



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO

JÚLIA EMANUELA ALMEIDA DE SOUZA

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRASÍLIA/DF
JUNHO/2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* Wild.)

JÚLIA EMANUELA ALMEIDA DE SOUZA

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA
COORIENTADORA: FLIVIA FERNANDES DE JESUS SOUZA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA
E MEDICINA VETERINÁRIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ENGENHEIRO
AGRÔNOMO.

BRASÍLIA/DF
JUNHO/2016

Quality is never an accident;
It's always the result of high intention,
intelligent direction and skillful execution.
It represents the wise choice of many alternatives.

Will A. Foster

AGRADECIMENTOS

A Deus, em quem sempre busco inspiração de como ser cada dia uma pessoa melhor. Que me enche de amor, fé e sempre me surpreende com seus planos na minha vida.

À minha mãe, parte fundamental da minha felicidade. Exemplo de amor, dedicação plena e amor. Sua dedicação incondicional me mostrou o quanto o amor e entrega fazem a outra pessoa se tornar forte e segura.

Ao meu pai, sinônimo de inteligência, exemplo de força interior. Meu pai me mostra todos os dias, na sua forma de viver, que, com vontade e esforço diário, é possível alcançar o que eu quiser. Por me mostrar que amor é diferente pra cada pessoa e que toda demonstração tem um valor especial. Pessoa íntegra, com a qual eu desejo me parecer. Admiração é a palavra que me remete a ele.

Ao meu irmão, a pessoa que mais me ajuda na minha formação pessoal. Grande exemplo de paciência e bom humor. Nunca faltou quando eu precisei e tenho nele meu melhor amigo pra vida inteira.

À Flivia, por toda atenção e carinho com que me acompanhou em todas as fases deste trabalho. Eu não tenho como retribuir toda sua dedicação nesses dias. Por ser uma pessoa inteligente, que me ensinou que todo esforço é válido quando você trabalha com o que ama.

À professora Nara, pela oportunidade de trabalhar com ela. Por compartilhar seu conhecimento, tendo importância determinante nas minhas escolhas acadêmicas desde meu quarto semestre. E por todo carinho nesse caminho.

À minha melhor amiga Linda Bárbara, que me escolheu para amar um amor lindo e sem interesse. Por toda paciência e apoio diários. Uma das maiores bênçãos da minha vida, só tenho a agradecer pelo seu amor, tempo gasto e companhia.

Aos meus amigos, Bianca Oya, Jamili Batista, Andressa Stefany, Layon Volsi, Ana Paula Campos, que tiveram paciência e sabedoria de aceitar minha ausência nos últimos meses. Por todos os momentos que me proporcionaram e que me tornaram quem sou hoje.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Quinoa	4
3.1.1. Origem e domesticação	4
3.1.2. Características genéticas	5
3.1.3. Importância e composição nutricional	5
3.1.4. Usos	6
3.1.5. Cenário mundial	8
3.1.6. Cenário nacional	8
3.1.7. Exigências da planta para produção	9
3.1.7.1. Solo e adubação	9
3.1.7.2. pH	10
3.1.7.3. Água	10
3.1.7.4. Temperatura	11
3.1.8. Características da semente	13
3.2. Qualidade fisiológica das sementes	13
3.2.1. Teste de germinação	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Sementes	18
4.2. Tratamentos	19
4.3. Teste Padrão de Germinação (TPG)	19
4.4. IVG e Tempo Médio de Germinação	19
4.5. Análise estatística	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO	27
7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Análise da variância da germinação (TPG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. UnB, Brasília-DF, 2016.
.....20

Tabela 2. Médias da geminação (%) e índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. UnB, Brasília-DF, 2016.....22

Figura 1. Secção longitudinal médio do grão de quinoa (E: endosperma, P: perisperma, Pe: pericarpo, T: testa ou tegumento, R: radícula, F: funículo, C: cotilédones). Fonte: Prego et al. (1998)
.....13

Figura 2. Tempo médio de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. Letras minúsculas comparam substratos em cada temperatura, letras maiúsculas comparam a temperatura em cada substrato. UnB, Brasília-DF, 2016.....23

Figura 3. Evolução da germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. UnB, Brasília-DF, 2016.....25

RESUMO

As normas oficiais para análise de sementes não apresentam critérios para a execução de teste de germinação para diversas espécies comerciais, dentre elas encontra-se a quinoa. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é a determinação do substrato, da temperatura e do tempo de contagem para o teste de germinação em quinoa. Foram avaliados os substratos sobre papel (SP), entre papel (EP), sobre areia (SA) e entre areia (EA), nas variações de temperatura de 15, 20, 25, 30°C, e alternada 20-30°C. Foram avaliadas a contagem de germinação durante 7 dias e o percentual de plântulas normais, anormais e de sementes mortas, no índice de velocidade e tempo médio de germinação. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em gerbox distribuídas em esquema fatorial 5 x 4 (temperaturas x substratos), em quatro repetições. Concluiu-se que o teste de germinação em sementes de quinoa deve ser realizado em temperatura alternada de 20-30° C, no substrato entre papel, com a contagem inicial aos dois dias e final aos quatro dias.

Palavras-chave: substrato, temperatura, tempo de contagem, viabilidade

1. INTRODUÇÃO

Chenopodium quinoa Willd. Pertence a família *Amarantaceae* e ao gênero *Chenopodium*, composto por cerca de 150 espécies presentes na América, Ásia e Europa (BAZILE; BAUDRON, 2014). É uma dicotiledônea com acervo de germoplasma de alta qualidade, que possui inclusive ecotipos halófilos, que toleram alta salinidade no solo e ecotipos xerófilos, os quais podem crescer e se reproduzir em condições de pouca umidade (JELLEN, 2014).

Originária da região da Cordilheira dos Andes, a quinoa é um pseudocereal largamente consumido em vários países como Chile, Peru, Argentina e Bolívia. Esta foi por muitos anos um dos principais integrantes da alimentação desses povos. Seu cultivo teve um decréscimo na época da colonização dessas regiões, sendo substituída pelo cultivo de trigo. Porém atualmente sua popularidade vem aumentando na Europa, América do Norte e na própria região andina, devido a fatores como a necessidade nutricional de adeptos de dietas vegetarianas e de pessoas intolerantes a glúten e a lactose (JELLEN, 2014).

Dentre todos os outros grãos a quinoa é a única que apresenta um equilíbrio ideal de aminoácidos, com proteínas de excelente qualidade como a histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina e principalmente lisina e metionina (BERTI et al., 2000; MUJICA et al., 2001). Os grãos são ricos em minerais (K, Ca, P, Mn, Zn, Cu, Fe e Na), fibras dietéticas, vitaminas C e E (DINI et al., 2010). Além de se destacar por possuir características nutricionais excepcionais, ainda se mostra uma cultura de alta adaptabilidade a diversas regiões do mundo, sendo uma opção mundial para o aumento da segurança alimentar (FAO, 2011).

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de inserir a quinoa em sistemas de cultivo pelo mundo. Entretanto, mesmo apresentando problemas em relação à germinação em campo (SIGSTAD e GARCIA, 2001; SIGSTAD e PRADO, 1999), e sendo as sementes o insumo de maior importância no sucesso e estabelecimento de uma cultura, visto serem por meio destas que se obtêm a máxima produtividade (AZEVEDO, 2003), pesquisas relacionadas a esse fator em quinoa ainda são incipientes

(SIGSTAD e GARCIA, 2001), tanto que não existem recomendações para o teste de germinação nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

O teste de germinação determina a taxa de semeadura, compara lotes diferentes, e permite a obtenção de resultados que podem ser comparados entre si (BRASIL, 2009). Como a germinação das sementes depende de influências ambientais como temperatura e substrato, estes podem ser manipulados a fim de otimizar a porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação.

A temperatura afeta a velocidade de absorção de água e as reações bioquímicas que determinarão todo o processo, agindo conseqüentemente na velocidade, uniformidade e sobre a taxa de germinação total (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). As sementes de diferentes espécies apresentam comportamento variável quanto à temperatura, sendo considerada ótima a temperatura na qual a semente expressa seu potencial máximo de germinação em menor intervalo de tempo, e a máxima e mínima os pontos críticos, onde a germinação não ocorre acima e abaixo, respectivamente, de tais temperaturas (POPINIGIS, 1985; BORGES; RENA, 1993).

Determinadas espécies germinam melhor quando expostas a alternância de temperatura. Entretanto, existem outras que sua germinação é favorecida quando submetidas a temperaturas constantes (COPELAND; MCDONALD, 1995).

O substrato constitui o suporte físico no qual a semente é colocada e influencia a taxa de germinação das sementes em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, propensão à infestação por microrganismos, dentre outros. Sua função é manter as condições ideais para a germinação e desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). A escolha do substrato deve ser realizada de acordo com as características da semente a ser analisada, tais como tamanho, necessidade de água e luz, facilidade de contagem e avaliação das plântulas (POPINIGIS, 1985).

Sendo assim, como cada espécie apresenta peculiaridades em relação aos fatores que influenciam o teste de germinação, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia adequada para o teste de germinação em sementes de quinoa.

2. OBJETIVO

Desta forma, objetivou-se nesse trabalho determinar a metodologia quanto à temperatura, substrato e tempo de contagem para o teste de germinação em sementes de quinoa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. QUINOA

3.1.1. Origem e Domesticação

A quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd., pertencente à família *Amaranthaceae*, foi um dos principais componentes da dieta dos povos andinos pré-hispânicos, sendo amplamente consumida por esses povos assim como a *kañiwa*, *kiwicha*, *achis*, *milmi* e o amaranto (*Amaranthus caudatus* L). O cultivo destes pseudocereais foi comum na Cordilheira dos Andes nas regiões da Colômbia, Chile, Bolívia, Peru, Equador e Argentina até o início do século passado, cultivada a partir do nível do mar até uma altitude de 3000 m, quando foram então substituídos pela produção intensiva de trigo (JELLEN, 2014). Conforme os insucessos da revolução verde iam acontecendo, como destruição das lavouras pela seca, a quinoa e outros cultivos voltaram por conta da rusticidade e adaptabilidade às condições limitadas de solo e clima (CUSACK, 1984).

Foram descobertos vários sítios arqueológicos que possuíam ramos frutíferos e grãos soltos em diferentes regiões do Peru e na zona costeira de Arica no Chile. Há referência ao uso da quinoa na província dos Collaguas, na Bolívia e nos vales do norte do Chile (JELLEN, 2014).

Chenopodium hircinun é um dos progenitores da quinoa. Este evoluiu e, após a domesticação, foi um dos originadores da quinoa atual (WILSON, 1990). Existem pelo menos quatro espécies de *Chenopodium* relacionados à quinoa, sendo estes *Chenopodium carnosolum*, *C. hircinum*, *C. incisum* e *C. Petiolar* (MIJUCA; JACOBSEN, 2006).

Durante o processo de domesticação, ocorreram várias modificações morfológicas tanto na planta, quanto nos frutos. As mudanças são caracterizadas pela compactação da inflorescência, perda do mecanismo de deiscência, uniformidade na maturação dos frutos e, por último, aumento no diâmetro das sementes (MUJICA et al. 2001).

A textura do tegumento também teve uma diferenciação, sendo que as espécies domesticadas têm uma textura lisa e as silvestres possuem protuberâncias no tegumento (SMITH, 1992; BRUNO, 2006).

3.1.2. Cenário Mundial

Bolívia e Peru são os maiores produtores de quinoa no mundo, produzindo cerca de 90% da produção mundial. A produção de quinoa nos Andes aumentou mais de 67 000 ha em 2000. No Peru, o aumento foi de 20 000 ha, e a Bolívia juntamente com o Equador mantiveram-se estáveis, resultado este das políticas públicas de promoção de produção e exportação (SUCA APAZA e SUCA APAZA, 2008, citado por, FAO, 2011).

Na Colômbia, a quinoa é produzida em pequena escala pela população de origem indígena dos Andes, intercalada com fava, tremoço andino (*Lupinus mutabilis*), e em associação com feijão e milho (SAÑUDO; ORTEGA, 2002, citado por DELGADO et al., 2009).

Em relação à produção na Índia, sabe-se que a planta tem bom crescimento, alcançando até 1,5 m de altura, com muitas ramificações e folhas grandes. A baixa necessidade de irrigação e pluviosidade demonstra sua natureza de tolerância à seca e permite que se adapte bem às condições do país, onde a maior parte do território não possui irrigação assegurada e as chuvas são sazonais (BHARGAVA et al., 2006).

3.1.3. Cenário Nacional

O plantio das sementes de quinoa para pesquisa iniciou-se na década de 90 no Brasil, com o intuito de diversificar o sistema de produção do Cerrado. Durante os estudos foram desenvolvidos diversos genótipos, sendo a BRS Piabiru a primeira cultivar recomendada para cultivo, com rendimento médio de 2,8 t/ha (SPEHAR e SANTOS 2002; SPEHAR et al., 2003; ROCHA, 2008; BORGES et al. 2010).

No Brasil, as tentativas iniciais de adaptação da quinoa aconteceram por seleção em populações híbridas, oriundas de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR e SOUZA, 1993). O cultivo da quinoa tornou-se atrativo no país por produzir biomassa de boa qualidade, utilizar baixa quantidade de sementes, aumentar a biodiversidade do sistema produtivo e reduzir os custos do cultivo, atendendo em tempo hábil à demanda dos agricultores, para ser utilizada principalmente em alimentos e rações (SPEHAR e SANTOS, 2002).

Diversos estudos vêm ocorrendo com a intenção de selecionar genótipos adaptáveis às condições do Brasil. A última cultivar lançada foi a BRS Syetetuba, possuindo características favoráveis, como, por exemplo, alta produtividade, grãos maiores e ausência de saponina (SPEHAR al., 2011).

A quinoa mostrou-se bem adaptada às diversas características do Brasil, podendo crescer em diferentes tipos de solo, com ciclo que varia entre 80 e 150 dias nas condições do Brasil Central (SPEHAR et al., 2003, SPEHAR e SANTOS, 2002).

O consumo de quinoa no país é restrito devido ao alto custo do grão importado, pelo hábito nacional de consumo de arroz, trigo e milho, pelo desconhecimento da população e pela insuficiência de cultivares adaptadas para as condições edafoclimáticas do país (BORGES et al. 2010). Considerando que o consumo de quinoa no Brasil depende da importação do produto, vários trabalhos científicos são e devem ser cada vez mais desenvolvidos a fim de instaurar a cultura como produção comercial do país (SANTOS, 2003).

3.1.4. Características Genéticas

Trata-se de uma espécie tetraplóide, composta por 4 genes, com um total de 9 cromossomos ($4n = 4 \times 9 = 36$), gerando 36 cromossomos somáticos. Por exemplo, a coloração das plantas é uma herança de caráter simples. Por outro lado, a mudança na cor dos grãos ocorre sob a ação de agentes complementares, sendo a cor branca de caráter recessivo (HANCCO, 2003).

O teor de saponina na quinoa é herdável e, segundo estudos, é determinado por um único gene dominante (BAZILE; BAUDRON, 2014), porém o caráter doce é recessivo. A saponina é encontrada na primeira membrana.

Devido ao número de cromossomos em quinoa, há o impedimento natural de cruzamentos interespecíficos, sendo, assim, impossível o surgimento de híbridos naturais. Estes híbridos poderiam ser uma ameaça agrícola, caso se tornassem plantas daninhas (ROCHA, 2008).

3.1.5. Importância e Composição Nutricional

Considerando a necessidade global de encontrar cultivos que tenham o potencial de produzir alimentos de qualidade e considerável valor nutricional, a quinoa se destaca por possuir tais características acrescidas de sua adaptabilidade a diversas regiões do mundo. Quinoa é uma alternativa para aumentar a segurança alimentar, especialmente, em países nos quais o acesso à proteína e/ou à produção de alimentos em geral são limitados (FAO 2011).

A quinoa é o único alimento de origem vegetal que oferece todos os aminoácidos essenciais para o ser humano, sendo composta por proteínas de excelente qualidade, tal qual a caseína do leite. É rica em vitaminas, minerais e não contém glúten, sendo importante item na dieta de pacientes celíacos (ASCHERI et al., 2002).

A quinoa também dispõe de vitamina E, é fonte de alfa-tocoferol e é rica em minerais tais quais Mg, K, Ca, P, Mn, Zn, Cu, Fe e Na. É uma importante fonte de ferro, o dobro, se comparada com a cevada e o trigo, e o triplo em relação ao arroz. A eficiência nutricional do ferro, quando consumido via quinoa, é 74% mais elevada do que quando administrada via sulfato ferroso (55%) (KOZIOL, 1990). Supera os cereais mais utilizados em teores de vitamina A, Cálcio e Ferro (REPO-CARRASCO et al., 2003). Em relação aos lipídeos, o teor pode chegar a até 9,5%, próximo à soja (KOZIOL, 1992), sendo rico em ácidos graxos essenciais como linoléico e α -linolênico, apresentando alta concentração de antioxidantes como α -tocoferol e γ -tocoferol (REPO-CARRASCO et al., 2003; ABUGOCH, 2009). Podendo assim ser utilizada como cultura alternativa para a produção de óleo (NG et al., 2007).

Os fatores antinutricionais, presentes nas camadas externas das sementes de quinoa, são as saponinas, o ácido fítico, taninos e inibidores de tripsina (SANTOS, 1996). A saponina é a mais relevante, pois confere sabor amargo à semente, sendo um impedimento para o consumo direto. A quinoa considerada “doce” contém teor menor do que 0,11% de saponinas e as variedades “amargas” possuem teor mais elevado do que este (BERTI et al., 2000). Porém, elas são facilmente removidas dos grãos pelos métodos de lavagem vigorosa ou tratamento térmico (BALLON et al., 1976; GEE et al., 1993).

3.1.6. Usos

As formas de utilização do grão e da planta são muitas. A planta pode ser usada tanto para o consumo animal quanto para o consumo humano em diversas fases do seu ciclo. Primeiramente, a parte superior da planta jovem pode ser colhida e usada como espinafre. Em um segundo momento, no início da diferenciação floral, os botões podem ser consumidos cozidos da mesma forma que o brócolis. Por fim, na fase reprodutiva, pode-se utilizar a planta triturada, como forragem aos animais domésticos. Já em variedades tardias, pode-se cortar um pouco antes da floração, a planta tem capacidade de rebrota e ainda produz grãos (SPEHAR, 2007).

É uma excelente alternativa para cobertura de solo no plantio direto, pois tem elevada produção de biomassa (SPEHAR e SANTOS, 2007). Os grãos podem ser cozidos como o arroz, incorporados a sopas e ainda usados para fazer farinha, vitaminas, flocos e álcool (BHARGAVA et al., 2006). Nas farinhas, são interessantes quando misturados a outros cereais para adicionar valor nutricional (WEBER, 1978; BEAN e FELLERS, 1982).

Por ter a composição química semelhante à caseína do leite, pode ser um item importante para consumo de crianças após o desmame em forma de papas ou mingaus (ASCHER et al., 2002). Por ser livre de glúten, é muito consumida por pacientes celíacos – pessoas com alergia ao glúten. Característica essa, que impulsionou a expansão da indústria da quinoa (SPEHAR e SANTOS, 2007).

A saponina mostrou-se útil recentemente o seu uso como aditivo pela indústria de alimentos e rações, além de contribuir na prevenção de algumas doenças de articulação em cavalos e eliminar vermes e protozoários do trato digestivo de animais domésticos (CHEEKE, 2002). Pode ser utilizada ainda na preparação de *shampoos*, sabões, detergentes, cervejas, extintores de incêndio, fotografia, cosméticos e na indústria de medicamentos (JOHNSON e WARD, 1993). Ela tem a capacidade de induzir mudanças na permeabilidade intestinal, maximizando a absorção de algumas drogas (BAZU e RASTOGI, 1967 citado por BHARGAVA et al., 2006). Saponinas também são importantes na redução dos níveis de colesterol no sangue (OAKENFULL; SIDHU, 1990). Foi

provado que a saponina pode ter função de coadjuvante na administração de vacinas de mucosa, como a vacina oral contra apólio (ESTRADA et al., 1998). Sabendo-se do importante potencial da saponina na indústria farmacêutica, é de grande serventia o estudo dela nesse sentido.

O amido da quinoa é adequado para emulsões de produtos alimentícios. De acordo com a NASA, a quinoa é um cultivo de alto potencial para a remoção do dióxido de carbono da atmosfera e para produzir comida, oxigênio e água para a tripulação de missões espaciais longas (BHARGAVA et al., 2006).

Na década de 1970, a National Academy of Science (NAS) considerou a quinoa como uma das 23 plantas promissoras e a recomendou para estudos. O objetivo eram as melhorias na nutrição e qualidade de vida da população em seus países de origem. Diante deste estímulo, países que não eram produtores, como Estados Unidos, Canadá, França, Alemanha e Dinamarca iniciaram o cultivo (FARRO, 2008).

3.1.7. Exigências da Planta para a Produção

3.1.7.1. Solo e Adubação

A quinoa adapta-se melhor a solos arenosos do que a solos argilosos. Tem preferência por solos com boa drenagem, topografia moderada, profundidade média e um teor médio de nutrientes. Entretanto, a quinoa possui boa adaptação a diferentes tipos de solo (HANCCO, 2003).

Emergência trata-se de quando a plântula emerge do solo expondo as plúmulas, é comum que as sementes emergjam entre o quarto e sexto após a semeadura. Nesta fase a plântula pode resistir à falta de água, de acordo com o tipo de solo. Se o solo é arenoso, ela pode resistir até sete dias. A resistência também depende do tipo de semeadura, se esta for a lanço, a semente não resistirá à seca, porém, se a semeadura for em sulco, a semente pode sobreviver(HANCCO, 2003).

Em relação a necessidades nutricionais, a cultura é altamente exigente em nitrogênio e cálcio, moderadamente em fósforo e possui baixa exigência de potássio.O teor de matéria orgânica também deve ser elevado (MUJICA, 2006).

Quanto à adubação, a quinoa responde bem a fertilizantes nitrogenados, porém a aplicação de níveis elevados de nitrogênio foram apresentados por Oelke et al. (1992) como responsáveis pela diminuição da produtividade, porque retardam a maturação devido à intensa assimilação desse nutriente. Porém, os estudos de Berti et al., (2000) e Schulte-Aufm-Erleyet al.(2005) mostraram que a quinoa responde muito bem à fertilização nitrogenada, e o rendimento de grãos não foi afetado pelo aumento da taxa de nitrogênio. A aplicação de nitrogênio, para a maioria das culturas, é utilizada para maximizar o rendimento de grãos e o percentual de proteína na semente. Assim como, Gandarillas (1982) também afirma, a quinoa não responde bem ao potássio e ao fósforo, possivelmente por seu cultivo original ser em solos ricos nesses nutrientes.

Spehar (2007), corroborando trabalhos anteriores, analisou o teor de macro e micronutrientes na planta de quinoa. Sendo assim, recomenda-se uma adubação de manutenção, baseada na exportação de nutrientes e em um rendimento esperado de 2,5t/ha, na seguinte proporção: 50 kg de N, 60 kg de P, 80 kg de K, 33 Kg de Ca, 20 Kg de Mg, 0,6 de Fe, 0,2 de Mn e 0,07 de Zn. É de grande valia que o nitrogênio seja parcelado, com uma adubação de cobertura após trinta dias da emergência, quando a planta apresentar desenvolvimento acelerado.

3.1.7.2. pH

O intervalo de pH tolerado pela quinoa é considerado amplo, partindo de 4,5 de pH, alcançando 9 de pH com bom crescimento e boa produção, dependendo da região onde a ela se desenvolve. Por outro lado, tem-se pH neutro ideal para o cultivo de quinoa. Importante considerar que a quinoa possui genótipos adaptados para condições extremas de salinidade e alcalinidade, devido à ampla variabilidade genética da planta (MUJICA, 2006).

3.1.7.3. Água

Mesmo tratando-se de uma planta C3, a quinoa é eficiente no uso de água, pois possui mecanismos morfológicos, fenológicos, anatômicos e bioquímicos que lhe permitem tolerar e ser resistente à falta de umidade no solo, mantendo ainda uma boa produção. A precipitação ótima é de 300 - 500 mm, e a máxima de 600 – 800 mm (HANCCO et al. 2003).

O tempo no qual as sementes ficam expostas à umidade, após o ponto de colheita ideal, no caso de grão que alcançaram a maturidade fisiológica plena, causa a perda de vigor germinativo das sementes, ocorrendo até mesmo a perda de viabilidade (SPEHAR, 2007).

A planta tolera secas de longa duração, cerca de até 60 dias, exceto em 3 determinados estados fenológicos, sendo estes, da germinação até o surgimento de até 4 folhas verdadeiras, floração, maturação do estado lenhoso (HANCCO, 2003).

3.1.7.4. Temperatura

A quinoa pode suportar até - 4° C em algumas etapas fenológicas como na ramificação, sendo a temperatura ótima da cultura entre 15 e 20°C. No entanto, para a semente, a temperatura mínima para germinação é de 5°C. Em campo, temperaturas maiores que 15°C geram perdas por respiração e favorecem ataques por insetos, em condições secas, e ataques por fungos em condições úmidas. A determinação da temperatura ideal varia de acordo com a altura, topografia, exposição do campo e densidade de plantio. A temperatura pode ser alterada pela localização, densidade e formação de sombra (MUJICA, 2006).

A quinoa é considerada uma planta de dias curtos, ainda que sua origem seja de uma região de baixa latitude e elevada altitude. Também sofre influência de mudanças na temperatura, considerando que o ciclo da cultura resulta da combinação entre temperatura e fotoperíodo (BERTERO et al., 1999).

3.1.8. Características da Semente

As sementes de quinoa na verdade são frutos do tipo aquênio, que amadurecem ao mesmo tempo em que a planta seca, facilitando a colheita mecanizada (BURRIEZA et al., 2014; SPEHAR e SANTOS, 2002). Os aquênios serão referidos neste trabalho como sementes, visto ser funcionalmente análogos a estas.

As sementes possuem formato cilíndrico e achatado e seu tamanho varia entre 2 a 2,5 mm de diâmetro e 1,2 a 1,6 mm de largura (TAPIA 1997; SPEHAR e SANTOS, 2002).

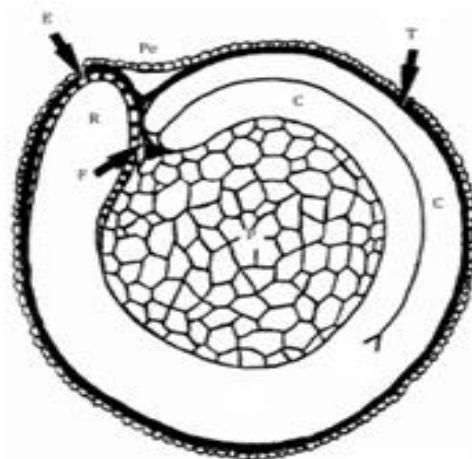


Figura 1. Secção longitudinal média do grão de quinoa(E: endosperma, P: perisperma. Pe: pericarpo, T: testa ou tegumento, R: radícula, F: funículo, C: cotilédones). Fonte: Prego et al. (1998).

Como observado na Figura 1, a semente é composta pelas seguintes estruturas anatômicas: pericarpo, tegumento (testa), perisperma e embrião (radícula e cotilédones). A coloração do grão é resultado da combinação das cores do pericarpo e do tegumento. Sendo que o pericarpo pode variar entre translúcido, branco, amarelo, rosa, vermelho, laranja, marrom, cinza ou preto. Os frutos com coloração mais clara no pericarpo têm o tegumento branco, assim como frutos com coloração escura no pericarpo tem tegumento marrom ou preto (KOZIOL 1993; PREGO et al. 1998).

O embrião é periférico, sendo composto por dois cotilédones e uma radícula e representa cerca de 30% do total da semente. Sua coloração é amarelada e possui em torno de 3,54 mm de comprimento e 0,36 mm de largura (CARRILLO, 1992).

Os tecidos de armazenamento em sementes de quinoa são o endosperma e o perisperma. O endosperma é localizado próximo ao eixo hipocótilo-radícula do embrião, na região micropilar da semente, composto por uma a duas camadas de tecido celular (PREGO et al., 1998). O perisperma é o principal tecido de reserva nutricional, sendo composto basicamente por grânulos de amido. Por essa razão é correspondente ao endosperma em cereais, porém, por não pertencer à mesma família botânica, a quinoa é considerada um pseudocereal. Sua coloração é esbranquiçada e representa em torno de 60% da superfície da semente (MUJICA et al., 2001).

A semente tem caráter amiláceo, com o teor de amido entre 51 e 61% (LINDEBOOM, 2005). Devido ao alto teor de amido, apresenta maior potencial de armazenamento do que as oleaginosas, pois apresenta maior estabilidade química comum ao amido do que aos lipídios (MARCOS FILHO, 2005).

Por outro lado, a quinoa não consegue manter a germinação por longos períodos. A perda de viabilidade ocorre principalmente pela alta porosidade na camada externa da semente, proporcionando a rápida troca de umidade com o ambiente, podendo o processo de germinação ter início ainda na panícula (SPEHAR et al., 2007).

Portanto, para a introdução da quinoa no Brasil, como cultura comercial, são necessários estudos a respeito da qualidade fisiológica das sementes. As sementes de quinoa são altamente higroscópicas, entram em deterioração rapidamente e não se mantêm viáveis durante o período entressafra, sendo esta a principal barreira para o estabelecimento da quinoa no Brasil (SOUZA, 2013).

3.1.9. Qualidade Fisiológica das Sementes

A semente é um dos insumos mais importantes para a instauração de uma cultura, pois esta é responsável diretamente pelo sucesso dos cultivos; primeiramente, porque nela estão as características genéticas que determinam o desempenho da cultivar e, em segundo, por, contribuir para o sucesso do estabelecimento da área plantada, oferecendo a base para a produtividade máxima (MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade de uma semente é determinada pela junção dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam o seu potencial de originar plantas produtivas e de alto vigor. Entre esses, a qualidade fisiológica deve ser destacada, pois é ela a principal responsável em originar uma plântula perfeita e vigorosa, sendo determinada pela sua capacidade de germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1985).

Longevidade é definida pelo período de tempo que uma semente pode permanecer viva e é determinada por suas características genéticas. A viabilidade diz respeito ao tempo que a semente realmente vive e varia de acordo com fatores ambientais e genéticos, sendo estimada pelo teste de germinação em condições controladas e favoráveis em laboratório. O tempo efetivo de vida de uma semente, dentro de seu período de longevidade, depende das características genéticas da planta genitora, do vigor das plantas progenitoras e das condições climáticas durante o período de maturação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A qualidade fisiológica da semente é avaliada por duas características principais: germinação e vigor (POPINIGIS, 1985). A germinação envolve os processos iniciais como: embebição da semente e ativação do metabolismo, em seguida o rompimento do tegumento, emissão da radícula e por fim, crescimento da plântula. O vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sofrendo influências das condições de ambientais e do manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA ; CARVALHO, 1994).

O conceito de vigor é explicado como o potencial máximo para o estabelecimento da plântula, decrescendo até que a semente morra, quando o estabelecimento é igual a zero (PERRY, 1972). De acordo com a AOSA, o vigor é caracterizado como as propriedades das sementes que determinam seu potencial de obter uma emergência rápida e uniforme e um desenvolvimento de plântulas normais em uma ampla diversidade de condições ambientais.

O processo de deterioração diz respeito a toda e qualquer mudança degenerativa e irreversível na qualidade da semente, depois de ter atingido o máximo de qualidade. O vigor e a deterioração estão diretamente ligados entre si, pois o ponto máximo de vigor da semente é aquele de mínima deterioração. O processo de deterioração das sementes é resumido a todas as alterações químicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas mesmas, gerando a perda total da viabilidade (FOWLER, 2000). A deterioração é inevitável, por se tratar de um processo natural, mas o grau de prejuízo pode ser controlado pelo armazenamento apropriado, que está entre as estratégias mais utilizadas, pois preserva as características genéticas das sementes até o momento em que serão semeadas (NODARI et al., 1998).

Entretanto, o vigor, pela sua própria complexidade, nem sempre pode ser avaliado completamente por apenas um teste, razão pela qual, recomenda-se o uso de vários testes para que se tenha uma idéia mais precisa da qualidade fisiológica de um lote de sementes (SCHEEREN et al., 2010).

Fazer uso de sementes que apresentam um elevado potencial fisiológico traz benefícios que incluem uma melhor germinação, sendo esta rápida e uniforme, plântulas que suportam uma gama variada de adversidades ambientais como estresses hídricos e uma maturidade mais uniforme da colheita, evitando que se colha um produto maduro e outro não (MARCOS FILHO, 2005).

3.1.10. Teste de Germinação

O objetivo do teste de germinação é determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, para a comparação da qualidade de diferentes lotes ou para estimar o valor para semeadura em campo. A realização deste teste em condições de campo não é satisfatória, porque,

tendo as variações das condições ambientais, os resultados nem sempre podem ser fielmente reproduzidos (BRASIL, 2009).

Germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo, por meio de plântulas com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias (BRASIL, 2009).

A avaliação da germinação das sementes é efetuada pelo teste de germinação. Este teste é conduzido em laboratório sob condições controladas e por meio de método padrão que visa, principalmente, avaliar o valor das sementes para a semeadura e comparar a qualidade de diferentes lotes. Esta é uma base para a comercialização das sementes (MACHADO et al. 2002).

A temperatura exerce forte influência na velocidade e uniformidade de germinação, pois está relacionada com os processos bioquímicos. A semente apresenta comportamentos variáveis em diferentes temperaturas, baseando-se nas condições climáticas das suas regiões de origem. Por isso, as recomendações são diferentes para cada espécie (ANDRADE et al., 2000).

A temperatura atua sobre a velocidade de absorção de água e também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo. No teste de germinação, a mesma afeta tanto a velocidade e uniformidade de germinação, como a germinação total (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A germinação só ocorre dentro de determinados limites de temperatura, nos quais existe uma temperatura ótima, ou faixa de temperaturas, na qual o processo ocorre com a máxima eficiência para cada espécie (POPINIGIS, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O substrato deve fornecer as condições de umidade favoráveis, proporcionando condições adequadas para a germinação e desenvolvimento das plântulas. É importante que o substrato ofereça uma proporção adequada de ar e água, pois assim evita a formação de uma película aquosa sobre a semente, que impede a penetração de oxigênio e contribui para a proliferação de microrganismos patogênicos (FIGLIOLIA et al, 1993).

No caso do substrato, a influência é direta na germinação, de acordo com sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, propensão à infestação por patógenos, entre outras características, podendo interferir

positiva ou negativamente na germinação das sementes. Constitui o suporte físico no qual a semente irá germinar e tem a função de manter as condições adequadas para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). Portanto, a escolha do substrato deve ser de acordo com o tamanho da semente, exigências de umidade e luminosidade, realização das contagens e avaliação das plântulas (BRASIL, 2009).

O conhecimento das condições ideais para a germinação das sementes de uma cada espécie é extremamente importante, principalmente, pelas respostas diferenciadas que a semente pode expressar em função dos diversos fatores internos, como viabilidade, dormência e condições ambientais que envolvem água, luz, temperatura oxigênio e ausência de agentes patogênicos (KOGER et al. 2004).

O uso das sementes de qualidade é de fundamental importância para o sucesso de um cultivo e o teste de germinação é o principal parâmetro para avaliar a qualidade fisiológica das sementes. O resultado do teste é determinante para definir a taxa de semeadura, comparar lotes diferentes, e para a comercialização, porque permite a obtenção de resultados que podem ser comparados entre si (BRASIL, 1992). Porém, não existe uma publicação que normatize a metodologia deste teste para quinoa, como do tipo substratos, temperaturas e umidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, FAV, Universidade de Brasília, UnB.

4.1. Sementes

As sementes de quinoa utilizadas neste trabalho foram da cultivar BRS Syetetuba, cultivadas em área experimental da FAV entre março e agosto de 2015. A colheita foi realizada manualmente, quando as sementes atingiram em torno de 20-30% de teor de água. Foram secas em ambiente natural até atingirem 12% de teor de água e então foram colocadas em sacos plásticos e armazenadas a temperatura aproximada de 10°C.

As sementes foram imersas em hipoclorito de sódio a 2% por 10 minutos para a contenção do desenvolvimento de fungos e as mesmas foram lavadas com água destilada após o pré-tratamento.

4.2. Tratamentos

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco temperaturas: 15; 20; 25 e 30° C constantes e 20-30° C alternada, e de quatro tipos de substratos: sobre papel (SP), entre papel (EP), sobre areia (SA) e entre areia (EA). Consistiu em um fatorial duplo 5 x 4, ou seja, cinco temperaturas e quatro tipos de substratos. Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes.

Para o substrato entre papel, as sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel germitest, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, coberto com uma terceira folha dentro de caixas de plástico do tipo gerbox (11 x 11 x 3cm). Para o substrato sobre papel, as sementes foram colocadas em caixas plásticas do tipo gerbox sobre duas folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco.

A germinação em areia foi conduzida em caixas plásticas do tipo gerbox, para que o espaçamento entre as sementes fossem aproximadas aos dos substratos entre e sobre papel. No substrato entre areia, as sementes foram colocadas a uma profundidade de 1 cm, e nas caixas sobre areia, apenas depositadas sobre o referido substrato, sendo que o umedecimento foi feito com água destilada até atingir 60% da capacidade de campo (BRASIL, 2009).

4.3. Teste padrão de germinação (TPG)

O efeito das temperaturas e substratos sobre o desempenho das sementes foi avaliado pelo teste de germinação, sendo contadas diariamente as plântulas que apresentavam emissão da radícula maior que dois centímetros de comprimento, e o período de duração do teste foi determinado como sendo o número de dias a partir do qual houve estabilização da germinação. O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas germinadas.

4.4. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo médio de germinação (TMG)

Os testes foram estabelecidos conjuntamente com o teste padrão de germinação. As contagens das plântulas normais foram realizadas diariamente após a instalação do teste. A partir dos dados do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação, empregando-se as fórmulas de Maguire (1962) e Labouriau (1983), respectivamente:

$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$; onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagens.

TMG: $\sum(n_i t_i) / \sum n_i$, em que:

TMG: tempo médio de germinação (dias);

ni: número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;
 ti: tempo decorrido entre o início da germinação e a i-ésima contagem.

4.5. Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 5 x 4 (cinco temperaturas e quatro substratos), com quatro repetições. Os dados do teste de germinação foram previamente transformados em $\arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$, com as tabelas usando os valores originais. A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do Software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância das médias do teste padrão de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação em diferentes substratos e temperaturas encontram-se na Tabela 1. Para os três testes empregados as médias apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para os fatores isolados, temperatura e substrato, e para a interação temperatura x substrato.

TABELA 1: Análise da variância da germinação (TPG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. UnB, Brasília-DF, 2016.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados médios		
		TPG	IVG	TMG
Temperatura	4	42,0480*	714,7421*	5,6483*
Substrato	3	191,0526*	1505,3558*	10,4547*
Temperatura x Substrato	12	51,2331*	72,9728*	0,7144*
Erro	60	14,2552	10,3507	0,0757*
C.V. (%)		6,28	12,56	14,66

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Em relação à porcentagem de germinação (Tabela 2), nota-se, que nos substratos entre papel e sobre papel, a germinação foi maior quando as sementes foram expostas à temperatura alternada. Entretanto, esses resultados não diferiram das temperaturas de 20, 25 e 30°C, no substrato entre papel, e da temperatura de 30°C, no sobre papel. Entre areia, as sementes apresentaram melhor desempenho nas temperaturas de 15°C e 25°C e, quando se utilizou o substrato sobre areia, não houve diferença significativa entre as temperaturas.

Com exceção da temperatura de 15°C e 25°C, onde não houve diferença estatística entre os substratos, nas outras duas temperaturas os maiores valores encontrados foram quando as sementes foram acondicionadas entre papel. Provavelmente esses resultados foram em consequência da maior capacidade de retenção de umidade e área de contato com as sementes (GOMES et al., 2016). Resultados semelhantes, onde sementes apresentaram maior desempenho quando semeadas entre papel, foram encontrados para sementes de bertalha (LOPES et al., 2005).

A temperatura alternada foi a que proporcionou as maiores porcentagens de germinação, onde o máximo valor encontrado foi quando se utilizou o substrato entre papel, 86,5%. Um dos fatores que podem explicar a maior germinação de sementes de determinadas espécies em temperaturas alternadas seria a associação desta às flutuações de temperaturas encontradas no ambiente natural da espécie (BORGES e RENA, 1993). Contudo, a quinoa é originária dos Andes, ambiente frio, onde essas temperaturas não são frequentes. Então, um dos fatores que explicaria esses resultados seria em relação aos mecanismos enzimáticos - e não à associação dessas temperaturas ao ambiente de origem - que são favorecidos pelas flutuações de temperaturas em amplitudes térmicas específicas durante o processo catalizado por estas enzimas (VASQUEZ-YANES, 1984). Outro fator que possa ter contribuído para maiores médias de germinação na temperatura alternada, seria que esta age possivelmente sobre os tegumentos das sementes, tornando-as assim mais permeáveis à água e ao oxigênio e também influencia o equilíbrio entre as substâncias promotoras e inibidoras de germinação (CÍCERO, 1986). Resultados semelhantes foram encontrados por Alves et al. (2015).

TABELA 2: Médias da germinação (%) e índice de velocidade de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. UnB, Brasília-DF, 2016.

Substrato	Temperaturas				
	15°C	20°C	25°C	30°C	20-30°C
-----Germinação (%)-----					
--					
EP	71,5 Ba	82,0ABa	77,0ABa	79,0ABa	86,5 Aa
SP	71,5ABCa	65,5Cc	68,5 BCa	78,0ABa	81,5 Aab
EA	73,5 Aa	68,7 ABbc	73,5 Aa	60,0Bb	70,0 ABc
SA	78,5 Aa	78,5Aab	75,5 Aa	78,5 Aa	77,5 Abc
-----Índice de Velocidade de Germinação-----					

EP	17,3 Ca	26,5 Bb	35,9 Aa	37,1 Aa	35,9 Aa
SP	17,1 Ca	16,2 Cc	28,3 Bb	37,7 Aa	30,7 Ba
EA	7,9 Bb	11,3 ABc	16,8 Ac	14,5 Ab	15,8 Ab
SA	18,8 Ba	36,9 Aa	35,2 Aa	38,1 Aa	34,2 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EP: entre papel, SP: sobre papel, EA: entre areia e AS: sobre areia.

No teste do índice de velocidade de germinação (Tabela 2) não houve diferenças significativas entre as temperaturas de 25, 30 e alternada de 20-30°C, nos substratos entre papel, entre areia e sobre areia. Sobre papel o maior valor encontrando foi na temperatura de 30°C, seguidas pelas temperaturas de 25°C e alternada. Esses resultados mostram claramente a influência da temperatura na velocidade de germinação de sementes de quinoa, onde os maiores valores encontrados foram quando as sementes foram expostas às maiores temperaturas, e os mais baixos na menor temperatura testada, 15°C, em todos os substratos avaliados. Segundo Bewley e Black (1994) e Oliveira et al. (2005), baixas temperaturas podem reduzir as atividades enzimáticas envolvidas no metabolismo da semente, causando não só uma redução na porcentagem de germinação, como também um atraso no

processo. Resultados semelhantes foram encontrados para sementes de girassol (CALDEIRA et al., 2015) e pinhão-mansó (NEVES et al., 2009).

Tanto para o índice de velocidade de germinação como para o tempo médio de germinação, em todas as temperaturas avaliadas, resultados inferiores foram encontrados quando se empregou o substrato entre areia (Tabela 2 e Figura 2, respectivamente). Neste, houve uma redução de mais de 50% no IVG e maior tempo foi necessário para que ocorresse a germinação, cinco dias, em comparação com os outros substratos. Esses resultados ocorreram porque entre areia, o excesso de água provocou dificuldade de aeração e conseqüentemente carência de oxigênio, diminuindo assim a respiração e provocando, portanto, o atraso ou a paralisação do processo de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; BORGES; RENA, 1993; MARCOS FILHO et al. 1987), não sendo, portanto eficaz para avaliação da germinação e vigor de sementes de quinoa. Alves et al., 2014 apresentaram resultados análogos a estes, estudando sementes de Kino, *Cucumis metuliferus* (ALVES et al. 2014).

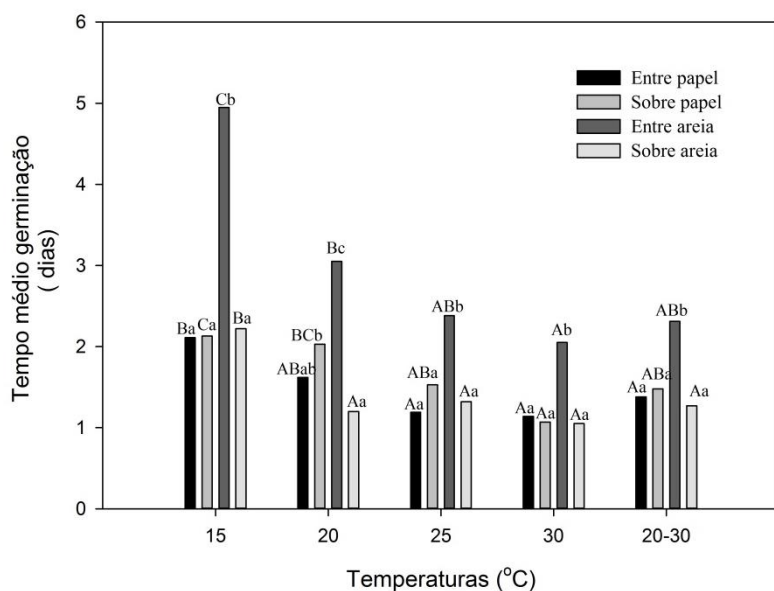


FIGURA 2: Tempo médio de germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas. Letras minúsculas comparam substratos em cada temperatura, letras maiúsculas comparam a temperatura em cada substrato. UnB, Brasília-DF, 2016.

Nos substratos avaliados a germinação das sementes de quinoa ocorreu em menor tempo quando estas foram expostas às temperaturas de 25, 30 e 20-30°C, com a maioria dos resultados diferindo estatisticamente das temperaturas de 15 e 20°C (Tabela 2). Enquanto que, no substrato entre papel, foram necessários de 2,1 dias em 15°C, nas temperaturas de 25, 30 e 20-30°C, as sementes de quinoa demoraram em média 1,5 dias. Sobre papel e sobre areia na temperatura de 30°Cum dia após a sementeira, aproximadamente, ocorreu germinação; já em 15 e 20°C foram requeridos em média dois dias, para o substrato sobre papel. Para o sobre areia, esses resultados diferiram apenas da temperatura de 15°C, necessitando de 2,2 dias para que acontecesse germinação.

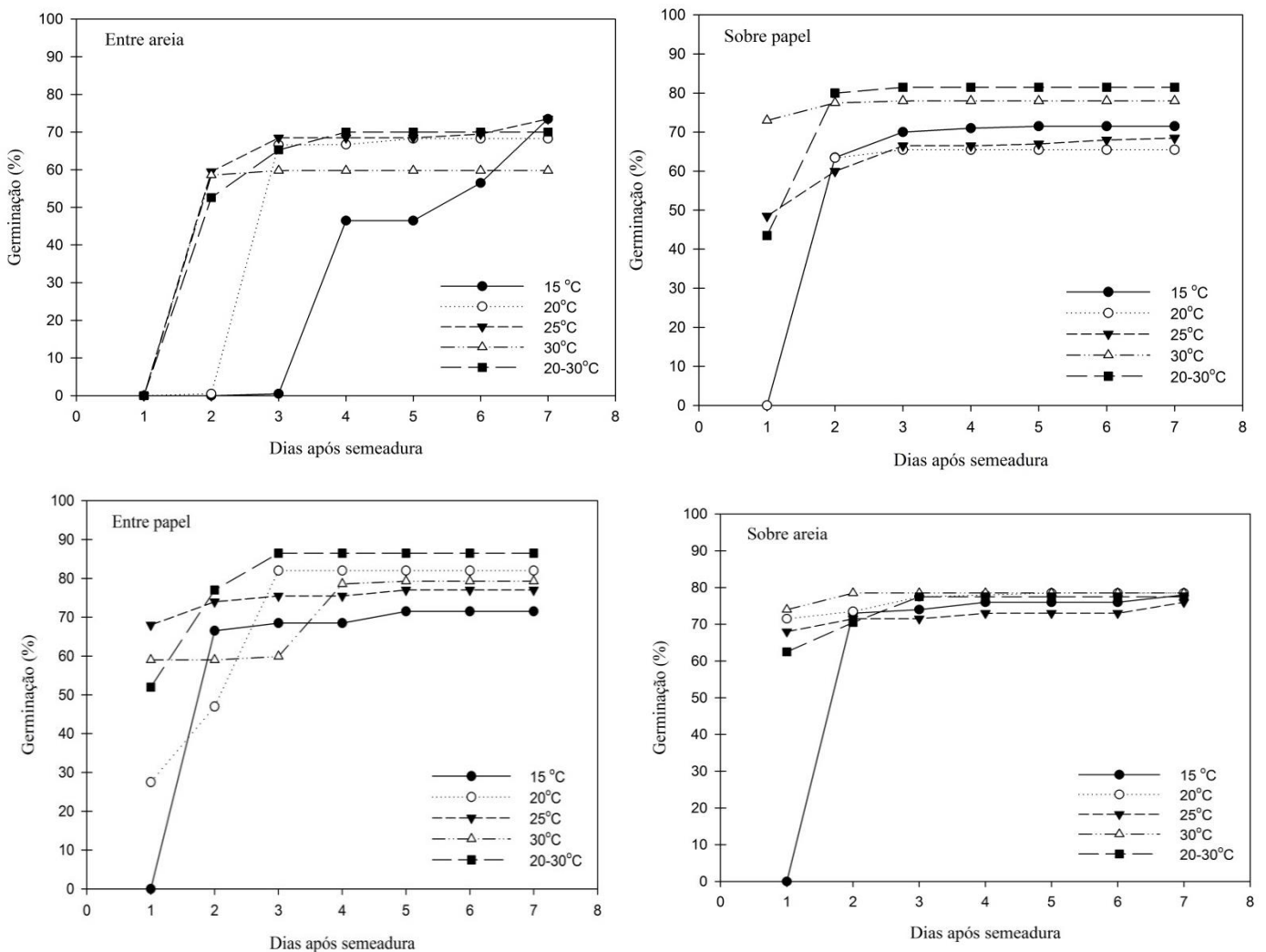


FIGURA 3: Evolução da germinação de sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) submetidas ao teste padrão de germinação em diferentes substratos e temperaturas.

A velocidade de germinação pode ser alterada em relação à temperatura: temperaturas baixas geralmente retardam as atividades metabólicas, causando redução no percentual de germinação e atraso no processo germinativo, enquanto as altas aumentam a velocidade de germinação, por promoverem a desnaturação de proteínas necessárias à germinação (NASCIMENTO et al., 2011; SIMON et al., 1976).

O acompanhamento diário da germinação das sementes de quinoa permitiu gerar curvas da evolução da germinação para cada tratamento avaliado (Figura 3). Observam-se maiores porcentagens de germinação quando se utilizou o substrato entre papel, e que neste a temperatura que proporcionou máxima germinação foi na alternada de 20-30°C.

De maneira geral, houve germinação a partir do primeiro dia após a semeadura e já no segundo dia as porcentagens obtidas foram maiores que 50%. Do quarto dia em diante houve a estabilização da germinação. A partir desses resultados, infere-se que a data ideal para a primeira contagem seja aos dois dias e para a segunda, aos quatro dias após a semeadura. Critérios semelhantes para a determinação de datas para a avaliação do teste padrão de germinação foram utilizados por Alves et al., 2015; Caldeira et al., 2015; Alves et al., 2014 e Oliveira et al., 2014.

Em comparação com outras culturas como a soja e o milho, por exemplo, onde a primeira e a segunda contagens são aos 5-8 e 4-7 dias, respectivamente, e até mesmo com a beterraba, primeira contagem aos 4 e segunda aos 10 dias (BRASIL, 2009), que pertence à mesma família botânica, nota-se que as sementes de quinoa germinam consideravelmente mais rápido. Isso se deve à alta capacidade de absorção de água que essas sementes possuem, chegando a ocorrer protrusão radicular em seis a dez horas após a exposição à água (MAKINEN et al., 2014). Tal fato é ocasionado pela estrutura das sementes de quinoa: o tegmen e a endotesta são completamente consumidos durante a formação da semente, ficando intacta apenas a exotesta (BURRIEZA et al., 2014), o que contribuiria para maior permeabilidade do tegumento. Outro fator seria em relação ao seu principal tecido de armazenamento, que é o perisperma, sendo formado por células grandes e mortas, de paredes finas, cheias de grânulos de amido (LÓPEZ-

FERNANDEZ; MALDONADO, 2013), que são substâncias hidrofílicas, facilitando assim a absorção.

6. CONCLUSÃO

O teste de germinação em sementes de quinoa deve ser realizado em temperatura alternada de 20-30°C, em substrato entre papel, com a contagem inicial aos dois dias e final aos quatro dias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUGOCH, L., CASTRO, E., TAPIA, C., ANÑÓN, M.C., GAJARDO, P. E., VILLARROEL, A. Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) during storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, n.10, p. 2013-2020, 2009.

ALVES, C.Z.; CANDIDO, A.C. da S; OLIVEIRA, N.C. de; LOURENÇO, F.M. dos S. Teste de germinação em sementes de *Cucumis melo* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.2, p.228-234, fev, 2014.

ALVES, C.Z., SILVA, J.B., CÂNDIDO, A.C.S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de goiaba. **Ciência Agrônômica**, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE v. 46, n. 3, p. 615-621, 2015.

ANDRADE, A. C. S., SOUZA, A. F., RAMOS, F. N., PEREIRA, T. S., CRUZ, A. P. M. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 609-615, 2000.

ASCHERI, J. L.; SPEHAR, C. R.; NASCIMENTO, N. E. **Caracterización química comparativa de harinas instantaneas por extrusión de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), maíz y arroz. Alimentaria**, v. 39, n.331, p. 82-89, 2002.

AZEVEDO, M. R. Q. A., GOUVEIA, J. P. G., TROVÃO, D. M. M. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.519-524. 2003.

BALLON, E., TELLERIA, W., HUTTON, J. Aproximación a la determinación de saponinas por cromatografía de capa fina. In: CONVENCION INTERNACIONAL DE QUENOPODIACEAS, 2. 1976. Potosí. **Memorias...**

Potosí, Bolívia: Universidad Tomas Frias: Comité Interdepartamental de Obras Públicas de Potosí: IICA, 1976. p. 89-94.

BAZILE, D., BAUDRON, F. Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinoa respecto a su alta biodiversidad. In: BAZILE, D. et al. (Eds) **Estado de la arte de la quinoa en el mundo en 2013**. FAO: Santiago, Chile e CIRAD: Montpellier, Francia, p. 49-64, 2014.

BEAN, M. M., FELLERS, D.A. **Composite flour breads in Bolivia**: technical aspects. Proceedings of the 7th World Cereal and Bread Congress, Prague, p. 859-864, 1982.

BERTERO, H.D., KING, R.W., HALL, A.J. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Field Crops Research**, v.63, n.19–34, 1999.

BERTI, M., R. WILCKENS, F. HEVIA, H. SERRI, I. VIDAL Y C. MÉNDEZ. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Ciencia e Investigación Agraria**, v.27, n.2, p.107-116, 2000.

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

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 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 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Temas Agrários**, v. 15, n.1, p. 9-23, 2010.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.(Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 83-136, 1993.

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

BRUNO, M.C. A. Morphological approach to documenting the domestication of *Chenopodium* in the Andes. In: ZEDER, M., BRADLEY, D., E EMSHWILLER, E.; SMITH, B. (eds). **Documenting domestication**. New Genetic and Archaeological Paradigm, 32-45. University of California, Berkeley, p.32-45, 2006.

BURRIEZA, H.P.; LOPEZ-FERNÁNDEZ, M.P.; MALDONADO, S. Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. **Plant Science**, v.5, p.1-11, 2014.

CALDEIRA, T. L., BESKOW, S., MELLO, C. R., FARIA, L. C., SOUZA, M.R., GUEDES, H. A. S. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 2015, p. 197–20.

CARRILLO, A. **Anatomía de La semilla de *Chenopodium berlandieri* sp. nuttalliae (Chenopodiaceae) Huauzontle**. 87p. (Mestrado), Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México, 1992.

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

CHEEKE, P. R. Actual and potential applications of *Yucca schottigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, 2. 2002, Uberlândia. **Anais...** Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. p.127-131.

CÍCERO, S.M. Produção, coleta, transporte e armazenamento de sementes de seringueira. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO

ESTADO DE SÃO PAULO, 1, Piracicaba, 1986. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.133-138.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principle of seed science and technology.**New York: Chapman & Hall,1995. 409p.

CUSACK, D. Quinoa: grain of the Incas.**Ecologist**, v.14, p. 21–31, 1984.

DELOUCHE, J.C. Precepts for seed storage.In: Short course for seedmen. Mississippi. 1970. Proceedings...Mississippi StateUniversity, 1970, p.85-119.

DELGADO, A. I., PALACIOS, J. H., BETANCOURT, C.Evaluación de 16 genotipos de quinuadulce (*Chenopodiumquinoa*Willd.) enel municipio de Iles, Nariño (Colombia). **AgronomiaColombiana** 27(2), 159-167. 2009.

DINI, I., TENORE, G. C., DINI, A. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. **LWT – Food Science and Technology**, v.43, p.447–451, 2010.

ESTRADA, A., LI, B., LAARVELD, B. Adjuvant action of *Chenopodium quinoa* saponins on the induction of antibodyresponses to intragastric and intranasal administered antigens in mice. **ComparativeImmunologyMicrobiologyandInfectiousDiseases**, 225–236, 1998.

ETCHEVERS, B.J.,AVILA, T.P. Factores que afectanelcrecimiento de quinoa (*Chenopodiumquinoa*) en al centro-sur de Chile. **10th Latin American MeetingAgriculturalSciences**, 1979.

FAO – Oficina Regional para América Latina y el Caribe. **La quinua:** cultivo milenário para contribuir a la seguridade alimentaria mundial, Bolívia, 58p., 2011.

FARRO, P.C.A. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodiumquinoa*Willdenow) variedade**

“**Real**”. 2008. 320 f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. Disponível em:<http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>. Acesso em: 19 de junho de 2016.

FIGLIOLIA, M. B., OLIVEIRA, E. C., PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B., PINÃ-RODRIGUES, F. C. M., FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 137-174, 1993.

GANDARILLAS, H. Quinoa production. IBTA-CIID. Sierra-Blanca Associates, Denver, CO. 1982.

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.

GUIMARÃES, R. M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA, p.132. 1999.

GOMES, P. G., OLIVEIRA, L. M., FERREIRA, P. I., BATISTA, F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de *Myrtaceae*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 285-293, jan.-mar., 2016.

HANCCO, J. **Cultivo de La Quinua en Puno-Peru – Descripción, manejo y producción**. Puno, Peru, 2003. 5 p.

FOWLER, J.A.P. Superação de dormência e armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília, DF, Embrapa, 2000. 351p.

JELLEN E. N., MAUGHAN P. J., FUENTES F., KOLANO B. A. Botánica, Domesticación y Circulación de Recursos Genéticos. In: BAZILE D. et al. (Eds) **Estado del arte de La quinua em el mundo en 2013**: FAO: Santiago, Chile: CIRAD: Montpellier, Francia, 2014, p. 11-35.

JOHNSON, D.L., WARD, S.M. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), Quinoa. **New Crops**. Wiley, New York, 1993.p. 222–227.

KOGER, C. H. et al. Factors affecting seed germination, seedling emergence and survival of Texasweed (*Caperoniapalustris*). **Weed Science**, v. 52, n. 6, p. 989-995, 2004.

KOZIOL, M. J. Quinoa: a potential new oil crop. In: JANICK, F., SIMON, J. (Eds). **New Crops**. Wiley, New York, 1993.p.328-336.

KOZIOL, M.J., Composición química. In: WAHLI, C. **Quinua haciasu cultivo comercial**. Quito, Equador: Latinreco, 1990. p. 137-159.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**: programa regional de desenvolvimento científico e tecnológico. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LINDEBOOM, N. **Studies on the characterization, biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. 152p. (Doutorado), University of Saskatchewan, Saskatoon, 2005.

LOPES, J. C., CAPUCHO, M. T., MARTINS FILHO, S., REPOSSI, P. A. Influência de temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de beralha. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 27, nº 2, p.18-24, 2005.

MACHADO, C., OLIVEIRA J. A., DAVIDE A. C., GUIMARÃES, R. M. Metodologia Para a Condução do Teste de Germinação em Sementes de Ipê-

Amarelo. (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Cerne**, V.8, N.2, p.017-025, 2002.

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.

MÄKINEN, O. E., WANHALINNA, V., ZANNINI, E., ARENDT, E.K. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant based milk substitutes and fermented dairy type products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p. 291 -348, 2005.

MUJICA, A. S., JACOBSEN, S. E., IZQUIERDO, J., MARATHEE, J. P. (2001). **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro**. Santiago, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y La Alimentación, 2001.

MUJICA, A., JACOBSEN, S. La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. In: MORAES, M., OLLGAARD, B., KVIST, L. P., BORCHSENIUS, F., BASLEV, H. (eds) **Botánica Económica de los Andes**. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, p. 449-457, 2006.

NASCIMENTO, W.M. et al. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: **Curso sobre Tecnologia de Produção de Sementes de Hortaliças**, 11. Porto Alegre/RS: Embrapa Hortaliças, 2011. CD-ROM.

NEVES, W. S. et al. Avaliação fitossanitária de sementes de pinhão-mansão provenientes dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadina, v.3, n.2, p.17-23, 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.

NODARI, R. O., FANTINI, A. C., GUERRA, M. P., REIS, M. S., SCHUCH, O. Conservação de frutos e sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Martius) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.1-10, 1998.

OAKENFULL, D., SIDHU, G.S. Could saponins be a useful treatment for hypercholesterolemia. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.44, p.79-88, 1990.

OELKE, E.A., PUTNAM, D.H., TEYNOR, T.M., OPLINGER, E.S. Alternative field crops manual. University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Centre for Alternative Plant and Animal Products, 1992.

PERRY, D.A. Seed vigor and field establishment. **Horticulture Abstract**, v. 42, p.334-342. 1972.

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

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

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International** v.19, n. 1-2, p.179-189, 2003.

ROCHA, J.E.S. **Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no planalto central**. 2008. 128 f.

Dissertação (Mestrado Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2008.

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

SCHULTE-AUF'M-ERLEY, G., KAUL, H.P., KRUSE, M., AUFHAMMER, W. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat under differing nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, 22, 95–100, 2005.

SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, nº 3 p. 035-041, mar. 2010.

SIGSTAD, E.E.; GARCIA, C.L. A microcalorimetric analysis of quinoa seeds with different initial water content during germination at 25°C, **Themochimica Acta**, v.366, p.149-155, 2001.

SIGSTAD, E. E., PRADO, F.E.A Microcalorimetric study of *Chenopodium quinoa* Willd. Seed germination. **Themochimica Acta**, v. 326, p. 159-164, 1998.

SIMON, E. W. et al. The low temperature limit for seed germination. **New Phytologist**, v. 77, n. 2, p. 301-311, 1976.

SMITH, B. D. **Rivers of Change**. Essays on Early Agriculture in Eastern North America, Smithsonian Institution, Washington and London., 1992, 302 p.

SOUZA, F. F. J. **Qualidade Fisiológica de Sementes de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) Armazenadas em Diferentes Ambientes e Embalagens**. (Mestrado). Universidade Estadual de Goiás. Anápolis, Goiás. 42p, 2013.

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

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**, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.

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

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**, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011.

SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B. NASSER, L.C.B. Diferenças entre *Chenopodium quinoa* e a planta daninha *Chenopodium album*. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.487-491.2003.

SPEHAR, C.R., SANTOS, R.B.L. Aproveitamento alimentar, In: SPEHAR, C.R.; **Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 71-79. 2007.

TAPIA, M. **Cultivos andinos subexplorados y su aporte a la alimentación**. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para la América Latina y Caribe, 217 p., 1997.

VÁZQUEZ-YANEZ, C., OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiologia ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical: un reflejo de su ambiente. **Ciência**, Santo Domingo, v.35, p.191-201, 1984.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

WEBER, E.J. The Inca's ancient answer to food shortage. **Nature**, v. 272, p. 486, 1978.

WILSON, H.D. Quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). **Economic Botany**, v. 44, p. 92–110, 1990.