

Caracterização de populações F₂ de arroz irrigado visando a seleção para tolerância a baixas temperaturas

¹ Gabriela de Magalhães da Fonseca, ² Maicon Nardino, ³ Marina de Magalhães da Fonseca, ⁴ Viviane Kopp da Luz, ⁵ Ariano Martins de Magalhães Júnior, ⁴ Antonio Costa de Oliveira, ⁴ Luciano Carlos da Maia

¹ Instituto Rio Grandense do Arroz, Av. Missões, nº 342, Bairro São Geraldo, Porto Alegre RS CEP 90230 100, Brasil. E-mail: gabrieladafonseca@hotmail.com

² Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Universitário, CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: nardino@ufv.br

³ Instituto Federal Farroupilha, *Campus* Jaguari, BR 287, KM 360, Estrada do Chapadão, sn, CEP 97760-000, Jaguari, RS, Brasil. E-mail: marina.fonseca@iffarroupilha.edu.br

⁴ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, CEP 96050-500, Capão do Leão, RS, Brasil. E-mails: vivikp05@hotmail.com, acostol@terra.com.br, lucianoc.maia@gmail.com

⁵ Embrapa Clima Temperado, CEP 96010-971, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: ariano@cpact.embrapa.br

Resumo: A identificação e caracterização da variabilidade genética para tolerância ao estresse por baixas temperaturas são de grande importância para obtenção de genótipos promissores para utilização em programas de melhoramento genético. O objetivo deste trabalho foi caracterizar quatro populações F₂ de arroz irrigado visando seleção de genótipos com tolerância à baixa temperatura, e discriminação de ambiente favorável para a seleção. As sementes do híbrido BRSCIRAD 302 foram semeadas, totalizando 4500 plantas espaçadas em cada uma das duas épocas em campo experimental da Estação Terras Baixas, pertencente à Embrapa Clima Temperado, localizado no município de Capão do Leão/RS, e em campo experimental do IRGA, em Cachoeirinha/RS, o método de melhoramento genealógico foi empregado. Os experimentos foram conduzidos em blocos aumentados de Federer, sendo, cada planta selecionada ao acaso e considerada uma unidade experimental. A partir deste estudo pode-se verificar que existe variabilidade genética nas populações estudadas para tolerância a temperaturas baixas. Dentre as características avaliadas os componentes de rendimento sofrem redução causada por baixas temperaturas. O ambiente mais indicado para seleção de genótipos promissores para tolerância a temperaturas baixas é o município de Capão do Leão com semeadura tardia (dezembro).

Palavras chave: *Oryza sativa* L., Melhoramento genético, Tolerância térmica

Characterization of F₂ populations of irrigated rice for selection purposes for tolerance to low temperatures

Abstract: Identification and characterization of genetic variability for stress tolerance for low temperatures are of great importance for obtaining promising genotypes for use in breeding programs. The aim of this study was to characterize four F₂ populations of rice aimed at selection of genotypes with tolerance to low temperature, and discrimination favorable environment for the selection. The seeds of hybrid BRSCIRAD 302 were seeded totaling 4,500 plants spaced in each of the two seasons in experimental field of Lowlands Station, Embrapa Temperate Climate, located in the municipal district of Capão do Leão/RS, and experimental field IRGA in Cachoeirinha/RS, the genealogical improvement method. The experiments were conducted in augmented blocks of Federer, and each plant selected at random and considered an experimental unit. From this study, it can be seen that there is genetic variation in the populations studied for tolerance to low temperatures. Among the characteristics, evaluated yield components suffer reduction caused by low temperatures of high magnitude. The most appropriate environment for selection of promising genotypes for tolerance to low temperatures is the Capão do Leão municipality with late sowing (december).

Key words: *Oryza sativa* L., Breeding, Thermic tolerance.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de origem tropical, amplamente cultivado e consumido mundialmente. Nos países consumidores de arroz, a capacidade produtiva das plantas e as características de qualidade de grão ditam o valor de mercado e possuem papel fundamental na adoção de novas cultivares (De Magalhães et al., 2018). Em muitas áreas de cultivo de arroz ocorrem oscilações de temperatura que influenciam de forma desfavorável o desenvolvimento das plantas (Fonseca et al., 2008).

A ocorrência de temperaturas baixas (abaixo de 20 °C) é um dos principais limitantes à expressão do potencial de rendimento de cultivares de arroz irrigado. A ocorrência de temperaturas baixas nas fases iniciais de desenvolvimento pode causar danos no estabelecimento e estande inicial da lavoura orizícola e, posteriormente, redução de rendimento de grãos, sendo que os maiores danos ao rendimento de grãos são observados quando o “frio” ocorre na fase reprodutiva da cultura (Fonseca et al., 2008 & Fagundes et al., 2010).

A tolerância ao frio nas fases de germinação e vegetativa é uma característica importante para garantir um estabelecimento rápido e uniforme da lavoura na semeadura antecipada, o qual é considerado atualmente um dos principais fatores de estabilidade e garantia de altos níveis de rendimento de grãos (Rosso et al., 2005). Além das perdas em rendimento de grãos, deve-se considerar também a elevação dos custos de produção como um componente importante deste problema em arroz irrigado, uma vez que com a ocorrência deste estresse os insumos aplicados deixam de ser traduzidos em rendimento de grãos.

A seleção a campo, em função da instabilidade da temperatura, é um dos problemas deste processo, ocasionando um avanço lento nas pesquisas. Uma das maiores dificuldades enfrentadas para se trabalhar com a característica de tolerância ao frio diz respeito ao fato de que os genótipos com maior nível de tolerância são pertencentes à subespécie *japonica* e carregam, juntamente com os genes de tolerância, genes para caracteres indesejáveis de tipo de planta, grão e qualidade pós-colheita. Portanto, é importante identificar genótipos tolerantes ao frio dentro da subespécie *indica*, os quais podem ser

empregados diretamente em cruzamentos elite para a transferência da tolerância (Magalhães et al., 2003).

A avaliação da exerceção da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas são caracteres utilizados para selecionar genótipos tolerantes ao estresse por baixas temperaturas em períodos específicos de desenvolvimento da planta (Cruz & Milach 2000). As temperaturas críticas que causam esterilidade são estimadas entre 15 e 17 °C, para os genótipos tolerantes e entre 17 e 19 °C, no caso dos suscetíveis (Nishiyama et al., 1987).

Um mecanismo fisiológico que contribui para tolerância a temperaturas baixas é a conservação da atividade e funcionamento da membrana celular, que interfere na atividade do cloroplasto, no funcionamento celular e relações hídricas, com impacto no crescimento e desenvolvimento da planta. A membrana é geralmente o primeiro componente celular que sofre a injúria causada por temperaturas frias através da alteração da composição de lipídios causada por desidratação (Uemura et al., 2006).

A identificação e caracterização da variabilidade genética para tolerância ao estresse por baixas temperaturas são de grande importância para obtenção de genótipos promissores para utilização em programas de melhoramento genético.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar quatro populações F₂ de arroz irrigado, oriundas do avanço de geração do híbrido BRSCIRAD 302, visando seleção de genótipos com tolerância à baixa temperatura, e discriminação de ambiente favorável para a seleção.

Material e métodos

Obtenção da população F₂

Para o presente estudo foi utilizada uma população segregante F₂ obtida do avanço de geração do híbrido BRSCIRAD 302.

Esse genótipo foi escolhido por apresentar grande interesse agrônomo e científico, pois é um híbrido é originado do cruzamento entre CIRAD 464(M) x SBT 106 (F) a BRSCIRAD 302 desenvolvida pela Embrapa e pelo CIRAD para o Rio Grande do Sul, as características agrônomicas do híbrido são a alta qualidade de grãos e a elevada produtividade média de 10,6 t ha⁻¹.

Manejo e Práticas de Cultivo

Sementes do híbrido BRSCIRAD 302 foram germinadas totalizando 4500 plantas espaçadas em cada uma das duas épocas em campo experimental da Estação Terras Baixas, pertencente à Embrapa Clima Temperado, localizado no município de Capão do Leão/RS (latitude 31°45' S, longitude 52°21' W, com altitude média de 13,2m), e em campo experimental do IRGA, em Cachoeirinha/RS (latitude 29°57' S, longitude 51°06' W, com altitude média de 7m).

A primeira época foi semeada nos dias 7 e 8 de novembro de 2011 no campo experimental da Embrapa e do IRGA respectivamente. A primeira área experimental foi semeada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura de arroz irrigado. A germinação das plantas ocorreu no dia 20 de novembro de 2011 em Cachoeirinha e no dia 22 de novembro de 2011 no Capão do Leão.

Já a segunda época foi semeada no dia 22 de dezembro de 2011 no campo experimental da Embrapa e do IRGA. A semeadura tardia permitiu a coincidência entre o período de floração do arroz e o período de incidência de baixas temperaturas, que ocorrem no final de fevereiro e início de março. A emergência das plantas ocorreu no dia 26 de dezembro de 2011 em Cachoeirinha e no dia 4 de janeiro de 2012 no Capão do Leão.

Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em blocos aumentados de *Federer*. Foram selecionadas 100 plantas, onde cada planta foi selecionada ao acaso e considerada como a unidade experimental.

Caracteres avaliados na população F₂

A seleção seguiu o método de melhoramento genealógico, sendo obtidas 100 plantas para cada época e local, das quais foram avaliadas as seguintes características: comprimento de folha (CF), em cm, largura de folha (LF), em cm, comprimento de panícula (CP), em cm, comprimento de colmo (CC), em cm, exerceção da panícula (EP), em cm, peso da

panícula (PP), em g, massa de grãos da panícula (MGP), em g, número de grãos (GG) e número de espiguetas estéreis (EE).

Análises estatísticas

Os resultados foram analisados por meio de distribuição de frequência, medidas de posição (média e moda), de dispersão [valores mínimo e máximo, variância, coeficiente de variação (CV)] e medidas separatrizes [assimetria (S) e curtose (K)], com o auxílio do pacote estatístico *Statistical Analysis System* [SAS] (2002). A significância dos coeficientes de S e K foram testados, quanto a igualdade a zero (S) e três (K), com teste *t* a 5% de probabilidade de erro, com 299 graus de liberdade.

Os valores de referência adotados para o coeficiente de assimetria foram $S < 0$, distribuição assimétrica à esquerda e $S > 0$, distribuição assimétrica à direita. Quanto ao coeficiente de curtose, os valores de referência foram: $K = 0$, distribuição normal, mesocúrtica; $K > 0$, distribuição mais "afilada" que a normal, leptocúrtica; e $K < 0$, distribuição mais achatada do que a normal, platicúrtica. Para a plotagem das figuras foi utilizado o programa Microsoft® Office Excel (2007).

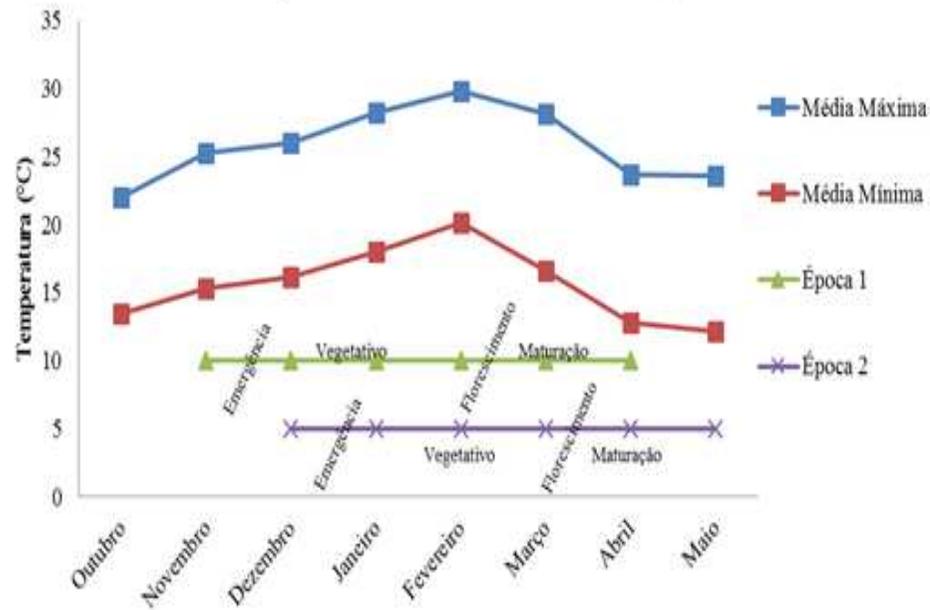
Resultados e discussão

A (Figura 1A) mostra as médias máximas e mínimas das temperaturas ocorridas no período de desenvolvimento das plantas nas duas épocas de semeadura no município de Capão do Leão. A (Figura 1B) mostra as médias máximas e mínimas das temperaturas ocorridas no período de desenvolvimento das plantas nas duas épocas de semeadura no município de Cachoeirinha.

Na (Tabela 1) são apresentados os resultados da análise estatística descritiva das variáveis analisadas em quatro populações segregantes F₂, compostas por 100 plantas, em duas épocas de plantio e dois locais (Capão do Leão e Cachoeirinha).

Figura 1. A - Temperaturas médias máximas e mínimas nos meses de outubro a maio em Capão do Leão/RS, safra 2011/12. **B**- Temperaturas médias máximas e mínimas nos meses de outubro a maio em Cachoeirinha/RS, safra 2011/12. Elaboradas a partir dos dados do Boletim Climatológico Mensal da Embrapa Clima Temperado (Embrapa, 2015).

A Média das temperaturas na Safra 2011/2012 - Capão do Leão/RS



B Média das temperaturas na Safra 2011/2012 - Cachoeirinha/RS

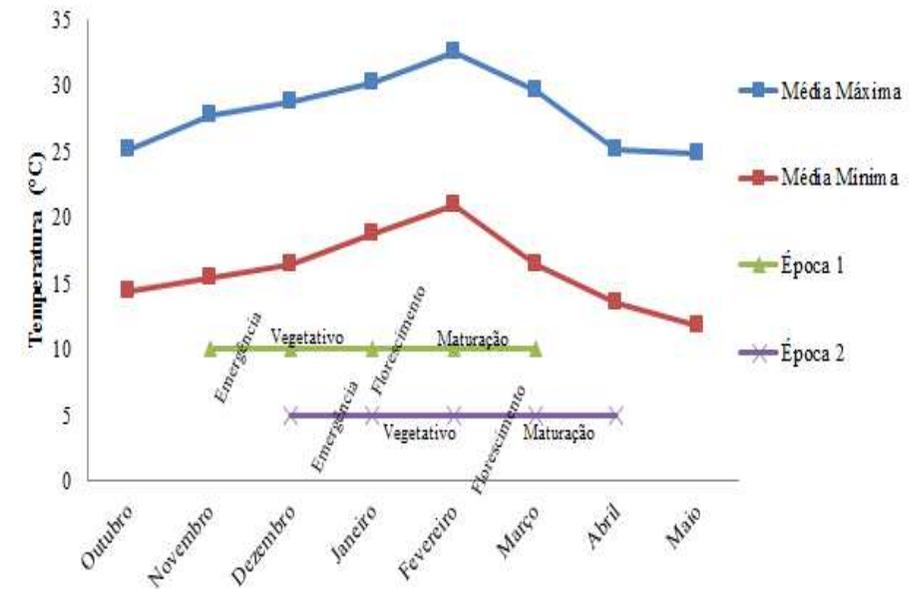


Tabela 1 - Resultados da análise estatística descritiva das variáveis comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), comprimento de panícula (CP), comprimento de colmo (CC), exerceção da panícula (EP), peso da panícula (PP), massa de grãos da panícula (MGP), número de grãos (GG) e número de espiguetas estéreis (EE), analisadas em quatro populações segregantes F₂, em duas épocas de semeadura. Pelotas, RS. 2018.

Época / Local	Variável	Média	Variância	Valor mínimo	Valor máximo	CV%	S	K
Época 1 Capão do Leão	CF	25.08	33.78	14.40	41.10	23.17	0.49	-0.30*
	LF	0.94	0.02	0.50	1.40	15.68	-0.03*	0.22*
	CP	21.43	5.40	12.10	26.70	10.84	-0.49*	1.09*
	CC	68.58	68.94	39.80	88.50	12.11	-0.65	1.00*
	EP	1.18	0.38	0.71	3.07	51.95	1.08*	-0.03*
	PP	1.45	0.15	0.71	5.39	26.52	5.31*	49.21*
	MGP	1.32	0.08	0.71	2.19	20.97	-0.06*	-0.02*
	GG	7.46	5.44	0.71	13.32	31.27	-0.48*	0.15*
	EE	6.25	6.49	0.71	13.98	40.77	0.50*	-0.23*
Época 1 Cachoeirinha	CF	23.53	24.73	11.50	39.60	21.13	0.65*	0.42*
	LF	0.94	0.04	0.30	1.80	21.60	-0.12*	1.51*
	CP	21.77	8.84	14.50	37.00	13.65	1.37*	5.70*
	CC	77.93	59.03	51.00	106.00	9.86	-0.10	1.47*
	EP	1.10	0.18	0.71	3.08	39.57	1.23*	2.14*
	PP	1.58	0.09	0.95	2.34	19.27	0.11*	-0.67*
	MGP	1.43	0.12	0.71	2.27	24.46	-0.12*	-0.60*
	GG	8.12	8.62	0.71	15.51	36.15	-0.36*	-0.13*
	EE	7.59	6.93	0.71	14.82	34.70	-0.01	-0.01*
Época 2 Capão do Leão	CF	23.09	29.73	11.30	38.30	23.61	0.40	-0.21*
	LF	0.99	0.01	0.70	1.30	11.56	-0.22*	-0.06*
	CP	20.12	4.54	14.00	25.00	10.60	-0.25*	-0.04*
	CC	55.84	33.46	44.00	73.00	10.36	0.29	-0.29*
	EP	0.71	0.00	0.71	0.71	0.00	-	-
	PP	1.13	0.02	0.81	1.44	13.97	1.00*	1.17*
	MGP	0.75	0.02	0.71	1.63	19.99	3.77*	14.10*
	GG	1.11	2.21	0.71	10.12	133.91	3.90*	14.69*
	EE	1.49	6.15	0.71	13.36	166.92	3.09*	8.17*
Época 2 Cachoeirinha	CF	22.73	23.92	1.53	36.00	21.51	-0.06	0.57*
	LF	1.01	0.02	0.60	1.50	12.56	0.18*	1.04*
	CP	22.29	4.29	17.00	29.00	9.29	-0.01	-0.04*
	CC	60.85	30.05	48.90	74.50	9.01	-0.05	-0.06*
	EP	0.78	0.08	0.71	3.08	35.53	4.80*	27.03*
	PP	1.42	0.08	0.92	2.24	20.03	0.44*	-0.62*
	MGP	1.34	0.13	0.71	1.98	31.32	0.29*	-1.07*
	GG	5.92	13.78	0.71	12.79	62.72	-0.16	-1.33*
	EE	7.70	17.64	0.71	17.73	54.53	-0.66*	-0.69*

CV% - coeficiente de variação, S – coeficiente de assimetria, K – coeficiente de curtose.

*Significativo pelo teste *t* a 5% de probabilidade com 299 graus de liberdade, assimetria = 0 e curtose = 3.

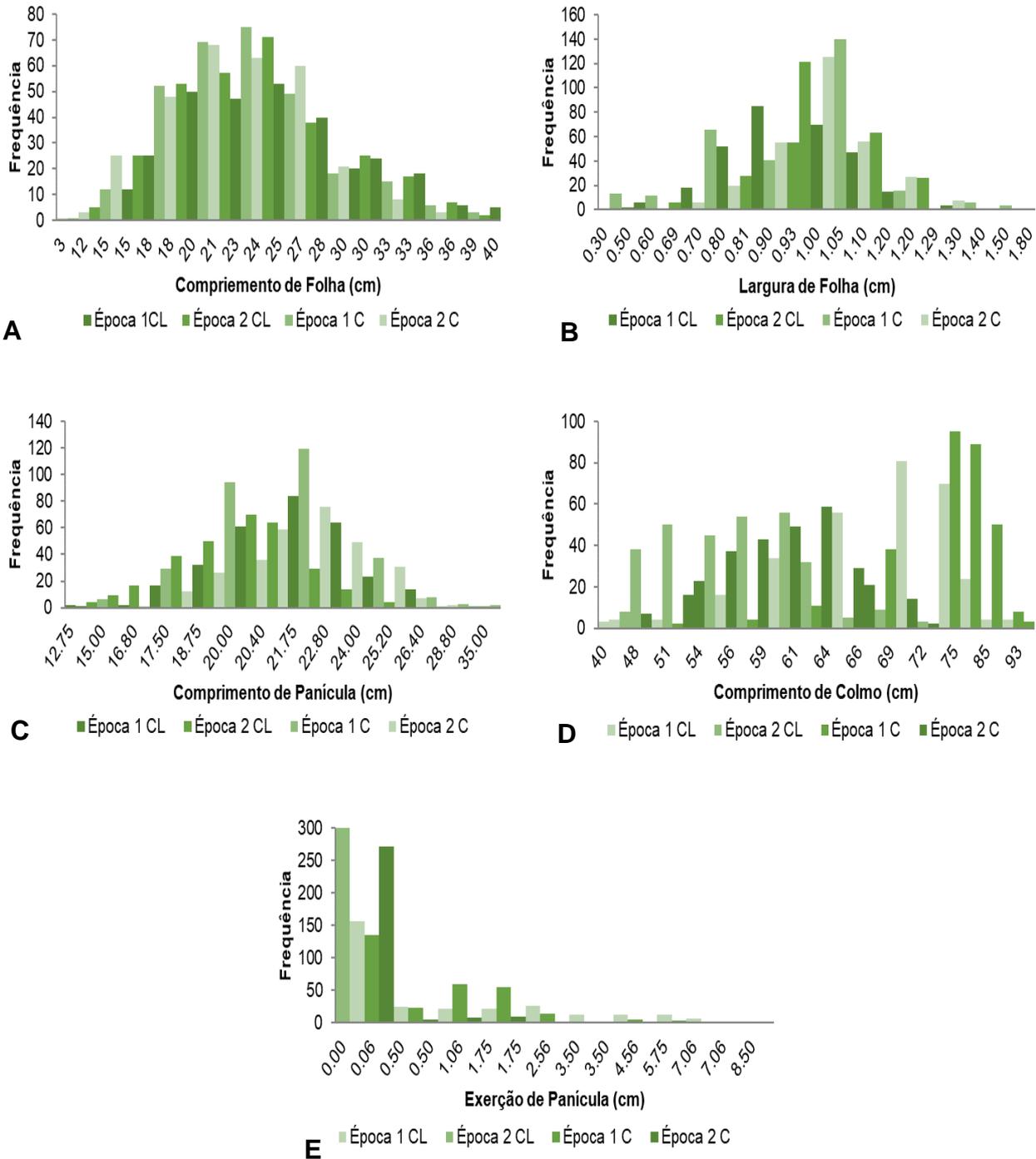
A característica comprimento de folha, ilustrada na (Figura 2A), apresentou uma distribuição assimétrica à direita ($S > 0$) na maioria das épocas e locais, exceto na época 2 em

Cachoeirinha onde a distribuição foi assimétrica à esquerda. A medida de curtose foi negativa para as duas épocas de plantio em Capão do Leão, se enquadrando como uma distribuição platicúrtica,

no entanto para as duas épocas em Cachoeirinha, a variável apresentou medidas de curtose positivas, se enquadrando como uma distribuição leptocúrtica (Tabela 1). Com a

ilustração gráfica, foi possível observar que a característica comprimento de folha não sofreu alterações relevantes nos diferentes locais e épocas de semeadura.

Figura 2 – Distribuição de frequências de genótipos de arroz irrigado em geração F₂ para o caráter comprimento de folha (A), largura de folha (B), comprimento da panícula (C), comprimento do colmo (D) e exerceção de panícula (E). Época 1 e 2 Capão do Leão (CL), Época 1 e 2 Cachoeirinha (C). FAEM/UFPeI-CGF, Pelotas, RS. 2018.



A variável largura de folha (Figura 2B) apresentou distribuição assimétrica à esquerda ($S < 0$) na maioria das épocas e locais, exceto na época 2 em Cachoeirinha, onde a distribuição foi assimétrica à direita ($S = 0,18$). A medida de curtose foi positiva para a maioria das épocas e locais se enquadrando como uma distribuição leptocúrtica. Em Capão do Leão, na segunda época, a medida de curtose foi negativa se enquadrando como uma distribuição platicúrtica (Tabela 1). Pela ilustração gráfica, foi possível observar que a característica largura de folha não sofreu alterações relevantes nos diferentes locais e épocas de semeadura.

O coeficiente de assimetria para a característica comprimento de panícula (Figura 2C) indicou uma distribuição assimétrica à esquerda ($S < 0$) em todas as épocas e locais. A medida de curtose foi positiva nos dois locais durante a primeira época de semeadura, apresentando uma distribuição leptocúrtica, e negativa na segunda época nos dois locais, se enquadrando como uma distribuição platicúrtica, sendo o valor de curtose muito próximo a zero ($K = -0,04^*$) (Tabela 1). Por meio da (Figura 2C), foi possível observar que a característica comprimento de panícula sofreu um decréscimo tênue nos diferentes locais na segunda época de semeadura.

O caráter comprimento de colmo (Figura 2D) apresentou uma distribuição assimétrica à esquerda na maioria dos locais e épocas, exceto na segunda época em Capão do Leão, onde a distribuição foi assimétrica à direita ($S = 0,29^{ns}$). A medida de curtose foi negativa nos dois locais durante a primeira época de semeadura, apresentando uma distribuição platicúrtica, e positiva na segunda época nos dois locais se enquadrando como uma distribuição leptocúrtica (Tabela 1). A ilustração gráfica possibilitou observar que a característica comprimento de colmo apresentou valores mais baixos na segunda época de semeadura para os dois locais, Capão do Leão e Cachoeirinha, mostrando uma redução no caráter quando submetido a

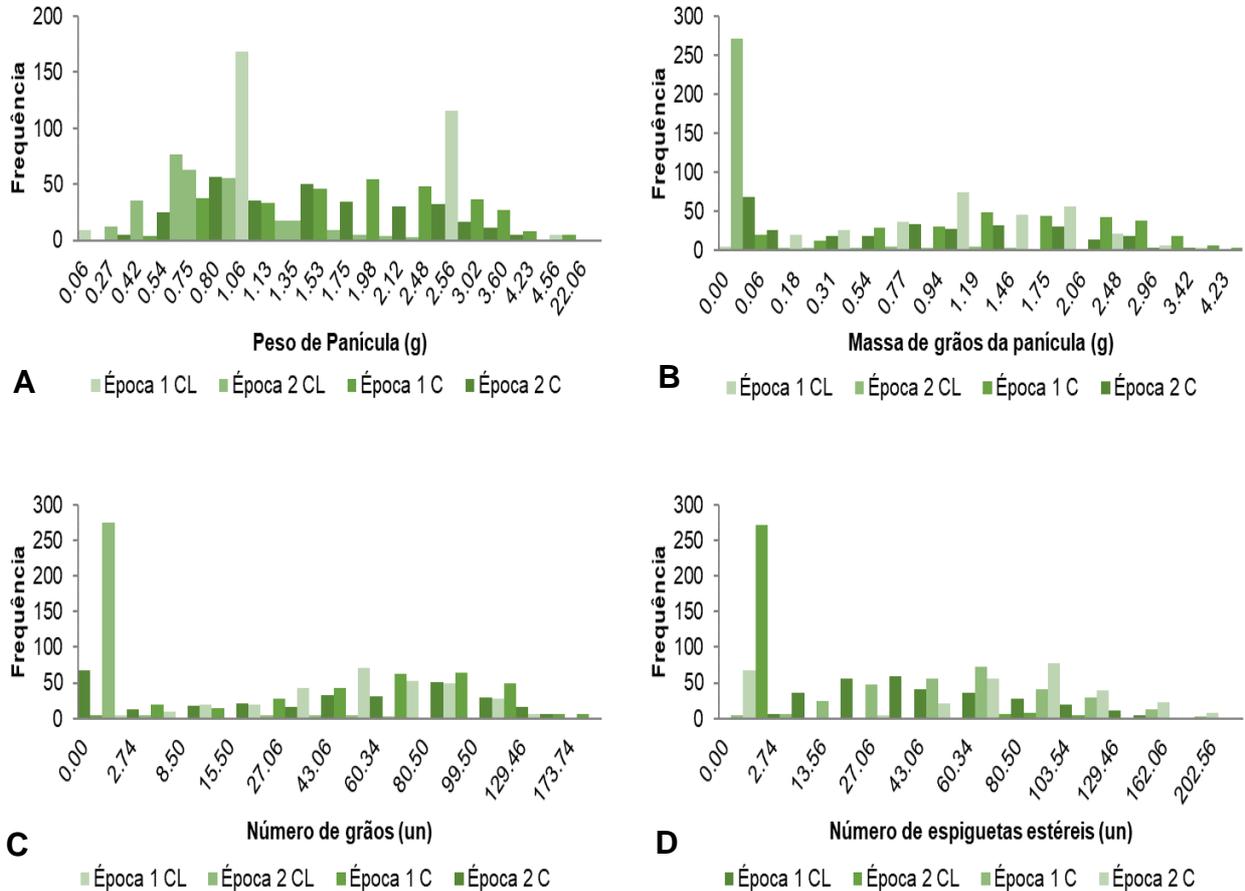
temperaturas mais baixas.

A característica exercício da panícula (Figura 2E), segundo o coeficiente de assimetria, apresentou uma distribuição assimétrica à direita ($S > 0$) na maioria dos locais e épocas, exceto na segunda época em Capão do Leão onde o coeficiente de assimetria foi inexistente. A medida de curtose foi positiva nas duas épocas de semeadura em Cachoeirinha, apresentando uma distribuição leptocúrtica, negativa na primeira época em Capão do Leão, distribuição platicúrtica, e nula na segunda época no mesmo local (Tabela 1). Foi possível observar, na (Figura 2E), que na segunda época de plantio, na qual ocorreram temperaturas mais baixas, ocorreu um maior número de indivíduos com exercício incompleta de panícula nos dois locais.

Segundo o coeficiente de assimetria, a variável peso de panícula (Figura 3A) apresentou uma distribuição assimétrica à direita ($S > 0$) em todas as épocas e locais. A medida de curtose foi positiva em Capão do Leão nas duas épocas, apresentando uma distribuição leptocúrtica, e negativa em Cachoeirinha, também nas duas épocas, distribuição platicúrtica (Tabela 1). A ilustração gráfica possibilitou observar que houve maior decréscimo no peso de panícula na segunda época de semeadura em Capão do Leão, contudo também se observou redução no caráter para a segunda época **de Cachoeirinha**

A variável massa de grãos de panícula (Figura 3B) apresentou uma distribuição assimétrica à esquerda durante a primeira época de semeadura nos dois locais e uma distribuição à direita na segunda época nos dois locais. A medida de curtose foi negativa na maioria das épocas e locais se enquadrando em uma distribuição platicúrtica, já na segunda época em Capão do Leão a distribuição foi leptocúrtica, com medida de curtose positiva (Tabela 1). Por meio da ilustração gráfica, foi possível observar que a característica massa de grãos da panícula sofreu decréscimo significativo na segunda época de semeadura em Capão do Leão, e uma redução mais tênue na segunda época em Cachoeirinha.

Figura 3 – Distribuição de frequências de genótipos de arroz irrigado em geração F₂ para o caráter peso de panícula (A), massa de grãos da panícula (B), número de grãos (C), número de espiguetas estéreis (D). Época 1 e 2 Capão do Leão (CL), Época 1 e 2 Cachoeirinha (C). FAEM/UFPel-CGF, Pelotas, RS. 2018.



O coeficiente de assimetria para a característica número de grãos (Figura 3C) indicou uma distribuição assimétrica à esquerda ($S < 0$) na maioria das épocas e locais, exceto na época 2 em Cachoeirinha, onde a distribuição foi assimétrica à direita ($S = 3,90$). A medida de curtose indicou uma distribuição leptocúrtica ($K > 0$) para as duas épocas de plantio em Capão do Leão e uma distribuição platicúrtica ($K < 0$) para as duas épocas em Cachoeirinha (Tabela 1). A (Figura 3C) possibilitou observar, na segunda época de semeadura em Capão do Leão, uma redução significativa no caráter, causado pelo efeito das temperaturas baixas que ocorrem nesse período.

O caráter número de espiguetas estéreis (Figura 3D) apresentou uma distribuição assimétrica à direita ($S > 0$) em Capão do Leão nas

duas épocas e distribuição à esquerda ($S < 0$) em Cachoeirinha nas duas épocas. A medida de curtose negativa indicou uma distribuição platicúrtica para a maioria dos locais e épocas, exceto para a segunda época em Capão do Leão, onde a distribuição foi leptocúrtica ($K > 0$) (Tabela 1). Observa-se, pela ilustração gráfica, que na segunda época no Capão do Leão o número de espiguetas estéreis apresentou um decréscimo, decorrente da má exerceção e menor tamanho de panículas e da inexistente formação de espiguetas para o desenvolvimento dos grãos.

A incidência de temperaturas baixas e a disponibilidade de radiação solar durante as fases de estabelecimento da cultura e, principalmente, na fase reprodutiva, são dois elementos climáticos que estão intimamente relacionados com a variabilidade nos níveis de produtividade.

O problema abrange todo o Estado do RS, sendo mais agravado nas regiões Litoral Sul e Campanha, locais com maior probabilidade de ocorrência de temperaturas baixas, inferiores a 15 °C durante a noite. Contudo, dependendo da cultivar, do vigor da semente, do estado nutricional da cultura, do sistema de cultivo, da intensidade e da duração do período de frio, entre outros aspectos, temperaturas inferiores a 20 °C são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (Fagundes, 2010).

Os danos mais comuns em decorrência ao estresse por baixas temperaturas são: falhas na germinação, atraso na emergência de plântulas, redução da estatura de planta, descoloração de folhas, degeneração da ponta da panícula, exerceção incompleta da panícula, atraso na floração, alta esterilidade das espiguetas e maturação irregular de grãos (Yoshida, 1981, Cruz & Milach, 2000), alguns destes efeitos, estatura de planta (comprimento de colmo) e exerceção incompleta da panícula, podem ser observados nos resultados apresentados nas tabelas e gráficos acima, sendo mais evidenciados na segunda época de plantio no Capão do Leão.

Com os resultados obtidos nas populações de plantas de arroz irrigado, observou-se que as características morfofisiológicas de folha, como comprimento e largura, não sofreram influência significativa quando submetidas ao ambiente com temperatura mais baixa, ou seja, quando semeadas na época tardia. Essas características associadas à clorofila afetam a eficiência fotossintética da planta influenciando diretamente no rendimento de grãos (Zhang et al., 2009, Aditya & Bhartiya, 2013).

Nesse estudo se observou, pelos resultados, que o comprimento de panícula apresentou um decréscimo tênue na segunda época de semeadura nos dois locais, Capão do Leão e Cachoeirinha, onde ocorreram temperaturas mais baixas, afetando o rendimento de grãos. A variável comprimento de panícula correlaciona-se positivamente com o número de grãos por panícula, conseqüentemente está associada ao rendimento de grãos (Ashfaq et al., 2012, Aditya, Bhartiya, 2013 & Ranawake et al., 2013).

Os programas de melhoramento de arroz objetivam, em geral, selecionar plantas de porte baixo, pois plantas com estatura elevada são mais suscetíveis ao acamamento, principalmente se não apresentarem colmos grossos (Ni et al.,

2000). Os dados obtidos nesse estudo mostraram uma redução no caráter comprimento de colmo (estatura de plantas), assim como os dados obtidos para exerceção de panícula que mostram um maior número de indivíduos com exerceção incompleta de panícula, quando submetidos a temperaturas mais baixas, corroborando com estudos de Yoshida (1981).

O peso de panícula afeta direta e positivamente o rendimento de grãos e está correlacionado com o número e peso de grãos por panícula (Senapati et al., 2009, Abd Allah et al., 2010, Hasan et al., 2013, Li et al., 2014 & Karim et al., 2014), sendo uma característica desejável em programas de melhoramento de arroz. O estudo mostrou que as variáveis morfofisiológicas peso de panícula, massa de grãos da panícula e número de grãos, apresentaram reduções significativas, na segunda época de plantio, afetando o rendimento de grãos. Cabe salientar que em decorrência do decréscimo desses componentes de rendimento a variável número de espiguetas estéreis apresentou um decréscimo, pela má exerceção das panículas, menor tamanho de panículas e não formação de espiguetas para o desenvolvimento dos grãos. Mostrando que a exerceção de panícula é um caráter indireto de seleção, no estágio reprodutivo, corroborando com estudos que revelam que a herança é condicionada por apenas um gene dominante (Mahishi et al., 1991, Pandey & Gupta, 1993).

O estudo envolvendo características morfofisiológicas das plantas de arroz irrigado mostrou que os componentes de rendimento foram as variáveis mais afetadas pelas baixas temperaturas, que ocorreram na segunda época de semeadura. Além disso, pode-se observar que o município de Capão do Leão com uma semeadura tardia tem apresentada características de temperatura favoráveis para seleção de genótipos promissores para tolerância a temperaturas baixas.

Conclusões

Existe variabilidade genética nas populações estudadas para tolerância a temperaturas baixas.

Dentre as características avaliadas os componentes de rendimento (peso da panícula (PP), massa de grãos da panícula (MGP), número de grãos (GG) e número de espiguetas estéreis

(EE) sofrem redução causada por baixas temperaturas.

O município de Capão do Leão com semeadura tardia (dezembro) tem características de ambiente que possibilitam à seleção de genótipos promissores para tolerância a temperaturas baixas.

Agradecimentos

Às instituições Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES], Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPQ] e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul [FAPERGS] pela disponibilidade de recursos financeiros.

Referências

Abd Allah, A. A., Ammar, M. H., & Badawi, A.T. (2010). Screening rice genotypes for drought resistance in Egypt. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2 (7), 205-215.

Aditya, J.P., & Bhartiya, A. (2013). Genetic variability, Correlation and Path Analysis for Quantitative Characters in Rainfed Upland Rice of Uttarakhand Hills. *Journal of Rice Research*, 6 (2), 24-34.

Ashfaq, M., Khan, A.S., Khan, S.H.U., & Ahmad, R. (2012). Association of Various Morphological Traits with Yield and Genetic Divergence in Rice (*Oryza sativa*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 14 (1), 55-62.

Cruz, R.P., & Milach, S.C.K. (2000). Melhoramento Genético para Tolerância ao Frio em Arroz Irrigado. *Ciência Rural*, 30 (5), 909-917.

De Magalhães, F., G., et al. (2018). Characterization of herbicide tolerant rice genotypes under hydroponic culture License Creative Commons BY-NC 4.0. *Communications in plant sciences*, 8 , 100–111. Doi: 10.26814/cps2018014

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2015). *Boletim Climatológico Mensal*.

Recuperado de <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/>.

Fagundes, P. R., Magalhães, A. M., & Steinmetz, S. (2010). *Tolerância de genótipos de arroz irrigado ao frio nos estádios de germinação e emergência* (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.118,19p). Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado.

Fonseca, J. R., Cutrim, V. A., Gusmão, A. R. E., & Faria, J. M. (2008). *Descritores Botânicos, Agronômicos e Fenológicos do Arroz (Oryza sativa L.)* (28p). Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão.

Hasan, M. J., Kulsum, M. U., Akter, A., Masuduzzaman, A. S. M., & Ramesha, M.S. (2013). Genetic variability and character association for agronomic traits in hybrid rice (*Oryza sativa L.*). *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 24 (1), 45-51.

Karim, D., Siddique, N. E. A., Sarkar, U., Hasnat, Z., & Sultana, J. (2014). Phenotypic and genotypic correlation co-efficient of quantitative characters and character association of aromatic rice. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 1 (1), 34-46.

Li, G., Zhang, J., Yang, C., Song, Y., Zheng, C., Wang, S., Liu, Z., & Ding, Y. (2014). Optimal yield-related attributes of irrigated rice for high yield potential based on path analysis and stability analysis. *The Crop Journal*, 2, 235-243.

Magalhães Jr. A. M., Fagundes, P. R., & Franco, D. F. (2003). *Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado*. In: Magalhães Jr., A. M. & Gomes, A. S. *Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático* (pp.13-33). Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado.

Mahishi, D. M., Mahadevappa, M., & Reddy, P. G. (1991). Inheritance of panicle exertion in *Oryza sativa* under low temperature. *Proceedings International Rice Genetics Symposium* (pp.175-177). Los Baños: International Rice Research Institute, 2.

- Microsoft Corporation. (2007). *Programa Office Excel* [Programa de computador]. Washington, USA: Microsoft®
- Ni, H., Moody, K., Robles, R. P., Paller, E. C., & Lales, J. S. (2000). *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. *Weed Science*, Lawrence, 48 (2), 200-204.
- Nishiyama, I., Lee, M. H., & Yun, Y. D. (1987). Varietal difference in stomatal aperture in rice seedlings in relation to the cool temperature susceptibility in tongil group varieties Japanese. *Journal of Crop Science*, 56, 482-490.
- Pandey, D. K., & Gupta, H. S. (1993). Genetics of panicle exertion in cold-tolerant rice (*Oryza sativa*). *Plant Breeding*, Berlin, 111, 82-85.
- Ranawake, A. L., Amarasingha, U. G. S., & Dahanayake, N. (2013). Agronomic characters of some traditional rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Sri Lanka. *Journal of the University of Ruhuna*, 1 (1), 3-9.
- Rosso, A. F., Cruz, R. P., & Ricachenevsky, F. K. (2005). Avaliação de genótipos de arroz para tolerância ao frio nos estádios de germinação e plântula. *Anais Congresso Brasileiro de Arroz* (pp. 41- 43). Santa Maria, RS, Brasil, 4.
- Statistical Analysis System Institute Inc. (2002). *SAS: Statistical Analysis System-Getting Started with the SAS Learning Edition (Versão 2009)* [Software]. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Senapati, B. K., Roy, S., De, D. K., & Pal, S. (2009). Selection criteria for high yield in early segregating generation of rice (*Oryza sativa* L.) crosses. *Journal of Crop and Weed*, 5 (2), 12-14.
- Uemura, M., Tominaga, Y., Nakagawara, C., Shigematsu, S., Minami, A., & Kawamura, Y. (2006). Responses of the plasma membrane to low temperatures. *Physiologia Plantarum*, 126, 81-89.
- Yoshida, S. (1981). *Fundamentals of rice crop science* (63p). Los Baños: International Rice Research Institute.
- Zhang, G.H., Xu, Q., Zhu, X.D., Qian, Q., & Xue, H.W. (2009). HALLOT-LIKE1 is a KANADI transcription factor that modulates rice leaf rolling by regulating leaf abaxial cell development. *Plant Cell*, 21, 719–735.

Recebido em: 25/10/2018
Aceito em: 01/04/2019