,

que leva a perda ou ganho de umidade, podendo iniciar o processo germinativo ainda na panícula, afetando sua viabilidade (SPEHAR, 2007).

Segundo Popinigis (1985), a semente corresponde ao insumo de maior importância no processo produtivo e sua qualidade fisiológica tem papel determinante no êxito dos cultivos.

A perda de qualidade fisiológica é a principal responsável pelo baixo desenvolvimento de sementes e das plântulas. Deste modo, justifica-se o uso de técnicas que acelerem a germinação, revigorem as sementes e as levem a suportar condições ambientais desfavoráveis. Dentre as técnicas estudadas com este propósito, o condicionamento osmótico ou "*seed priming*" se destaca (KHAN, 1992). Baseia-se na pré-embebição das sementes em água ou solução osmótica, com o intuito de possibilitar o acontecimento das etapas iniciais do processo germinativo, entretanto, não permitindo que haja a protrusão da raiz primária (HEYDECKER; HIGGIS; TURNER, 1975).

Esta técnica tem se mostrado eficiente para espécies que possuem sementes de tamanho reduzido, como a beterraba (COSTA; VILLELA, 2006), o tomate, a berinjela (NASCIMENTO, 2005), o aspargo (FRETT; PILL; MORNEAU, 1991), a cebola (TRIGO; NEDEL; TRIGO, 1999), a brachiaria (BONOME et al., 2006), conferindo ganhos significativos em porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação, bem como aumentando a sua tolerância às condições ambientais adversas, como as baixas temperaturas e a deficiência hídrica no momento da semeadura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Definir metodologia e avaliar os efeitos do condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de quinoa.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar os efeitos do condicionamento osmótico sobre a germinação e vigor das sementes de quinoa.

Testar os efeitos das soluções de polietilenoglicol e KNO_3 , em diferentes concentrações e tempos de embebição, no condicionamento osmótico da quinoa.

Desenvolver metodologia para condicionamento osmótico em quinoa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origem e Importância da Quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) é originária da Cordilheira dos Andes situada na América do Sul e apresenta grande importância na alimentação humana dos países desta região como Peru, Equador, Bolívia, Colômbia, Argentina e Chile (MASON et al., 2005).

Na classificação atual a quinoa integra a família Amaranthaceae, mesma família da beterraba (*Beta vulgaris*) e do espinafre (*Spinacia oleracea*), subfamília Chenopodioideae, após alteração devido à identificação de características que permitiram englobar a família Chenopodiaceae à família Amaranthaceae por meio de estudos filogenéticos (APG II, 2003), do gênero *Chenopodium* que abrange cerca de 250 espécies (GIUSTI, 1970), muitas delas de importância medicinal e no manejo de plantas invasoras.

Os grãos de quinoa apresentam semelhança em constituição com os cereais, no entanto, por não ser integrante da família Poaceae, muitos se referem à quinoa como um pseudocereal (SPEHAR, 2002 apud SOUZA, 2013).

Os maiores produtores mundiais de quinoa são o Peru, Bolívia e Equador, uma vez que estes países experimentam grande expansão na área cultivada nos últimos anos. Estima-se que mais de 80% da produção mundial de quinoa seja oriunda destes três países (FAO, 2014).

No Brasil, a quinoa surgiu na década de 1990, com o intuito de ser utilizada na região de Cerrado, diversificando o sistema produtivo. As primeiras progênies utilizadas para adaptação no Brasil foram provenientes de seleção de populações híbridas de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR; SOUZA, 1993).

A partir disso, originou-se a primeira cultivar recomendada para região, a BRS Piabiru, podendo ser utilizada como opção granífera e para diversificação do sistema produtivo do Cerrado, com rendimento de 2,8 t.ha⁻¹ e melhores resultados na segunda safra e na entressafra (inverno) (SPEHAR; SANTOS, 2002). Recentemente, a cultivar BRS Syetetuba surgiu como opção, apresentando ciclo de 120 dias e rendimento de grãos na ordem de 2,3 t.ha⁻¹ (SPEHAR; ROCHA; SANTOS, 2011).

A quinoa têm sido amplamente utilizada e demandada no mercado de produtos saudáveis, em virtude disso, do seu alto valor nutricional e da possibilidade de ser usada para obtenção de alimentos livres de glúten, com crescente tendência em formulações de alta qualidade (ALVAREZ-JUBETE; ARENDT; GALLAGHER, 2010).

3.2 Composição Nutricional

As características que tornam a quinoa interessante ao sistema produtivo estão relacionadas à composição do grão e da planta. Esta cultura tem grande importância na sua região de origem, fazendo parte da base nutricional tanto de humanos, como animais, justamente pelo alto valor biológico de sua proteína. A panícula e as folhas são importantes fontes de vitaminas, proteínas e carboidratos e podem ser utilizados, como o espinafre, o brócolis e a couve-flor (SPEHAR, 2007). As concentrações de proteína bruta, lipídeos e fibra, além da porcentagem referente à digestibilidade de diferentes componentes da planta podem ser vistos na Tabela 1.

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

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

Fonte: Spehar (2007).

A quantidade de energia e proteínas da planta inteira é significativa, podendo ser usada não só na alimentação humana, mas também na alimentação animal, como produtora de matéria fibrosa, por ser altamente palatável para animais domésticos, principalmente para os bovinos (SPEHAR, 2006).

A quinoa apresenta em sua composição, todos os aminoácidos considerados essenciais para o ser humano, em quantidade similar ou igual aos padrões estabelecidos pela FAO (VEJA-GÁLVEZ et al., 2010). A quantidade de riboflavina na quinoa é mais elevada que nos cereais, além ser fonte de vitamina E e de vários minerais como magnésio, ferro, cobre, potássio, fósforo, cálcio dentre outros. O ferro encontrado na quinoa é cerca de duas a três vezes maior que de alguns cereais e sua eficiência, quando fornecido através da quinoa, é mais elevada

do que a do sulfato ferroso (KOZIOL, 1990). Os teores de lipídeos são elevados, com grande quantidade de ácidos graxos essenciais, podendo ser utilizada na produção de óleo (KOZIOL, 1992; NG et al., 2007).

A quinoa pode ser considerada um “alimento funcional”, ajudando na diminuição da ocorrência de doenças, pelo fato de apresentar várias propriedades funcionais relacionadas à presença de vitaminas, fibras, fitohormônios e antioxidantes. Estes auxiliam na proteção e conservação das membranas celulares, melhorando as funções neurais. Conferindo à quinoa vantagem sobre outros vegetais, no que tange a nutrição humana e promoção da saúde (VEJA-GÁLVEZ et al., 2010; REPO-CARRASCO-VALENCIA; SERNA, 2011).

As camadas externas das sementes podem apresentar substâncias como as saponinas, os taninos, o ácido fítico e os inibidores de tripsina (KOZIL, 1993). As saponinas, por exemplo, são substâncias originadas do metabolismo secundário da planta e estão relacionadas com o seu sistema de defesa. Elas conferem sabor amargo aos grãos e limitam o consumo, entretanto podem ser removidas de maneira relativamente simples, com o processo de lavagem ou tratamento térmico (GEE et al., 1993).

3.3 Caracterização da Semente

As sementes de quinoa são frutos do tipo aquênio, que amadurecem enquanto a planta seca, facilitando a colheita e a mecanização da lavoura (SPEHAR, 2007). São pequenos, achatados e não apresentam dormência, sendo utilizados como sementes logo após a colheita (SPEHAR; SANTOS, 2002), variam de 2,0 a 2,5 mm de diâmetro e 1,2 a 1,6 mm de largura (TAPIA, 1997). A semente é envolvida por uma membrana denominada episperma, o embrião é constituído pelos cotilédones e eixo embrionário e a maior parte da semente é constituída pela estrutura de reserva denominada perisperma (Figura 1) (TAPIA, 1979; PREGO; MALDONADO; OTEGUI, 1998).

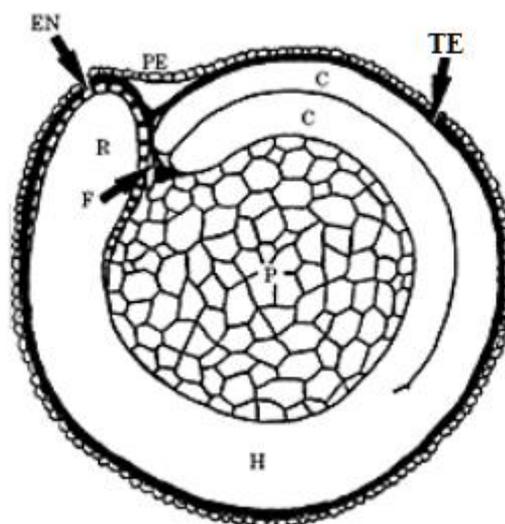


Figura 1. Representação esquemática do corte longitudinal da semente de quinoa (PE: pericarpo; TE: tegumento, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H: hipocótilo, C: cotilédones e P: perisperma). Fonte: Prego, Maldonado e Otegui (1998).

As sementes de quinoa apresentam variação quanto à cor do pericarpo e presença de saponina. As sementes das Cultivares BRS Piabiru e BRS Syetetuba apresentam pericarpo branco e são livres de saponina, com peso médio de 1000 sementes de 2,42 gramas e 2,9 g, respectivamente, na umidade de 12% (SPEHAR; SANTOS, 2002; SPEHAR; ROCHA; SANTOS, 2011).

Dentre os tecidos que compõem a semente de quinoa, o perisperma se destaca, constituído de células com presença de grãos de amido simples e compostos de formato angular (PREGO; MALDONADO; OTEGUI, 1998), representa cerca de 60% da superfície da semente (MUJICA et al., 2001 apud SOUZA, 2013). Segundo Prego e colaboradores (1998), endosperma da semente madura consiste em uma ou duas camadas de células que envolvem o eixo embrionário na região da micrópila.

O embrião é formado pelo eixo hipocótilo-radícula e por dois cotilédones (PREGO; MALDONADO; OTEGUI, 1998), apresenta cor amarelada, podendo ocupar de 31 a 34% do volume da semente (CARRILO, 1992 apud SOUZA, 2013).

3.4 Qualidade Fisiológica

A semente é um dos principais insumos no processo produtivo e a sua utilização determina o sucesso ou o fracasso das lavouras. O potencial fisiológico da semente diz respeito à capacidade de desempenhar suas funções vitais e tem sido definida com base em três atributos: vigor, germinação e longevidade (POPINIGIS, 1985).

A qualidade resulta do somatório de todos os atributos referentes à semente, sendo eles genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que influenciam na capacidade de originar plantas vigorosas e produtivas (HARRINGTON, 1973).

O vigor pode ser definido como o conjunto de propriedades das sementes que determinam a sua capacidade em germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais sob as mais variadas condições ambientais (AOSA, 2009). Para Delouche (1968), o vigor e a deterioração apresentam uma grande ligação, pois o ponto de mínima deterioração corresponde ao ponto de máximo vigor.

Na literatura é possível encontrar várias definições para germinação. Popinigis (1985) define germinação como sendo a capacidade de uma semente em gerar uma plântula, que resulta em uma planta normal nas condições favoráveis de campo. Já segundo Labouriau (1983), em botânica, a germinação corresponde à retomada do crescimento do embrião, com o resultante rompimento do tegumento pela radícula. No entanto, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009) a germinação corresponde à emergência e ao desenvolvimento das estruturas fundamentais do embrião, em testes laboratoriais, demonstrando sua capacidade para produzir uma plântula normal sob condições favoráveis de campo.

Segundo Bewley e Black (1994) a germinação das sementes compreende três etapas, conforme a Figura 2.

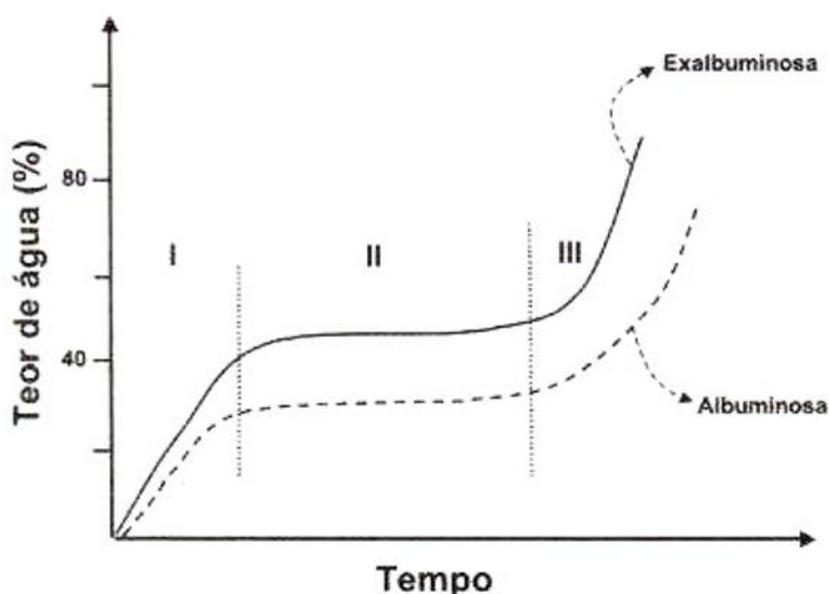


Figura 2. Padrão trifásico de captação de água pelas sementes durante a germinação. Fonte: Bewley e Black (1994).

Na fase I, a absorção de água pela semente ocorre rapidamente em virtude do potencial matricial apresentado pelos tecidos que compõem a semente. Inicia-se o processo de degradação dos tecidos de reserva ofertando nutrientes para a retomada do crescimento embrionário. Quando se atinge 25% de umidade em sementes albuminosas e 40% em exalbuminosas, dá-se início a fase II. Nesta fase ocorre o transporte ativo dos produtos da degradação dos tecidos de reserva para o tecido meristemático da semente, a absorção de água nesta fase é reduzida, pois os potenciais hídricos da semente e do substrato se apresentam equivalentes. O eixo embrionário, nesta fase, inicia a absorção de nutrientes, sem, contudo, haver seu crescimento (BEWLEY; BLACK, 1994). No final da fase II ocorre um rápido aumento na quantidade de água das sementes, iniciando a fase III. Nesta fase ocorre, de fato, o crescimento do eixo embrionário pela reorganização das substâncias para formação das paredes celulares, protoplasma e citoplasma (CARVALHO ; NAKAGAWA, 2000).

A longevidade é caracterizada pelo período que a semente pode viver, sendo definida pelo potencial genético da semente. Com somatório da variável ambiente, vigor e potencial genético, se obtém o período que a semente realmente vive, dando-se a isto o nome de viabilidade, podendo ser estimada pelo teste de germinação em condições favoráveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

3.5 Condicionamento Osmótico

O uso de sementes de alta qualidade, que consigam germinar de forma rápida e uniforme nas mais diferentes condições ambientais, é fator indispensável para a otimização do estabelecimento das plantas no campo, objetivando produtividade e qualidade final da produção. Na maioria das vezes, as condições favoráveis para a implantação de determinada cultura não são encontradas levando a falhas no estande, comprometendo a produção.

A cultura da quinoa não consegue manter elevada a sua germinação por períodos longos como os outros cereais (SOUZA, 2013). A porosidade na camada externa das sementes, que leva à perda ou ganho de umidade com facilidade, é o principal responsável pela rápida perda de viabilidade das sementes de quinoa, podendo levar à germinação ainda na panícula (SPEHAR, 2007).

A perda de germinação e vigor são grandes responsáveis pelo baixo desenvolvimento de sementes no campo. Sendo assim, justifica-se o uso de técnicas que acelerem a germinação em campo, revigorem as sementes e as levem a suportar condições edafoclimáticas desfavoráveis. Dentre as técnicas estudadas com este intuito, o condicionamento osmótico ou “seed priming” se destaca (KHAN, 1992).

O condicionamento osmótico foi desenvolvido por Heydecker e colaboradores na década de 1970 e se baseia no controle da hidratação das sementes com o intuito de possibilitar o acontecimento das etapas iniciais do processo germinativo, sem permitir a protrusão da raiz primária. Ou seja, ocorreriam as fases I e II do processo germinativo, sem, contudo, permitir a ocorrência da fase III, identificada pelo alongamento celular e protrusão radicular (HEYDECKER; HIGGIS; TURNER, 1975).

As técnicas de condicionamento mais utilizadas e estudadas são o osmocondicionamento, onde se utiliza soluções osmóticas de composto quimicamente inerte como o polietileno glicol (PEG) ou soluções salinas como o NaCl ou KNO₃ (HEYDECKER; HIGGIS; TURNER, 1975), e o hidrocondicionamento, que se baseia na exposição das semente à água por determinado período de tempo (THORNTON; POWELL, 1995).

3.5.1 Fatores de Interferência no Condicionamento Osmótico

Existem vários fatores de interferência no condicionamento osmótico de sementes, por exemplo, a qualidade inicial das sementes que sofrerão o condicionamento (NASCIMENTO; ARAGÃO, 2002), o período de embebição, a luminosidade, a temperatura, o potencial osmótico, a solução osmótica, aeração, secagem, além das condições de armazenamento (NASCIMENTO, 2004). Tais fatores podem variar em decorrência do tipo de semente, espécie, cultivar e, até mesmo, entre lotes de uma mesma cultivar (BRADFORD, 1986).

É indispensável à utilização de sementes com boa qualidade, tanto fisiológica quanto sanitária. O vigor das sementes que serão osmoticamente condicionadas deve ser alto. No entanto, também pode ser usado no revigoramento de lotes com baixa qualidade fisiológica. A maturidade fisiológica também deve ser levada em consideração, em algumas espécies as sementes mais imaturas são mais beneficiadas pelo método (NASCIMENTO, 2004).

Quanto ao período de embebição estudos têm revelado que períodos muito curtos podem fazer com que não haja o resultado adequado, enquanto que períodos muito longos de embebição podem levar a protrusão da raiz primária, ou seja, germinação das sementes ainda sob tratamento osmótico (NASCIMENTO, 2004). O período de embebição pode interferir na germinação. Costa e Villela (2006) verificaram que o período de embebição influenciou a porcentagem de germinação final de sementes de beterraba condicionadas.

Ainda, segundo Nascimento (2004) as espécies que demandam luminosidade na germinação devem ser supridas, também, no processo de condicionamento. Deve ser utilizada luz natural ou artificial na intensidade de 750 a 1250 lux pelo período de, no mínimo, 8 horas diárias, atendendo assim a maioria das espécies.

A temperatura utilizada no condicionamento tem sido na maioria das vezes, a mesma considerada ótima para germinação natural das espécies. Entretanto, temperaturas mais baixas auxiliam na inibição da protrusão da raiz e na inibição de microorganismos que possam prejudicar o tratamento das sementes. Temperaturas mais elevadas diminuem o período de embebição das sementes (NASCIMENTO, 2004). Segundo Bewley e Black (1994) a temperatura ideal para a utilização do condicionamento varia de 10^o a 20^o para a maioria das espécies.

O potencial osmótico auxilia na inibição do processo germinativo e controla a quantidade de água embebida pela semente. Os potenciais mais utilizados no condicionamento nas diferentes espécies, varia de 0,5 a 2,0 MPa . Potenciais osmóticos mais próximos de zero podem facilitar a germinação da semente na solução (NASCIMENTO, 2004).

As soluções osmóticas se baseiam em compostos químicos ou sais que regularam a entrada de água na semente por meio do potencial osmótico. Soluções salinas permitem uma melhor aeração das sementes e são mais fáceis de serem retiradas no processo de lavagem, uma das etapas do processo de osmocondicionamento, no entanto podem ser absorvidas pelas sementes, ferindo tecidos, causando toxidez e prejudicando o processo germinativo (NASCIMENTO, 2004).

O polietilenoglicol (PEG) é o composto químico mais utilizado nesta técnica, pelo fato de ser inerte e não penetrar nas sementes, entretanto não permite uma aeração uniforme da amostra pois possui alto peso molecular e a solubilidade do oxigênio é inversamente proporcional à concentração do soluto (HEYDECKER; COLLEBEAR, 1977; NASCIMENTO, 2004). Em soluções de PEG a aeração mecânica deve ser feita de modo obrigatório, uma vez que esta substância é mais “viscosa”, levando a menor permeabilidade ao oxigênio. A aeração pode ser feita utilizando-se compressores de ar ou pequenas bombas de aquário (NASCIMENTO, 2004). Excelentes resultados têm sido observados utilizando o PEG como solução para o osmocondicionamento, em cenoura (PEREIRA et al., 2008), em aspargos e tomate (FRETT; PILL; MORNEAU, 1991) e aspargo (BITTENCOURT et al., 2005).

A secagem deve ser feita de maneira cuidadosa, pois interfere na qualidade das sementes. Deve se optar por temperaturas baixas (5 - 15°C), com umidade relativa do ar por volta de 40% e velocidade lenta (2 - 3 dias). A umidade final das sementes deve ser aquela recomendada para cada espécie (NASCIMENTO, 2004). As sementes que passaram pelo condicionamento osmótico deterioram mais rapidamente, sendo assim as condições de seu armazenamento deverão ser as mais favoráveis possíveis. Portanto, se recomenda utilização imediata das sementes ou até seis meses após o tratamento, se o armazenamento foi feito de forma adequada (NASCIMENTO, 2004).

3.5.2 Benefícios do Condicionamento Osmótico

O condicionamento osmótico se empregado corretamente, proporciona diversos benefícios, podendo citar a possibilidade de se obter maior emergência em campo, sobre temperaturas desfavoráveis e condições de estresse hídrico e salinidade, maior uniformidade, velocidade de emergência e germinação e aumento da tolerância a microrganismos que causam tombamento de plantas (NASCIMENTO, 2004).

Vários trabalhos têm demonstrado a eficiência da técnica nas mais diferentes culturas, dentre eles:

José, Vieira e Guimarães (2000) verificaram que o condicionamento osmótico aumentou a qualidade fisiológica de sementes de pimentão.

Pereira (2007), avaliando os efeitos do condicionamento osmótico de sementes de cenoura observou aumento na porcentagem e velocidade de emergência de plântulas em campo, aumento na porcentagem e velocidade de germinação de sementes tratadas com PEG 6000 a -1,0 MPa por 4 dias e melhora do desempenho das sementes expostas ao estresse hídrico e térmico.

Nascimento e Aragão (2004), estudando a relação do condicionamento osmótico de sementes de melão, cultivares Mission e Top Net Sr, em relação ao vigor, observaram o aumento da velocidade de germinação e a porcentagem de germinação, além da significativa interação entre vigor e o condicionamento osmótico para germinação, principalmente, em condições de temperaturas baixas e melhora da germinação em sementes de baixo vigor.

Bittencourt et al. (2005) analisando o efeito do condicionamento osmótico em sementes de aspargo, cultivar Mary Washington, observaram maior velocidade de germinação em todos os lotes testados, além de ganhos em germinação e vigor no lote com baixa qualidade fisiológica. Isto evidencia a propriedade revigorante desta técnica podendo ser usada na recuperação de sementes.

Nascimento e Lima (2008) observaram o aumento da porcentagem de germinação de sementes de berinjela condicionadas com soluções de nitrato de potássio a 30% e polietilenoglicol a 0,35 M por 24, 48, 72 e 96 h de embebição, Eskandari e Kazemi (2011), estudando os efeitos do condicionamento de sementes, utilizando KNO₃ 1,5% e NaCl 0,8%, e hidrocondicionamento em feijão-caupi (*Vigna*

sinensis) no Irã, observaram ganhos em germinação, índice de vigor e peso de massa seca.

Mirza, Ilyas e Batool (2015), analisando os efeitos do condicionamento de sementes de trigo em relação aos estresses hídrico, salino e de altas temperaturas, testando diferentes formas de condicionamento, obtiveram aumento nas porcentagens de germinação e tolerância em relação às testemunhas.

Hussian et al. (2014), reforça os benefícios proporcionados pelo condicionamento osmótico como tratamento de sementes eficiente ao estabelecimento das plântulas, destacando seu uso na resistência a fatores abióticos que levam à perda de qualidade das sementes.

Soleimanzadeh (2013), avaliando os efeitos do condicionamento de sementes de milho na germinação e rendimento, testando diferentes métodos de condicionamento e diferentes tempos de exposição, nas condições do Irã, observou ganhos na germinação e na velocidade de germinação.

Lopes et al. (2011) observaram o aumento na velocidade de germinação e, conseqüentemente, no índice de velocidade de germinação de sementes de cenoura tratadas com PEG 6000 na concentração de 273,24 g, na temperatura de 15° C. Já Mota, Scalon e Mussury (2013) verificaram o aumento da velocidade de germinação de sementes de angico (*Anadenanthera falcata*) tratadas com KNO₃ a - 1,0 MPa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, e no Laboratório de Sementes da Embrapa Hortaliças – CNPH, em Brasília – DF, no período de abril a agosto de 2016. Foi utilizado um lote de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.), cultivar BRS Syetetuba, safra 2015, armazenadas em câmara fria à temperatura de 5°C.

O osmocondicionamento foi realizado de acordo com a metodologia de Nascimento (2004; 2005) com adaptações. Aproximadamente 3,0 g de sementes foram osmoticamente condicionadas em tubos de ensaio contendo 30 ml de soluções aeradas de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) e de nitrato de potássio (KNO₃), nas concentrações de 20% e 30%, durante 72 e 144 horas de período de embebição, a 20°C na presença de luz artificial em câmara incubadora (BOD). Para aeração, utilizou-se bomba de aquário com capacidade de até 4,5 L por minuto. Após o período de embebição, as sementes foram lavadas em água corrente e secas em temperatura ambiente, posteriormente acondicionadas em sacos aluminizados até o início dos testes de determinação da qualidade fisiológica.

Para a determinação da qualidade fisiológica, as sementes de cada tratamento e da testemunha, que não sofreu qualquer tipo de condicionamento e foi composta de sementes do mesmo lote que foi submetido à técnica, foram analisadas conforme os seguintes testes:

4.1 Teste Padrão de Germinação

O teste de germinação foi realizado com 4 repetições de 50 sementes por tratamento incluindo a testemunha, distribuídas em papel germitest umedecidos, com 2,5 vezes o peso do papel seco, com água destilada e dispostas em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox, 11x11x3cm). As sementes foram mantidas em câmara incubadora (BOD) na temperatura de 25°C e umidade relativa de 60%. A contagem de plântulas normais foi realizada no décimo dia e os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (BRASIL, 2009).

4.2 Teste de Germinação em Temperatura sub-ótima

Para o teste de germinação em temperatura sub-ótima foram usadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento, mais a testemunha, que foram distribuídas em papel germitest umedecidos, com 2,5 vezes o peso do papel seco, com água destilada e dispostas em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox, 11x11x3cm). As sementes foram mantidas em câmara incubadora (BOD) na temperatura de 15°C e umidade relativa de 60%. A contagem de plântulas normais foi realizada no décimo dia e os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (BRASIL, 2009).

4.3 Índice de Velocidade de Germinação

O índice de velocidade de germinação foi determinado utilizando-se 4 repetições de 50 sementes por tratamento e testemunha, computando-se, diariamente e no mesmo horário, sementes germinadas, a partir do primeiro dia após a semeadura até a estabilização do processo. Posteriormente, foi estimado o índice de velocidade de germinação para cada tratamento conforme fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

em que: IVG = índice velocidade de germinação;

G1, G2,... Gn = número de plântulas normais a cada dia;

N1, N2,... Nn = número de dias decorridos da semeadura da primeira até a última contagem.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e oito tratamentos, em esquema fatorial 2 x 2 x 2 + 1 (solução x concentração x tempo de exposição) com testemunha adicional (sementes não osmocondicionadas). Antes de proceder cada análise, a normalidade dos resíduos foi testada pelo teste de Shapiro-Wilks (SHAPIRO; WILKS, 1965) e a homogeneidade das variâncias dos erros foram verificadas pelo de Bartlett (1937). Nas análises de variância utilizou-se o Teste F e as médias agrupadas entre si foram

obtidas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância com o auxílio do *software* R (R Development Core Team, 2015) e pacote “ExpDes.pt” (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, para o teste de germinação a 15°C (Tabela 2), verifica-se que houve diferença significativa para o tipo de solução utilizada no condicionamento e para a interação entre solução e concentração (S x C), inclusive com interação tripla solução x concentração x período de embebição (S x C x P), indicando que sementes acondicionadas e conduzidas a germinar sob condições de estresse apresentam comportamento diferente quando submetidas às soluções em diferentes concentrações e período de embebição.

Constatou-se diferença significativa entre a testemunha (sementes não osmoticamente condicionadas) e os fatores analisados na temperatura subótima (Tabela 2). Para o teste de germinação a 25°C, apenas o fator isolado solução foi significativo.

Através da análise de agrupamento de médias na temperatura subótima observa-se que o condicionamento osmótico (60,22) não favoreceu o aumento da porcentagem de germinação das sementes, quando comparado à testemunha adicional (67,50) (Tabela 2). No entanto, cabe salientar que a média do fatorial leva em consideração a contribuição dos fatores em conjunto e muitos deles, como será discutido adiante, interferem no processo de germinação enquanto outros auxiliam.

Desdobrando-se a interação tripla e baseando-se no agrupamento das médias (Tabelas 2 e 3), nota-se que há diferença estatística entre as soluções dentro dos níveis de concentração (20% e 30%) nos períodos testados e (72 e 144 horas). Nas duas concentrações, tanto no período de 72 quanto no de 144 horas, a solução de PEG foi mais eficiente em promover o aumento da porcentagem de germinação em temperatura subótima (15°C) do que a solução de KNO₃ (Tabela 3). Logo, sementes condicionadas em PEG 20% por 72 horas apresentaram em média 74,50% de germinação, enquanto que em KNO₃ 20% pelo mesmo período apresentaram 48,50%, uma redução no caráter sob estudo de 26 pontos percentuais. Já a testemunha apresentou uma germinação de 67,50%. Apesar de a testemunha ser considerada nesse modelo como um tratamento adicional, esse resultado evidencia a eficiência dos tratamentos em relação à testemunha.

Analisando-se as diferentes concentrações dentro das soluções de PEG e KNO₃ em cada período de embebição, observou-se significância apenas para concentração da solução PEG cujas sementes foram condicionadas por 144 horas

(Tabela 3). Isto indica que a concentração de 30% de PEG que apresentou uma germinação de 75,5% deve ser preferida quando se pretende aumentar o tempo de exposição das sementes de quinoa ao condicionamento osmótico, uma vez que usando a concentração de 20% de PEG, obteve-se apenas uma germinação de 60%, logo houve um decréscimo da germinação em 15,5%.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias para teste de germinação de sementes de quinoa em temperaturas de 25°C e 15°C, submetidas ao condicionamento osmótico a diferentes soluções, concentrações e períodos de embebição.

Fonte de Variação	GL	QM	
		Germ. 15°C	Germ. 25°C
Solução (S)	1	3982,7813*	2312,0000*
Concentração (C)	1	81,2813 ^{ns}	0,1250 ^{ns}
Período (P)	1	94,5313 ^{ns}	105,1250 ^{ns}
S x C	1	205,0313*	32,0000 ^{ns}
S x P	1	116,2813 ^{ns}	4,5000 ^{ns}
C x P	1	42,7813 ^{ns}	21,1250 ^{ns}
S x C x P	1	195,0313*	24,5000 ^{ns}
S 20% 72h	1	1352,0000*	-
S 20% 144h	1	144,5000*	-
S 30% 72h	1	1378,1250*	-
S 30% 144h	1	1624,5000*	-
Resíduo	27	31,7315	-
P PEG 20%	1	420,5000*	-
P PEG 30%	1	1,0000 ^{ns}	-
P KNO ₃ 20%	1	0,5673 ^{ns}	-
P KNO ₃ 30%	1	10,1250 ^{ns}	-
Resíduo	27	31,7315	-
Testemunha vs Fatorial	1	188,5035*	147,3472 ^{ns}
Resíduo	27	31,7315	70,5741
Total	35	164,6564	130,0635
CV(%)		9,35	12,53
Média geral		60,22	67,06
		Médias	Médias
Testemunha adicional		67,50a	73,50 ^a
Fatorial		60,22b	67,06 ^a

*, ^{ns} Significativo e não significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade, respectivamente. PEG: polietileno glicol; KNO₃: nitrato de potássio; Germ.: germinação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Verificou-se ainda diferença significativa entre o período de embebição dentro dos níveis de PEG 20%, sendo que sementes de quinoa condicionadas por 72 horas, apresentaram uma maior taxa de germinação (74,50%) em relação às condicionadas por 144 horas (60,00%) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados médios do teste de germinação de sementes de quinoa em temperatura de 15°C para diferentes soluções (PEG e KNO₃), concentrações (20% e 30%) e períodos de embebição (72 e 144 horas).

Solução	Concentração	Período de embebição	
		72 horas	144 horas
PEG	20%	74,50 a A 1	60,00 a B 2
	30%	75,50 a A 1	75,50 a A 1
KNO ₃	20%	48,50 b A 1	51,50 b A 1
	30%	49,25 b A 1	47,00 b A 1

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro da concentração, mesma letra maiúscula, dentro da solução não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e pelo mesmo número, dentro do período de embebição não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. PEG: polietileno glicol e KNO₃: nitrato de potássio.

Estudos realizados por Costa e Villela (2006), em sementes de beterraba, mostraram que o período de embebição interfere na porcentagem final da germinação, sendo a relação desproporcional. Ou seja, quando se aumentou o período de embebição, a porcentagem de germinação diminuiu, corroborando com os dados apresentados neste trabalho.

A superioridade da solução de PEG em relação à de KNO₃, se deve às suas propriedades químicas, promovendo controle mais eficaz da entrada de água na semente, sem que haja efeitos deletérios sobre as mesmas. Provavelmente isto se deve à maior estabilidade do PEG que é inerte e não apresenta efeitos tóxicos (SOMERS; ULLRICH; RAMSAY, 1983; Nascimento, 2004).

Dados semelhantes, quanto às vantagens de se utilizar a solução de PEG, foram observados em diferentes culturas. José et al. (2000) detectaram aumento da qualidade fisiológica de sementes de pimentão após condicionamento com a solução osmótica PEG. Enquanto que, Kissmann et al. (2010) observaram

redução da germinação de sementes de *Stryphnodendron polyphyllum* condicionadas em solução de KNO_3 . Frett, Pill e Morneau (1991), comparando as influências dos diversos agentes de condicionamento osmótico sobre sementes de tomate e aspargo, observaram efeitos deletérios na germinação das sementes de aspargo submetidas a solução de KNO_3 .

A diminuição da germinação das sementes tratadas com soluções de KNO_3 pode ser resultado da ação dos íons de potássio e nitrogênio, que podem ter causado algum dano sobre a estrutura das sementes. Além disso, esse sal possui baixo peso molecular, o que facilita sua penetração nos tecidos das sementes causando fitotoxidez que é tão mais acentuada quanto o tempo de exposição (BONOME et al., 2006). Isso pode ser comprovado com os resultados encontrados por Haigh e Barlow (1987), que observaram a ação fitotóxica de KNO_3 sobre sementes de sorgo.

Por outro lado, Nascimento e Lima (2008) observaram o aumento da porcentagem de germinação de sementes de berinjela condicionadas com soluções de nitrato de potássio a 30% e polietileno glicol a 0,35 M por 24, 48, 72 e 96 h de embebição, mostraram que as sementes embebidas em KNO_3 apresentaram valores médios superiores às sementes embebidas em PEG. A diferença na resposta das diferentes soluções usadas no processo de condicionamento osmótico deve variar com a espécie em estudo.

Assim como verificado para condições de germinação a baixa temperatura (15°C), a solução de PEG também foi significativamente superior a de KNO_3 em temperatura de 25°C para germinação de quinoa (Tabela 4). Resultando em um acréscimo na germinação de 17%, confirmando a eficiência desta solução.

Para aos demais fatores estudados isoladamente não se detectou diferenças significativas (Tabelas 2 e 4).

Tabela 4. Médias da porcentagem de germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas em diferentes soluções, concentrações e período de embebição e, submetidas à germinação a temperatura de 25°C e 15°C.

Fatores		Germ. 15°C	Germ. 25°C
Solução	PEG	71,38 a	75,56 a
	KNO ₃	49,06 b	58,56 b
Concentração	20%	58,63 a	67,00 a
	30%	61,81 a	67,13 a
Período de embebição	72 horas	61,94 a	68,88 a
	144 horas	58,50 a	65,25 a
Testemunha adicional	-	67,50	73,50

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Germ.: germinação; PEG: polietileno glicol; KNO₃: nitrato de potássio.

Os resultados das diferentes temperaturas, das sementes osmoticamente condicionadas e a testemunha, para germinação, sugerem que a 15 °C a média geral (60,22) da porcentagem de germinação foi inferior à mesma característica a 25°C (67,06), assim como as médias dos tratamentos (Tabelas 2 e 4).

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG), segundo a classificação sugerida por McDonald (1975), é um teste que se baseia na avaliação das atividades fisiológicas inerentes, cuja manifestação é dependente do vigor da semente.

A análise de variância do IVG das sementes de quinoa em diferentes condições de condicionamento (solução, concentração e período de embebição) para as diferentes temperaturas está disposta na Tabela 5, assim como os valores dos coeficientes de variação, média geral do fatorial e da testemunha adicional (controle). Nota-se que somente houve diferença significativa para o fator isolado solução nas diferentes temperaturas e para o fator isolado concentração para IVG à 15°C.

Tabela 5. Resumo da análise de variância, coeficiente de variação e médias para índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa em temperaturas de 25°C e 15°C, submetidas ao condicionamento osmótico a diferentes soluções, concentrações e períodos de embebição.

Fonte de Variação	GL	QM	
		IVG 15°C	IVG 25°C
Solução (S)	1	126,9701*	146,8710*
Concentração (C)	1	16,9304*	0,0425 ^{ns}
Período (P)	1	7,4402 ^{ns}	13,3474 ^{ns}
S x C	1	7,2105 ^{ns}	0,6019 ^{ns}
S x P	1	2,4575 ^{ns}	1,7840 ^{ns}
C x P	1	3,9833 ^{ns}	2,4383 ^{ns}
S x C x P	1	4,4701 ^{ns}	5,8845 ^{ns}
Testemunha vs Fatorial	1	8,9267*	10,6311 ^{ns}
Resíduo	27	1,8937	5,2803
Total	35	6,5576	9,262
CV(%)		15,93	14,32
Média geral		8,64	16,04

	Médias	Médias
Testemunha adicional	10,22 a	17,77 ^a
Fatorial	8,64 b	16,04 ^a

*, ^{ns} Significativo e não significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade, respectivamente. PEG: polietileno glicol; KNO₃: nitrato de potássio; IVG: índice de velocidade de germinação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Assim como visto para o teste de germinação a 15°C, os dados de IVG tomados na mesma temperatura indicaram que o condicionamento osmótico não favoreceu significativamente o aumento do IVG em relação às sementes que não foram submetidas ao condicionamento (Tabela 5). Porém, cabe mencionar que a menor média do fatorial (8,64) em relação à testemunha (10,22) pode ser atribuída em partes, a fatores que não são favoráveis ao condicionamento osmótico de quinoa (tipo de solução, de embebição utilizada, concentração da solução e período de embebição), fazendo com que o valor médio reduza (Tabelas 5 e 6). Já para IVG a 25°C não foi detectado diferença significativa.

Analisando os valores das médias agrupadas (Tabela 6), observa-se que as sementes condicionadas com PEG apresentaram IVG superior às sementes condicionadas com KNO₃, independente das condições ambientais de temperatura. Indicando que o osmocondicionamento utilizando-se solução de PEG, além de

favorecer uma maior taxa de germinação também contribui para aumentar as atividades fisiológicas da semente de quinoa, evidenciando maior vigor.

Resultados semelhantes, quanto ao aumento do IVG das sementes condicionadas em PEG, foram encontrados por Lopes et al. (2011), em sementes de cenoura e de pimentão e José, Vieira e Guimarães (2000), em pimentão. Entretanto, Mota, Scalon e Mussury (2013) constataram o incremento da velocidade de germinação das sementes de angico (*Anadenanthera falcata*) tratadas com KNO_3 e a redução do IVG das sementes submetidas a PEG, evidenciando que a resposta ao condicionamento osmótico é distinta para cada espécie, havendo a necessidade de se definir metodologias específicas de osmocondicionamento.

Tabela 6. Resumo das médias do índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas em diferentes soluções, concentrações e período de embebição e, submetidas à germinação a temperatura de 25°C e 15°C.

Fatores		IVG 15°C	IVG 25°C
Solução	PEG	10,63 a	18,18 a
	KNO ₃	6,65 b	13,90 b
Concentração	20%	7,91 b	16,08 a
	30%	9,37 a	16,01 a
Período de embebição	72 h	9,12 a	16,69 a
	144 h	8,16 a	15,40 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. IVG: índice de velocidade de germinação; PEG: polietileno glicol; KNO_3 : nitrato de potássio.

Comparando-se o fator concentração isoladamente, nota-se que os melhores resultados do IVG foram obtidos a 30% a 15°C, observando-se um acréscimo de 1,46. Enquanto que para IVG a 25°C as médias não diferenciaram estatisticamente.

Vale comentar que a média geral dos IVG's dos tratamentos submetidos à temperatura de 25°C (16,46) foram superiores aos obtidos com 15°C (8,64) (Tabela 5), evidenciando a influência da temperatura na velocidade de germinação das sementes de quinoa.

As sementes de quinoa apresentaram velocidade de germinação reduzida na temperatura de 15°C, levando um dia a mais para germinar se comparada à temperatura de 25 °C (Figura 3). A temperatura baixa interfere no metabolismo da

semente, fazendo com que vários processos sejam inibidos ou se tornem mais lentos. Segundo Nascimento (2005), temperaturas próximas ou abaixo de 15°C reduzem a velocidade e a porcentagem de germinação de várias espécies de importância olerícola. Assim, a solução osmótica a base de PEG foi superior se comparado ao KNO₃, podendo ajudar a aumentar a taxa de germinação quando as sementes de quinoa tiverem que ser expostas a baixas temperaturas.

Enquanto que as soluções de PEG ultrapassavam 50% de germinação no segundo dia, as soluções de KNO₃ não passaram de 30%, nas condições de 72 horas e 15°C (Figura 3A). A 25°C, todos os tratamentos alcançaram ou ultrapassaram 50% de germinação no primeiro dia, com exceção do tratamento KNO₃ 30% com período de embebição de 144 horas (Figura 3A).

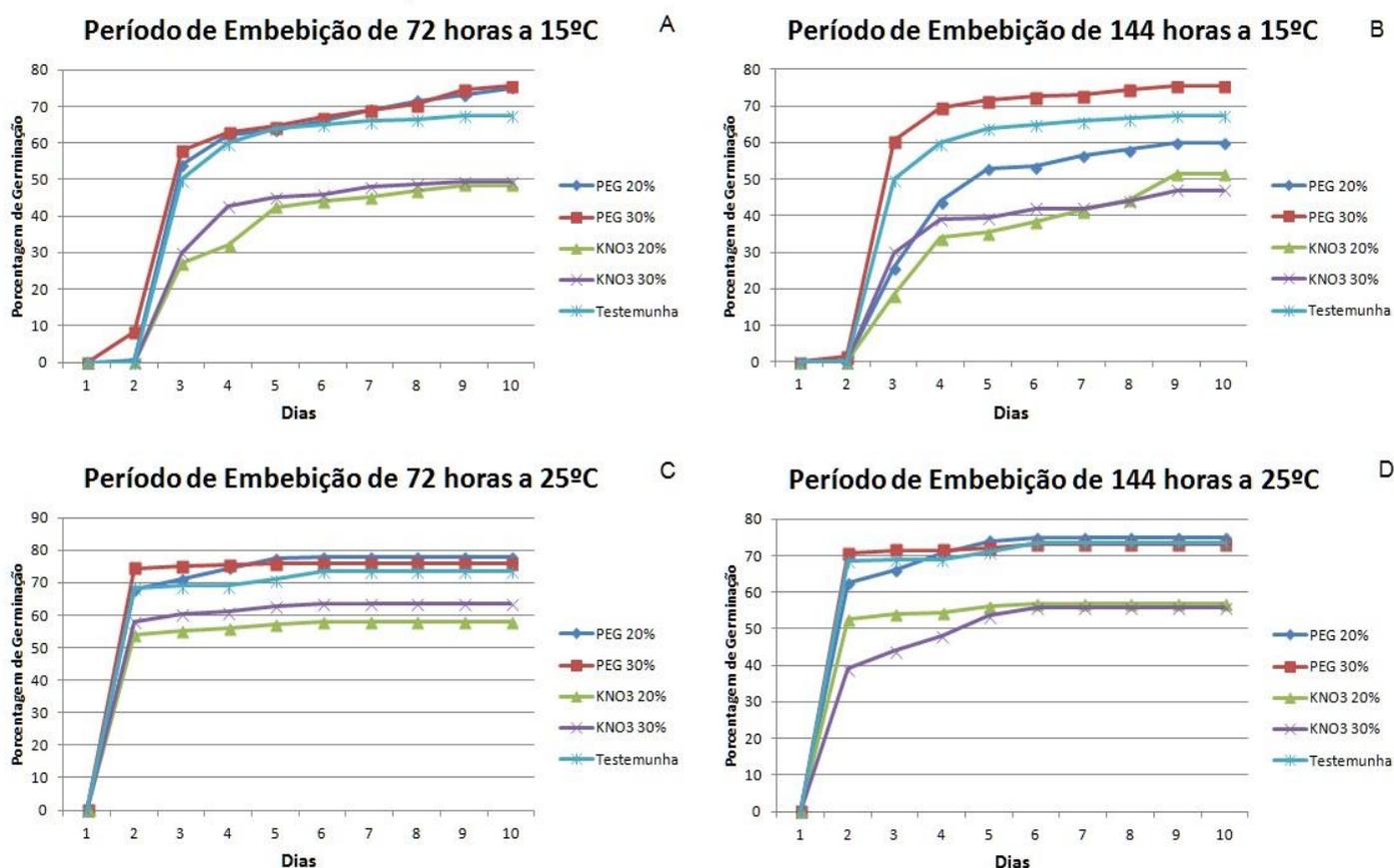


Figura 3. Evolução da germinação de sementes de quinoa osmoticamente condicionadas. Velocidade de germinação à 15° C e período de embebição de 72 h (A), velocidade de germinação à 15° C e período de embebição de 144 h (B), velocidade de germinação à 25° C e período de embebição de 72 h (C), velocidade de germinação à 25° C e período de embebição de 144 h (D).

Temperaturas por volta de 25°C, no momento do processo germinativo, favoreceram tanto a porcentagem de germinação quanto o vigor de sementes de quinoa. Resultados similares para beterraba, que também pertence à família Amaranaceae, foram obtidos por Costa e Villela (2006), que sugeriram temperaturas amenas (20°C), como uma temperatura útil para o condicionamento osmótico na germinação dessa espécie, com base em testes de vigor, entre eles o índice de velocidade de germinação.

Os coeficientes de variação (CV%) obtidos neste estudo estão de acordo com os encontrados na literatura, como por exemplo, em cenoura (NASCIMENTO et al., 2009), demonstrando que o experimento apresenta precisão.

A partir disso, denota-se que, para quinoa, o vigor é favorecido após o condicionamento osmótico utilizando PEG a 30%, quando as sementes são submetidas a condição de estresse. Todavia, para a condição de 25°C para a germinação e desenvolvimento das sementes de quinoa aconselha-se a utilização do PEG mostrou ser mais eficiente durante o condicionamento osmótico, independente da concentração e período de embebição.

Levando em consideração os resultados apresentados para germinação e IVG, constata-se que os tratamentos PEG 6000 na concentração de 30% por 72 horas ou 144 horas são eficientes para aumentar a germinação e o vigor das sementes de quinoa sob estresse térmico.

6 CONCLUSÃO

O condicionamento osmótico favorece, de maneira significativa, a germinação e o vigor das sementes de quinoa.

A solução de polietilenoglicol possibilita aumento da germinação e vigor das sementes de quinoa, principalmente para a temperatura subótima (15°C).

Tanto para taxa de germinação quanto para o índice de velocidade de germinação, a solução de KNO_3 , apresenta valores inferiores à solução de polietilenoglicol.

O condicionamento com PEG 6000 na concentração de 30% por 72 ou 144 horas é indicado para o tratamento de sementes de quinoa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS. **Seed vigortesting handbook**. Lincoln, 2009. 105 p. (Contribution, 32)

APG II. Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

BARTLETT, M.S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society, Series A**, v. 160, p. 268-282, 1937.

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

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAUJO, E. Fontes. Germination and vigour of primed asparagus seeds. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 62, n.4, p. 319-324, jul/aug, 2005.

BONOME, L.T.S; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; ANDRADE, V.C.; CABRAL, P.S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 3, mai/jun, 2006.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

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

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

COSTA, C.J.; VILLELA, F. A. Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 21-29, 2006.

DELOUCHE, J.C. Physiology of seed storage. In: **Proceedings: Corn and Sorghum Research Conference American Trade Association**, 23, Mississippi, 1968. p. 83-90.

ESKANDARI, H.; KAZEMI, K. Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of cowpea (*Vigna sinensis*). **Notulae Scientia Biologicae**, Tehran, v. 3, n. 4, p. 113-116, 2011.

FAO. **Tendencias y perspectivas del comercio internacional de Quinoa.**

Santiago: Aladi, 2014. 46 p.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. **ExpDes.pt:** Pacote Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.1.2. 2015.

FRETT, J.J.; PILL, W.G.; MORNEAU, D.C. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. **HortScience**, Newark, v.26, n. 9, p.1158-1159, 1991.

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.

GIUSTI, L. El género *Chenopodium* en Argentina. I. Número de cromossomas. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 16, p. 98-105, 1970.

HAIGH, A.M.; BARLOW, E.W.R. Germination and priming of tomato, carrot, onion, and sorghum seeds in a range of osmotica. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, p. 202-208, 1987.

HARRINGTON, J.F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 3, p. 701-709, 1973.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 5, n. 2, p. 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGIS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 3, p. 881-888, 1975.

HUSSIAN, I.; AHMAD, R.; FAROOQ, M.; REHMAN, A.; AMIN, M.; BAKAR, M.A. Seed priming: a tool to invigorate the seeds. **Scientia Agriculturae**. v. 7, n. 3, p. 122-128, 2014.

JOSÉ, S.C.B.R.; VIEIRA, M.G.G.C.; GUIMARÃES, R.M. Efeito da temperatura e do período de condicionamento osmótico na germinação e no vigor de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 22, n. 2, p. 176-184, 2000.

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, New York, v. 13, p. 131-181, 1992.

KISSMANN, C.; SCALON, S.P.Q.; MOTA, L.H.S.; VIEIRA, M.C. Germinação de sementes de *Stryphnodendron* Mart. osmocondicionadas. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 32, n. 2, p. 26-35, 2010.

KOZIOL, M. Composición química. In: WAHLI, C. **Quinoa hacia su cultivo comercial**. Quito: Latinreco, 1990. p. 137-159.

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

KOZIOL, M. Quinoa: A Potential New Oil Crop. In.: JANICK, J., SIMON, J. **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p. 328-336.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA, 1983. 174 p.

LOPES, H.M.; MENEZES, B.R.S; SILVA, E.R.; RODRIGUES, D. L.. Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e pimentão. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 17, n. 3/4, p. 296-302, jul/set, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MASON, S.L.; STEVENS, M.R.; JELLEN, E.N.; BONIFACIO, A.; FAIRBANKS, D.J.; COLEMAN, C.E.; MCCARTY, R.R.; RASMUSSEN, A.G.; MAUGHAN, P.J. Development and Use of Microsatellite Markers for Germplasm Characterization in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Crop Science**, v. 45, n. 4, p. 1618-1630, 2005.

McDONALD, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, v. 65, p. 109-139, 1975.

MIRZA, S. R.; ILYAS, N.; BATOOL, N. Seed priming enhanced seed germination traits of wheat under water, salt and heat stress. **Pure and Applied Biology**, v. 4, n. 4, p. 650-658, 2015.

MOTA, L.H.S.; SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M. Efeito do condicionamento osmótico e sombreamento na germinação e no crescimento inicial das mudas de angico (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v. 15, n. 4, supl.I, p.6 55-663, 2013.

NASCIMENTO, W.M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. 12 p. (Circular 33).

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 211-214, Jun. 2005.

NASCIMENTO, W.M.; ARAGAO, F.A.S. de. Condicionamento osmótico de sementes de melão em relação ao vigor. **Sci. Agric**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 114-117, fev. 2004.

NASCIMENTO, W.M.; LIMA, L.B. Condicionamento osmótico de sementes de berinjela visando a germinação sob temperaturas baixas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 224-227, 2008.

NASCIMENTO, W. M.; ARAGAO, F. A. S. de. Condicionamento osmótico de sementes de melão: absorção de água e germinação em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 153-157, 2002.

NASCIMENTO, W.M.; SILVA, J.B.C.; SANTOS, P.E.C.; CARMONA, R. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 12-16, jan./mar. 2009.

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

PEREIRA, M.D. **Condicionamento osmótico de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.)**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Rev. bras. sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

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

R Development Core Team R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org>> Acessado: 10 dez. 2015.

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

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. Na analysis of variance test for normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 4, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SOLEIMANZADEH, H. Effect of seed priming on germination and yield of corn. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, Parsabad-Moghan, v. 5, n. 4, p. 366-369, 2013.

SOMERS, D. A.; ULLRICH, S. E.; RAMSAY, M. F. Sunflower germination under simulated drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 2, p. 570-572, 1983.

- SOUZA, F.F.J. **Qualidade fisiológica de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) armazenadas em diferentes ambientes e embalagens.** 2013. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2013.
- 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.
- 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.
- SPEHAR, C. R. **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar.** Ed. Técnico. 1. ed., Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 103 p.
- SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 809-893, jun, 2002.
- SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.
- TAPIA, M. **La quinua y la kañiwa: cultivos andinos.** Bogotá: **Orton IICA/CATIE**, 1979. 228 p.
- TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación.** Santiago: FAO, 1997. 217 p.
- THORNTON, J.M.; POWELL, A.A. Prolonged aerated hydration for improvement of seed quality in *Brassica oleracea* L. **Annals of Applied Biology**, v. 127, n. 1, p. 183-189, 1995.
- TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; TRIGO, L.F.N. Condicionamento osmótico em sementes de cebola: I. efeitos sobre a germinação. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 56, n. 4, supl., p. 1059-1067, 1999.
- VEGA-GÁLVEZ, A.V.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E.A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 2541-2547, 2010.