

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SEMENTES**



CARACTERES MORFOLÓGICOS E AGRONÔMICOS DE PLANTAS E  
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE QUINOA

Pelotas, dezembro de 2016.

**RAFAEL DE OLIVEIRA VERGARA**

**CARACTERES MORFOLÓGICOS E AGRONÔMICOS, CRESCIMENTO DE  
PLANTAS E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE QUINOA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Orientador: Prof. Dr. Francisco Amaral Villela**  
**Coorientador (a): Profa. Dr<sup>a</sup>. Gizele Ingrid Gadotti**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio incondicional ao longo desta trajetória.

Ao meu pai, meu exemplo de força e superação, pelo carinho e incentivo.

Ao grande amigo e professor Francisco Amaral Villela, pelo conhecimento compartilhado, amizade e orientação durante estes dois anos.

À grande professora e amiga Gizele Ingrid Gadotti, pelo apoio e incontáveis colaborações.

Aos pós doutores André Brunet, Tiago Pedó e Vanessa Soares, pelo auxílio e amizade.

Aos colegas do grupo pseudocereais, Tainan Lopes de Almeida, Tais Rosa e Daniele Rodrigues, pelo companheirismo e amizade ao longo desta jornada.

Aos alunos Ariele Nadal e Henrique Maldaner, que foram fundamentais no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores e amigos do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pela colaboração no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela oportunidade de realização do curso.

## RESUMO GERAL

VERGARA, Rafael de Oliveira. **Caracteres morfológicos e agronômicos de plantas e qualidade fisiológica de sementes de quinoa.** 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

A quinoa é uma planta da família Chenopodiaceae, domesticada pelos povos andinos há milhares de anos. É uma cultura anual produtora de grãos, conhecida como pseudocereal devido à sua semelhança com a composição dos grãos de cereais. Suas sementes são consumidas mundialmente devido às suas propriedades nutricionais, atualmente apresentando elevada demanda. Deste modo a cultura se apresenta como uma importante alternativa para diversificação de cultivos e geração de renda para pequenos agricultores. Atualmente seu consumo e produção estão difundidos ao redor do mundo. No Brasil, sua introdução é recente, sendo os primeiros estudos desenvolvidos na região central do Brasil. Devido ao promissor mercado de alimentos nutracêuticos, a produção deste pseudocereal apresenta grande importância. Tendo em vista a necessidade de estudos que viabilizem a produção de grãos e sementes, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência das condições ambientais nos caracteres morfológicos e agronômicos e qualidade fisiológica de sementes. Para tal foi efetuada a análise de crescimento da cultura, foram obtidos os caracteres agronômicos e morfológicos da cultura e foi efetuada a adaptação de um teste para determinação de vigor pela quantificação da emissão de etanol pelas sementes. Através da curva de crescimento e análise da qualidade da semente produzida, evidenciou-se que não existe diferença significativa entre a cultivar brasileira e o acesso de origem andina, tal fato demonstrando a adaptabilidade da cultura na região. Através do estudo de caracteres morfológicos e agronômicos, observou-se que a utilização de fórmula adaptada para cálculo de potencial de produção é viável para a cultura, existindo acentuada variabilidade entre os genótipos estudados. O estudo dos caracteres morfológicos indica que é possível diferenciar os genótipos de quinoa, especialmente levando em consideração o número de dentes na folha, entretanto observou-se grande variabilidade genética dentro de uma mesma cultivar. Através do estudo do metabolismo do etanol, observou-se relação significativa entre a sua produção e o nível de vigor de sementes, assim utilizando metodologia adaptada, foi possível diferenciar pela produção de etanol lotes de sementes de quinoa com diferentes níveis de vigor, assim comprovando a eficiência do teste.

**Palavras-chave:** *Chenopodium quinoa*; teste de etanol; produção de sementes; vigor de sementes

## ABSTRACT

VERGARA, Rafael de Oliveira. **Caracteres morfológicos e agronômicos de plantas e qualidade fisiológica de sementes de quinoa.** 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Quinoa is a plant of the Chenopodiaceae family, domesticated by the Andean peoples for thousands of years. It is an annual grain crop, known as pseudocereal due to its similarity to the composition of cereal grains. Its seeds are consumed worldwide due to their nutritional properties, currently presenting high demand. In this way culture is presented as an important alternative for crop diversification and income generation for small farmers. Currently its consumption and production are widespread around the world. In Brazil, its introduction is recent, being the first studies developed in the central region of Brazil. Due to the promising nutraceutical food market, the production of this pseudocereal is of great importance. The objective of the present work is to evaluate the influence of the environmental conditions on the morphological and agronomic traits and the physiological quality of the seeds. In order to do this, the analysis of crop growth, the agronomic and morphological characters of the crop were obtained and a test was performed to determine vigor by quantifying the ethanol emission by the seeds. Through the growth curve and analysis of the quality of the seed produced, it was evidenced that there is no significant difference between the Brazilian cultivar and the access of Andean origin, this fact demonstrating the adaptability of the crop in the region. Through the study of morphological and agronomic characters, it was observed that the use of a formula adapted to calculate potential production is feasible for the crop, and there is a marked variability among the studied genotypes. The study of the morphological characters indicates that it is possible to differentiate the quinoa genotypes, especially taking into account the number of teeth in the leaf, but great genetic variability was observed within the same cultivar. Through the study of the ethanol metabolism, it was observed a significant relationship between its production and the level of seed vigor, thus using adapted methodology, it was possible to differentiate by the ethanol production lots of quinoa seeds with different levels of vigor, thus proving the efficiency of the test.

**Keywords:** *Chenopodium quinoa*; ethanol test; seed production; seed vigor

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Temperatura máxima, mínima e radiação solar durante o período de crescimento de quinoa na região de Pelotas.....	35
Figura 2	Comprimento de parte aérea, número de folhas, índice de área foliar matéria seca de parte aérea, matéria seca de raiz de plantas de dois cultivares de quinoa ao longo do desenvolvimento da cultura.....	36
Figura 3	Folhas adultas de quinoa, Cultivar 1(a), BRS Piabiru(b) e Cultivar 2 (c).....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Germinação, emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas oriundas de sementes de quinoa de duas cultivares.....	37
Tabela 2	Caracteres agronômicos de três cultivares de quinoa cultivadas na região sul do Rio Grande do Sul.....	42
Tabela 3	Descrição morfológica de caule de três cultivares de quinoa cultivadas no sul do Rio Grande do Sul.....	44
Tabela 4	Descrição morfológica de folha de três cultivares de quinoa cultivadas no sul do Rio Grande do Sul.....	45
Tabela 5	Descrição morfológica de inflorescência de três cultivares de quinoa cultivadas no sul do Rio Grande do Sul.....	45
Tabela 6	Resumo da análise da variância para diferentes massas de sementes (1,0, 1,5 e 2,0g) e qualidade fisiológica de quatro lotes de sementes de quinoa.....	64
Tabela 7	Índice de velocidade de emergência, emergência, germinação, quantificação de etanol utilizando diferentes massas de sementes de quatro lotes de quinoa.....	64
Tabela 8	Correlação de Pearson entre as variáveis índice de velocidade de emergência, emergência e quantificação de etanol com nível de 1% de significância.....	65

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 A cultura da quinoa .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Produção.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Propriedades nutricionais.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Análise de crescimento.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Caracteres morfológicos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Caracteres agrônômicos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7 Qualidade de sementes.....</b>	<b>18</b>
<b>3 ARTIGOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Artigo 1: Crescimento de plantas e qualidade fisiológica de sementes de quinoa cultivadas no sul do Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Artigo 2: Caracteres morfológicos e agrônômicos de quinoa cultivadas no sul do Rio Grande do Sul.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Artigo 3: Teste de etanol para avaliação do vigor em sementes de quinoa.....</b>	<b>51</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>66</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma cultura de ciclo anual, pertencente à família Chenopodiaceae, conforme Spehar e Santos (2002), sendo uma espécie granífera que foi domesticada pelos povos nativos da região da Cordilheira do Andes à milhares de anos. Pela proximidade em composição organo-mineral com os cereais, sem, no entanto, pertencer à mesma família botânica, a quinoa é frequentemente referida como um “pseudocereal” (SPEHAR, 2002).

De acordo com FAO(2009), a quinoa é o único alimento de origem vegetal que apresenta todos os aminoácidos essenciais, oligoelementos e vitaminas. Ao mesmo tempo, apresenta elevada capacidade de adaptação a diferentes ambientes, ou seja, apresenta boa tolerância a déficit hídrico, solos pobres e salinos, podendo ser cultivada desde o nível do mar até quatro mil metros de altitude e sendo capaz de suportar temperaturas entre -8°C até 38°C. Assim, verifica-se a importância do cultivo desta espécie, por apresentar elevada capacidade de adaptação em diversos biomas e elevado valor biológico, deste modo contribuindo com a segurança alimentar dos povos que a cultivam.

Segundo Alves et al.(2008), a Bolívia é o maior produtor da quinoa, com 46% da produção mundial, seguido pelo Peru com 42% e pelos Estados Unidos, com 6,3%. O cultivo de quinoa transcendeu fronteiras continentais, é cultivada na França, Inglaterra, Suécia, Dinamarca, Holanda e Itália. Nos Estados Unidos ocorre nos Estados de Colorado e Nevada e no Canadá nas pradarias de Ontario. No Quênia mostrou altos rendimentos de sementes (4 t\* ha<sup>-1</sup>) e no Himalaia e nas planícies do norte da Índia, a cultura pode desenvolver-se com sucesso (FAO, 2013).

No Brasil, a introdução de quinoa ocorreu na década de 1990, como parte de um esforço para diversificar o sistema de produção no Cerrado. As primeiras tentativas de adaptá-la ao cultivo ocorreram por seleção em populações híbridas, provenientes de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR; SOUZA, 1993).

Levando em conta a capacidade de suportar tanto altas como baixas temperaturas e adaptação a diferentes condições ambientais, a quinoa pode

se constituir numa alternativa promissora para cultivo na época de ocorrência de baixa temperatura, particularmente na região sul do Rio Grande do Sul.

O cultivo de quinoa no Brasil deve auxiliar na diversificação da produção, assim se tornando uma nova e promissora fonte de renda para a propriedade e possibilitando a prática de um sistema agrícola mais sustentável.

O objetivo do presente trabalho é avaliar a influência das condições ambientais nos caracteres morfológicos e agrônômicos e qualidade fisiológica de sementes.

## **2.0 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura da quinoa**

A quinoa compreende diversas variedades e seu período vegetativo varia entre 150 e 240 dias, com uma capacidade de adaptação a diferentes circunstâncias ambientais. Com grande variabilidade genética e relativa tolerância a estresses abióticos, como baixas temperaturas, déficit hídrico, salinidade e acidez (JACOBSEN et al., 2003).

De acordo com Pando & Barra (2012), as folhas são alternas, lanceoladas e denteadas apresentando de 3 a 20 dentes por folha, formadas por pecíolo e lamina, pode ter coloração verde, purpura ou vermelha. O caule é cilíndrico tornando-se anguloso próximo à região de ocorrência das folhas e ramificações, a sua cor pode ser verde, amarelo, vermelho, púrpura, laranja, apresentando estrias verticais de outra coloração. Possui raiz pivotante formando um sistema radicular bastante ramificado, a inflorescência é uma panícula de comprimento entre 15 a 70 cm, apresentando formato triangular e coloração variada. A mesma inflorescência apresenta flores hermafroditas e pistiladas(femininas) desprovidas de pétalas. O fruto é um aquênio, composto por pericarpo e a semente é recoberta pelo perigonio, que pode apresentar coloração verde, vermelha ou purpura. A semente é constituída por episperma, tecido que cobre a semente, perisperma, tecido de reserva e pelo embrião, que é formado pelos cotilédones e radícula.

O perisperma constitui-se no principal tecido de reserva nutricional da semente, correspondente ao endosperma nos grãos de cereais. Pela

composição organo-mineral similar à dos cereais, sem, todavia, pertencer à mesma família botânica, a quinoa é considerada um “pseudocereal” (Spehar, 2002).

O grão possui proteína de qualidade, que atende às necessidades básicas em aminoácidos essenciais, no balanceamento protéico de alimentos e ração animal. Ademais, atende, também, à crescente demanda por alimentos equilibrados e funcionais, relacionada à busca de alternativas dietéticas, como a ausência de glúten. Com estas propriedades, a quinoa tem sido demandada mundialmente, o que tem levado à expansão do cultivo, inclusive como alternativa aos cultivos comerciais (SPEHAR, 2011).

De introdução recente no Brasil, a espécie apresenta apenas uma cultivar registrada no país, denominada BRS Piabiru.

As características agrônômicas de BRS Piabiru são: estatura média de 190 cm, da qual a inflorescência ocupa 45 cm; diferenciação floral aos 30 dias após emergência, com antese aos 45 dias; período entre emergência e a maturação fisiológica de 145 dias, apresenta resistência ao acamamento (SPEHAR e SOUZA, 1993).

## 2.2 Produção

De acordo com Jacobsen et al. (2003), o período mais crítico para adaptação da cultura é o estabelecimento. No período de germinação, a quinoa é sensível à compactação do solo e à baixa temperatura, podendo causar significativa redução na produtividade. As condições ótimas para o desenvolvimento são obtidas com semeadura a uma profundidade entre 1 e 2 cm em solo úmido e homogêneo, utilizando sementes de elevada qualidade. Entre as recomendações básicas para o cultivo, a semeadura se faz, preferencialmente, em sulcos, espaçados em 40-50 cm, evitando-se cobrir as sementes com mais de 2,0 cm de solo. A população final esperada é de 500 mil plantas por hectare, embora haja indicação de não haver diferença no rendimento entre populações variando de 100 mil a 600 mil plantas ha<sup>-1</sup> (SPEHAR e ROCHA, 2009).

Cuidado especial deve ser dispensado na época de semeadura, devido ao lento crescimento durante as duas primeiras semanas após a emergência,

durante a qual a competição com invasoras de rápido crescimento é maior (BHARGAVA et al., 2006). Uma semeadura antecipada pode permitir à quinoa ter uma vantagem inicial sobre as plantas espontâneas. Isso é ainda mais importante pelo fato de inexistir recomendações para o uso de herbicidas no controle de plantas espontâneas na população de quinoa, sendo usada quase que exclusivamente a capina (BHARGAVA et al., 2006). Entretanto Santos et al. (2003) demonstraram que alguns herbicidas, como Clomazone e Imazaquim, causam danos à cultura mesmo algum tempo após a aplicação, verificando, por outro lado, que alguns graminicidas, como Trifluralin, Setoxydin, Fluazifop-butil e Alachor, bem como Tribunil, para folhas largas, podem ser usados no cultivo da quinoa.

A produção, teor de proteínas e nutrientes, conforme Karyotis et al. (2003), sofre efeito das condições de fertilidade e acidez do solo. Entretanto, determinadas variedades de quinoa, mesmo sob ambientes desfavoráveis apresentam promissora capacidade para a produção de sementes. Spehar (2006) recomenda uma adubação de manutenção baseada na exportação de nutrientes e em um rendimento esperado de  $2,5t \cdot ha^{-1}$ , na seguinte proporção: 50 kg de N, 6 kg de P, 80 kg de K, 33 kg de Ca, 20 kg de Mg, 0,6 kg de Fe, 0,2 kg de Mn e 0,07 kg de Zn. É importante que o nitrogênio seja aplicado parcelado, com uma adubação de cobertura após trinta dias da emergência, quando o desenvolvimento da planta é acelerado.

A quinoa é suscetível ao ataque por uma variedade de patógenos, os quais causam doenças diversas como míldio, tombamento, ferrugem, mosaico (BHARGAVA et al., 2006), O míldio (*Peronospora farinosa*) é o mais severo patógeno da quinoa e que pode causar a redução na produção de 33 a 58%, mesmo nas cultivares mais resistentes (DANIELSEN et al., 2000). Segundo Rocha (2008), não existem relatos de fungos associados a sementes de quinoa no Brasil, entretanto experimentos demonstraram a associação de diversos fungos que podem ser patogênicos às plântulas

Na avaliação de quinoa, SPEHAR et al. (2011), não encontraram as doenças e pragas típicas da espécie, entretanto relataram a incidência de percevejos de várias espécies, como *Nezara viridula*, *Pyezodorus guildinii* e *Euschistos heros*, porém sem danos aparentes nos grãos. No armazenamento foram identificados ataques de gorgulho do trigo (*Sitophilus*

*granarius*) e de traças-dos-cereais (*Ephestia kuehniella* e *Plodia interpunctella*), afirmando que são insetos que geralmente atacam os grãos da quinoa.

A época ideal de colheita, juntamente com as técnicas empregadas, são aspectos importantes na produção de sementes, devido ao fato de apresentarem reflexos diretos na qualidade, uma vez que a velocidade de maturação varia entre espécies (FIGLIOLIA, 1995), sendo o momento ideal de colheita em termos de qualidade fisiológica no ponto de maturação fisiológica.

De acordo com Wahli(1990), a quinoa pode ser classificada em relação à maturidade fisiológica em tardia, se mais de 180 dias, semitardia, de 150 a 180 dias, semiprecoce, de 130 a 150 dias e precoces se inferior a 130 dias.

O ponto de maturidade fisiológica é alcançado quando a semente atinge os valores máximos de massa seca, poder germinativo e vigor (POPINIGIS, 1985), ou seja, neste estágio a semente apresenta a máxima qualidade. Após o ponto de maturidade fisiológica a semente deixa de receber nutrientes da planta mãe e fica armazenada em campo, assim ficando sujeita a todo tipo de intempérie podendo assim ter sua qualidade comprometida. O ponto de maturidade fisiológica pode variar de acordo com a espécie e até mesmo com a cultivar, entretanto se pode observar variações na coloração e formato da semente que se tornam indicativos de tal evento.

### **2.3 Propriedades nutricionais**

A quinoa pode ser utilizada na alimentação de diversas formas, como farinha crua ou torrada, flocos, sêmola, pó instantâneo ou até mesmo os grãos pode ser introduzida em diversos pratos, como sopas, pães, tortas, sobremesas, enriquecendo assim seu valor nutricional ( GOUVEIA et al., 2011)

O grão de quinoa mesmo não pertencendo à família das poaceas, é classificado como um pseudocereal por apresentar elevado teor de amido (50-60%), apresentando proteína de elevada qualidade, sendo comparável à caseína do leite( JACOBSEN et al., 2003; MEZQUITA et al., 2007).

Os grãos de quinoa tem despertado grande atenção no ramo dos suplementos alimentares, devido a apresentar de 14 a 16% de proteína composta por aminoácidos balanceados (GOUVEIA et al., 2011). Vale ressaltar que sua

proteína é de alta qualidade, pois é rica em lisina, histidina, metionina e aminoácidos sulfurados, muitas vezes deficiente nos cereais (MEZQUITA et al., 2003; ROMO et al., 2006).

O amido da quinoa é encontrado em forma de pequenos grânulos localizados no perisperma, apresentando 20% de amilose, os açúcares livres chegam a 6,2%, apresenta 7,8% de fibras totais, conteúdo maior do que o do arroz (0,4%), trigo (2,7%) e milho (1,7%), composta por 5,31% de fibras solúveis e 2,49% de fibras insolúveis (ROMO et al., 2007).

A quinoa apresenta 5,6% de lipídios em sua composição, volume superior ao encontrado nos cereais. Deste total, 50,7% são compostos por omêga 6 e 0,8% por omêga 3, apresentando composição semelhante ao óleo de soja, apresentando ainda alta proporção de ácido oléico, algo em torno de 48% de sua composição e apenas 0,4% de ácidos graxos saturados (JACOBSEN et al., 2003; ROMO et al., 2006; LINNEMANN et al., 2002)

A quinoa apresenta  $927 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de potássio,  $149 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de cálcio,  $250 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de magnésio,  $384 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de fósforo,  $13,2 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de ferro e  $4,4 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de zinco (BORGES et al., 2003).

Entretanto um dos fatores que limita o consumo do referido produto é o acúmulo de glicosídeos nos seus grãos (ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagênico e ácido desoxi-fitolacagênico), estes compostos são denominados vulgarmente de saponinas, a presença deles confere sabor amargo ao produto (SOUZA et al., 2004; BHARGAVA et al., 2006).

## **2.4 Análise de crescimento**

A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica do desenvolvimento, avaliada por meio de índices fisiológicos e bioquímicos, É um método a ser utilizado na investigação do efeito dos fenômenos ambientais sobre o crescimento, como a adaptabilidade das espécies em ecossistemas diversos, diferenças genótípicas da capacidade produtiva e influência das práticas agrônômicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1986).

A análise de crescimento representa o referencial inicial na análise de produção das espécies vegetais, necessitando de informações que podem ser

obtidas sem a necessidade de equipamentos de elevado nível tecnológico. Dentre as informações necessárias estão à quantidade de material contido na planta toda e em suas partes (folhas, colmos, raízes e frutos), e tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas em intervalos de tempo regulares durante o desenvolvimento fenológico da planta (PEREIRA e MACHADO, 1987).

De acordo com Taiz & Zeiger (2009), para efetuar a análise em questão devem ser feitas avaliações durante o decorrer do ciclo da cultura, observando a área foliar da planta e a quantidade de fitomassa produzida.

De acordo com Kvet et al. (1971), o estudo da análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo de ligação entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos.

Para avaliar os efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, a análise de crescimento é fundamental, pois descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o estudo da produção final (URCHEI et al., 2000)..

O conhecimento das características de desenvolvimento da cultura é importante ferramenta para adoção de práticas que visam a minimizar o efeito deletério ocasionado pelas variações climáticas. Neste sentido, para Aumonde et al. (2011), o estudo das variáveis de crescimento possibilitam o conhecimento da resposta vegetal sob determinadas condições de manejo e sob diferentes condições ambientais.

Na produção de sementes de alta qualidade, o efeito do genótipo torna-se determinante, porém, o efeito ocasionado pelo ambiente de cultivo e a interação entre genótipo e ambiente são pronunciados (BORNHOFEN et al., 2015).

Pelo exposto, torna-se de grande importância o estudo da interação entre o genótipo e o ambiente de cultivo, demonstrando o provável efeito nas variáveis relacionadas ao crescimento da planta.

## 2.5 Caracteres morfológicos

A quinoa pertence à classe Magnoliopsida, ordem Caryophyllales, família Amaranthaceae, subfamília Chenopodioideae e gênero *Chenopodium*.

Conforme Pando & Barra(2012), as variedades apresentam classificação agroecológica e assim são classificadas em Quinoas do Vale, Quinoas do Altiplano, Quinoas dos Salares, Quinoas do Nível do Mar e Quinoas Subtropicais. Quinoas do Altiplano são originadas na região do lago Titicaca, apresentam de 1 a 1,8 metros de altura e ciclo de 4 a 7 meses. Quinoas dos Salares são originadas da região dos Salares Bolivianos, apresentam sementes grandes. Quinoas do Vale originárias dos vales andinos sendo bastante cultivada na região central e norte do Peru, e as cultivares apresentam de 2 a 4 metros de altura e ciclo de até 7 meses. As Quinoas do Nível do Mar são originárias do sul do Chile, florescem em dias curtos e apresenta semente pequena de cor amarela. As Quinoas Subtropicais apresentam coloração verde intensa que passa à alaranjado na maturidade, sementes pequena e de coloração laranja.

No Brasil, a descrição morfológica de cultivares é amplamente utilizada, durante a vistoria dos campos de produção de sementes de diferentes culturas. Os caracteres favorecem a distinção de diferentes cultivares, permitindo assim que não ocorra contaminação genética e varietal.

Pela elevada variabilidade genética da quinoa, tais caracteres ganham grande importância para a produção de sementes e para o melhoramento da espécie, possibilitando assim a obtenção de cultivares homogêneas e a manutenção da pureza genética durante a multiplicação nos campos de produção.

Para a caracterização morfológica de quinoa, Pando e Barra(2012) utilizaram os seguintes descritores:

- no caule: a coloração, a presença ou não de axilas pigmentadas, presença ou não e coloração de estrias e a presença ou não de ramificações;
- nas folhas: a cor, a borda das folhas inferiores e número de dentes;
- na panícula: a cor na maturidade, densidade, tipo e forma;
- no fruto e na semente: a cor do pericarpo, cor do perisperma e tamanho de semente.

## 2.6 Caracteres agronômicos

As características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e número de nós férteis, têm relação com o potencial produtivo da planta, uma vez que representam a superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de flores (NAVARRO JUNIOR e COSTA, 2002).

O conhecimento das respostas dos componentes do rendimento da planta à disponibilidade de fotoassimilados e a identificação do momento em que estes componentes são formados são importantes na seleção de características a serem incorporadas nos cultivares (BOARD e TAN, 1995).

A análise de trilha foi adaptada e vem sendo muito utilizada para investigar as relações entre os componentes do rendimento de sementes em culturas produtoras de grãos (BABAR et al., 2007; AYCICEK e YILDIRIM, 2006; COIMBRA et al., 2004).

Neste contexto, a análise de caracteres agronômicos é um dos métodos para entender os fatores envolvidos nas associações entre caracteres e, assim decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal como o rendimento de grãos e as variáveis explicativas, ou seja, os componentes do rendimento (ZILIO et al., 2011).

Os componentes do rendimento são determinados pelo cultivar, influenciados pelas condições ambientais ocorrentes durante o ciclo da cultura e pelas práticas culturais adotadas na condução da cultura (BEZERRA et al., 2007; KAPPES et al., 2008). Assim, o conhecimento destas características em um novo local de cultivo é de grande importância para sua implantação.

Os componentes de rendimento geralmente estão associados às estruturas reprodutivas da espécie e à massa de sementes. Na cultura da soja são avaliados o número de legumes, o número de grão por legume e a massa de mil sementes. Na cultura do milho é observado o número de espigas por planta, número de sementes por espiga e a massa de mil sementes. Vale ressaltar que estes componentes são relacionados com a área ocupada pela planta (BORTOLINI et al., 2001; NAVARRO JUNIOR e COSTA, 2002).

Em trabalho realizado por Spehar e Souza(1993) na região central do Brasil, a cultura apresentou rendimento de  $2,8t*ha^{-1}$  de grãos e  $6,6t*ha^{-1}$  de biomassa total, evidenciando o potencial produtivo da cultura. Entretanto levando em consideração

as diferenças edafoclimáticas entre a região central do Brasil e à metade sul do Rio Grande do Sul, se torna de grande importância estudos comparativos observando as variáveis relacionadas a caracteres agrônômicos nesta nova região de cultivo.

## **2.7 Qualidade de sementes**

A semente de quinoa apresenta composição química média de 60% de carboidratos (REPO-CARRASCO et al., 2003), teores máximos de óleo de 9,5% (DEBRUIN, 1964; KOZIOL, 1990) e teores de 10 a 18% de proteína (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

Para a comercialização das sementes tem-se a necessidade de testes padronizados de germinação e pureza física. A padronização de testes para avaliação da qualidade de sementes de quinoa é importante, por ser tratar de uma espécie de cultivo recente no Brasil e com futuro promissor, levando em conta a expansão do mercado consumidor.

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes vem sendo baseada no teste de germinação, por se tratar de um teste padronizado e por ser de fácil execução. Apesar da ampla utilização, o teste de germinação apresenta limitações pelo fato de não detectar processo de deterioração e os resultados obtidos em laboratório geralmente não representam os da emergência das plântulas em campo, onde as condições podem ser adversas. Outro aspecto desfavorável refere-se ao período de condução do teste (TILLMAN e MENEZES, 2012).

De acordo com Marcos Filho (2015), as transformações degenerativas mais sutis não são avaliadas pelo teste de germinação, tal evento apresenta grande influência no desempenho das sementes, refletindo na emergência, crescimento e posterior produção. Assim, os testes de vigor contribuem para detectar estas informações e, conseqüentemente, são úteis na tomada de decisão, quanto ao destino de um lote de sementes (VANZOLINI e NAKAGAWA, 1998).

Estudando o efeito do vigor em sementes, Tekroni e Egli (1998) verificaram que o uso de sementes de alto vigor é justificado em todas as culturas, para assegurar adequada população de plantas sobre uma ampla variação de condições ambientais de campo encontradas durante o período entre semeadura e emergência, e assim possibilitando aumento na produção mesmo se a densidade de plantas for menor que a recomendada.

Os testes de vigor constituem ferramentas de uso cada vez mais rotineiras para a determinação do potencial fisiológico de lotes de sementes. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade ou para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 2015).

Estudando vigor em sementes de canola, Buckley et al. (2003) observaram a ocorrência de interação significativa entre a produção de etanol e o vigor de sementes. No mesmo estudo, foi evidenciado o teste de produção de etanol como um teste rápido e simples, por não necessitar de nenhum tipo de instalação especial.

As alterações no metabolismo do etanol são indicadores da deterioração em sementes. Essas mudanças no metabolismo do etanol se apresentam provavelmente relacionadas a um declínio na função mitocondrial resultante da oxidação da membrana, particularmente as membranas internas, tendo fosfolipídios com cadeias acilo poli-insaturados. Sendo uma das funções da mitocôndria a oxidação de NADH a NAD<sup>+</sup>, o declínio da atividade mitocondrial resultará na produção insuficiente de NAD<sup>+</sup>, que não só afeta a glicólise (a conversão de sacarose em piruvato), mas também limita a capacidade de degradação de etanol (KODDE e GROOTE, 2015). Deste modo analisando a taxa de liberação de etanol, como um indicador da qualidade das sementes durante o armazenamento. Neste sentido Woodstock e Taylorson (1981), em estudo relacionado a produção de acetaldeído e etanol em sementes de soja, verificaram correlação significativa, indicando que o nível de produção destes compostos estavam relacionados à deterioração das sementes, sendo atribuído a alterações nas membranas mitocondriais.

## ARTIGO 1

### **Crescimento de plantas e qualidade fisiológica de sementes de quinoa cultivada no sul do Rio Grande do Sul**

### **Plant growth and physiological quality of quinoa seeds grown in southern Rio Grande do sul**

#### **Artigo submetido à Revista Interciência(Caracas)**

**Resumo:** O estudo objetivou avaliar o desempenho de dois genótipos de quinoa, quanto ao crescimento de plantas e qualidade fisiológica de sementes, no cultivo na região sul do Rio Grande do Sul. Para tanto, plantas de uma cultivar e de uma linhagem foram cultivadas em casa de vegetação. O delineamento foi inteiramente casualizado contendo quatro repetições e cinco coletas durante a fase de crescimento da cultura. As variáveis observadas foram comprimento de parte aérea, número de folhas, índice de área foliar, matéria seca de parte aérea, matéria seca de raiz e matéria seca total das plantas. Concluiu-se que o acesso e a cultivar BRS Piabiru apresentam lento crescimento inicial nos primeiros 30 dias e acentuado crescimento até aos 120 dias. O acesso e a cultivar apresentam similar potencial para a produção de sementes na região sul do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** *Chenopodium quinoa* Willd, área foliar, índices fisiológicos

#### **Abstract:**

The study aimed to evaluate the performance of two genotypes of quinoa, as the growth of plants and seed physiological quality in cultivation in southern Rio Grande do Sul region. Therefore, plants of a cultivar and a strain were grown at home vegetation. The design was completely randomized with four replications and five collections during the growth stage of the crop. The variables were shoot length,

number of leaves, leaf area index, dry matter of aerial parts, dry matter of root and total plant dry matter. It was concluded that the lineage and BRS Piabiru have slow initial growth in the first 30 days and strong growth up to 120 days. The lineage and cultivate the same potential for seed production in southern Rio Grande do Sul region.

**Key-words:** *Chenopodium quinoa* Willd, leaf area, physiological index

## **Introdução**

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma cultura de ciclo anual, produtora de grãos, pertencente à família Amaranthacea, originária da região da Cordilheira dos Andes e domesticada pelo povo nativo da região.

No Brasil, a quinoa foi introduzida na década de 1990, com objetivo de diversificar o sistema produtivo na região do cerrado (SPEHAR e SOUZA, 1993). Neste contexto, a exploração comercial da cultura constitui-se em importante instrumento para auxiliar na diversificação e aumento de renda em diversas regiões do país.

Há relatos de lavouras comerciais no Brasil, especificamente na região centro oeste, entretanto existem pesquisas que buscam avaliar a viabilidade do seu cultivo não apenas no cerrado brasileiro, mas também em estados da região sul (VASCONCELOS et al., 2012; VASCONCELOS et al., 2013).

A quinoa é o único alimento de origem vegetal que apresenta todos os aminoácidos essenciais, oligoelementos e vitaminas e ao mesmo tempo apresenta elevada capacidade de adaptação a diferentes ambientes, ou seja, possui boa tolerância a déficit hídrico, solos salinos e de baixa fertilidade, pode ser cultivada em altitude desde o nível do mar até quatro mil metros, podendo suportar temperaturas

entre -8°C e 38°C (FAO, 2009). A composição nutricional das sementes de quinoa varia entre os ecótipos devido à alta variabilidade genética, além de diferenças ambientais na região andina (REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2010).

As propriedades nutricionais altamente benéficas da semente e a fácil adaptação da planta a diferentes ambientes tornam a quinoa uma excelente opção para diversificação de culturas. Entretanto, Rocha (2008) ressalta que a exploração comercial da cultura pode ser limitada por fatores ambientais pela grande influência que estes ocasionam em seu rendimento, sendo os mais importantes o déficit hídrico e a ocorrência de baixas temperaturas, causando declínio de produtividade.

Vale ressaltar, a importância do conhecimento do comportamento de diferentes genótipos de quinoa, ao serem submetidos às condições de cultivo do sul do Brasil. Assim, o conhecimento das características de crescimento da cultura é importante ferramenta para adoção de práticas que visam a minimizar o efeito deletério ocasionado pelas variações climáticas. Neste sentido, para Aumonde et al. (2011), o estudo das variáveis de crescimento possibilitam o conhecimento da resposta vegetal sob determinadas condições de manejo e em diferentes condições ambientais.

A análise de crescimento representa informações básicas da produção da cultura sem a necessidade de utilização de equipamentos sofisticados (FALQUETO et al., 2009). Constitui-se em análise de baixo custo, empregando basicamente dados de matéria seca e área foliar (LOPES et al., 1987). De acordo com Taiz e Zeiger (2009), para efetuar a análise em questão devem ser feitas avaliações durante o decorrer do ciclo da cultura, observando a área foliar da planta e a quantidade de fitomassa produzida.

Para a adequada implantação da cultura em determinada região, além de sua adaptação durante seu desenvolvimento, é importante que estas apresentem a capacidade de produzir sementes de alta qualidade. Na produção de sementes de alta qualidade, o efeito do genótipo constitui-se em fator determinante, porém, o efeito ocasionado pelo ambiente de cultivo e a interação entre genótipo e ambiente são pronunciados (BORNHOFEN et al., 2015). Assim, torna-se de grande importância o estudo da interação entre o genótipo e o ambiente de cultivo, demonstrando o provável efeito na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de dois genótipos de quinoa, quanto ao crescimento de plantas e qualidade fisiológica de sementes, no cultivo na região sul do Rio Grande do Sul.

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado em casa de vegetação modelo arco pampeana e as análises efetuadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes, na Universidade Federal de Pelotas, situada na latitude 31°52' S, longitude 52°21' W e altitude 13 m. A condução ocorreu durante os meses de junho á outubro de 2015.

Os dados referentes à temperatura e radiação solar global durante o desenvolvimento da cultura estão dispostos na Figura 1. A temperatura do ar foi obtida por meio de termohigrógrafo de registro semanal instalado em abrigo meteorológico a altura de 1,5 m do piso, localizado no centro da casa de vegetação.

### **Figura 1.**

Foram utilizadas sementes de dois genótipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), de origem distinta, o primeiro trata-se da única cultivar registrada no

Brasil denominada BRS Piabiru, e o segundo uma linhagem de origem andina. A semeadura ocorreu em baldes de polietileno, em solo oriundo da região, como adubação de base com dose de  $75 \text{ kg*ha}^{-1}$  de fosforo e  $75 \text{ kg*ha}^{-1}$  de potássio e em adubação de cobertura foram utilizados  $45 \text{ kg*ha}^{-1}$  de nitrogênio.

Realizadas a partir da emergência da cultura, as coletas das plantas foram efetuadas a cada trinta dias, considerando o ponto inicial a emergência plena das plântulas, totalizando cinco coletas ao longo do ciclo da cultura. Em cada coleta foram utilizadas nove plantas da linhagem e nove plantas para a cultivar, as medias foram obtidas de triplicatas totalizando 3 repetições para cada genótipo. As variáveis observadas foram comprimento de parte aérea, número de folhas, índice de área foliar, matéria seca de parte aérea, matéria seca de raiz e matéria seca total das plantas.

A metodologia utilizada para avaliação dos caracteres de crescimento é descrito a seguir.

- a) **Comprimento de parte aérea:** foram medidas as plantas desde o meristema apical até o nível do solo, sendo utilizada uma régua milimétrica e os resultados expressos em centímetro.
- b) **Número de folhas:** foi contado o número de folhas totalmente desenvolvidas em cada momento de colheita.
- c) **Índice de área foliar:** foram medidos os comprimentos longitudinal e transversal de todas as folhas presentes na planta, através da utilização do fator de correção obtido pela fórmula de Benincassa (2003), apresentando como resultado a área foliar. A seguir está foi dividida pela área ocupada pelo dossel da planta e assim obtida o índice de área foliar. Foram utilizados fatores de correção distintos para cada cultivar, sendo

para BRS Piabiru de 0,6079 e para o acesso de 0,5787, obtidos através de resultados preliminares. Foi utilizada a fórmula a seguir:

$AF=F(C \times L)$ , sendo, F é o fator de correção, C comprimento longitudinal, L comprimento transversal e AF área foliar.

$IAF= A_f/A_s$ , sendo  $A_f$  área foliar em metros quadrados,  $A_s$  área ocupada pelo dossel da planta em metros quadrados e IAF índice de área foliar.

**d) Matéria seca de parte aérea:** depois de separada da raiz, a parte aérea da planta foi colocada em estufa regulada a temperatura de 70°C, durante 72 horas. A seguir foi efetuada a pesagem em balança de precisão e o resultado expresso em gramas.

**e) Matéria seca de raiz:** depois de separada da parte aérea, a raiz foi colocada em estufa regulada a temperatura de 70°C, durante 72 horas. A seguir, foi efetuada a pesagem em balança de precisão e o resultado expresso em gramas.

**f) Matéria seca total:** após efetuar a pesagem de matéria seca de parte aérea e raiz, foi feito o somatório individual para cada planta, obtendo assim os dados de matéria seca total.

Para avaliação da qualidade fisiológica, as sementes foram colhidas ao final do ciclo das diferentes cultivares. Para estimar a qualidade das sementes produzidas foram efetuados os seguintes testes:

**a) Teste de germinação:** foram semeadas em caixas gerbox, sobre papel mata borrão umedecidos com água destilada utilizando 2,5 vezes o peso do papel em volume de água. O teste foi conduzido a temperatura constante de 25°C, a contagem efetuada aos sete dias após semeadura e o resultado expresso em percentual de plântulas

normais. Durante a contagem do teste de germinação também foram avaliadas plântulas anormais, ou seja, plântulas que não apresentavam estruturas essenciais para o desenvolvimento e o resultado foi expresso em percentual de plântulas anormais.

**b) Emergência de plântulas:** foram semeadas em solo da região quatro repetições de cinquenta sementes, a contagem foi efetuada aos sete dias após semeadura, sendo o resultado expresso em percentual de plântulas emergidas.

**c) Índice de velocidade de emergência:** foram avaliados diariamente o número de plantas emergidas e para obtenção do referido foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962).

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado, constituindo um fatorial 2x5, sendo as fontes de variação os genótipos e os períodos de coleta das plantas respectivamente, os dados foram submetidos a análise de regressão. Para qualidade fisiológica foram utilizadas 15 repetições, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e se significativos comparados utilizando o teste Tukey, em nível de probabilidade de 5%.

### **Resultados e discussão**

Os resultados obtidos para comprimento de parte aérea não demonstraram efeito de cultivar, porém houve efeito significativo para época de coleta, com coeficiente de determinação de  $R^2=0,95$  (Figura 2a). Observa-se que o crescimento até os 30 dias após emergência (DAE) foi lento em comparação aos demais períodos. Entre os períodos 30 e 90 dias após emergência, o crescimento foi mais intenso e a partir dos 90 dias o crescimento tornou-se novamente lento. A diminuição

do crescimento de parte aérea após os 90 dias de emergência pode ser justificada pelo estágio de desenvolvimento da planta, devido ao fato de neste período a planta se encontrar no estágio reprodutivo, assim grande parte dos fotoassimilados serem destinados ao desenvolvimento e acúmulo de reservas das sementes.

O número de folhas mostrou interação significativa para cultivar e época de coleta (Figura 2b). A cultivar BRS Piabiru apresentou aumento até os 120 dias após emergência, apresentando ao final do ciclo cerca de 100 folhas, com um coeficiente de determinação de  $R^2=0,902$ . Entretanto, o acesso demonstrou comportamento cúbico ( $R^2=0,99$ ), a partir dos 90 dias após emergência, ocorreu intenso incremento no número de folhas, chegando aos 120 dias após emergência cerca de 320 folhas. Tal fato pode ser atribuído ao efeito genético.

O índice de área foliar não sofreu influência do genótipo, apresentando comportamento quadrático, com coeficiente de determinação de  $R^2=0,97$  (Figura 2c). Durante os primeiros 30 dias após emergência, o incremento no índice de área foliar foi lento, período este que corresponde ao estabelecimento da planta. Entre os 30 e 60 dias ocorreu lento incremento no referido parâmetro e a partir do 60 dias ocorreu acentuado aumento no índice de área foliar. Vale ressaltar que a diferença encontrada entre os genótipos para número de folhas não foi encontrada no índice de área foliar. Tal resultado pode ser atribuído, a área foliar específica, ou seja, apesar de a cultivar BRS Piabiru apresentar menor número de folhas, houve compensação do índice com maior área foliar.

Para matéria seca de parte aérea ocorreu efeito significativo para a fonte de variação época de colheita, se ajustando ao modelo quadrático, com coeficiente de determinação de  $R^2=0,99$  (Figura 2e). O acúmulo de matéria seca até os 30 dias após emergência foi lento, sendo atribuída ao baixo número de folhas e índice de

área foliar apresentados neste período, assim resultando em reduzida produção de fotoassimilados

Após o período de estabelecimento inicial, o acúmulo de matéria seca foi acentuado. Nos demais períodos, tal efeito pode ser associado ao aumento no número de folhas, florescimento, estruturação e ramificação do caule e desenvolvimento de sementes.

A matéria seca total (Figura 2d) não sofreu efeito do genótipo ocasionado pelas diferentes cultivares, sendo apenas o efeito período de desenvolvimento relevante. A matéria seca total apresentou coeficiente de determinação de 0,96. Aos trinta dias após emergência, período que compreende o estabelecimento da cultura, o acúmulo de matéria seca foi diminuto. Após tal período, ocorreu elevação apreciável e depois de 60 dias após emergência ocorreu intenso acúmulo de matéria seca.

A matéria seca de raiz apresentou comportamento semelhante às variáveis anteriormente descritas (Figura 2f). Para a cultivar BRS Piabiru observou-se crescimento linear, com  $R= 0,59$ . Entretanto para o acesso apresentou curva com comportamento quadrático ( $R= 0,93$ ). A linhagem apresentou diminuto crescimento do sistema radicular até os 30 dias após emergência, entre os 30 e 60 dias após emergência ocorreu discreto aumento no crescimento, entretanto após os 60 dias pós-emergência ocorreu intenso desenvolvimento do órgão.

## **Figura 2**

Foi observado que no período de estabelecimento da cultura (até 30 DAE), ocorreu diminuto acréscimo nas variáveis relacionadas ao crescimento de planta. Desta forma, ficou evidenciado o lento desenvolvimento inicial da cultura. Entretanto, após o período inicial, o crescimento foi expressivo. Resultado semelhante foi

encontrado por Spehar (2006), ao indicar que nos primeiros trinta dias a cultura apresenta desenvolvimento lento, porém após este período apresenta intenso crescimento podendo chegar a dois metros de altura. O lento crescimento inicial em mini melancias, segundo Aumonde et al. (2011), pode em parte ser atribuído à menor absorção de água e nutrientes e a pequena área foliar no período inicial de estabelecimento. Deste modo, o crescimento das plantas é afetado basicamente pela fotossíntese e absorção de água e nutrientes (CARVALHO et al., 2009).

Neste sentido, cuidados especiais devem ser adotados no manejo nas primeiras semanas após emergência. Bhargava et al. (2006) indicam que a quinoa por apresentar lento crescimento inicial cuidados devem ser tomados devido à competição nas primeiras semanas após emergência.

Analisando os dados referentes ao índice de área foliar, matéria seca total e comprimento de parte aérea, verifica-se a existência de relação entre os fatores. Assim com aumento do índice de área foliar, as demais variáveis são influenciadas positivamente. Tal fato pode ser atribuído ao consequente incremento na atividade fotossintética ocasionada pelo aumento da área foliar. Estudando a cultura do milho, Lopes et al.(2009) observaram que o aumento no índice de área foliar culmina na maior taxa de crescimento da cultura.

Entretanto a partir dos 60 dias após emergência, o comprimento de parte aérea e o índice de área foliar apresentam comportamento distinto, ou seja, enquanto um tende a uma estabilização, o outro continua apresentando notável acréscimo. Tal fato é consequência do estágio de desenvolvimento da cultura, sendo este correspondente ao período de diferenciação floral e, portanto entrando em estágio reprodutivo. Neste estágio ocorre mudança na relação fonte-dreno, o crescimento tende a ser atividade secundária e a prioridade tende a ser o

desenvolvimento dos órgãos reprodutivos e posteriormente o acúmulo de reserva nas sementes.

Todavia, neste período, ainda é mantida a relação entre o índice de área foliar e matéria seca de parte aérea, porém o crescimento vegetativo é inferior em relação aos períodos anteriores. Este acréscimo na matéria seca de parte aérea pode ser atribuído ao acúmulo de reservas nos órgãos reprodutivos. Segundo Oliveira et al. (2013), o acúmulo de matéria seca é mais intenso próximo ao período reprodutivo. Vale ressaltar a grande heterogeneidade existente na cultura da quinoa, mesmo ao estudar uma população de plantas proveniente de uma mesma cultivar, verifica-se grande desuniformidade tanto para estatura quanto para ciclo.

Observaram-se nos indivíduos estudados que o comprimento de parte aérea não ultrapassou os 80,0cm, entretanto Spehar e Santos (2002) descrevem que a altura média das plantas da cultivar BRS Piabiru é de 190cm. A semeadura em épocas que proporcionem a ocorrência de baixas temperaturas durante o estágio vegetativo da cultura, ocasionam no desenvolvimento de plantas de menor estatura (VASCONCELOS et al., 2012). No presente trabalho foi encontrada tal relação, pois foi constatada a ocorrência de baixas temperaturas durante o estágio vegetativo (Figura 1), tendo como resultado plantas de menor estatura.

Observando os dados presentes na Tabela 1, nota-se que para germinação existe diferença significativa entre os genótipos, assim o acesso apresentou germinação significativamente inferior à cultivar BRS Piabiru.

Para índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas em campo (Tabela 1), constata-se que não existe diferença entre os genótipos para às referidas variáveis. Assim, o alto percentual de germinação da cultivar BRS Piabiru no teste de germinação, pode ser entendido como superestimativa da qualidade

fisiológica real, em comparação os resultados de teste de índice de velocidade de emergência e emergência em campo.

A ocorrência de superior desempenho de lotes de sementes ao serem submetidos a teste de germinação, se deve ao modo de condução do teste, pois são oferecidas condições favoráveis para o processo de germinação, fato este que geralmente não é encontrado em condições normais de campo.

Observando as características de crescimento juntamente com a qualidade fisiológica da semente produzida pelos diferentes genótipos, verificou-se que estas apresentam características semelhantes. Assim, o acesso utilizada apresenta o desempenho semelhante a cultivar BRS Piabiru, ou seja, esta apresenta adaptação às condições ambientais da região.

### **Tabela 1**

### **Conclusões**

O acesso e a cultivar de quinoa BRS Piabiru apresentam lento crescimento inicial nos primeiros 30 dias e acentuado crescimento até aos 120 dias, nas condições ambientais da região Sul do Rio Grande do Sul.

A qualidade fisiológica de sementes de quinoa produzidos pelo acesso e pela cultivar de quinoa BRS Piabiru mostra similaridade na região sul do Rio Grande do Sul.

## Referências

- Augostinho, L. M. D.; Prado, R. M.; Rozane, D. E.; Freitas, N.(2008) - Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. *Revista Bragantia*, v.67, n.3, p.577-585.
- Aumonde, T. Z.; Lopes, N. F.; Moraes, D. M.; Peil, R. M. N.; Pedó, T.(2011) - Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. *Revista Interciencia*, v. 36, n. 9, p. 677-681.
- Benincassa, M. M. P. (2003) - *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 41p.
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D. (2006) - Chenopodium quinoa – an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, v.23, p.73-87.
- Bornhofen, E.; Benin, G.; Galvan, D.;Flores, M.F. (2015) - Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 1, p. 46-55.
- Campos, M. F.;Ono, E.O.; Boaro, C.S.F.; Rodrigues, J.D. (2008) - Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. *Revista Biotemas*, v. 21, n. 3, p. 53-63
- Carvalho, J.F.; Silva, C. E. M.; Guimarães, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.
- Concenço, G.; Aspiazú, I.I; Galon, L.; Ferreira, E.A.; Freitas, M.A.M.; Fialho, C.M.T.V; Schwanke, A.M.L.; Ferreira, F.A.; Silva, A.A. (2011) - Photosynthetic characteristics of hybrid and conventional rice plants as a function of plant competition. *Revista Planta Daninha*, v. 29, n. 4, p. 803-809.

Falqueto, A. R.; Cassol,D.; Magalhães Junior,A,M,; Oliveira,A.C.; Bacarin, M.A.(2009) Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. *Revista Bragantia*, v. 68, n. 3, p. 453-461.

FAO. Distribución y producción. Disponível em: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/> acesso em: 28 jan. de 2016.

Hellstrom,J.K.; Pihlava, J.M; Mattila, P.H. (2010) - Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, n.120, p.128-133.

Lopes, J.P.; Machado, E.C.; Deuber, R.; Machado, R.S.(2009) - Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. *Revista Bragantia*, v.68, n.4, p.839-848.

Maguire, J.D.(1962) - Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Revista Crop Science*, v.2, n.1, p.176-177.

Oliveira, P.; Nescente, A.S.; Kluthcouski, J.; Portes, T.A . (2013) - Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 43, n. 3, p. 239-246.

Repo-Carrasco-Valencia, R. A. M.; Hellström, J. K.; Pihlava, J.; Mattila, P. H.(2010) - Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, London, v. 120, n. 1, p. 128-133.

Rocha, J. E. S.(2008) - *Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central*. Dissertação Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 127p.

Spehar, C.R. (2006) - 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.

Spehar, C.R.(2002) - Utilização de quinoa como alternativa para diversificar alimentos. In: *Simposio sobre ingredientes na alimentação animal*. Uberlândia, MG: Colegio Brasileiro de Nutrição Animal: UFU, p49-58.

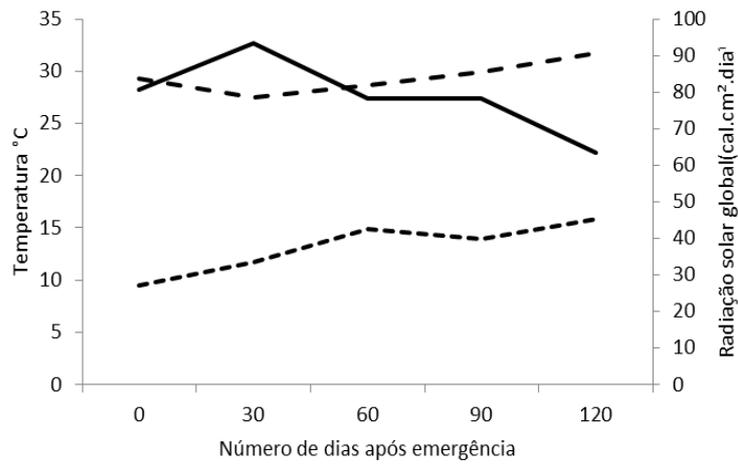
Spehar, C.R.; Santos, R.L.B. (2002) - Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.6, p.889-893.

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

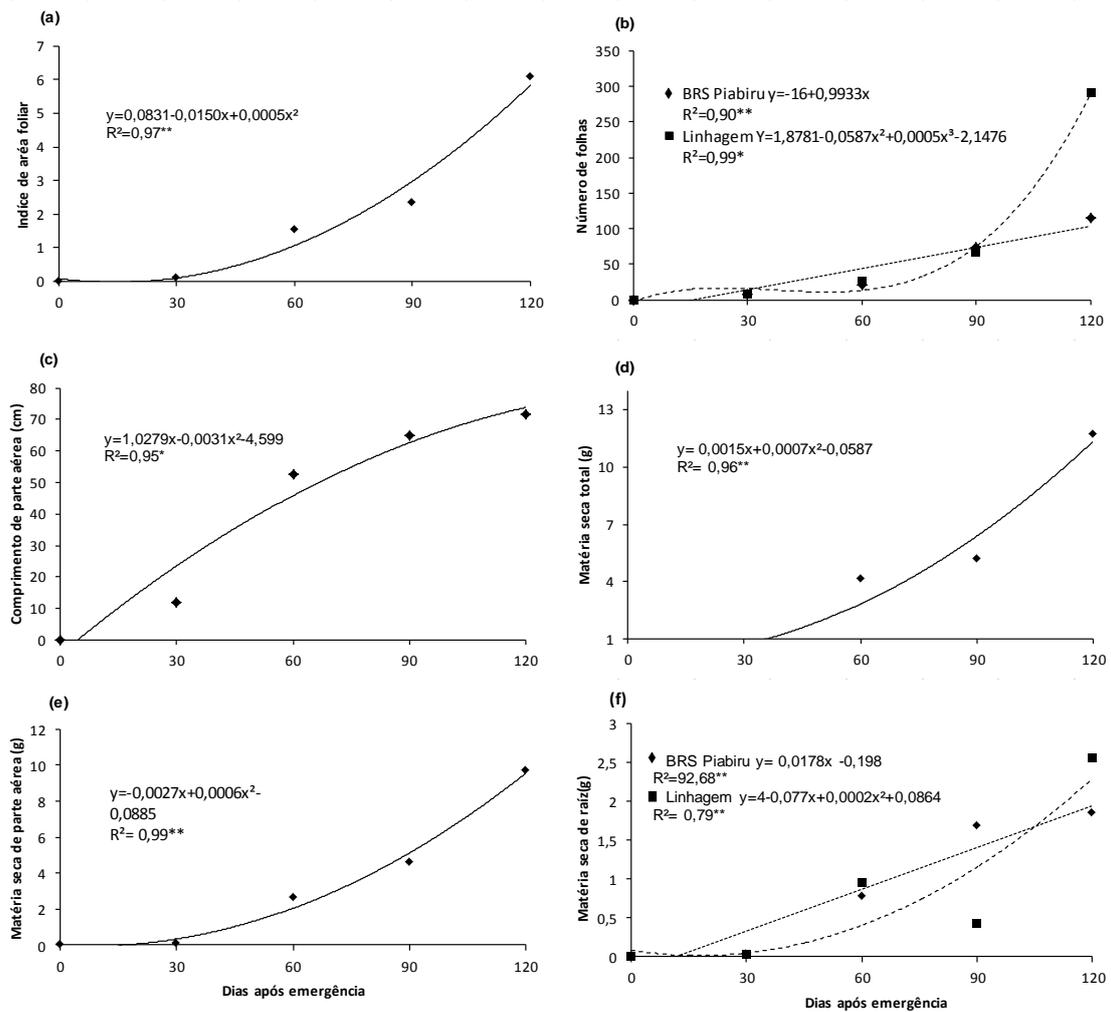
Taiz, L.; Zeiger, E.(2009) - *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre, Artmed.

Vasconcelos, E.S.; Egewarth, J.F.; Oliveira, G.A.; Piano, J.T. (2013) - Características agronomicas de genotipos de quinoa. *Revista Scientia Agraria Paranaensis*, v.12, n.10, p371-376.

Vasconcelos, F.S.; Vasconcelos, E.S.; Balan, M.G.; Silverio, L.(2012) - Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. *Revista Ciência agrônômica*, v. 43, n. 3, p. 510-515.



**Figura 1.** Temperaturas máxima, mínima (linha tracejada) e radiação solar (linha contínua) durante o período de crescimento de quinoa na região de Pelotas, Rio Grande do Sul.



**Figura 2:** Comprimento de parte aérea (a), número de folhas (b), índice de área foliar (c), matéria seca total (d), matéria seca de parte aérea (e), matéria seca de raiz (d) de plantas de uma cultivar e uma linhagem de quinoa ao longo do ciclo da cultura.

**Tabela 1:** Germinação, emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas oriundas de sementes de quinoa de uma linhagem e uma cultivar

<b>Genótipo</b>	<b>Germinação (%)</b>	<b>Emergência (%)</b>	<b>IVE</b>
Linhagem	64 b	61 a	14,31 a
BRS Piabiru	82 a	63 a	13,46 a
CV (%)	6,25	8,19	10,46

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo o teste Tukey em nível probabilidade de 5 %.

**ARTIGO 2**  
**CARACTERES AGRONÔMICOS E MORFOLÓGICOS DE QUINOA**  
**CULTIVADA NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**AGRONOMICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF QUINOA**  
**GROWN IN SOUTHERN RIO GRANDE DO SUL**

Submetido a Revista Caatinga.

**RESUMO-** O objetivo do presente trabalho foi descrever os caracteres morfológicos que viabilizem a diferenciação de cultivares e avaliar caracteres agronômicos que possibilitem determinar o rendimento de *C. quinoa* cultivados no sul do Rio Grande do Sul, a quinoa é um pseudocereal que apresenta como centro de origem a região dos Andes, seu consumo é amplamente difundido pelo mundo devido as suas características nutricionais, entretanto a sua introdução e produção no Brasil é recente, assim estudos que viabilizem a produção da cultura apresentam grande importância, neste sentido foram avaliados caracteres relacionados ao caule, folha e inflorescência, avaliou-se número de sementes por ramificação, número de ramificações e massa de mil sementes, assim obtendo os caracteres agronômicos, através da formula adaptada de estimativa de produção, foi calculado o rendimento das cultivares, observou-se que através de característica da folha é possível diferenciar as cultivares, apesar da grande variabilidade encontrada, através da formula adaptada para estimativa de produção é possível calcular o rendimento da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Chenopodium quinoa*. Produção de sementes. Estimativa de produção

**ABSTRACT:** The objective of this study was to describe the morphological characteristics that enable the differentiation of cultivars and evaluate agronomic characters that may determine the yield of *C. quinoa* grown in southern Rio Grande do Sul, quinoa is a pseudocereal presenting as center of origin to Andes, its use is widespread throughout the world due to its nutritional characteristics, but its introduction and production in Brazil is recent, so studies that allow the crop production have great importance in this regard were evaluated traits related to the stem, leaf and inflorescence, we assessed the

number of seeds per branch, number of branches and mass thousand seeds, thereby obtaining the agronomical traits by formula adapted estimated production was calculated yield of the cultivars, it has been observed that by characteristic the sheet is possible to differentiate cultivars, despite the great variability found by formula adapted to production estimate is possible to calculate the crop yield.

**INDEX TERMS:** *Chenopodium quinoa*. Seed production. Production estimate

## INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma cultura de ciclo anual, pertencente à família Amaranthaceae (FUENTES-BAZAN et al., 2012). Esta é uma espécie granífera domesticada pelos povos nativos da região da Cordilheira do Andes há milhares de anos (SPEHAR & SANTOS, 2002). Pela proximidade em composição organomineral à dos cereais, sem, no entanto, pertencer à mesma família botânica, a quinoa é frequentemente referida como um “pseudocereal” (SPEHAR, 2002).

A família Amaranthaceae apresenta cerca de 170 gêneros e aproximadamente 2000, espécies distribuídas por todo o globo com exceção das regiões frias do Hemisfério Norte, sendo preferencialmente encontradas em ambientes alterados, áridos ou salinos (JUDD et al., 2009; SOUZA & LORENZI, 2012).

O gênero *Chenopodium* apresenta plantas anuais ou perenes, herbáceas a subarborescentes, glabras ou pilosas. Folhas simples, pecioladas com filotaxia alterna espiralada. As flores são monoclamídeas, com 3-5 sépalas. Estames geralmente cinco, livres ou muito raramente unidos pelos filetes e unidos ao cálice formando um pequeno disco. Ovário súpero, tricarpelar, unilocular, estilete curto e estigma bifido, capitado a alongado, raramente 3-5. Fruto do tipo núcula, unisseminado, totalmente rodeado pelo cálice persistente. Pericarpo fino, membranáceo aderido ao tegumento seminal. Embrião curvo e anular (BURKART, 1987; BARROSO et al., 1999).

A variabilidade genética para ser eficientemente utilizada precisa ser devidamente avaliada e quantificada, sendo fundamental a descrição das introduções ou acessos para a manutenção e exploração do potencial das

coleções. Tal caracterização pode ser feita por meio de marcadores moleculares ou descritores morfológicos e/ou moleculares (SINGH, 2001).

As características morfofisiológicas, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e número de nós férteis têm relação com o potencial produtivo da planta, uma vez que representam maior superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de flores (NAVARRO JUNIOR & COSTA, 2002).

O conhecimento das respostas dos componentes do rendimento da planta, a disponibilidade de fotoassimilados e a identificação do momento em que estes componentes são formados são importantes na seleção de características a serem incorporadas nos cultivares (BOARD & TAN, 1995).

Neste contexto, a análise de caracteres agronômicos é um dos métodos para entender os fatores envolvidos nas associações entre caracteres e, assim decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal como o rendimento de grãos e as variáveis explicativas, ou seja, os componentes do rendimento (ZILIO et al., 2011).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os caracteres morfológicos que viabilizem a diferenciação de cultivares e caracteres agronômicos que possibilitem determinar o rendimento de *C. quinoa* cultivados no sul do Rio Grande do Sul.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Ensaio foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Clima Temperado Sede (Pelotas-RS), de modo que a área experimental representou o solo da região de terras altas. Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Piabiru e das cultivares 1 e 2. A semeadura foi realizada no mês de outubro de 2015, empregando população de 400.000 plantas por hectare e distância entre fileiras de 0,40 m e com profundidade de semeadura de 0,02m. Foram utilizados três blocos para cada cultivar, apresentando 1,2m de largura por 6m de comprimento. Foi coletada apenas a linha central do bloco, assim as linhas laterais foram utilizadas como bordadura.

Foram realizadas coletas de amostras de solo, destinadas à análise para orientar a adubação, adotando os critérios estabelecidos por Spehar (2006), considerando os dados de exportação de nutrientes para um rendimento

estimado de grãos de 2,5 t.ha<sup>-1</sup> (50 kg de N, 6 kg de P, 80 kg de K, 33 kg de Ca, 20 kg de Mg, 0,6 kg, de Fe, 0,2 kg de Mn e 0,07 kg de Zn).

A coleta de plantas foi realizada pela manhã, que em seguida, estas foram levadas ao Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Universidade Federal de Pelotas.

#### Caracteres agronômicos

Para avaliação dos caracteres agronômicos, foram coletadas 10 repetições de cada bloco, sendo cada repetição constituída de duas plantas, totalizando 30 unidades experimentais. Foram avaliados número de ramificação, número de sementes por ramificação, massa de mil sementes expressa em gramas e produção de sementes por planta, expressa em gramas.

Para a cultura da soja o rendimento pode ser relacionado com o número vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil sementes e número de plantas por vagem (THOMAS e COSTA, 2010). Assim é possível obter uma formula adaptada, levando em consideração as características da cultura.

Assim para quinoa, deve se considerar número de ramificações, número de sementes por ramificação, massa de mil sementes e número de plantas por área. Constituindo a seguinte equação:

$$\text{Produção por planta} = \text{N}^{\circ}\text{R} * \text{N}^{\circ}\text{SR} * (\text{MMS}/1000) * \text{N}^{\circ}\text{PL} / \text{Área}$$

Sendo:

N<sup>o</sup>R= número de ramificações

N<sup>o</sup>SR= número de sementes por ramificação

MMS= massa de mil sementes

N<sup>o</sup>PL/Área= população de plantas por unidade de área

Os dados obtidos das referidas variáveis foram submetidos a análise de variância e se significativo comparados pelo teste Tukey com nível de 5% de significância.

Para validação da equação adaptada para obtenção do rendimento da cultura, foi utilizado o teste Qui-quadrado.

### Descrição morfológica

Para descrição morfológica foram coletadas 10 plantas por bloco, escolhidas ao acaso, possibilitando a observação da heterogeneidade das cultivares estudada.

Para a descrição morfológica de acordo com FAO, PROINPA, INIAF e FIDA (2013), foram observados os caracteres morfológicos, hábito de crescimento, formato, diâmetro e coloração do caule, presença ou não de axilas pigmentadas, presença ou não e coloração de estrias no caule, presença e número de ramificações, posição das ramificações, formato da folha, características da margem da folha, número de dentes na margem da folha, comprimento e coloração do pecíolo, dimensões e cor da folha, presença ou não e cor dos grânulos na folha, cor de panícula no momento da floração, formato da panícula, comprimento e diâmetro de panícula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracteres agronômicos

Foram detectadas diferenças morfológicas entre as cultivares quanto aos caracteres agronômicos (Tabela 1).

Tabela 2: Caracteres agronômicos de três cultivares de quinoa cultivados na região sul do Rio Grande do Sul.

Cultivar	Número de ramificações	Número de sementes por ramificações	Número de sementes por planta	Massa de mil sementes (g)	Produção (g*planta <sup>-1</sup> )
BRS Piabiru	35,56 b	155,44 a	5522 b	1,92 a	10,58 b
Cultivar 1	50,67 a	150,11 a	8118 a	1,86 a	16,81 a
Cultivar 2	63,00 a	12,56 b	658 c	1,57 b	0,99 c
CV(%)	25,15	26,74	27,11	7,61	24,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de probabilidade de 5%.

As cultivares 1 e 2 apresentaram maior número de ramificações. O número de sementes por ramificação apresentou diferença entre os cultivares, sendo que a cultivar BRS Piabiru e a Cultivar 1 produziram maior número de sementes por ramificação. A cultivar 1 produziu número de sementes por planta maior do que a cultivar BRS Piabiru.

A cultivar BRS Piabiru e a cultivar 1 apresentaram maior massa de mil sementes.

Observou-se que a produção de sementes por planta (Tabela 1), foi influenciada pelo cultivar, assim a cultivar 1 apresentou maior produção de sementes seguida pela BRS Piabiru e pela cultivar 2. A produção de sementes por planta da cultivar 1 foi 59% superior á cultivar BRS Piabiru.

O conhecimento dos caracteres agronômicos de quinoa permite estimar a produtividade da cultura.

Pela equação e utilizando os dados presentes na Tabela 1, obteve-se valores calculados para as cultivares BRS Piabiru, 1 e 2, respectivamente, 10,61g, 14,15g e 1,24g. Observando-se os valores obtidos para as cultivares de 10,58g, 16,81g e 0,99g e utilizando o teste qui-quadrado ( $p=0,75$ ), verifica-se que não existe diferença significativa entre o valor calculado e o valor obtido. Assim é validada a utilização da referida equação para estimar a produção de sementes por planta em função dos caracteres agronômicos.

Vale ressaltar que as cultivares estudados não são tradicionalmente cultivadas na região sul do Brasil. Observando-se as variáveis correspondentes à produção de sementes (Tabela 1), é possível inferir que a cultivar 1 é a mais adaptada a estas condições de cultivo. A cultivar 2 apesar de apresentar maior número de ramificações e estruturas reprodutivas, teve menor desempenho quanto à produção de sementes por planta.

Os componentes de rendimento geralmente estão associados às estruturas reprodutivas da espécie e à massa de sementes. Na cultura da soja são avaliados o número de legumes, o número de grão por legume e a massa de mil sementes. Na cultura do milho são observados o número de espigas por planta, número de sementes por espiga e a massa de mil sementes. Vale ressaltar que estes componentes são relacionados com a área ocupada pela planta (BORTOLINI et al., 2001; NAVARRO JUNIOR & COSTA, 2002).

Os componentes do rendimento são determinados pelo cultivar, influenciados pelas condições ambientais ocorrentes durante o ciclo da cultura e pelas práticas culturais adotadas na condução da cultura (BEZERRA et al., 2007; KAPPES et al., 2008). Assim, o conhecimento destas características em um novo local de cultivo é de grande importância para sua implantação.

Nas condições ambientais do sul do Rio Grande do Sul, o número de ramificações não foi fator decisivo para obtenção de maiores produtividades. Na referida região, a produção de sementes por ramificação influenciou positivamente a produção de sementes.

Para as cultivares 1 e 2 (Tabela 1), o número de ramificações não influenciou a produção, entretanto o menor número de ramificações apresentados pela cultivar 2 tenha sido compensado pelo maior número de sementes e pela maior massa de mil sementes.

Entretanto, a massa de mil sementes pode ser influenciada por diversos fatores ambientais, embora PANDEY & TORRE (1973) afirmem que a massa de sementes é determinada geneticamente. Pelo exposto é possível inferir que a cultivar mais adaptada a determinado ambiente deve a priori apresentar sementes com maior massa.

#### Caracteres morfológicos

As cultivares estudadas apresentam plantas anuais, que possuem em comum caule ereto, cilíndrico. Folhas simples, com filotaxia alterna espiralada, glabras, cartáceas, nervação penada, base truncada, ápice apiculado, margem denteada e pecioladas. Flores reunidas em densas panículas de glomérulos (axilares e uma maior terminal), curto pediceladas, esverdeadas e cálice gamossépalo. Estames em número de cinco, dialistêmones, isodínamos, inseridos no receptáculo, antera biteca e deiscência rimosa longitudinal. Estigmas em número de dois e filamentosos. Ovário súpero, glabro, unilocular, tricarpelar e uniovulado ( Tabela 2, 3 e 4).

Tabela 3: Caracteres morfológicos de caule de três cultivares de quinoa cultivadas no sul do Rio Grande do Sul.

Caracteres	Cultivar 1	BRS Piabiru	Cultivar 2
Hábito	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Altura	157,8(134-178)	135(67-177)	123,4(39-148)
Consistência	Herbáceo	Herbáceo	Herbáceo
Forma	Cilíndrico	Cilíndrico	Cilíndrico
Estrias ou ala	Estrias e alas roxas	Estrias	Estrias (alas)
Ramificado	Sim	Sim (não)	Sim
outras obs.	-	-	Estrias e alas roxas

Tabela 4: Caracteres morfológicos de folha de três cultivares de quinoa cultivados no sul do Rio Grande do Sul

Caracteres	Cultivar 1	BRS Piabiru	Cultivar 2
Filotaxia	Alterna apiculada	Alterna espiralada	Alterna apiculada
Presença de pecíolo	Sim	Sim	Sim
Comp. Pecíolo	8,3(5-12)	0,92(0,5-3)	0,93(0,5-1)
Pilosidade	Não	Glabra	Glabra
Consistência	Cartácea	Cartácea	Cartácea
Formato limbo	Ovado	Ovado	Ovado
Comprimento	5,08(4,4-6)	5,81(4,6-7,9)	4,85(3,5-5,5)
Largura	4,2(3,3-4,8)	5,33(4,6-7,2)	3,8(2,9-4,8)
Nervação	Penada	Penada	Penada
Base	Truncada	Truncada	Truncada
Ápice	Apiculada	Apiculada	Apiculada
Margem	Denteada	Denteada	Denteada
obs.(n° dentes)	6(3-10)	22(12-28)	4(2-6)

Tabela 5: Caracteres morfológicos de inflorescência de três cultivares de quinoa cultivados no sul do Rio Grande do Sul

Caracteres	Cultivar 1	BRS Piabiru	Cultivar 2
Inflorescência	Laxa	Laxa	Laxa
Comprimento flor	1	1,04(0,8-1,2)	0,93(0,7-1,2)
Presença de pedicelo	Subsésseis	Subsésseis	Subsésseis
Comprimento pedicelo	0,6(0,5-1)	0,58(0,4-1)	2,05(0-2,5)
Cor	Esverdeada	Esverdeada	Esverdeada
N° de sépalas cálice	5(6-7)	5	5
Soldadura cálice	Gamossépala	Gamossépala	Gamossépala
Obs.	1 flor pedicelada	1 flor pedicelada	1 flor pedicelada
N° estames	5	5	5
Tamanho estames	Isodinamos	Isodinamos	Isodinamos
Estames n° de tecas	Biteca	2	2
Deiscência estames	Rimosa	Rimosa	Rimosa
Inserção do estame	Receptáculo	Receptáculo	Receptáculo
N° estigmas	2	2	2
Posição ovário	Supero	Supero	Supero
Ovário presença de pilosidade	Glabra	Glabra	Glabra
N° de lóculos	1	1	1
N° de carpelos	1	1	1
N° de óvulos por lóculo	1	1	1

A cultivar 1 (Tabelas 2, 3 e 4) apresentou plantas de altura entre 1,34 a 1,78 m, caule ramificado, estriado, com estrias e alas arroxeadas. Folhas com

margem denteada, 3-10 dentes (dispostos até a metade inferior do limbo), pecioladas, pecíolo das folhas adultas com comprimento de 5 a 12 cm, folhas com comprimento de 4,4 a 6 cm e largura 3,3 a 4,8 cm. Flores com comprimento de 0,6-1 mm, pedicelo com comprimento de 0,5 a 1 mm, apresentando geralmente cinco sépalas, tendo-se encontrado em raras vezes de 6 a 7.

A cultivar BRS Piabiru (Tabelas 2, 3 e 4) apresentou plantas de altura de 0,67 - 1,77 m, caule ramificado ou não, com estrias esverdeadas. Folhas adultas apresentando de 12 a 28 dentes (dispostos ao longo de todo o limbo) na margem. Pecíolos das folhas adultas de comprimento 0,5 a 3 cm de, folhas de comprimento 4,6 a 7,9 cm e largura 4,6 a 7,2 cm de. Flores de comprimento 0,8-1,2 mm , com pedicelo de comprimento de 0,4 a 1 mm.

A cultivar 2 (Tabelas 2, 3 e 4) apresenta plantas de altura 0,39 - 1,48 m, caule ramificado, com estrias e alas arroxeadas. Folhas com margem denteada, apresentando de 2 a 6 dentes(dispostos até a metade inferior do limbo), pecíolo das folhas adultas com comprimento de 0,5 a 1 cm, folhas de comprimento 3,5 a 5,5 cm e largura 2,9 a 4,8 cm. Flores de comprimento 0,8 a 1,2 mm e pedicelo de comprimento 0,1 a 2,5 mm.

Observou-se diferença entre as cultivares para número de dentes na folha, sendo que tal característica somente pode ser observada nas folhas adultas. A cultivar BRS Piabiru apresentou entre 12 e 28 dentes nas folhas adultas, a cultivar 1 apresenta entre 3 e 10 dentes por folha adulta enquanto a cultivar 2 entre 2 e 6 dentes(Figura 1).

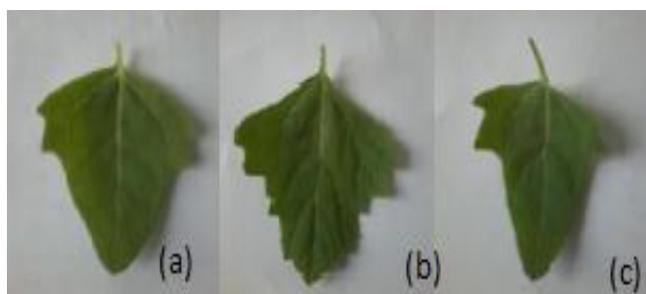


Figura 3: Folhas adultas de quinoa, Cultivar 1(a), BRS Piabiru (b) e Cultivar 2(c).

Assim este descritor possibilita diferenciar a cultivar BRS Piabiru e as demais cultivares. Porém para diferenciar as cultivares 1 e 2 observa-se que estas apresentam similaridade entre o número de dentes nas folhas adultas. Todavia, observou-se diferença entre o comprimento do pecíolo, sendo que a

cultivar 1 apresentou maior comprimento de pecíolo comparativamente à cultivar 2.

Em países onde a produção de quinoa é tradicional, as cultivares são descritas avaliando determinadas características morfológicas, sendo o número de dentes na folha um dos caracteres observados para distinção de cultivares (FAO, 2015). Nestas regiões, as estrias e alas (axilas folhas) também são utilizadas na caracterização de cultivares.

Para as cultivares estudadas na região sul do Brasil, observou-se a ocorrência de estrias no caule em todas as cultivares. A presença de alas não foi verificada apenas na cultivar BRS Piabiru (Tabela 2). Entretanto, a coloração de alas e estrias não estava presente em todas as plantas da mesma cultivar, ou seja, existe elevada heterogeneidade nos cultivares, para esta característica.

A altura média de planta observada na cultivar BRS Piabiru foi de 1,35m(Tabela 2), entretanto estudos realizados por Spehar e Souza(1993) utilizando a mesma cultivar observaram altura média de 1,90m. Tal diferença deve ser atribuída ao ambiente de cultivo, pois o experimento realizado pelos referidos autores estava situado na região central do Brasil, local que apresenta condições edafoclimáticas distintas do presente experimento. Levando em consideração a interação com o ambiente de cultivo, é possível dizer que nas condições do sul do Rio Grande do Sul as plantas da cultivar BRS Piabiru tendem a apresentar menor estatura comparativamente às plantas cultivadas em menores latitudes.

Os resultados corroboram com Vasconcelos et al.(2012), ao afirmarem que a ocorrência de baixas temperaturas durante o estágio vegetativo determina a formação de plantas de quinoa de menor estatura.

As cultivares de quinoa cultivadas na Região Andina apresentam classificação agroecológica e assim são classificadas em Quinoas do Vale, Quinoas do Altiplano, Quinoas dos Salares, Quinoas de Nível do Mar e Quinoas Subtropicais. Estas diferem em ciclo e altura da planta, assim demonstrando a variabilidade genética presente na cultura (PANDO & BARRA, 2012). Assim a identificação de diferentes cultivares ganha acentuada importância dentro num campo de produção de sementes.

A quinoa é alotetraplóide ( $2n = 4x = 36$ ), exibindo herança genética dissômica para a maioria das características qualitativas (WARD, 2000), condição que dificulta o ganho com a seleção em populações segregantes, tornando o processo seletivo cada vez mais complicado, devido a menor chance de ganho genético ao comparar com um organismo diploide (OLIVEIRA et al., 2013).

Na produção de sementes é importante o conhecimento da existência de diferenças morfológicas entre cultivares de uma mesma espécie. No Brasil, a identificação de cultivares é realizada, na maioria das vezes, pelo uso de descritores morfológicos (BONOW et al., 2007). Esta descrição auxilia a identificar a mistura genética e varietal, assim à distinção entre as cultivares possibilita a separação de materiais genéticos indesejáveis dentro do campo de produção de sementes ou em alguns casos indicando a necessidade de descarte.

## CONCLUSÕES

É possível diferenciar morfológicamente as cultivares de quinoa, pelo número de dentes na folha. Acentuada variabilidade verifica-se em cada genótipo quanto aos caracteres morfológicos, especialmente quanto a altura da planta e número de dentes na folha. Há variabilidade nos caracteres agrônômicos entre as cultivares de quinoa.

## REFERÊNCIAS

- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes**: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443p.
- BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J.B.; TÁVORA, J.A.F.; VIDAL NETO, F.C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 104-108, 2007.
- FAO, PROINPA, INIAF y FIDA.. Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. 52p., 2013.
- BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 846-851, May/June 1995.

- BONOW, S.; VON PINHO, E.V.; SOARES, A.A.; SIÉCOLA JÚNIOR, S. Morphological characteristics of rice cultivars; application for variety purity certification. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, maio/jun., 2007.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. (2001). Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.9, p.1101-1106, 2001. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000900003>
- BURKART, A. Leguminosae. In: Burkart, A.; Burkart, N.S.T. & Bacigalupo, N. M. (eds.). Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Tomo VI, parte III. Buenos Aires, Colección Científica del INTA. p. 442-743, 1987.
- FAO. **Distribuição y producción**. Disponível em: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/> acesso em: 28 jan. de 2015.
- FUENTES-BAZAN, S.; UOTILA, P.; BORSCH, T. A novel phylogeny-based generic classification for *Chenopodium* sensu lato, and a tribal rearrangement of Chenopodioideae (Chenopodiaceae). *Willdenowia*, v. 42, p. 5-24, 2012.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A., STEVENS, P.F., DONOGHUE, M.J. Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 612p, 2009.
- KAPPES, C.; WRUCK, F. J.; CARVALHO, M. A. C. de.; YAMASHITA, O. M. Feijão comum: características morfoagronômicas de cultivares. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 506-509. Disponível em: . Acesso em: 07 mai. 2016.
- NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, Mar. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300006> Acesso em: 29 mai. 2016.
- OLIVEIRA, G.A.; VASCONCELOS, E.S.; ACHRE, D. Divergência genética entre genótipos de quinoa quanto a crescimento morfológico e caracteres da panícula. **Scientia Agraria Paranaensis**. Mal. Cdo. Rondon, v.12, suplemento, dez., p. 434-439, 2013.
- PANDEY, J.P.; TORRIE, J.H. Path coefficient analysis of seeds yield components in soybean (*Glycine max*). **Crop science**, Madison, v.13, n.5, p. 505-507, 1973.

- PANDO, L.R.G; BARRA, A.L.E. Catalogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa*). 2 ed. Lima: INCAGRO.181p.2012.
- SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science**, Madison, v.41, n.6, p.1659- 1675, 2001.
- SOUZA, V.C.; LORENZI, H. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. 3ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 768p., 2012.
- SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru: Alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6 , p. 889-893, 2002
- 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. Utilização de quinoa como alternativa para diversificar alimentos. In: Simposio sobre ingredientes na alimentação animal, Uberlândia. **Anais...Uberlândia, MG: Colegio Brasileiro de Nutrição Animal: UFU**, p49-58, 2002.
- SPEHAR, C.R.; SOUZA, P.I.M. Adaptação 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.
- THOMAS, A. L., COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L., COSTA, J. A. (Org.). Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2010.
- WARD, S.M. Allotetraploid segregation for single-gene morphological characters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). **Euphytica**, v.116, p.11–16, 2000.
- VASCONCELOS, F.S.;VASCONCELOS, E.S.;BALAN, M.G.;SILVERIO, L. Desenvolvimento e produtividade de quinoa semeada em diferentes datas no período safrinha. **Revista Ciência agrônômica**. v. 43, n. 3, p. 510-515, 2012.
- ZILIO, M.; COELHO, C.M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de cultivares crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.2, p. 429-438, 2011. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200024> Acesso em: 10 mai. 2016.

## ARTIGO 3

### Teste do etanol para avaliação de vigor em sementes de quinoa

#### Ethanol vigor test for evaluation of quinoa seeds

Artigo submetido à revista Ciência Rural

Resumo - A quinoa é uma cultura de origem andina, atualmente apresenta grande demanda pelo mercado consumidor devido à qualidade nutricional de seus grãos. Assim, a importância do conhecimento do potencial fisiológico de sementes de quinoa ganha destaque, para a implantação de uma lavoura com adequada população de plantas. O teste do etanol é uma metodologia inovadora, sendo considerado um teste rápido para avaliação do nível de vigor. Neste trabalho objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica de sementes de quinoa pelo teste do etanol. Foram utilizados quatro lotes de sementes, com distintos níveis de vigor e três diferentes massas de sementes (1,0, 2,0 e 2,5g). As sementes foram mantidas sob lamina de água por 24 horas e a temperatura constante de 40°C. Após este período foi efetuada a quantificação de emissão de etanol. Observou-se que o teste é eficiente para diferir os níveis de vigor dos lotes de sementes de quinoa e utilizando-se 1,0g é obtida a mesma distinção que a oferecida por métodos tradicionais (emergência, índice de velocidade de emergência).

**Palavras-chave:** *Chenopodium quinoa*, pseudocereal, qualidade fisiológica, teste rápido, controle de qualidade.

#### ABSTRACT

Quinoa is a culture of Andean origin, currently has a large demand for the consumer market due to the nutritional quality of their grain. Thus, the importance of knowledge

of the physiological potential of quinoa seed is highlighted, for the implementation of a crop with adequate plant population. The test Ethanol is an innovative methodology, is considered a quick test to assess the effect level. This work aimed to evaluate the physiological quality of seeds of quinoa by the test ethanol. Four seed lots were used, with different levels of force and three different pasta seeds (1.0, 2.0 and 2.5 g). The seeds were kept under water layer for 24 hours at constant temperature of 40 ° C. After this time quantification was performed emission ethanol. It was observed that the test is effective to vary the force levels of lots of quinoa seeds and using 1.0g is achieved the same distinction that offered by traditional methods (emergency, emergency speed index).

**Key words:** *Chenopodium quinoa*, pseudocereal, physiological quality, quick test, quality control.

## INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) é uma cultura de ciclo anual, pertencente à família Chenopodiaceae. Espécie granífera que foi domesticada pelos povos nativos da região da Cordilheira do Andes (SPEHAR; SANTOS, 2002).

A semente é constituída por episperma (tecido que cobre a semente), perisperma (tecido de reserva) e pelo embrião, formado pelos cotilédones e radícula (PANDO e BARRA, 2012). O perisperma representa o principal tecido de reserva nutricional, correspondente, pela proximidade em composição organo-mineral, ao endosperma nas sementes de cereais. No entanto, não pertencente à mesma família botânica, a quinoa é frequentemente referida como um “pseudocereal” (SPEHAR, 2002). A semente de quinoa apresenta composição química média com 60% de

carboidratos (REPO-CARRASCO et al., 2003), teores máximos de óleo de 9,5% (DEBRUIN, 1964; KOZIOL, 1990) e de 10 a 18% de proteína (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

Para a comercialização das sementes tem-se a necessidade de testes padronizados de germinação e pureza física. A padronização de testes para avaliação da qualidade de sementes de quinoa é importante, por ser tratar de uma espécie de cultivo recente no Brasil e com futuro promissor, levando em conta a expansão do mercado consumidor.

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes vem sendo baseada no teste de germinação, por se tratar de um teste padronizado e por ser de fácil execução. Apesar da ampla utilização, o teste de germinação apresenta limitações pelo fato de não detectar processo de deterioração e os resultados obtidos em laboratório geralmente não representam os da emergência das plântulas em campo, onde as condições podem ser adversas. Outro ponto desfavorável é com relação ao período de condução do teste (TILLMAN e MENEZES, 2012).

De acordo com MARCOS FILHO (2015), as transformações degenerativas mais sutis não são avaliadas pelo teste de germinação, tal evento apresenta grande influência no desempenho das sementes, refletindo na emergência, crescimento e posterior produção. Assim, os testes de vigor contribuem para detectar estas informações e, conseqüentemente, são úteis nas tomadas de decisões, quanto ao destino de um lote de sementes (VANZOLINI; NAKAGAWA, 1998).

Estudando o efeito do vigor em sementes, TEKRONI e EGLI (1998) verificaram que o uso de sementes de alto vigor é justificado em todas as culturas, para assegurar adequada população de plantas sobre uma ampla variação de

condições ambientais de campo encontradas durante o período entre semeadura e emergência, e assim possibilitando aumento na produção mesmo se a densidade de plantas for menor que a recomendada.

Os testes de vigor constituem ferramentas de uso cada vez mais rotineiras para a determinação do potencial fisiológico de lotes de sementes. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade ou para a garantia da qualidade das sementes destinadas à comercialização (MARCOS FILHO, 1999).

Estudando vigor em sementes de canola, BUCKLEY et al. (2003) observaram a ocorrência de interação significativa entre a produção de etanol e o vigor de sementes. No mesmo estudo, foi evidenciado o teste de emissão de etanol como um teste rápido e simples, por não necessitar de nenhum tipo de instalação especial.

As alterações no metabolismo do etanol são indicadores da deterioração em sementes. Essas mudanças no metabolismo do etanol se apresentam provavelmente relacionadas a um declínio na função mitocondrial resultante da oxidação da membrana, particularmente as membranas internas, tendo fosfolipídios com cadeias acilo poli-insaturados. Sendo uma das funções da mitocôndria a oxidação de NADH a NAD<sup>+</sup>, o declínio da atividade mitocondrial resulta na produção de NAD<sup>+</sup>, que não só afeta a glicólise (a conversão de sacarose em piruvato), mas também limita a capacidade de degradar o etanol (KODDE e GROOTE, 2015). Deste modo analisando a taxa de liberação de etanol, como um indicador da qualidade das sementes durante o armazenamento. Neste sentido WOODSTOCK e TAYLORSON (1981), em estudo relacionado a produção de acetaldeído e etanol em sementes de soja, verificaram correlação significativa, indicando que o nível de produção destes compostos estava relacionado à

deterioração das sementes, sendo atribuído a alterações nas membranas mitocondriais.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a relação entre a produção de etanol e o desempenho fisiológico de sementes de quinoa.

### **Material e métodos**

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, durante o ano de 2015.

Foram utilizadas sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) oriundas de quatro lotes da cultivar BRS Piabiru, com germinação semelhante, produzidas no ano de 2015.

Para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram conduzidos teste de germinação, emergência em campo, índice de velocidade de emergência e quantificação de etanol. Foram utilizadas seis repetições para cada lote.

**Germinação:** foram utilizadas quatro repetições com duzentas sementes cada, semeadas em caixas gerbox sobre papel mata borrão umedecido com duas vezes o seu peso (g) em volume de água (mL). Foi contado o número de plântulas normais ao final de sete dias, o resultado expresso em percentual de plântulas normais (BORGES, sd)

**Emergência em campo:** foram semeadas seis repetições de cem sementes cada, em canteiro. A avaliação foi efetuada sete dias após semeadura e resultado expresso em percentual de plântulas emergidas.

**Índice de velocidade de emergência:** conduzido conjuntamente com o teste de emergência em campo. Os dados de contagem do número de plântulas emergidas, coletados diariamente foram utilizados para determinar o índice de velocidade de emergência, conforme a fórmula proposta por MAGUIRE (1962).

**Teste de quantificação de etanol:** quantidades de sementes dos quatro lotes foram acondicionadas em garrafa PET de 500 mL (Figura 4A). A quantidade de água destilada adicionada foi de 20 mL, suficiente para cobrir as sementes. As garrafas foram fechadas com silicone e incubadas a 40°C, por 24 horas. A concentração de etanol foi mensurada com a utilização de um etilômetro modelo Instrutherm BFD-60 modificado (Figura 4B). Para coletar os dados de etanol, uma agulha foi adaptada ao etilômetro. Foram realizados pré-testes para verificar o tempo necessário para leitura. Foram utilizados três diferentes massas de sementes (1,0; 1,5 e 2,0g), estabelecendo a quantidade de sementes mais adequada para condução do teste.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis repetições. Para análise estatística dos dados obtidos, foi efetuada a análise de variância e se significativas as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey. Foi realizada análise de correlação de Pearson entre os dados das avaliações.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os lotes tinham germinação semelhante, entretanto distintos níveis de vigor (Tabela 5). Estes apresentaram três níveis de vigor, fato evidenciado pelo índice de velocidade de germinação e pela emergência em campo. Assim, a eficiência do teste de quantificação de etanol foi avaliada pela análise do nível de vigor dos lotes.

A utilização de três diferentes massas de sementes (Tabela 5) evidenciou que, para a quinoa, a massa se torna limitante para avaliar a eficiência do teste.

Existindo assim massa mais adequada de sementes para que ocorra a avaliação mais precisa do nível de vigor do lote.

A utilização de 2,0 g de sementes no teste do etanol (Tabela 5) não permitiu separar os níveis de vigor à semelhança dos testes índice de velocidade de emergência e emergência a campo dos diferentes lotes e ainda apresentando elevado coeficiente de variação. A produção de etanol ao utilizar 2,0g de sementes, não mostrou associação com os níveis de vigor encontrados na emergência em campo e no índice de velocidade de germinação, apresentando estes testes reconhecida eficiência, sendo utilizados na avaliação de vigor, em diferentes espécies.

Utilizando 1,5g de sementes (Tabela 5), o resultado foi semelhante ao indicado na utilização de 2,0g de sementes. Assim, não ocorreu associação entre a produção de etanol e o nível de vigor dos lotes de sementes de quinoa.

Entretanto, ao utilizar massa de sementes de 1,0g (Tabela 5), ocorreu a separação dos lotes em três níveis de vigor. A diferença na produção de etanol demonstrou a variação dos lotes quanto ao vigor, ou seja, lotes menos vigorosos apresentam maior produção do subproduto. Vale ressaltar que existiu correspondência quanto à diferenciação dos lotes entre testes de vigor (emergência em campo e índice de velocidade de emergência) e o resultado encontrado no teste de quantificação do etanol.

Pela análise de correlação de Pearson (Tabela 6), fica evidente a existência de correlação entre as variáveis, demonstrando a eficiência do teste de quantificação do etanol na avaliação do vigor dos lotes de sementes de quinoa.

Observando a produção de etanol empregando 1,0g de sementes e o índice de velocidade de emergência (Tabela 5), nota-se a existência de correlação negativa

entre as variáveis (-0,9517). O aumento na produção de etanol correlaciona-se negativamente com o índice de velocidade de emergência, sendo este um importante parâmetro na avaliação de vigor de lotes. Vale ressaltar que valores elevados na produção de etanol indicam sementes menos vigorosas, visto que ocorre maior formação de etanol em sementes, conforme o avanço no processo de deterioração.

A existência de correlação entre a produção de etanol e a emergência de plântulas em campo (Tabela 6) é altamente significativa (-0,8421). Assim analisando um determinado lote, o aumento no percentual de plântulas emergidas em condição de campo representa a diminuição na produção de etanol. Sendo o teste de emergência em campo um dos mais importantes testes de vigor, permite inferir a ocorrência de associação entre a produção de etanol e o vigor de lotes de sementes de quinoa.

A primeira atividade metabólica das sementes, concomitante à reidratação, é a respiração (BEWLEY e BLACK, 1994). Para a determinação do vigor, uma das alternativas é submeter as sementes à avaliação da atividade respiratória, pois a respiração é a oxidação completa de compostos de carbono a  $\text{CO}_2$  e água, através de uma série de reações, usando oxigênio como acceptor final de elétrons, sendo a energia liberada e conservada na forma de ATP (TAIZ e ZEIGER, 2009). Entretanto, em ambientes que não apresentem concentrações adequadas de oxigênio, ou seja, na ausência do acceptor final, outra rota metabólica é ativada, tendo como produto final  $\text{CO}_2$  e etanol. A redução na germinação e no vigor correlaciona-se positivamente com o aumento da atividade respiratória, pois tecidos mais degradados apresentam maior atividade respiratória do que tecidos íntegros (DODE et al., 2013).

Observando as condições do teste, no qual a semente encontra-se totalmente submersa em água destilada, ou seja, em ausência de  $O_2$ , a produção de etanol oriunda da respiração anaeróbica, ou via fermentativa está relacionada à atividade respiratória. Além disso, sementes deterioradas podem apresentar menor integridade de membranas, resultando em maior liberação do etanol produzido no meio.

Assim, sementes com maior nível de deterioração apresentam maior liberação de etanol, devido à maior atividade respiratória das sementes. Por outro lado, sementes com menor nível de deterioração, ou seja, com maior vigor tendem a apresentar menor atividade respiratória, ocasionando em condições de anaerobiose menor produção de etanol. Em estudos avaliando a produção de etanol em sementes de repolho, RUTZKE et al. (2008) mostraram que os principais fatores que interferem na produção de etanol são a concentração de oxigênio e integridade da semente.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com o resultado apresentado por KODDE et al. (2012), ao observarem a existência de correlação negativa entre a produção de etanol e a qualidade fisiológica do lote de sementes de repolho. Ainda de acordo com os autores, na espécie em questão o aumento na produção de etanol ocorreu em sementes que foram armazenadas em condição ambiental, submetidas a estresse ou em sementes imaturas. Vale destacar que os autores evidenciam que a falta de oxigênio não é o principal gatilho para a produção de etanol, pois a produção de etanol ocorreu simultaneamente ao consumo de oxigênio.

Estudando a utilização do teste de etanol durante o armazenamento de sementes de repolho, KODDE e GROOTE (2015) observaram que o teste de etanol apresentava elevada sensibilidade para avaliar a degradação das sementes.

O teste de quantificação de etanol pode ser considerado rápido, visto que o resultado é obtido em 24 horas.

A quantificação da produção de etanol constitui-se em uma importante ferramenta na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes. O teste do etanol demonstra elevada sensibilidade para avaliação do potencial fisiológico de sementes de quinoa.

### **CONCLUSÃO**

O teste de quantificação de etanol apresenta eficiência na avaliação de vigor em sementes de quinoa.

A massa de 1g de sementes de quinoa é a indicada para condução do teste de quantificação de etanol.

O teste é considerado rápido pois se obtém o resultado em 24h.

### **REFERÊNCIAS**

- BUCKLEY, W. T.; IRVINE, R. B.; BUCKLEY, K. E.; Elliott, R. H. Canola seed vigour ethanol test. In *4th Annual Manitoba Agronomists Conference*, University of Manitoba, 2003. Disponível em: [http://www.umanitoba.ca/faculties/afs/MAC\\_proceedings/2003/pdf/buckley\\_ethanol\\_test.pdf](http://www.umanitoba.ca/faculties/afs/MAC_proceedings/2003/pdf/buckley_ethanol_test.pdf). Acesso em: 4 set. 2015.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seed physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DODE, J.S.; MENEGHELLO, G.E.; TIMM, F.C.; MORAES, D.M.; PESKE, S.T. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. *Ciência Rural*, v.43, n.2, p.193-198, 2013. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200001>>

KODDE, J.; BUCKLEY, W.T.; GROOT, C.C.; RETIERRE, M.; ZAMORA, A.M.V.; GROOT, S.P.C.. A fast ethanol assay to detect seed deterioration. **Seed Science Research**, v.22, n.1, p.55-62, 2012. Disponível em: <http://library.wur.nl/WebQuery/edepot/185592> Acesso em: 12 jan. 2016 doi: 10.1017/S0960258511000274

KODDE, J; GROOTE, S.P.C. Ethanol degradation a simple and sensitive indicator for seed aging. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/280039377 Ethanol degradation a simple and sensitive indicator for seed aging](http://www.researchgate.net/publication/280039377_Ethanol_degradation_a_simple_and_sensitive_indicator_for_seed_aging). Acesso em: 19 de set. 2015.

KOZIOL, M.J. Composicion quimica In: Wahli, C. Quinoa, hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A., Casilla 17-110-6053, , p.137-159, 1990. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0889157592900066> Acesso em: 20 fev. 2016 Doi: 10.1016/0889-1575(92)90006-6

KHAH, E.M.; ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H. Effects on seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. *Field Crops Research*, v.20, p.175-190, 1989. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223345821 Effects of seed ageing on gr](https://www.researchgate.net/publication/223345821_Effects_of_seed_ageing_on_gr)

[rowth and yield of spring wheat at different plant-population densities](#) Acesso

em: 10 nov. 2015. DOI: 10.1016/0378-4290(89)90078-6

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600004)

[84782005000600004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600004) Acesso em: 10 mar. 2016 Doi: 10.1590/S0103-

84782005000600004

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-77, 1962. Disponível em:

[https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176/preview/p](https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176/preview/pdf)

[df](https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176/preview/pdf) Acesso em: 8 set. 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-.121.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820p.

RUTZKE, C.F.J; TAYLOR, A.G.; OBENDORF,R.L. Influence of aging, oxygen, and moisture on ethanol production from cabbage seeds. **J. AMER. SOC. HORT. SCI.**

v.133, n.1, p.158–164. 2008. Disponível em:

<http://journal.ashspublications.org/content/133/1/158.full.pdf+html> Acesso em: 13

mai. 2016.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: A review. **Crop**

**Science**, v.31, p.816-822, 1991. Disponível em:

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/31/3/CS0310030816> Acesso

em: 6 abr. 2016 doi:10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054

TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L. Análise de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª ed. Ed. Universitária UFPel, 2012. Pelotas. 573p.

VANZOLIN, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 178- 183, 1998. Disponível em:

<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1998/v20n1/artigo29.pdf> Acesso em: 5 mar. 2016.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 1, p. 59-65, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4) Acesso em: 18 fev. 2016 Doi: 10.1016/S1537-5110(03)00114-4

WOODSTOCK,L.W; TAYLORSON, L.B. Ethanol and acetaldehyde in imbibing soybean seeds in relationto deterioration. **Plant Physiol.**, v.67, p. 424-428, 1981.

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, 179-189 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/240546646\\_Nutritional\\_Value\\_and\\_Use\\_of\\_the\\_Andean\\_Crops\\_Quinoa\\_Chenopodium\\_quinoa\\_and\\_Kaniwa\\_Chenopodium\\_pallidicaule](https://www.researchgate.net/publication/240546646_Nutritional_Value_and_Use_of_the_Andean_Crops_Quinoa_Chenopodium_quinoa_and_Kaniwa_Chenopodium_pallidicaule) Acesso em: 4 dez. 2015 DOI: 10.1081/FRI-120018884

Tabela 6: Resumo da análise de variância para diferentes massas de sementes (1,0; 1,5 e 2,0g) e qualidade fisiológica dos lotes(emergência e índice de velocidade de emergência) de quatro lotes de sementes de quinoa

Fontes	GL	QM (1g)	QM (1,5g)	QM(2g)	QM(E)	QM(IVE)
LOTE	3	0.392651	0,0501	0,0364	1798	2069.63
RESÍDUO	28	0.001103	0,0043	0,0059	45	16.7845

Tabela 7: Germinação (G), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), quantificação de etanol (QE) utilizando diferentes massas de sementes em quatro lotes de quinoa.

Lote	G	IVE	E	QE (1g)	QE (1,5g)	QE (2g)
1	92 a	63,55 a	80 a	0,130 c	0,207 c	0,310 b
2	92 a	61,74 a	81 a	0,124 c	0,400 a	0,440 a
3	92 a	39,96 b	68 b	0,430 b	0,310 b	0,290 b
4	88 a	31,10 c	49 c	0,570 a	0,281 bc	0,310 b
CV(%)	2,13	8,35	9,69	10,58	21,86	22,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste

Tuckey, em de significância de 95%.

Tabela 8: Correlação de Pearson entre as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E) e quantificação de etanol (QE), com nível de 1% de significância

	E	QE (1,0g)	QE (1,5g)	QE (2,0g)
IVE	0.6985*	-0.9517*	0,0356 <sup>ns</sup>	-0,0109 <sup>ns</sup>
E	-	-0.8421*	-0,2247 <sup>ns</sup>	0,4034 <sup>ns</sup>

\*Significativo

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de quinoa em regiões de maior latitude, como é o caso do sul do Rio Grande do Sul pode ser viável, entretanto a adequação de práticas de manejo é primordial para o sucesso do cultivo.

No presente trabalho, as áreas semeadas apresentaram como característica principal a maior latitude e menor altitude, condição diferente do centro de origem da espécie. Porém o desenvolvimento da cultura e sua produção foram pouco alterados. Tal fato demonstra a rusticidade e adaptabilidade da espécie em questão.

A cultura apresentou lento desenvolvimento inicial para todas as cultivares, assim novas práticas agronômicas devem ser adotadas para obtenção de estande adequado de plantas. É possível sugerir a utilização de mudas transplantadas ao invés de semeadura, porém novos estudos devem ser conduzidos para tal propósito.

Constatou-se a possibilidade de diferenciar morfologicamente as cultivares, para auxiliar na manutenção da pureza genética das cultivares a serem lançadas. Tal caracterização é baseada no número de dentes presente nas folhas adultas, nas cultivares estudadas o número de dentes presente nas folhas é a principal característica morfológica que se apresenta como um diferencial entre as plantas. Vale enfatizar a grande variabilidade genética encontrada entre as plantas de uma mesma cultivar, observou-se grande diferença em altura de plantas e ciclo.

Também observou-se que através dos caracteres agronômicos e a utilização de fórmula adaptada para obtenção de potencial de produção na cultura da soja é possível estimar o rendimento da quinoa.

Para avaliação de vigor o teste de quantificação de etanol demonstrou eficiência e rapidez nos seus resultados, sendo a quinoa uma cultura de introdução recente no país, temos no teste de quantificação de etanol uma importante ferramenta no controle de qualidade de sementes de quinoa.

A proposta geral da pesquisa visava dar início ao desenvolvimento da cultura na região sul do Rio Grande do Sul. Assim foram conduzidos experimentos que servissem de base teórica e prática para as demais pesquisas que porventura venham a ser implantadas.

## 5 REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, A.M.G.; LACERDA, R.R.A.; JUNIOR, J.R.S.; SILVA, H.S.; SOUSA, J.R.M.; FURTADO, G.F.; SILVA, S.S. Diagnóstico do armazenamento de sementes em pequenas propriedades do município de Umari – CE. **Revista agropecuária científica do semiárido**. v. 8, n. 4, p. 29-36, 2012.

AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEIL, R. M. N.; PEDÓ, T. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Revista Interciencia**, v. 36, n. 9, p. 677-681, 2011.

AYCICEK, M.; YILDIRIM, T. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pakistan Journal Botany**, v.38, n.2, p.417-424, 2006.

BABAR, M.; KHAN, A.A.; ARIF, A.; ZAFAR, Y.; ARIF, M. Path analysis of some leaf and panicle traits affecting grain yield in doubled haploid lines of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agricultural Research**, v.45, n.4, p.245-252, 2007

BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J.B.; TÁVORA, J.A.F.; VIDAL NETO, F.C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 104-108, 2007.

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

BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 846-851, 1995.

BORGES, J.T.S.; ASCHERI, J.L.R.; ASCHERI, D.R.; NASCIMENTO, R.E.; FREITAS, A.S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium Quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza Sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **B Ceppa**. V. 21, n.2, p. 303-322, 2003.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; GALVAN, D.; FLORES, M.F. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46-55.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.9, p.1101-1106, 2001. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000900003>

BUCKLEY, W. T.; IRVINE, R. B.; BUCKLEY, K. E.; ELLIOTT, R. H. Canola seed vigour ethanol test. In *4th Annual Manitoba Agronomists Conference*, University of Manitoba, 2003. Disponível em: [http://www.umanitoba.ca/faculties/afs/MAC\\_proceedings/2003/pdf/buckley\\_ethanol\\_test.pdf](http://www.umanitoba.ca/faculties/afs/MAC_proceedings/2003/pdf/buckley_ethanol_test.pdf). Acesso em: 4 set. 2015.

CARVALHO, M.L.M.; VILLELA, F.A. Armazenamento de sementes. **Informe Agropecuário**, v.27, n.232, p. 70-75, 2006.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L. et al. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1421-1428, 2004.

DANIELSEN, S.; JACOBSEN, S.E.; ECHEGARAY, J.; AMES, T. Correlacion entre metodos de evaluacion y perdida de rendimiento en el patosistema quinua-mildiu. **Fitopatologia**, v. 35, n.4, p. 242–248, 2000.

DE BRUIN, A. Investigation of the food value of quinoa and canihua. **J. Food Sci.**, n.29, p. 872. 1964. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1964.tb00464.x>. Acesso em: 24 jul. 2016.

FAO, PROINPA, INIAF y FIDA.. Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres.52p, 2013.

FAO. **Distribución y producción**. Disponível em: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/> acesso em: 28 jan. de 2015.

FAO. **Lançamento do ano internacional da quinua**. Disponível em: [www.fao.org.br/IAIQ2013.asp](http://www.fao.org.br/IAIQ2013.asp) acesso em: 28 jan. de 2015.

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

FIGLIOLIA, M.B. Colheita de sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Manual técnico de sementes florestais. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.1-12. Série Registros, 14.

GOUVEIA, L.A.G.; FRANGELLA, V.S.; EXEL, M.O.A. Quinoa: propriedades nutricionais e aplicações. **Nutrição Brasil**. V. 11, n. 1, p. 56-61, 2012.

- JACOBSEN, E. S.; MUJICA, A.; JENSEN, C. R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic conditions. **Food Reviews International**, London, v. 19, n. 1/2, p. 99-109, 2003.
- JACOBSEN, S.E.; MUJICA, A.; ORTIZ, R. La importancia de los cultivos andinos. **Fermentum**. n. 36:p. 14-24, 2003.
- KAPPES, C.; WRUCK, F. J.; CARVALHO, M. A. C. de.; YAMASHITA, O. M. Feijão comum: características morfoagronômicas de cultivares. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 506-509. Disponível em: . Acesso em: 07 mai. 2016.
- KARYOTIS, TH.; ILIADIS, C.; NOULAS, CH.; MITSIBONAS, TH. Preliminary Research on Seed Production and Nutrient Content for Certain Quinoa Varieties in a Saline–Sodic Soil. **J. Agronomy & Crop Science** v.189, p.402—408, 2003.
- KODDE, J; GROOTE, S.P.C. Ethanol degradation a simple and sensitive indicator for seed aging. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/280039377\\_Ethanol\\_degradation\\_a\\_simple\\_and\\_sensitive\\_indicator\\_for\\_seed\\_aging](http://www.researchgate.net/publication/280039377_Ethanol_degradation_a_simple_and_sensitive_indicator_for_seed_aging). Acesso em: 19 de set. 2015.
- KOZIOL, M.J. Composicion quimica In: Wahli, C. Quinoa, hacia su cultivo commercial. Latinreco S.A., Casilla 17-110-6053, , p.137-159, 1990.Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0889157592900066> Acesso em: 20 fev. 2016 Doi: 10.1016/0889-1575(92)90006-6
- KVET, J.; ONDOK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. (Eds.). Plant photosynthetic production: manual of methods. **The Hague** : W. Junk, p.343-391, 1971.
- links of the production chain. **Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.** V. 42 n. 4, p. 377-401, 2002.
- LINNEMANN, A.R.; DIJKSTRA, D.S. Toward sustainable production of protein-rich foods: appraisal of eight crops for Western Europe. Part I. Analysis of the primary MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986, 1: 331-350.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. ABRATES. 659p. 2015.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1.1-.121.
- MEZQUITA, P.C.; VERDEJO, A.C.; TAPIA, K.P.; PALACIOS, N.R.; ZAVALA, R.A. Suplementos Alimenticios de alto contenido proteico para niños de 2-5 años. Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. **Interciencia**. v.32, n.2, p.57-64, 2007.

MUJICA, A. et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001. Disponível em:

<http://www.rlc.fao.org/pr/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm>.

Acesso em: 10 Jan. 2015.

NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**,

Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300006> Acesso em: 29 mai. 2016.

PANDO, L.R.G; BARRA, A.L.E. Catalogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa*). 2 ed. Lima: INCAGRO.181p.2012.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas : IAC, 33p. 1987.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. 2.ed. Brasília: ABRATES, 1985. p.19-95.

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, 179-189 2003. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/240546646\\_Nutritional\\_Value\\_and\\_Use\\_of\\_the\\_Andean\\_Crops\\_Quinoa\\_Chenopodium\\_quinoa\\_and\\_Kaniwa\\_Chenopodium\\_pallidicaule](https://www.researchgate.net/publication/240546646_Nutritional_Value_and_Use_of_the_Andean_Crops_Quinoa_Chenopodium_quinoa_and_Kaniwa_Chenopodium_pallidicaule) Acesso em: 4 dez. 2015 DOI: 10.1081/FRI-120018884

ROCHA, J.E.S.. Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas e estabilidade de rendimento no Planalto Central, 2008, 127f. Dissertação (mestrado em Ciências Agrárias).Universidade de Brasília, Brasília.

SANTOS, R.L.B., SPEHAR, C.R., VIVALDI, L., 2003. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) reaction to herbicide residue in a Brazilian Savannah soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 771-776.

SOUZA, L.A.C.; SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesq. Agropec. Bras.** V. 39, n. 4, p. 397-401, 2004.

SPEHAR, C. R.; ROCHA, J. E. S. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands.

**Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 53-58, 2009.

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

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

SPEHAR, C.R. Utilização de quinoa como alternativa para diversificar alimentos. In: Simposio sobre ingredientes na alimentação animal, Uberlândia. **Anais...Uberlândia, MG: Colegio Brasileiro de Nutrição Animal: UFU**, p49-58, 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 Agropecuaria Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, 2011.

SPEHAR, C.R.; SOUZA, P.I.M. Adaptação 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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: A review. **Crop Science**, v.31, p.816-822, 1991. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/31/3/CS0310030816> Acesso em: 6 abr. 2016 doi:10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054

TILLMANN, M. A. A.; MENEZES, N. L. Análise de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3ª ed. Ed. Universitária UFPel, 2012. Pelotas. 573p.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE DUAS CULTIVARES DE FEIJOEIRO SOB IRRIGAÇÃO, EM PLANTIO DIRETO E PREPARO CONVENCIONAL. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VANZOLIN, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 178- 183, 1998. Disponível em: <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1998/v20n1/artigo29.pdf> Acesso em: 5 mar. 2016.

VASCONCELOS, E.S; EGEWARTH, J.F; OLIVEIRA, G.A.; PIANO, J.T. Características agronomicas de genotipos de quinoa. **Scientia Agraria Paranaensis - SAP Mal. Cdo. Rondon**, v.12, suplemento, dez., p.371-376, 2013.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 1, p. 59-65, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4) Acesso em: 18 fev. 2016 Doi: 10.1016/S1537-5110(03)00114-4

WAHLI, C. Quinoa hacia su cultivo comercial. *Latinreco*, Quito, p.206, 1990.

WOODSTOCK, L.W; TAYLORSON, L.B. Ethanol and acetaldehyde in imbibing soybean seeds in relation to deterioration. **Plant Physiol.**, v.67, p. 424-428, 1981.

ZILIO, M.; COELHO, C.M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de cultivares crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p. 429-438, 2011. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200024> Acesso em: 10 mai. 2016.