

FRANCIELI WEBER STÜRMER

**TOLERÂNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS DURANTE O ESTABELECIMENTO E
MICROSPOROGÊNESE EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Luis Sangoi
Coorientador: Dr. Rubens Marschalek

LAGES, SC

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Weber Stürmer, Francieli
TOLERÂNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS DURANTE O
ESTABELECIMENTO E MICROSPOROGÊNESE EM GENÓTIPOS DE
ARROZ IRRIGADO / Francieli Weber Stürmer. - Lages ,
2018.
107 p.

Orientador: Luis Sangoi
Co-orientador: Rubens Marschalek
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal, Lages, 2018.

1. *Oryza Sativa*. 2. Emborrachamento. 3. Estande.
4. Frio. 5. Esterilidade. I. Sangoi, Luis. II.
Marschalek, Rubens., .III. Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal. IV. Título.

FRANCIELI WEBER STÜRMER

**TOLERÂNCIA A BAIXAS TEMPERATURAS DURANTE O ESTABELECIMENTO E
MICROSPOROGÊNESE EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora

Orientador: _____

Professor Dr. Luis Sangoi

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).

Membro:  _____

Professor Dr. Paulo Regis Ferreira da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Membro: _____

Professor Dr. Clovis Arruda de Souza

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV-UDESC).

Lages, SC, 27 de fevereiro de 2018.

Um caminho, uma trajetória, um objetivo, sempre trazem consigo pessoas que incentivam, alentam e que acalmam o coração, pensamento e alma.

Meu caminho foi tomado pela doçura, pelo amor, pela ansiedade, pela confusão de sentimentos maravilhosos, dentre eles, o do mais puro dos amores.

Ao meu doce Martín Henrique, que ainda nem chegou, mas acompanhou a mamãe nessa caminhada.

Ofereço e dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter sido o meu maior apoio, a minha base forte e o meu alicerce. Sei que durante toda essa jornada ele me acompanhou e abençoou, sem nunca deixar com que eu fraquejasse.

Aos meus pais Tarcisio e Ana Lurdes, que me fizeram forte e que mesmo distantes sempre me apoiaram, me incentivaram, fazendo com que eu acreditasse que tudo é possível. Meus exemplos de vida, de caráter e de pessoas de bem, agradeço imensamente por tudo.

Ao meu marido, amigo e grande amor Sidi, por ser minha base, meu alicerce, meu chão e por muitas vezes meu mestre. Foste tu que me indicou o caminho, me incentivou, me apoiou e acreditou em mim mais do que ninguém. A tua dedicação e o teu entusiasmo me fizeram ter a certeza do caminho que eu busquei. E a ti agradeço infinitamente por juntos sonharmos e agora vivermos uma nova vida, a do nosso pequeno Martín Henrique.

A minha irmã Luciana e aos meus pequenos grandes amores Bruna, Guilherme e Maria Alice, por sempre me receber com um abraço apertado e com um sorriso no rosto, me dando a certeza de que tudo valeu e ainda vale a pena.

Ao meu pedacinho de céu, meu cachorro LUPI.

Ao orientador e “pai científico” Luis Sangui, por ter me dado a oportunidade e honra de ser uma filha científica, por me receber e acreditar em mim, mesmo não me conhecendo e, principalmente, por ser um incentivador e um exemplo de pessoa e de profissional.

Ao co-orientador Dr. Rubens Marschalek, por todas as conversas e toda a dedicação oferecida.

A amiga e colega Natália, pelas viagens, conversas, discussões e pelo aprendizado compartilhado. Parte desse trabalho eu devo a ti.

Aos colegas do grupo *Zea mays*, Lucieli uma amiga-irmã que eu ganhei. Aos meninos Hugo, Murilo, Ramon, Antonio, Vander, Alex, Júlio, Rafael Scherer, Matheus José, Fernando, Rafael Mergener, Gustavo e Marcos, obrigada pelas conversas, estudos, chimarrões, momentos de trabalho e também de risadas, carrego vocês para sempre comigo.

Ao funcionário e também amigo Samuel, por todo o auxílio e dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

Ao CAV-UDESC por oferecer um ensino de qualidade e também pela oportunidade de concluir mais um objetivo.

À EPAGRI – Estação Experimental de Itajaí (EEI) e à Equipe “Projeto Arroz” (Apêndice 8) pela parceria, planejamento, fornecimento de linhagens e cultivares e de toda a infraestrutura para os experimentos e pela ajuda na execução dos mesmos.

Ao Dr. Angelo Massignam e Dr. Wilian da Silva Ricce, pela ajuda e pela parceria firmada com o CIRAM

Aos professores membros da banca, professores Paulo Regis Ferreira da Silva e Clovis Arruda de Souza e a todos os demais professores dessa caminhada que serão lembrados como exemplos a serem seguidos por mim.

Por fim, nem sempre conseguimos lembrar todos aqueles que se fizeram presentes ao longo dessa caminhada, mas com certeza cada um tem um lugar especial junto de mim.

Assim, é chegada a hora de fechar um ciclo e agradecer a todos os que torceram e acreditaram em mim.

Muito Obrigada.

RESUMO

STÜRMER, Francieli W. Tolerância a baixas temperaturas durante o estabelecimento e microsporogênese em genótipos de arroz irrigado. 2018. 107 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

O desempenho agronômico do arroz irrigado depende de diversos fatores, destacando-se dentre esses a temperatura. Baixas temperaturas causam restrições ao desenvolvimento e rendimento da cultura, sendo a germinação, o desenvolvimento de plântula e a microsporogênese as fases mais sensíveis ao estresse ocasionado pelo frio. Esse trabalho teve como objetivo identificar genótipos de arroz irrigado tolerantes a ocorrência de baixas temperaturas nas fases de microsporogênese e germinação. O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental da Epagri, em Itajaí – SC. Dois experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2016/2017 e 2017/2018. O primeiro experimento foi realizado com um total de 17 genótipos. Esses foram semeados em baldes, que ficaram acondicionados na casa de vegetação da semeadura até a fase de microsporogênese, quando os mesmos foram colocados em câmara de crescimento. Na câmara foram submetidos por 72 horas à temperatura noturna de 12 °C e à temperatura diurna de 15 °C. Para cada genótipo houve uma testemunha mantida à temperatura ambiente em casa de vegetação durante todo o ciclo da cultura. Após a colheita, avaliou-se a esterilidade das espiguetas, produção de grãos, massa de 1.000 grãos e rendimento de engenho. O segundo experimento (ensaio comparativo) foi realizado em caixas gerbox, com um total de 18 genótipos. Eles foram submetidos por 96 horas a partir da semeadura à temperatura noturna de 10 °C e diurna de 14 °C. Para cada genótipo avaliado houve uma testemunha mantida em temperatura ambiente. Após o período de 96 horas avaliou-se o crescimento das plântulas, medindo-se a distância do ponto de saída do mesocótilo da semente até a ponta da primeira folha. Após a realização desse segundo experimento, analisou-se também os dados de terceiro experimento (ensaio base) realizado em 2013/2014 com o mesmo tema para comparação e definição de aspectos importantes que precisam ser estabelecidos para determinar de maneira precisa genótipos que apresentem tolerância a baixas temperaturas no estabelecimento da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F. A comparação de médias dos genótipos foi realizada pelo teste de Skott Knot para o experimento de avaliação do frio na microsporogênese e de Tukey para o ensaio base. Ambas as análises foram feitas ao nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$). As linhagens SC 806 e SC 491 ME apresentaram as menores taxas de esterilidade de espiguetas quando submetidas a baixas temperaturas na microsporogênese, com valores inferiores a 19%. Em função disto, estes também foram os dois genótipos que mais se destacaram na produção de grãos cheios, com valores de aproximadamente 75 g e 61 g por balde, respectivamente. Por outro lado, as linhagens SC 790, SC 859 e SC 841 apresentaram percentagens de esterilidade de espiguetas superiores a 50% no tratamento com estresse térmico, demonstrando ser materiais pouco promissores para utilização em ambientes com alto risco de frio na microsporogênese. As

variáveis massa de 1.000 grãos e rendimento de engenho foram menos afetadas pelo efeito de baixa temperatura na microsporogênese do que a percentagem de espiguetas estéreis e a produção de grãos cheios. No ensaio base, não houve diferenças estatísticas significativas no crescimento de parte aérea dos genótipos analisados, quando eles foram submetidos a baixas temperaturas durante a germinação das sementes. Todos eles apresentaram menor crescimento de parte aérea nos tratamentos com estresse térmico do que na testemunha. No ensaio comparativo, o único genótipo que apresentou crescimento mensurável de raiz e parte aérea sob baixa temperatura na fase de germinação das sementes foi a cultivar IRGA 426. A maior parte das sementes dos demais 17 genótipos permaneceram duras ou em fase inicial de germinação. As linhagens SC 806 e SC 491 ME demonstraram potencial para originar cultivares tolerantes a baixas temperaturas na fase de microsporogênese. A metodologia utilizada no trabalho não foi eficiente para discriminar genótipos tolerantes ao frio na fase de germinação.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Emborrachamento. Estande. Frio. Esterilidade.

ABSTRACT

STÜRMER, Francieli W. Tolerance to low temperatures during booting and germination of paddy rice genotypes. 2018, 107 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production) University of the State of Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2018.

The agronomic performance of paddy rice depends on several factors, including temperature. Low temperatures restrict plant development and grain yield. Seed germination, seedling development and booting are the rice most sensitive stages to cold stress. This work was carried out aiming to identify tolerant paddy rice genotypes to low temperatures at booting and seed germination. Two experiments were set at the Epagri Experimental Station, located in Itajai, SC, South of Brazil, during the growing seasons of 2016/2017 and 2017/2018. In the first trial, 17 genotypes were assessed. They were sowed in buckets that remained in the green house from sowing to booting, when they were placed in a growth chamber. At this environment, they were submitted for 72 hours to a night temperature of 12°C and a day temperature of 15°C. For each genotype, there was a control kept in the green house under environmental temperatures during the crop whole cycle. After harvesting, spikelet sterility, grain production, one thousand grain dry mass and milling yield were determined. The second experiment (comparative trial) was installed in plastic boxes, assessing 18 genotypes. After sowing, they were placed in a growth chamber and submitted to a night temperature of 10°C and a day temperature of 14°C for 96 hours. For each genotype, there was also a control kept at the environmental temperature. After four days of cold stress, the seedling growth was evaluated, measuring the distance from the epicotyl appearance to the tip of the first expanded leaf. After the end of the second trial, data from a third experiment, carried out in 2013/2014 with the same goal (basic trial), were analyzed in order to compare and define important aspects that need to be established to properly identify tolerant genotypes to low temperatures at the crop emergence. The data were submitted to a variance analysis using the F test. The genotype average comparisons were made using the Skott Knot's test for the experiment of cold tolerance at booting and the Tukey's test for the basic experiment. Both comparisons were carried out at the 5% significance level. The inbreds SC 806 and SC 491 ME showed the lower percentage of spikelet sterility when they faced low temperatures at microsporogenesis, with smaller values than 19%. Consequently, they also presented higher grain production, with values close to 75 g and 61 g per bucket. On the other hand, the inbreds SC 790, SC 859 and SC 841 had percentages of spikelet sterility greater than 50% when they were submitted to cold stress, showing low perspective of being used in environments highly prone to cold at booting. The variables one thousand grain mass and milling yield were less affected by low temperatures at booting than the percentage of sterile spikelet and grain production. In the basic experiment, there were no significant differences in the seedling growth among the genotypes when they were exposed to low temperatures during seed germination. All genotypes presented smaller shoot growth in treatments with thermic stress than in the control. In the comparative trial, IRGA 426 was the only genotype that had measurable root and shoot growth under low temperatures after sowing.

Most seeds of the other 17 genotypes studied in this experiment stayed hard or in the early stages of the germination process. The inbreds SC 806 and SC 491 ME showed potential to generate tolerant cultivars to low temperatures at booting. The methodology used on this work was not efficient to detect differences among genotypes in tolerance to low temperatures during seed germination.

Key words: *Oryza sativa*. Booting. Stand. Cold. Sterility.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa esquemático do estado de Santa Catarina, com os dados de área semeada e produtividade por região orizícola na safra 2015/2016.....33
- Figura 2 – Probabilidade de ocorrência de temperatura mínima do ar menor e ou igual a 17 °C entre 1/11 e 31/03 para o período de 1980 a 2016, para o Litoral Catarinense e Vale do Itajaí (EPAGRI/CIRAM).49
- Figura 3 – Unidades experimentais durante o estabelecimento do arroz. Unidade experimental com plântulas no estádio V2-V3, antes do desbaste final (a). Unidade experimental final, com apenas uma planta (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.....53
- Figura 4 – Identificação da microsporogênese para imposição do estresse por frio. Momento de marcação dos perfilhos na fase de microsporogênese (a). Após a marcação dos perfilhos, plantas acondicionadas na câmara de crescimento para submissão ao estresse por frio (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.....54
- Figura 5 – Equipamentos utilizados para as determinações. Soprador com ar forçado para separação das espiguetas cheias e vazias (a). Contador de grãos (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.55
- Figura 6 – IMAGE Rice Grain Scanner (Selgron), utilizado para avaliação da qualidade de grãos. Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.56
- Figura 7 – Pré-germinação de sementes. Sementes sob condição de frio na câmara de crescimento (a). Testemunhas mantidas na casa de vegetação (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2014/2015.....59
- Figura 8 – Aspecto das plântulas pós-estresse por frio e mantidas em casa de vegetação. Medidas realizadas (a, b). Comparativo de um mesmo genótipo submetido à imposição de frio e sua testemunha (c). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.....59
- Figura 9 – Aspecto interno e externo do Fitotron. Visor de regulagem e acompanhamento das condições internas do Fitotron (a). Aspecto interno do Fitotron, com as sementes submetidas à condição de estresse por frio e simulação do dia com as luzes acesas (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.....62
- Figura 10 – Diferentes estádios fenológicos com o desenvolvimento morfológico observados e avaliados. Semente com emergência do coleóptilo/radícula (a). Semente com emergência da radícula e do coleóptilo(b). Plântula desenvolvida (c).63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Danos ocasionados por baixas temperaturas em diferentes fases da cultura do arroz.	44
Tabela 2 –	Probabilidade de ocorrência de temperatura mínima do ar menor e igual a 17 °C, 16 °C, 15 °C e 14 °C entre 1/11 e 31/03 para alguns municípios com representatividade na cultura do arroz, dentro das regiões orizícolas do estado de Santa Catarina, com base na série histórica de 1980 – 2016 (EPAGRI/CIRAM).....	47
Tabela 3 –	Genótipos de arroz irrigado avaliados no ensaio de baixas temperaturas na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.	52
Tabela 4 –	Práticas culturais adotadas nas duas épocas de semeadura do ensaio de frio na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.	57
Tabela 5 –	Genótipos avaliados no ensaio base referente aos efeitos do frio na fase de germinação. Itajaí, SC, 2014/2015.....	58
Tabela 6 –	Genótipos avaliados no segundo ensaio de avaliação dos efeitos do frio na fase de germinação. Itajaí, SC, 2016/2017.	61
Tabela 7 –	Esterilidade de espiguetas (%) dos genótipos de arroz irrigado submetidos a estresse por frio no estádio da microsporogênese, em relação às suas testemunhas. Itajaí, SC, 2016/2017.	65
Tabela 8 –	Produção de grãos cheios por balde de dezessete genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.	69
Tabela 9 –	Produção de grãos cheios por balde em função da condição térmica na microsporogênese, na média de 17 genótipos. Itajaí, SC, 2016/2017.	72
Tabela 10 –	Massa de mil grãos (g) dos genótipos de arroz irrigado submetidos à imposição de estresse por frio na fase da microsporogênese, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2016/2017.	73
Tabela 11 –	Renda base dos genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.....	77
Tabela 12 –	Rendimento de engenho (percentagem de grãos inteiros) dos genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese Itajaí, SC, 2016/2017.	80
Tabela 13 –	Grãos gessados (%) dos genótipos de arroz irrigado na presença ou ausência de estresse por frio na fase da microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.	82

Tabela 14 – Comprimento da parte aérea (mm) das plântulas submetidas ao estresse por frio na fase de estabelecimento de estande e testemunha. Itajaí, SC, 2014/2015.	84
Tabela 15 – Crescimento de parte aérea e de radícula em 25 sementes de três genótipos de arroz expostos à condição de frio em Fitotron na fase de estabelecimento de estande. Itajaí, SC, 2017.....	87
Tabela 16 – Crescimento de parte aérea e de radícula em 25 sementes de três genótipos de arroz expostos à condição testemunha em Fitotron na fase de germinação. Itajaí, SC, 2017.....	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	31
2.2	CARACTERISTICAS GERAIS DA PLANTA DE ARROZ	34
2.2.1	Desenvolvimento da plântula	35
2.2.2	Desenvolvimento vegetativo	36
2.2.3	Desenvolvimento reprodutivo	36
2.3	FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO	37
2.3.1	Solos	38
2.3.2	Cultivares	39
2.3.3	Época de semeadura.....	40
2.3.4	Radiação solar	42
2.3.5	Baixas temperaturas.....	42
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.1	FRIO NA MICROSPOROGÊNESE	51
3.2	FRIO NA GERMINAÇÃO.....	58
3.2.1	Ensaio base.....	58
3.2.2	Ensaio comparativo.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1	FRIO NA MICROSPOROGÊNESE	65
4.1.1	Esterilidade de espiguetas.....	65
4.1.2	Produção de grãos cheios por balde	68
4.1.3	Massa de mil grãos.....	73
4.1.4	Renda base e rendimento de engenho	76
4.1.5	Gesso dos grãos.....	80
4.2	FRIO NO ESTABELECIMENTO	84
4.2.1	Experimento II (ensaio base 2014/2015)	84
4.2.2	Experimento III (ensaio comparativo 2016/2017)	86
4.2.3	Pontos importantes a serem considerados	90
5	CONCLUSÕES	95
5.1	FRIO NA MICROSPOROGÊNESE	95
5.2	FRIO NO ESTABELECIMENTO	95
5.2.1	Experimento II (ensaio base)	95

5.2.2 Experimento III (ensaio comparativo)	95
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
8 APÊNDICES	105

1 INTRODUÇÃO

A cultura do arroz apresenta grande relevância mundial, tanto em termos econômicos, por se tratar de um dos cereais mais cultivados mundialmente, quanto do ponto de vista social, por constituir a base da alimentação de mais de três bilhões de pessoas.

O crescimento, o desenvolvimento e a produtividade do arroz encontram-se intimamente relacionados às condições climáticas, às quais a cultura é submetida durante o seu ciclo. Nesse sentido, a temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância ao seu desempenho agronômico.

A ocorrência de baixas temperaturas pode trazer prejuízos à cultura do arroz em todas as suas fases de desenvolvimento. Contudo, os efeitos mais negativos do frio são observados nas fases de germinação, desenvolvimento inicial da plântula, na microsporogênese e na antese. No início do ciclo, baixas temperaturas ocasionam falhas no estande de plantas. No estádio reprodutivo elas aumentam a esterilidade de espiguetas, reduzindo a produtividade final da cultura.

De maneira geral, a ocorrência de baixas temperaturas na fase da microsporogênese na cultura do arroz é um acontecimento comum na região do Alto Vale do Itajaí, em Santa Catarina, onde a semeadura de arroz ocorre entre meados de outubro e meados de novembro. Esta época de semeadura faz com que a fase da microsporogênese ocorra entre meados de janeiro e o final de fevereiro. Por outro lado, as áreas orizícolas no sul do estado, onde a semeadura é realizada do final de julho até o início de setembro, estão sujeitas à ocorrência de baixas temperaturas na fase de estabelecimento da lavoura. No entanto, épocas de baixas temperaturas são comuns também em outras regiões, como o sul do estado, onde não raro, lavouras semeadas cedo florescem em novembro e também estão sujeitas a eventuais ondas de frio na microsporogênese e antese.

Nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, que são responsáveis por, aproximadamente, 80 % da produção nacional de arroz, a ocorrência de baixas temperaturas é recorrente. Deste modo, diante das constantes instabilidades térmicas observadas, que causam prejuízos significativos para o arroz irrigado, a busca por alternativas que mitiguem este tipo de estresse abiótico é imprescindível. Assim, a

obtenção de cultivares tolerantes às baixas temperaturas é uma importante ferramenta que pode ser adotada na oricultura brasileira.

Logo, os estudos e a busca de genótipos tolerantes a estresses bióticos e abióticos devem ser intensificados para o desenvolvimento da cultura, buscando encontrar melhores cultivares para cada situação ambiental. Com o uso de cultivares tolerantes ao frio, os prejuízos decorrentes das baixas temperaturas serão minimizados, possibilitando maximizar a eficiência da cultura frente a esses eventos adversos. Isto potencializará a produtividade do arroz irrigado, atendendo à demanda da população brasileira.

Este trabalho foi conduzido com base na hipótese: existem diferenças entre os genótipos de arroz irrigado quanto à tolerância a baixas temperaturas nos estádios de microsporogênese e estabelecimento da cultura do arroz irrigado.

Assim, os objetivos da condução do trabalho foram: avaliar o efeito de baixas temperaturas na fase de microsporogênese sobre a esterilidade de espiguetas e o rendimento de grãos de genótipos de arroz irrigado e identificar genótipos com maior tolerância a baixas temperaturas nas fases de microsporogênese e germinação de sementes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os mais antigos registros relacionados à cultura do arroz foram encontrados na literatura chinesa há aproximadamente 5.000 anos. Este cereal provavelmente foi o principal alimento e também a primeira espécie a ser cultivada na Ásia (FEDERARROZ, 2017).

De maneira geral, duas formas silvestres foram identificadas como precursores do arroz que é cultivado atualmente. A espécie *Oryza rufipogon*, provinda da Ásia, deu origem à espécie *Oryza sativa*, que atualmente se destaca como a espécie mais produzida e consumida no Brasil. A outra espécie, *Oryza barthii*, é oriunda da África Ocidental, e originou a espécie *Oryza glaberrima* (WANG et al., 2014).

O arroz se destaca por ser um dos cereais mais cultivados e consumidos em todo o mundo. Associado a isso, desempenha papel estratégico no que tange aos aspectos econômico e social, constituindo-se como o principal alimento de mais da metade da população mundial. Destaca-se por ser um dos alimentos de maior importância para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas (SOSBAI, 2016).

A representatividade social é fundamentada no fato de que o arroz se apresenta como um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo cerca de 15 % do aporte de proteína e ainda 20 % do aporte total da energia per capita necessária ao homem, além de ser fonte de carboidratos na dieta humana (SOSBAI, 2012).

Essa cultura se destaca por produzir um alimento importante no quesito de segurança alimentar mundial, sendo necessários estudos constantes sobre aspectos ligados à sua produção e consumo, buscando garantir seu suprimento à população (SCHIAVON, 2012). Atualmente, ainda se destaca como a cultura com maior potencial de aumento da sua produção (SOSBAI, 2016).

É uma cultura extremamente versátil, adaptando-se a diferentes condições de solo e clima. Além de se apresentar como a cultura com maior potencial para aumento de produção e, possivelmente, de combate a fome no mundo. Em função disto, o arroz

é uma das culturas mais pesquisadas e trabalhadas pelo melhoramento genético mundialmente (BIANCHET, 2006).

Por meio de avaliação de dados divulgados anualmente pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção mundial de arroz é de aproximadamente 700 milhões de toneladas, colhidas numa área de 165 milhões de hectares, com uma produtividade média de 4.500 kg ha^{-1} . O arroz ganha destaque, se comparado com as demais culturas, obtendo o segundo lugar em produção e extensão de área cultivada, sendo superado apenas pelo milho. A participação do arroz gira em torno de 30% da produção mundial de cereais, sendo consumido pelas populações em todos os quadrantes do globo terrestre.

O Brasil se destaca como o maior produtor de arroz fora do continente asiático. Sua produção representa, aproximadamente, 2 % do total mundial e cerca de 50 % da América Latina. O cereal apresenta posição de destaque por ser o terceiro grão mais produzido no país. A produção anual brasileira de arroz oscilou entre 11 e 13 milhões de toneladas nas últimas safras, participando com uma média de 79 % da produção total do Mercosul (SOSBAI, 2016).

O arroz é largamente difundido no Brasil, sendo consumido por todas as classes sociais, principalmente pelas de baixa renda (GIRARDI, 2012). Ele ocupa uma posição de destaque dos pontos de vista econômico e social, sendo responsável por suprir a população brasileira com um considerável aporte de calorias e proteínas na sua dieta básica.

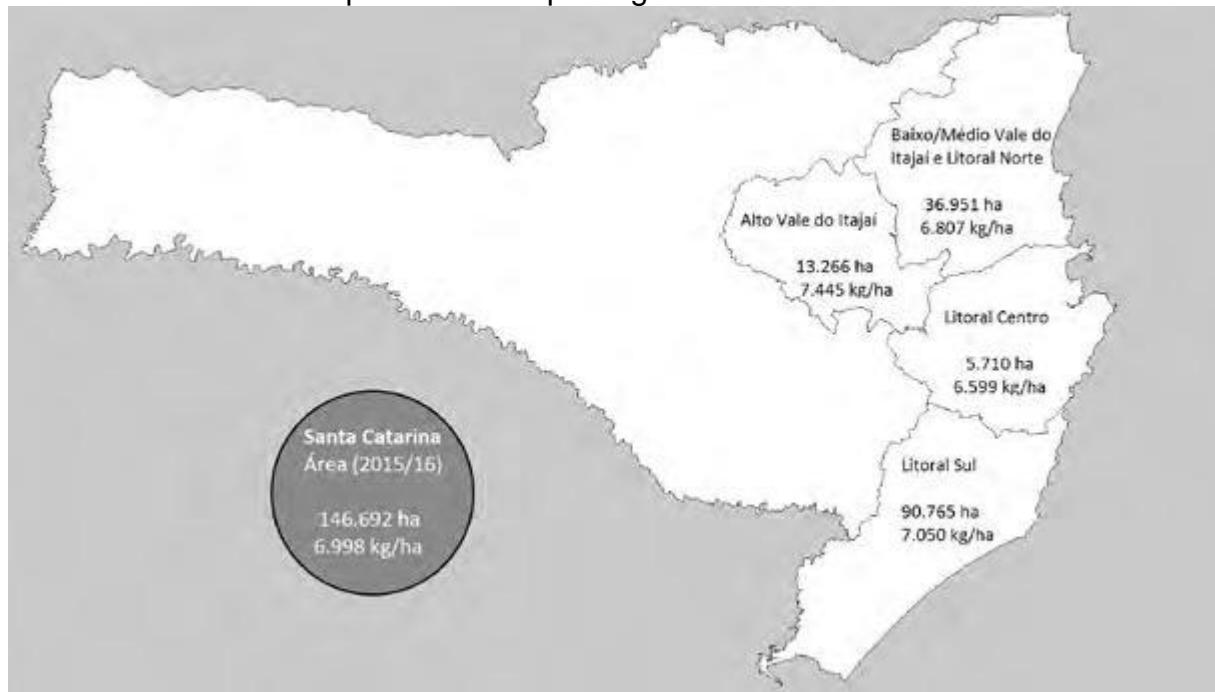
Na safra 2015/2016, o Brasil apresentou uma produção de 10,6 milhões de toneladas. Já na safra de 2016/2017, a produção foi de 12,3 milhões de toneladas de arroz. A produção brasileira é obtida em aproximadamente dois milhões de hectares (CONAB, 2017). No entanto, a área cultivada de arroz reduziu-se nos últimos 20 anos, em função da diminuição nos cultivos das terras altas (SOSBAI, 2016). Na safra 2015/2016, a produtividade média da lavoura orizícola brasileira foi de 5.280 kg ha^{-1} , enquanto que na safra 2016/2017 a produtividade média ficou em torno de 6.218 kg ha^{-1} (CONAB, 2017), observando-se um significativo aumento na produtividade das lavouras orizícolas brasileiras.

Os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são responsáveis por aproximadamente 80 % do total produzido no Brasil. Eles são considerados estados estabilizadores para o mercado brasileiro, garantindo o suprimento desse cereal para a população de todo o país (SOSBAI, 2016).

O estado do Rio Grande do Sul se destaca pelo fato de responder por aproximadamente 70 % do total produzido nas lavouras brasileiras. Sua área de cultivo está estabilizada em torno de um milhão de hectares desde a safra 2004/2005. Além dessa representatividade em termos de área e produção nacional, esse estado ainda apresenta uma produtividade acima dos 7.000 kg ha^{-1} (SOSBAI, 2016).

No estado de Santa Catarina o arroz irrigado é cultivado em aproximadamente 150.000 ha, distribuídos em quatro regiões geográficas e edafoclimáticas: Alto Vale do Itajaí, Médio e Baixo Vale do Itajaí e Litoral Norte, Litoral Centro e Litoral Sul de Santa Catarina (Figura 1).

Figura 1 – Mapa esquemático do estado de Santa Catarina, com os dados de área semeada e produtividade por região orizícola na safra 2015/2016.



Fonte: SOSBAI, 2016.

De maneira geral, a participação do estado catarinense na produção nacional do arroz é de aproximadamente 10 %. Na safra 2015/2016 foram produzidas aproximadamente 1.026.000 toneladas. Na safra 2016/2017, a produção teve um incremento de 14,57 %, sendo colhidas 1.176.235 toneladas de arroz. A produtividade média das lavouras catarinenses encontra-se próxima de 7.000 kg ha^{-1} , apresentando desempenho similar ao obtido por países tradicionais no cultivo desse cereal, tais como China, Índia e Indonésia, e abaixo do obtido em países como os EUA, Austrália e Japão (SOSBAI, 2016).

No estado de SC, o arroz irrigado é produzido em aproximadamente 83 municípios. As propriedades catarinenses se caracterizam por serem de pequeno porte e o número de produtores encontra-se em torno de 8.500, produzindo arroz irrigado em 11.230 propriedades, com área média de 13,5 ha (SOSBAI, 2016).

Aproximadamente 90% da orziculatura de várzea catarinense é conduzida no sistema pré-germinado. Nesta forma de cultivo, a semeadura é realizada em lâmina de água, com as sementes em fase adiantada de germinação. O sistema pré-germinado propicia algumas vantagens, tais como: aumento na disponibilidade de nutrientes, redução da ocorrência de plantas daninhas não aquáticas, redução da incidência de brusone e redução da ocorrência de algumas pragas (SOSBAI, 2016).

2.2 CARACTERISTICAS GERAIS DA PLANTA DE ARROZ

O arroz é uma espécie anual da família *Poaceae* que possui sistema fotossintético do tipo C3 e boa adaptação ao ambiente aquático. Esta característica se deve à presença de aerênquima no colmo e nas raízes das plantas, facilitando a passagem de oxigênio do ar para a rizosfera (SOSBAI, 2016). Para expressar seu potencial produtivo, a cultura necessita de temperaturas entre 24 e 30 °C, elevada quantidade de radiação solar e disponibilidade hídrica adequada (EMBRAPA, 2016).

A planta se caracteriza por possuir caules ocos, com flores reduzidas de cor verde e frutos do tipo cariopse. O arroz possui uma radícula que permanece por um curto período de tempo após a germinação, sendo então substituída pelo sistema secundário de raízes adventícias, que são formadas a partir dos nós inferiores de caules jovens. A primeira folha surge a partir do coleóptilo e difere das demais por ser cilíndrica e não apresentar lâmina. A segunda folha e as demais são dispostas de forma alternada no colmo, surgindo a partir de gemas situadas nos nós. A última folha que surge em cada colmo é denominada folha bandeira. A porção da folha que envolve o colmo denomina-se bainha.

O caule da planta de arroz é composto por um colmo principal e um número variável de colmos primários e secundários, ou perfilhos. A inflorescência é botanicamente uma panícula e se localiza sobre o último entrenó do caule, abaixo da folha bandeira. Ela é composta pelo ráquis principal, que possui nós dos quais saem as ramificações primárias que, por sua vez, dão origem às ramificações secundárias de onde surgem as espiguetas (PINHEIRO; HEINEMANN, 2017).

O desenvolvimento da planta de arroz é dividido em três fases distintas: fase de plântula, vegetativa e reprodutiva. A duração de cada fase é dependente de alguns fatores, como cultivar, época de semeadura, região de cultivo e condições de fertilidade do solo.

2.2.1 Desenvolvimento da plântula

Nessa fase, para que a semente consiga germinar é preciso que a mesma absorva água. O processo de embebição é facilitado nas condições das lavouras orizícolas catarinenses, em razão da adoção do sistema pré-germinado de cultivo.

A emergência da plântula de arroz ocorre devido ao alongamento do mesocótilo. A capacidade de desenvolvimento dessa estrutura é dependente da temperatura do solo. Em solos frios o mesocótilo se alonga menos e a profundidade de semeadura deve ser menor que a realizada em solos com temperatura mais alta (SOSBAI, 2016). O número de dias da semeadura até a emergência depende da temperatura e umidade do solo nos sistemas de semeadura em solo seco. Já na semeadura em sistema pré germinado, a duração deste subperíodo é função das temperaturas do solo, do ar e da água e do grau de desenvolvimento da plântula por ocasião da semeadura (SOSBAI, 2014).

Depois de ocorrida a emergência, a plântula se mantém à custa das reservas presentes no grão por um período de 10 a 14 dias, uma vez que as raízes seminais, originadas da semente, são responsáveis apenas por sua sustentação e absorção de água. Após as raízes adventícias começarem a surgir dos primeiros nós dos colmos abaixo da superfície do solo, o sistema radicular seminal degenera-se. O segundo sistema radicular passa então a constituir-se do principal mecanismo de extração de água e nutrientes e também de fixação da planta ao solo até o final do ciclo de desenvolvimento (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

Durante essa fase, o desenvolvimento e a emergência das plântulas podem ser limitados por alguns fatores, como baixa temperatura, falta ou excesso de umidade no solo, efeito tóxico de fertilizantes químicos, ataque de pragas e patógenos de solo, além de profundidade inadequada no momento da semeadura. Todos estes fatores podem reduzir a percentagem de emergência e, por consequência, o número de

plantas por unidade de área e o número de panículas, um dos principais componentes do rendimento (SOSBAI, 2016).

2.2.2 Desenvolvimento vegetativo

Depois do estabelecimento inicial da cultura, a planta inicia o processo de desenvolvimento da sua estrutura foliar, formando uma folha em cada nó. As folhas são dispostas de forma alternada no colmo. Durante as primeiras quatro a cinco semanas de desenvolvimento, todas as folhas já estão diferenciadas. Contudo, elas não são visíveis externamente, sendo que o número total de folhas por planta varia com a cultivar e a época de semeadura (SOSBAI, 2016).

A emissão de perfilhos inicia quando a quarta folha do colmo principal está com o colar formado. Os perfilhos surgem de gemas localizadas nos nós inferiores do colmo numa ordem alternada (SANTOS; SANTIAGO, 2014). A capacidade do arroz em emitir perfilhos faz com que o mesmo tenha plasticidade em relação às variações na densidade de semeadura, compensando, assim, baixas populações com maior número de perfilhos emitidos por planta. Essa capacidade de perfilhamento é dependente da cultivar, densidade de semeadura, temperatura do solo, disponibilidade de nutrientes no solo e altura da lâmina de água de irrigação (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

2.2.3 Desenvolvimento reprodutivo

O período de desenvolvimento reprodutivo é iniciado no momento em que o meristema apical se transforma no primórdio da panícula. Ele termina quando os grãos estão completamente formados e prontos para a colheita. A partir da diferenciação do primórdio da panícula, os entrenós do colmo começam a se alongar rapidamente e a planta cresce a taxas muito elevadas. Esse é um momento crítico no desenvolvimento da cultura, pois está sendo definido o número de espiguetas por panícula. Por isto, é importante que, durante este período, a planta não sofra estresses, principalmente os causados por temperatura baixa e deficiência de nutrientes (SOSBAI, 2016).

O subperíodo que antecede imediatamente a floração é denominado de emborrachamento ou microsporogênese. Nesse estádio está ocorrendo à divisão das células-mãe dos grãos de pólen. A microsporogênese pode ser definida como sendo

a sequência de eventos que ocorre desde a formação dos microsporócitos, que são as células mãe do grão de pólen, até a tétrade de micrósporos, por meio de divisões meióticas. Este período é o mais crítico à ocorrência de baixas temperaturas. Em razão disso, a semeadura deve ser realizada em uma época que possibilite que essa fase coincida com o mês que tenha menor probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

O arroz é uma planta autógama. A polinização ocorre primeiro nas espiguetas da extremidade superior da panícula, seguindo para a sua base. Ventos quentes, secos ou úmidos afetam a fecundação de estigmas, reduzindo o número de grãos formados. Além destes fatores, baixas temperaturas da água e do ar também podem causar efeito similar (SANTOS; SANTIAGO, 2014).

A duração do período de formação e enchimento de grãos oscila entre 30 a 40 dias, sendo dependente principalmente da variação da temperatura do ar. Os grãos passam pelas etapas de grão leitoso, pastoso e massa dura até atingirem a maturação fisiológica, momento em que possuem o maior acúmulo de massa seca (SANTOS; SANTIAGO, 2014). Após a maturação fisiológica, o grão sofre um processo físico de perda de umidade até atingir a sua maturidade de colheita, dependendo das condições climáticas, este período pode variar de uma a duas semanas. Umidade relativa baixa e temperatura elevada do ar, juntamente com ocorrência de ventos, aceleram o processo de perda de umidade dos grãos (EBERHARDT; SCHIOCCHET, 2011).

2.3 FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO

Existem diferentes fatores que podem influenciar a produtividade do arroz irrigado. Por meio do estudo dos componentes do rendimento de uma cultura é possível identificar e também estabelecer maneiras de se buscar um incremento da produtividade. Além dos fatores inerentes à planta e das condições edafoclimáticas da região de cultivo, as práticas de manejo interferem no rendimento de fitomassa, na interceptação da radiação solar, no acúmulo de fotoassimilados e, portanto, na produtividade de grãos (ARGENTA et al., 2003).

A produtividade de grãos do arroz irrigado é composta pelo número de panículas por unidade de área, número de grãos por panícula, esterilidade de

espiguetas e a massa de grãos (CARMONA et al., 2002). Como o resultado final destes componentes, ela é definida em períodos distintos do desenvolvimento da cultura, que são dependentes das condições ambientais e também do manejo aplicado.

Entre os fatores que podem influenciar o rendimento do arroz irrigado podem-se citar a temperatura do ar, a disponibilidade de radiação, a temperatura da água, a fertilidade do solo e a época de semeadura. A seguir serão descritos alguns fatores que possuem grande influência na produtividade dessa cultura, com maior ênfase na temperatura atmosférica, que está diretamente relacionada ao objetivo principal do trabalho de buscar cultivares que apresentem tolerância ao estresse causado pelo frio.

2.3.1 Solos

O solo tem como funções dar sustentação, fornecer oxigênio, água e nutrientes para as plantas. No arroz irrigado, parte dessas funções é facilitada pela grande disponibilidade de água na irrigação e pelas características próprias da cultura, como a presença de aerênquima, que transporta o oxigênio aos pontos de crescimento das raízes.

De maneira geral, os solos cultivados com arroz irrigado no RS e SC apresentam drenagem naturalmente deficiente. Ela é decorrente da densidade elevada, baixa porosidade total, em razão da alta relação microporos/macroporos, presença de camada subsuperficial com baixa permeabilidade e do relevo plano a suave ondulado (EMBRAPA, 2016).

O manejo desses solos parece simples, em razão da facilidade em termos de uso de máquinas, da baixa suscetibilidade à erosão e das condições favoráveis à irrigação, uma vez que são áreas planas, amplas e contínuas. Todavia, em função de suas características típicas, o manejo dos solos arrozeiros é bastante complexo, o que requer conhecimento sobre os mesmos para melhor explorá-los.

As condições apresentadas pelos solos de várzea podem ser consideradas favoráveis para o cultivo do arroz irrigado por reduzir as perdas de água e de nutrientes. Por outro lado, elas podem ser restritivas ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas de sequeiro, o que é acentuado no estado de Santa Catarina, onde as áreas orizícolas apresentam apenas essa finalidade.

Em condições de inundação, os solos sofrem transformações químicas decorrentes do processo de redução. Dessas transformações têm-se o aumento da disponibilidade de alguns nutrientes do solo, elevação do pH dos solos ácidos para valores entre 6,0 e 6,5 e a consequente neutralização do alumínio tóxico. Embora a inundação do solo proporcione melhores condições em termos de fertilidade para as plantas de arroz irrigado, os solos das lavouras catarinenses apresentam fertilidade natural moderada a baixa, o que torna a prática da adubação necessária para que se alcancem produtividades que viabilizem economicamente a cultura (EMBRAPA, 2016). Contudo, a baixa fertilidade natural de muitos solos catarinenses não se constitui numa limitação ao seu uso, tendo em vista que o suprimento dos nutrientes é plenamente atendido pelo manejo adequado tanto da calagem como da adubação (SOSBAI, 2016).

Em função da extrema importância do solo, a sustentabilidade da produção orizícola depende majoritariamente do uso da terra segundo a sua aptidão e também da adoção de práticas de cultivo e de manejo do solo que permitam corrigir ou minimizar as limitações. Isto favorece a produtividade final da lavoura, bem como a sustentabilidade do sistema produtivo.

2.3.2 Cultivares

O uso da cultivar adequada em determinado ambiente se destaca por ser um fator de grande importância e que apresenta relação intrínseca com a produtividade final da cultura. Cada cultivar traz consigo características específicas e que se adaptam melhor a determinadas condições edafoclimáticas.

As constantes mudanças que estão ocorrendo tanto nas condições edafoclimáticas, como também na preferência de mercado e da própria lavoura orizícola, têm exigido criatividade e dinamismo no desenvolvimento de novas cultivares de arroz. No ambiente natural, tem sido cada vez mais frequente o aparecimento de novas pragas e raças de doenças e de alterações no clima, fatores que prejudicam o desempenho das cultivares nas várias regiões orizícolas. No mercado, tem sido comum mudanças na preferência do consumidor brasileiro. Neste sentido, tem crescido a procura por outros grãos de arroz tipo japonico, aromático, risoto, saquê ou glutinoso, entre outros (EMBRAPA, 2016).

Os programas de pesquisa em melhoramento genético de arroz irrigado conduzido no Brasil têm estratégias metodológicas que visam desenvolver genótipos comerciais de alta produtividade e estáveis. Eles buscam obter cultivares adaptadas aos sistemas de cultivo, que sejam resistentes às doenças e pragas, apresentem tolerância ao frio, à salinidade ou à toxicidade por Ferro, que tenham boa produtividade e com uma qualidade de grãos que atenda a preferência do mercado interno e do comércio externo (EMBRAPA, 2016).

Um dos pontos observados e estudados pela Epagri tem sido a busca por cultivares que apresentem tolerância às baixas temperaturas, com foco na microsporogênese. A ocorrência de estresses causados pelos extremos de temperatura baixa do ar é bastante comum no sul do Brasil.

São diversos os fatores que devem ser levados em consideração no momento da escolha de uma cultivar. Ela precisa ser feita pensando em vários detalhes, como a disponibilidade de água, as condições e previsões relacionadas à ocorrência de eventos climáticos adversos, época de semeadura, mercado de venda, entre outros fatores. A escolha correta de cultivares é um ponto relevante no processo técnico e administrativo de um empreendimento rural, independentemente do tamanho da propriedade. Diversos são os fatores avaliados nos programas de melhoramento de arroz irrigado, buscando sempre potencializar aspectos como tolerância a estresses bióticos e abióticos, produtividade máxima e características que atendam às exigências de mercado.

2.3.3 Época de semeadura

A época de semeadura se caracteriza por ser um dos fatores determinantes da produtividade final de uma lavoura. A escolha adequada da melhor época para realizar a semeadura é dependente de vários fatores, incluindo a região de cultivo, as condições meteorológicas, o tipo de solo, o grau de incidência de plantas daninhas e da cultivar que será utilizada. Esses são fatores que influenciam diversas características agronômicas da cultura (SOSBAI, 2016).

O crescimento do arroz irrigado é limitado ao período no qual fatores como temperatura e radiação solar estejam disponíveis em quantidades suficientes que permitam o pleno desenvolvimento da cultura (SOSBAI, 2016). Quando as semeaduras são realizadas fora do período recomendado, tem-se a exposição das

plantas à menor radiação solar e a baixas temperaturas do ar durante a fase reprodutiva, o que diminui a produtividade de grãos (MENEZES et al., 2004).

Com base nas informações da real necessidade da cultura em relação aos fatores climáticos (radiação, temperatura, fotoperíodo, entre outros) desenvolveu-se o zoneamento agroclimático de Santa Catarina, para a tomada de decisão mais adequada em relação à escolha da época ideal de semeadura.

Esse zoneamento agroclimático mostra que no estado de Santa Catarina as regiões recomendadas para o cultivo de arroz restringem-se à faixa litorânea e ao Vale do Rio Itajaí. Assim, identificam-se cinco regiões distintas: do Baixo e Médio Vale do Itajaí e Litoral Norte, Litoral Centro, Litoral Sul e Região Sul, Médio Vale do Itajaí e Alto Vale do Itajaí (EMBRAPA, 2016).

As regiões do Baixo e Médio Vale do Itajaí e Litoral Norte apresentam maior amplitude no período recomendado de semeadura para todos os ciclos de cultivo estudados, iniciando em 11 de agosto e estendendo-se até 10 de janeiro. A região Litoral Sul e Região Sul apresenta um período recomendado de menor amplitude, se comparadas à região Baixo e Médio Vale do Itajaí e Litoral Norte. Ele varia de 1º de setembro a 20 de dezembro, indicando que o início da época recomendada se dará somente 20 dias depois e terminará 20 dias antes. Para a região do Alto Vale do Itajaí o período recomendado vai de 11 de outubro a 10 de dezembro, com uma amplitude de apenas 60 dias. Essa menor amplitude em relação às demais regiões deve-se à sua maior altitude, o que implica em maior risco de incidência de frio nas fases críticas da cultura (EMBRAPA, 2016).

De maneira geral, quando a semeadura é efetuada entre a segunda quinzena de outubro e a primeira de novembro na região Sul do Brasil, o ciclo da cultura ocorre dentro das melhores condições climáticas e a probabilidade de obtenção de altos rendimentos de grãos é grande. Quanto mais antecipada for a época de semeadura, menos perfilhos a planta produzirá devido à baixa temperatura. Já as semeaduras tardias diminuem o perfilhamento pelo menor período vegetativo (GIRARDI, 2012).

Dessa maneira, estudos detalhados para identificar a melhor época de semeadura da cultura do arroz irrigado são de grande importância, pois possibilitam aumentar os ganhos em relação à produtividade da lavoura.

2.3.4 Radiação solar

Nas regiões onde a temperatura do ar não é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento do arroz irrigado, a radiação solar se destaca por ser um dos principais fatores que influenciam a produção de grãos (GIRARDI, 2012).

A exigência em termos de radiação solar do arroz irrigado varia, dependendo da fase fenológica em que a cultura se encontra. Na fase vegetativa, esta variável climática tem pouca influência sobre a produtividade e os seus componentes. Entretanto, a produtividade da cultura é muito influenciada por esse fator quando a cultura se encontra nas fases reprodutiva e de maturação (EMBRAPA, 2016). Na fase reprodutiva, os subperíodos considerados mais importantes são os compreendidos entre a diferenciação da panícula e a floração, influenciando o número de grãos por panícula, e entre a floração e a maturação fisiológica, interferindo na massa de grãos. Na fase reprodutiva tem-se uma relação linear positiva entre a disponibilidade de radiação solar e a produtividade de grãos (SOSBAI, 2016).

2.3.5 Baixas temperaturas

Embora seja originário dos trópicos, o arroz é cultivado nas mais diversas condições ambientais. Porém, quando comparado com outros cereais, como a aveia e o trigo, o arroz é muito mais sensível às baixas temperaturas (OKUNO, 2003). De maneira geral, a faixa de temperatura ótima para a cultura do arroz encontra-se entre 25 e 30 °C. Dependendo do estádio fenológico, temperaturas inferiores a 20 °C podem ser prejudiciais à cultura (YOSHIDA, 1981).

Apesar de apresentar alta produtividade, em alguns anos ocorrem decréscimos no rendimento de grãos do arroz irrigado devido à ocorrência de condições meteorológicas adversas. Entre estas, podem ser citadas as baixas temperaturas e a baixa disponibilidade de radiação solar, as quais, quando ocorrem nas fases críticas de desenvolvimento da cultura, reduzem a sua produtividade (SOSBAI, 2014). Quando se tem a ocorrência de baixas temperaturas durante as fases críticas de desenvolvimento do arroz, há oscilações negativas na produtividade da cultura (STEINMETZ et al., 2005).

As plantas de arroz apresentam sensibilidade às baixas temperaturas em todo o seu ciclo de desenvolvimento. No entanto, alguns estádios se apresentam mais

críticos ao frio. Dentre esses se destacam as fases de germinação, desenvolvimento inicial das plântulas, microsporogênese e antese (YOSHIDA, 1981). Na Tabela 1 apresenta-se um resumo dos efeitos das baixas temperaturas na cultura do arroz.

Quando o frio ocorre no início da fase vegetativa, ele pode causar o retardamento da germinação/emergência. Este fato é agravado quando se faz uso de cultivares sensíveis na semeadura, podendo causar diminuição na taxa de desenvolvimento diário das folhas, provocando clorose (RODRIGUES, 2011). Nesse período, os sintomas de danos mais encontrados são o atraso e a diminuição na percentagem de germinação. Outros efeitos do frio no estágio de plântula são o retardamento no desenvolvimento, a redução na estatura e o amarelecimento das folhas (BOSETTI, 2012), o que também acaba sendo determinante na invasão das lavouras por plantas daninhas. Segundo Terres et al. (1985), nas fases de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de arroz, o frio pode causar alongamento do período da emergência, clorose em folhas jovens, diminuição na estatura de plantas e redução na capacidade competitiva do arroz com as plantas daninhas.

Quando o estresse por frio ocorre no período reprodutivo, tem-se por consequências a exteriorização incompleta da panícula, esterilidade e manchas nas espiguetas (SOUZA, 1990). Baixas temperaturas durante a fase de pré-floração (microsporogênese) têm maiores efeitos sobre o rendimento de grãos devido ao aumento da esterilidade de espiguetas (TERRES, 1991; SOUZA, 2015). Além disso, tem-se observado outros efeitos como, por exemplo, a deformação dos ápices das panículas e a sua emissão muito lenta. Na fase de floração ocorre considerável esterilidade de espiguetas, aumento do tempo entre o início e final da floração e maior incidência de doenças de final de ciclo, como grãos manchados.

Em síntese, quando o estresse por baixa temperatura ocorre na fase de implantação da cultura, falhas no estande podem ser observadas e retardo no crescimento das plantas, o que implica num controle deficiente de plantas daninhas. Se a incidência de frio ocorrer mais tarde, na fase reprodutiva, ela pode provocar esterilidade de espiguetas, prejudicando a produtividade.

A utilização de cultivares tolerantes a baixas temperaturas pode auxiliar a mitigar os problemas ocasionados pelo frio ao arroz irrigado (TORRES TORO, 2006). Nesse sentido, o melhoramento genético surge como um aliado na busca por cultivares que sejam tolerantes ao estresse do frio nas fases críticas da cultura. Essa

busca é uma alternativa viável, em função da dificuldade que se tem de controlar as temperaturas através das práticas de manejo comumente empregadas na cultura (CRUZ; MILLACH, 2000).

Tabela 1 – Danos ocasionados por baixas temperaturas em diferentes fases da cultura do arroz.

Fase	Temperatura crítica (°C)	Dano
Germinação	16 - 19	Baixa percentagem e alongamento do período de germinação
Emergência e estabelecimento	12	Diminuição da taxa de emergência e do número de plantas emergidas
Alongamento das folhas e aparelho fotossintético	7 - 12	Diminuição do crescimento e descoloração das folhas
Perfilhamento	9 - 16	Diminuição do número e da velocidade de crescimento
Primórdio floral	15	Inibição da formação do grão de pólen e das espiguetas
Formação da panícula	15 - 20	Má exerção da panícula e deformidade das espiguetas
Antese	22	Atraso na abertura das flores
Fertilização do estigma	22	Sem polinização, mas com esterilidade
Maturação e formação do grão	12 - 18	Alongamento da fase de enchimento de grãos

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, a partir de Torres Toro, 2006.

Esse objetivo é ainda mais importante porque o Rio Grande do Sul e Santa Catarina respondem por aproximadamente 80 % da produção orizícola do país e são os dois estados onde a ocorrência de baixas temperaturas durante o ciclo do arroz é mais frequente. Isto ressalta a necessidade da utilização de cultivares que apresentem tolerância ao frio.

A avaliação da tolerância das cultivares ao frio é difícil de ser realizada a campo porque a temperatura é instável e é um fator incontrolável. Assim, nem sempre a ocorrência do frio coincide com as fases de maior sensibilidade das plantas. Estas

dificuldades inerentes a este estresse abiótico tem ocasionado um avanço lento nas pesquisas que buscam identificar genótipos tolerantes às baixas temperaturas (CABREIRA; CRUZ, 2009). Portanto, é imprescindível usar metodologias que possam avaliar de forma direta e indireta a tolerância das cultivares a campo e em condições controladas (ROSSO, 2006).

Mesmo sendo controlada por vários genes, a herança da tolerância ao frio em arroz possui alta herdabilidade (STHAPIT; WITCOMBE, 1998). Porém, essa tolerância é governada por fatores genéticos diferentes e que atuam em direções opostas nos estádios vegetativo e reprodutivo (KAW; KHUSH, 1986). Consequentemente, um genótipo pode ser tolerante ao frio em determinado estádio e sensível em outro. Por isso, a seleção deve ser realizada separadamente para cada fase de desenvolvimento da cultura.

No Estado de Santa Catarina, a necessidade de tolerância ao frio tem relação principal com à origem tropical dos genótipos utilizados pelos orizicultores (*Indica*) e também em razão da sua localização geográfica (subtropical). A maior parte dos genótipos pertence à subespécie *Indica*, que é mais sensível a temperaturas baixas. Isto agrava os efeitos negativos do frio nas fases de germinação, desenvolvimento de plântula e microsporogênese (SOSBAI, 2012).

Cruz et al. (2010) destacaram a importância da obtenção de genótipos tolerantes ao frio para as fases iniciais de desenvolvimento da cultura. Esta característica é desejável principalmente para lavouras implantadas no início da estação de crescimento da cultura, durante os meses de agosto e setembro, prática comumente efetuada nas regiões do litoral Sul de SC e baixo Vale do Itajaí. A busca por genótipos que sejam tolerantes ao frio nas fases de germinação e desenvolvimento inicial é importante para garantir os benefícios da semeadura antecipada, considerada como um dos principais fatores para obtenção de maiores rendimentos (STINGHEN, 2015).

No entanto, também é necessário considerar a ocorrência de frio tardio que afeta a cultura do arroz quando ela está no início do período reprodutivo, principalmente na fase de microsporogênese. Pedroso (1982) evidenciou que os efeitos do frio são mais nocivos quando a ocorrência de baixas temperaturas é dada em períodos curtos, que coincidam com a fase da microsporogênese. Em função disto, considera-se que temperaturas de 17 °C durante cinco dias podem ser tão prejudiciais

quanto temperaturas de 15 °C durante uma hora. Este é um problema recorrente no Alto Vale do Itajaí, região que apresenta os maiores índices de produtividade em SC.

Na Tabela 2 é possível observar a probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas inferiores a 17 °C, no período entre 01/11 a 31/03, que abrange a época de ocorrência da fase de microsporogênese nas regiões com atividade orizícola no estado de Santa Catarina. Essas probabilidades foram obtidas por meio da avaliação histórica das temperaturas registradas do ano de 1980 ao ano de 2016.

A região do Alto Vale do Itajaí se caracteriza por apresentar relatos corriqueiros em relação à redução na produtividade final das lavouras orizícolas em decorrência de baixas temperaturas na fase da microsporogênese, em que ocorre a formação do grão de pólen. É possível observar na Tabela 2 que essa região apresenta as maiores probabilidades de ocorrência de baixas temperaturas nessa fase, quando comparada às demais zonas produtoras. A probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas inferiores a 17 °C é alta, ficando com valores médios próximos a 35 % de chances de ocorrência dessa condição de temperatura mínima do ar.

Para genótipos tolerantes ao frio, a faixa crítica de temperatura para início de indução de esterilidade é de 15 a 17 °C, enquanto que para genótipos sensíveis é de 17 a 19 °C (SOSBAI, 2014).

Tendo em vista este cenário, as probabilidades de ocorrência de frio na região do Alto Vale do Itajaí podem ocasionar significativas perdas de produção, uma vez que essa se encontra próxima a 10 %, mesmo na condição de temperatura menor ou igual a 14 °C. Esta faixa térmica está abaixo da considerada crítica para indução de esterilidade em genótipos tolerantes, reiterando a necessidade de identificar cultivares que apresentem tolerância à ocorrência desses eventos.

Já as demais regiões orizícolas catarinenses apresentam menor probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 17 °C, quando comparadas à região do Alto Vale do Itajaí. Essa probabilidade reduz de maneira perceptível quando alteradas as temperaturas avaliadas, com exceção da estação de Timbé do Sul, que apresenta maior probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas.

Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência de temperatura mínima do ar menor e igual a 17 °C, 16 °C, 15 °C e 14 °C entre 1/11 e 31/03 para alguns municípios com representatividade na cultura do arroz, dentro das regiões orizícolas do estado de Santa Catarina, com base na série histórica de 1980 – 2016 (EPAGRI/CIRAM).

Estações/Região	Temperaturas			
	17 °C	16 °C	15 °C	14 °C
	(%)			
Alto vale do Itajaí				
Rio do Campo	33,6	19,1	11,1	7,2
Agrolândia	33,6	20,4	12,0	7,9
Ituporanga	38,8	24,5	16,4	10,7
Baixo Médio Vale do Itajaí/Litoral Norte				
Blumenau	5,5	2,3	1,1	0,4
Massaranduba	3,4	2,0	0,6	0,4
Joinville	20,0	6,7	3,5	1,4
Litoral Centro				
Itajaí	14,3	7,0	3,7	2,0
Florianópolis	8,8	4,3	2,2	1,2
Camboriú	21,6	11	6,7	4,0
Litoral Sul				
Araranguá	19,9	11,3	6,5	4,4
Laguna	12,0	5,9	2,7	1,5
Timbé do Sul	56,6	43,2	31,1	21,4

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, a partir de dados da EPAGRI/CIRAM, 2017.

O impacto e os efeitos das mudanças climáticas sobre o crescimento vegetal apresentam alguns aspectos positivos, decorrentes da elevação da concentração de CO₂ na atmosfera. Walter et al. (2010) citam que um benefício direto do incremento na concentração de CO₂ para a agricultura, é a possibilidade de aumento da taxa de crescimento e produtividade das culturas no futuro, uma vez que o CO₂ é o substrato primário para o processo de fotossíntese.

Por outro lado, essas mudanças climáticas também favorecem a ocorrência de temperaturas extremas. Assim, se esse aumento na concentração de CO₂ na atmosfera vier acompanhado de um aumento na temperatura do ar, os efeitos benéficos do CO₂ poderão ser reduzidos ou anulados, com resposta variável para as diferentes espécies de plantas. Essas mudanças climáticas podem ainda causar efeitos indiretos na produção das culturas, como alterações na disponibilidade de água para irrigação, competição com pragas, doenças e plantas daninhas, alterações

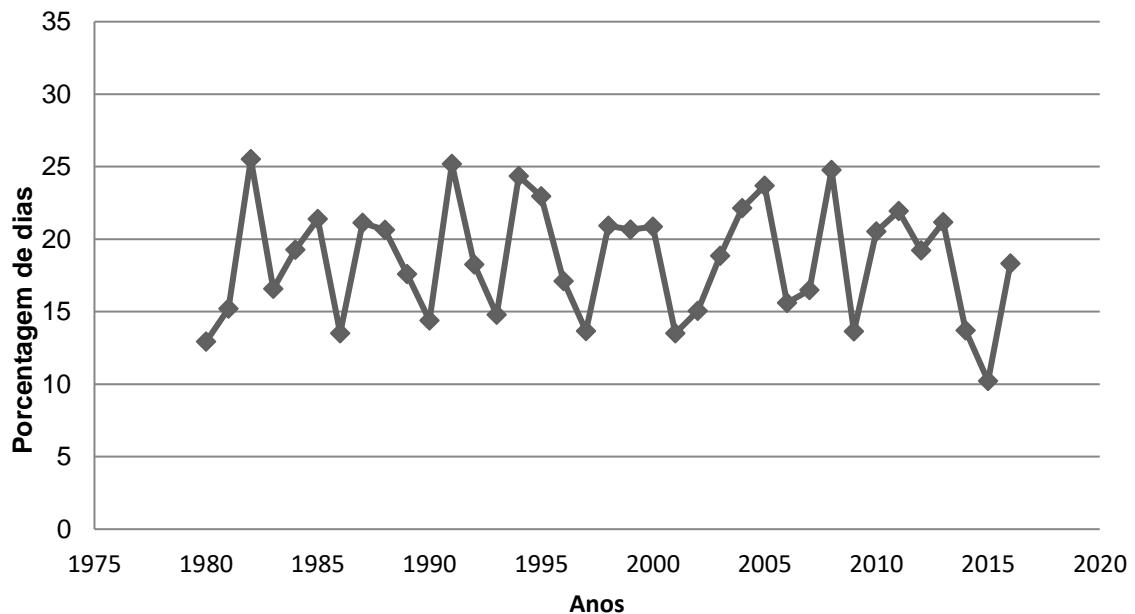
na fertilidade do solo e erosão (WALTER et al., 2010). Isso gera um sério dilema, visto que se está diante de um desafio de, no mínimo, dobrar a produção de alimentos até 2050, a fim de suprir as demandas crescentes da população mundial.

A Figura 2 apresenta a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar menores ou iguais a 17 °C para o período compreendido entre as datas de 1/11 e 31/03, na sequência de tempo correspondente aos anos de 1980 a 2016, para o litoral Catarinense e também a região do Alto, Médio e Baixo Vale do Itajaí. A Figura demonstra a instabilidade de ocorrência de baixas temperaturas entre anos, enfatizando a sua imprevisibilidade.

Diante dessa condição de instabilidade e da dificuldade em realizar previsões confiáveis em relação à ocorrência desses eventos abióticos, o melhoramento convencional surge como uma ferramenta essencial na busca por cultivares que se apresentem estáveis e tolerantes frente à ocorrência de frio.

Nesse sentido, o desafio a ser considerado é a adaptação dos cultivos, a fim de se obter uma redução da sua vulnerabilidade frente à projeção do aumento da frequência de ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, ondas de frio, geadas, tempestades, granizo, estiagens e outros fenômenos que, de forma espasmódica e rápida, podem provocar grandes prejuízos e perdas de safra (PELLEGRINO et al., 2009).

Figura 2 – Probabilidade de ocorrência de temperatura mínima do ar menor e ou igual a 17 °C entre 1/11 e 31/03 para o período de 1980 a 2016, para o Litoral Catarinense e Vale do Itajaí (EPAGRI/CIRAM).



Fonte: Elaborada pela autora, 2017, a partir de dados da EPAGRI/CIRAM, 2017.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na Estação Experimental de Itajaí, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina (Epagri), durante os anos agrícolas de 2014/2015, 2016/2017 e 2017/2018.

O município de Itajaí está localizado no Litoral centro norte catarinense e pertence à Mesorregião do Vale do Itajaí, estando à margem direita da foz do rio Itajaí-Açu. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, se caracteriza como sendo do tipo Cfa, quente e temperado, com uma pluviosidade significativa durante todo o ano, com média anual de 1.596 mm, e temperatura atmosférica média anual de 20,2 °C.

O trabalho foi constituído por três ensaios distintos. O primeiro correspondeu à submissão das plantas à baixa temperatura no estádio da microsporogênese, por um período de três dias consecutivos em ambiente controlado. O segundo e o terceiro ensaios foram desenvolvidos com o intuito de estabelecer pontos essenciais a serem observados para sugerir uma metodologia adequada para realização do teste de frio na fase inicial da cultura e de identificar genótipos tolerantes a baixas temperaturas na fase de estabelecimento da cultura.

Para a realização dos três experimentos que compuseram a dissertação e que serão descritos a seguir, utilizou-se casa de vegetação, câmara de crescimento e fitotron.

3.1 FRIO NA MICROSPOROGÊNESE

O ensaio sob frio na microsporogênese foi realizado no ano agrícola de 2016/2017. Ele foi implantado em duas épocas, sendo a primeira no dia 10/06/2016 e a segunda no dia 25/07/2016. Foram avaliados 17 genótipos, na presença ou na ausência de estresse por frio no estádio da microsporogênese.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema bifatorial (17 x 2) com três repetições. O primeiro fator diz respeito aos genótipos utilizados no ensaio, onde foram avaliadas doze linhagens e cinco cultivares geradas pela Epagri (Tabela 3). O segundo fator correspondeu à aplicação de estresse por frio ou não, quando as plantas se

encontravam na fase da microsporogênese. Para as plantas que eram submetidas ao estresse por frio, se utilizou a temperatura de 15 °C durante o dia e 12 °C à noite, por um período de três dias. Estas temperaturas foram estabelecidas com base no trabalho realizado por Souza (2015), nas mesmas condições experimentais.

Portanto, o experimento foi composto por 102 unidades experimentais, englobando 17 genótipos, duas condições de temperatura (aplicação ou não de estresse por frio) e três repetições para cada tratamento (17 x 2 x 3).

Tabela 3 – Genótipos de arroz irrigado avaliados no ensaio de baixas temperaturas na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.

GENÓTIPOS	
Linhagens	Cultivares
SC 806	
SC 491 ME	
SC 755	
SC 854	
SC 859	EPAGRI 109
SC 850	EPAGRI 106
SC 790	AMAROO
SC 792	SCS 121 CL
SC 817	SCS 122 MIURA
SC 841	
SC 786 ME	
SC 849	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

A escolha das linhagens se deu pelo fato de algumas terem apresentado um desempenho favorável em relação à ocorrência de baixas temperaturas em trabalhos conduzidos durante seis anos por Marschalek et al. (2011; 2013; 2015), no município de Rio do Campo, localizado no Alto Vale do Itajaí. Além disso, as linhagens foram selecionadas em razão da necessidade de se obter maiores informações sobre o seu comportamento em condições de estresse por frio, informações estas importantes para o uso no programa de melhoramento genético do arroz da Epagri e para o lançamento de novas cultivares.

Em relação à escolha das cultivares, a Epagri 109 foi escolhida em função do seu histórico de cultivo no Estado de Santa Catarina. Já a cultivar SCS 121 CL foi selecionada em razão da sua grande expressividade em termos de área cultivada no

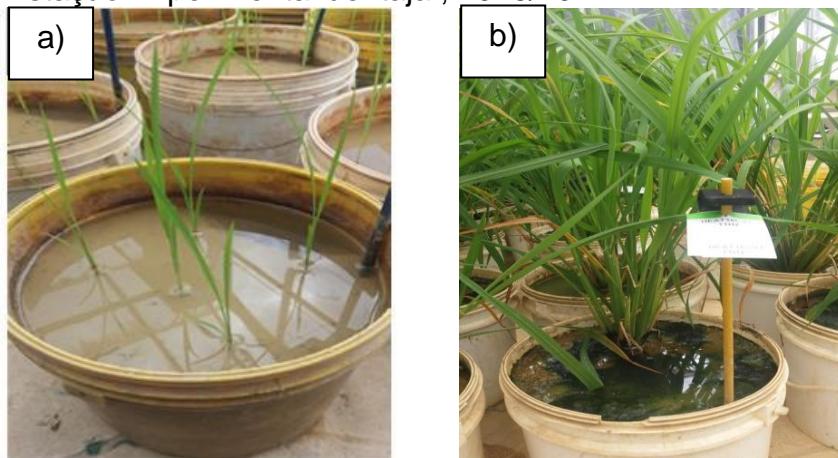
Estado nas duas últimas safras. A cultivar Amaroo foi selecionada em razão da sua relativa tolerância ao frio e a Epagri 106 foi utilizada por ser de ciclo curto (precoce) e a SCS 122 Miura por ter sido lançada recentemente pela Epagri.

A semeadura do arroz foi realizada em duas épocas, devido ao espaço limitado da câmara de crescimento. Em cada época de semeadura foram utilizados nove genótipos, sendo que a cultivar Epagri 109 foi utilizada nas duas épocas de semeadura. Assim, para cada época de semeadura se manteve uma testemunha correspondente, mantida permanentemente em casa de vegetação, semeada na mesma data.

A semeadura inicial dos genótipos foi realizada em caixas de madeira, utilizando-se como substrato uma mistura de argila e areia. Foram depositadas 5 g de semente por linha. Após esse processo, as sementes foram cobertas com 2cm de substrato, regadas e cobertas com plástico para germinar. O período de germinação variou de 2 a 5 dias, de acordo com a temperatura diária e incidência solar. Após a emergência, as plântulas foram transplantadas para os balde (5 a 8 mudas).

Cada unidade experimental foi composta de um balde com dimensão de 22 cm de diâmetro, 20 cm de altura e com capacidade de acondicionar 7 kg de solo. Quando as plantas atingiram o estádio V6 da escala de Counce et al. (2000), foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por balde (Figura 3).

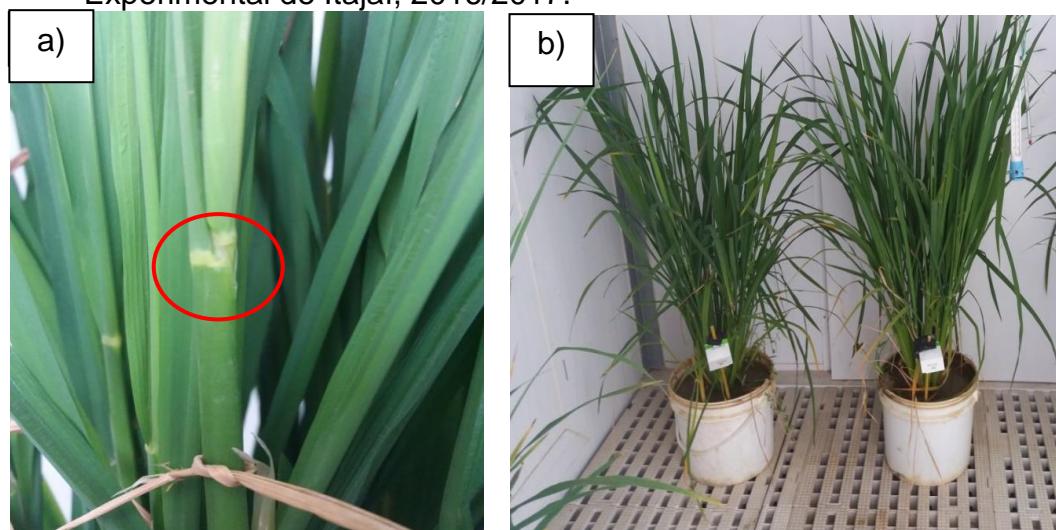
Figura 3 – Unidades experimentais durante o estabelecimento do arroz. Unidade experimental com plântulas no estádio V2-V3, antes do desbaste final (a). Unidade experimental final, com apenas uma planta (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

As unidades experimentais ficaram acondicionados em casa de vegetação da semeadura até a fase da microsporogênese, que corresponde ao intervalo do estádio S0 até o estádio R2, da escala de Counce et al. (2000). Quando as plantas atingiam essa fase, buscou-se encontrar no mínimo três perfilhos por planta que estivessem no estádio de microsporogênese (Figura 4). Este procedimento foi necessário porque os perfilhos das plantas não chegam ao mesmo tempo nessa fase. Assim, objetivou-se aproximar ao máximo da realidade encontrada no campo.

Figura 4 – Identificação da microsporogênese para imposição do estresse por frio. Momento de marcação dos perfilhos na fase de microsporogênese (a). Após a marcação dos perfilhos, plantas acondicionadas na câmara de crescimento para submissão ao estresse por frio (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

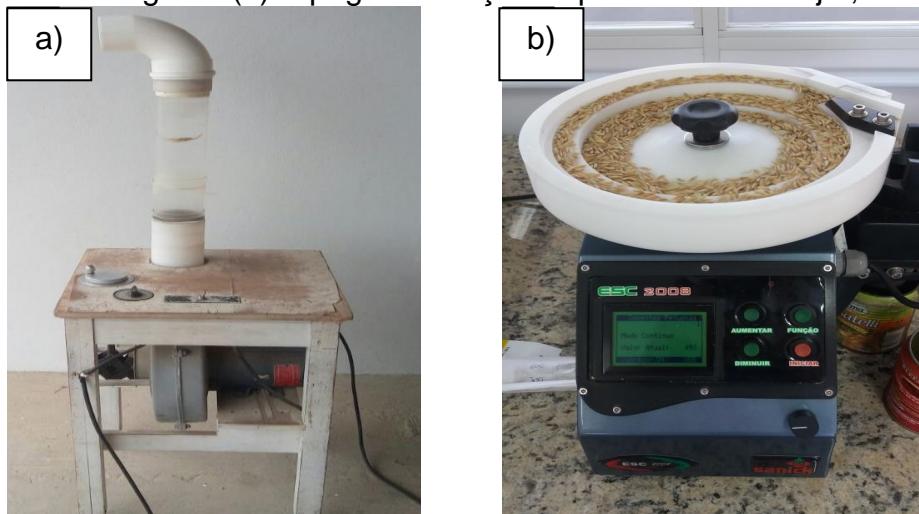
A identificação da microsporogênese ocorreu por meio do acompanhamento do desenvolvimento fenológico de cada planta por balde, observando o momento do emborrachamento pela abertura periódica do colmo dos perfilhos, até o dia de ocorrência do estádio R2. Essa fase é caracterizada considerando a distância da lígula da folha bandeira e da penúltima folha entre -3 cm (lígula da folha bandeira abaixo da lígula da penúltima folha) e 10 cm (lígula da folha bandeira acima da lígula da penúltima folha), de acordo com o procedimento utilizado por Moldenhauer; Gibbons (2002) e Zaffari et al. (2014). Porém, nesse trabalho, foi adotado a distância da lígula da folha bandeira da lígula da penúltima folha de -3 cm e +2 cm da lígula da folha bandeira acima da lígula da penúltima folha.

Após a identificação de no mínimo três perfilhos, as unidades experimentais foram transferidas para a câmara de crescimento para aplicação do regime térmico pré-definido no trabalho (Figura 4), sendo submetidas por três dias consecutivos a temperatura diurna de 15 °C e a temperatura noturna de 12 °C. Durante este período, as condições de luminosidade na câmara de crescimento foram de 12 horas de luz/12 horas de escuro, com umidade relativa do ar de, aproximadamente, 65 %.

Após esse período de imposição do estresse, os baldes foram recolocados na casa de vegetação, ficando acondicionados nesse local até o momento da colheita. Para cada genótipo avaliado foi mantida uma testemunha em casa de vegetação durante todo o ciclo de desenvolvimento, correspondendo às plantas que não sofreram a imposição de estresse por frio. As condições de fotoperíodo da casa de vegetação eram de 12 horas de luz/12 horas de escuro, com temperatura oscilando entre os 24 °C e 30 °C.

Com a maturação, foi realizada a colheita das plantas inteiras de cada unidade experimental como bulk, incluindo colmo principal e perfilhos. Posteriormente, foi realizada a contagem do número total de panículas. Após a debulha manual das panículas, procedeu-se a separação das espiguetas cheias e vazias através de um soprador com ar forçado e a contagem destas com o contador de grãos Sanick ESC 2008 (Figura 5). Posteriormente determinou-se o peso das espiguetas cheias e vazias.

Figura 5 – Equipamentos utilizados para as determinações. Soprador com ar forçado para separação das espiguetas cheias e vazias (a). Contador de grãos (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Além dessas avaliações, também foram determinados a renda base (quantidade total de grãos beneficiados, incluindo inteiros e quebrados, numa amostra de 25 g de arroz com casca), rendimento de engenho (relação de grãos inteiros) e a qualidade dos grãos, avaliando-se a porcentagem de grãos gessados, característica considerada importante para as indústrias de beneficiamento de arroz branco.

Essas avaliações foram feitas por meio de análises de scanner IMAGE Selgon (Image – Rice Grain Scanner). O equipamento está ligado à um computador acoplado a um sistema digital de captura de imagens e um software de análise desenvolvido pela Epagri/Selgon para este fim. As imagens geradas são enviadas ao software de análise, que avalia cada grão individualmente. Após esse processo, o programa fornece parâmetros como o número de grãos gessados, área gessada, renda base e rendimento de engenho utilizados no trabalho (Figura 6). Todas as avaliações acima citadas foram realizadas no Laboratório de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri (LAMGEN), Estação Experimental de Itajaí.

Figura 6 – IMAGE Rice Grain Scanner (Selgon), utilizado para avaliação da qualidade de grãos. Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Os dados dos bulks foram ainda utilizados para determinar a produção de grãos por balde dos 17 genótipos utilizados, avaliando-se também a tolerância ou suscetibilidade desses materiais à imposição ao frio.

Todos os genótipos avaliados receberam as mesmas doses e produtos em relação à adubação e aplicação de agroquímicos, como pode ser visto na Tabela 4.

As aplicações foram realizadas conforme as recomendações da SOSBAI (2016), com o intuito de obter um crescimento e desenvolvimento adequado das plantas. Foi aplicada uma dose de 2 gramas de Superfosfato Triplo moído em cada balde, correspondente à adubação de P_2O_5 , e 20 mL de solução de N+K₂O na primeira adubação de cobertura, bem como na segunda e terceira respectivamente. Esta solução foi obtida através da adição e agitação de 200 gramas de ureia e 160 gramas de cloreto de potássio moído em dois litros de água. As doses dessas aplicações equivalem à adubação de 200 mg de N kg⁻¹ de solo, 120 mg de P_2O_5 kg⁻¹ de solo e 70 mg de K₂O kg⁻¹ de solo.

Tabela 4 – Práticas culturais adotadas nas duas épocas de semeadura do ensaio de frio na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.

DATA	PRÁTICA CULTURAL
1^a ÉPOCA	
10/06/2016	Semeadura nas caixas
10/06/2016	Adubação de base P_2O_5
24/06/2016	Transplante de mudas
08/07/2016	Adubação N + K ₂ O
01/08/2016	Adubação N + K ₂ O
22/08/2016	Adubação N + K ₂ O
14/09/2016	Pulverização fungicida Nativo (750 mL)
2^a ÉPOCA	
25/07/2016	Semeadura nas caixas
01/08/2016	Adubação de base P_2O_5
04/08/2016	Transplante de mudas
16/08/2016	Adubação N + K ₂ O
29/08/2016	Adubação N + K ₂ O
14/09/2016	Adubação N + K ₂ O
14/09/2016	Pulverização fungicida Nativo (750 mL)

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. Quando os valores de F foram significativos, a comparação de médias dos genótipos foi realizada pelo teste de Scott Knott. Ambas as análises foram efetivadas ao nível de significância de 5 % ($P \leq 0,05$). O programa utilizado para analisar os dados foi o ASSISTAT (SILVA, 1996).

3.2 FRIO NA GERMINAÇÃO

3.2.1 Ensaio base

Esse ensaio foi realizado na safra de 2014/2015, com o intuito de identificar genótipos que apresentassem tolerância à imposição de frio no período de germinação da cultura do arroz.

Nesse experimento foram avaliados seis genótipos (Tabela 5), compreendendo duas cultivares, que foram selecionados em função da sua ampla utilização nas lavouras catarinenses, e quatro linhagens, usadas em razão de apresentarem um comportamento promissor quanto a tolerância ao frio na microsporogênese em experimentos conduzidos por Marschalek et al. (2011; 2013) e a fim de se obter maiores informações relacionadas às mesmas, mas agora na fase de germinação/estabelecimento.

Tabela 5 – Genótipos avaliados no ensaio base referente aos efeitos do frio na fase de germinação. Itajaí, SC, 2014/2015.

GENÓTIPOS AVALIADOS	
Linhagens	Cultivares
SC 491	
SC 681	EPAGRI 109
SC 817	SCS 116 Satoru
SC 676	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

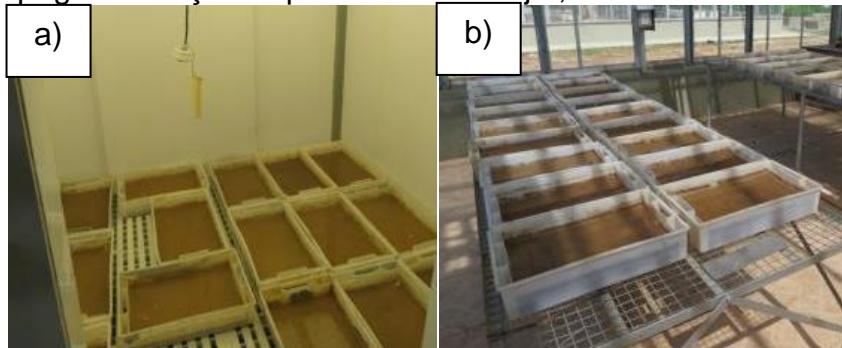
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema bifatorial (6 x 2) com três repetições. O primeiro fator corresponde aos genótipos utilizados e o segundo à imposição de estresse por frio ou não, totalizando 36 unidades experimentais (6 x 2 x 3).

A exposição dos genótipos à baixa temperatura foi realizada na câmara de crescimento por um período de cinco dias, à temperatura diurna de 14 °C e fotoperíodo de 13 h de luz, seguidos da temperatura noturna de 10 °C e fotoperíodo de 11 h de escuro. As testemunhas ficaram mantidas em casa de vegetação (Figura 7), com temperatura variável de 24 °C a 30 °C.

Nesse ensaio, as sementes foram colocadas para o processo de embebição por um período de 48 h. Em seguida, as mesmas ficaram em BOD para o processo

de pré-germinação por mais 72 h. Posteriormente foram semeadas 50 sementes por bandeja plástica. Cada bandeja continha aproximadamente 3 kg de solo peneirado. Após a semeadura e irrigação, três unidades experimentais de cada genótipo foram colocadas na câmara de crescimento para a imposição do estresse por frio e três ficaram alocadas em casa de vegetação, constituindo as testemunhas.

Figura 7 – Pré-germinação de sementes. Sementes sob condição de frio na câmara de crescimento (a). Testemunhas mantidas na casa de vegetação (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2014/2015.



Fonte: Fotos de Rubens Marschalek, 2014.

Transcorridos os cinco dias de imposição de estresse pelo frio, realizou-se a avaliação do comprimento de parte aérea das plântulas. Esta foi realizada do ponto de saída do mesocótilo da semente até a ponta da primeira folha, (Figura 8).

Figura 8 – Aspecto das plântulas pós-estresse por frio e mantidas em casa de vegetação. Medidas realizadas (a, b). Comparativo de um mesmo genótipo submetido à imposição de frio e sua testemunha (c). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.



Fonte: Fotos de Rubens Marschalek, 2014.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F. Quando os valores de F foram significativos, a comparação de médias dos genótipos foi realizada pelo teste de Tukey. Essas análises foram efetivadas ao nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$).

3.2.2 Ensaio comparativo

O segundo experimento com frio no estabelecimento foi planejado com o objetivo de identificar genótipos tolerantes às condições de baixas temperaturas no período de estabelecimento da cultura e também para servir de comparativo com o ensaio realizado anteriormente (safra 2014/2015), buscando estabelecer uma metodologia adequada para avaliação de genótipos, identificando aqueles que apresentem tolerância às baixas temperaturas na fase de germinação.

Os ensaios do segundo experimento foram conduzidos no ano agrícola 2017/2018, sendo implantados em duas épocas. A primeira época foi no dia 26/09/2017 e a segunda no dia 03/10/2017.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema bifatorial (18 x 2), com três repetições. O primeiro fator está relacionado aos genótipos utilizados no ensaio. Foram avaliados 18 genótipos, sendo 11 linhagens e sete cultivares (Tabela 6). O segundo fator representa a aplicação de estresse por frio ou não, logo após o processo de pré-germinação das sementes, no estabelecimento da cultura. A pré-germinação consiste na preparação das sementes para a semeadura em solos inundados e assim da antecipação do processo natural de germinação. Logo, esse experimento foi composto por 108 unidades experimentais, 18 genótipos, duas condições de temperatura (aplicação ou não de estresse por frio) e três repetições para cada tratamento (18 x 2 x 3).

Em relação à seleção dos genótipos utilizados nesse ensaio, as cultivares Amarro e Epagri 109 foram utilizados em razão de apresentarem média tolerância ao frio, a cultivar SCS 121 CL pela sua ampla utilização nas lavouras catarinenses, a SCS 122 Miura por ser a nova cultivar lançada pela Epagri na safra 2016/2017 e a SCS 116 Satoru pela sensibilidade apresentada à condição de frio no estabelecimento da cultura. A cultivar Irga 426 foi selecionada por haver sido lançada pelo Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA) como detendo a característica de adaptação a baixas

temperaturas na fase de estabelecimento e a cultivar Diamante por apresentar bom desempenho em trabalhos similares realizados no Instituto Rio-Grandense do Arroz (Irga). As linhagens avaliadas foram selecionadas em razão de apresentarem comportamento promissor em trabalhos de campo realizados pela Epagri (dados não publicados) em cultivo de outono/inverno e também pela demonstração de adaptação ao cultivo em regiões de altitude (MARSCHALEK et al., 2011; 2013), além da necessidade de se obter maiores informações das mesmas para estudos futuros.

Tabela 6 – Genótipos avaliados no segundo ensaio de avaliação dos efeitos do frio na fase de germinação. Itajaí, SC, 2016/2017.

GENÓTIPOS AVALIADOS	
Linhagens	Cultivares
SC 775	EPAGRI 109
SC 792	SCS 116 Satoru
SC 806	AMAROO
SC 817	SCS 121 CL
SC 836	SCS 122 Miura
SC 841	Irga 426
SC 849	Diamante
SC 908	
SC 967	
SC 968	
SC 676	

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

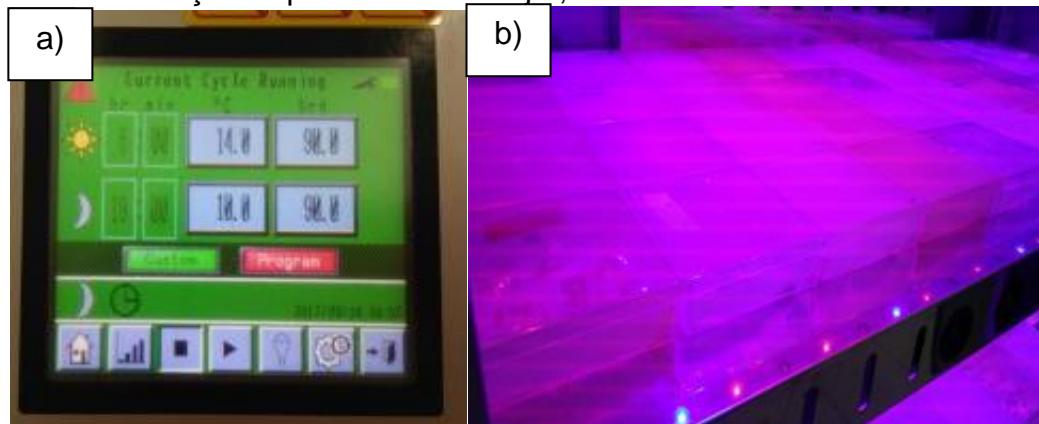
Os ensaios desse experimento foram conduzidos num Fitotron, modelo Standard Growth Chamber, SGC 120. Inicialmente, as sementes foram colocadas num balde de água, com o intuito de que ocorresse o processo de embebição das mesmas. Esse é um processo físico, que se encontra relacionado basicamente às propriedades dos componentes e também às diferenças de potencial hídrico existentes entre as sementes e o meio externo. Este é o primeiro passo para a germinação, no qual ocorre o aumento de volume interno e rompimento do tegumento, permitindo o crescimento do embrião para o meio exterior.

O processo de embebição se deu por um período de 24 h, com temperatura constante de 28 °C, em condições de escuro. Após a embebição, aproximadamente 60 sementes foram retiradas dessa condição e colocadas em caixas gerbox, com dimensões de 11 x 11 x 3 cm, com presença de lâmina de água. As caixas foram alocadas novamente no Fitotron, à temperatura constante de 28 °C, sem a presença

de luz, permanecendo nessa condição por 30 h, até que as mesmas apresentassem ao menos uma de suas estruturas visíveis, coleóptilo ou radícula.

Após este procedimento padrão, as sementes foram submetidas ao estresse por frio. Este ocorreu com temperatura diurna de 14 °C e fotoperíodo de 13 h de luz e temperatura de 10 °C noturnos, com 11 h de escuro. As sementes ficaram expostas a essas condições por 96 h (quatro dias). Já para as testemunhas, que não sofreram estresse por frio, após o processo padrão de pré-germinação, as mesmas ficaram dispostas também no Fitotron, com temperatura de 28 °C diurnos, com 13 h de luz e a 24 °C noturnos, com 11 h de escuro, também por 96 h. Durante esse período de crescimento, se manteve uma lâmina de água em todas as caixas gerbox e a umidade interna era de 90 % (Figura 9). Como o Fitotron não pode ser dividido em compartimentos com diferentes temperaturas, além da sua capacidade reduzida, primeiro fez-se um experimento sob frio e, na sequência, o experimento com as testemunhas.

Figura 9 – Aspecto interno e externo do Fitotron. Visor de regulagem e acompanhamento das condições internas do Fitotron (a). Aspecto interno do Fitotron, com as sementes submetidas à condição de estresse por frio e simulação do dia com as luzes acesas (b). Epagri – Estação Experimental de Itajaí, 2016/2017.

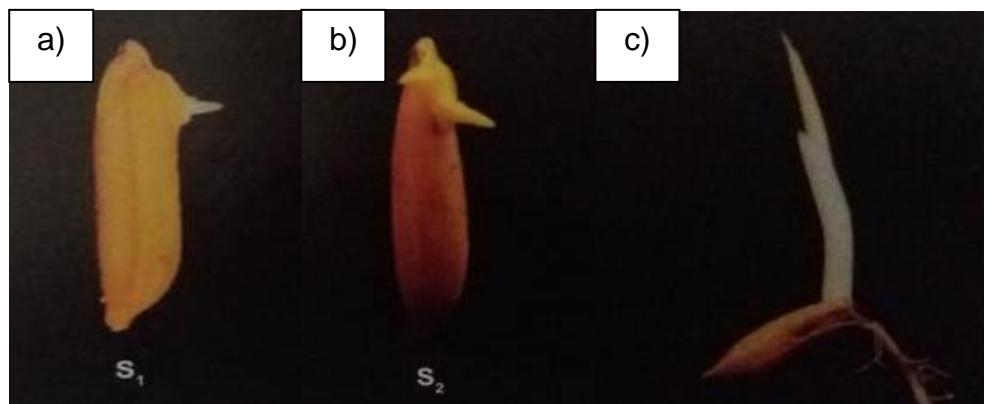


Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Após o período de 96 h no fitotron, realizou-se a avaliação de crescimento das plântulas, medindo-se do ponto de saída do mesocótilo da semente até a ponta da primeira folha, se essa já estivesse formada, além da medida do comprimento da raiz principal. Classificou-se também as sementes pelo desenvolvimento em que a plântula de arroz se encontrava nos seguintes estádios: S1- emergência do coleóptilo/radícula e S2 - emergência da radícula e do coleóptilo (Figura 10). Essas

medidas e classificações foram usadas tanto para a condição de imposição de estresse por frio, como para a testemunha.

Figura 10 – Diferentes estádios fenológicos com o desenvolvimento morfológico observados e avaliados. Semente com emergência do coleóptilo/radícula (a). Semente com emergência da radícula e do coleóptilo(b). Plântula desenvolvida (c).



Fonte: Sosbai, 2016.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FRIO NA MICROSPOROGÊNESE

4.1.1 Esterilidade de espiguetas

A análise de variância realizada para a variável esterilidade de espiguetas demonstrou que houve interação dupla entre os genótipos avaliados e a aplicação ou não de estresse térmico (Apêndice 1). Isto evidencia que os diferentes genótipos respondem de maneira diferenciada ao frio na fase da microsporogênese (Tabela 7).

Tabela 7 – Esterilidade de espiguetas (%) dos genótipos de arroz irrigado submetidos a estresse por frio no estádio da microsporogênese, em relação às suas testemunhas. Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipos	Aplicação de estresse	Testemunha
SC 790	83,5 aA*	63,6 aB
SC 849	62,9 bA	24,6 cB
SC 859	58,9 bA	32,9 bB
SC 786 ME	53,0 bA	40,4 bA
SC 841	51,1 bA	31,0 bB
Epagri 109	47,6 bA	29,2 bB
SC 755	38,2 cA	32,4 bA
SCS 122 Miura	28,4 cA	17,3 cA
SCS 121 CL	28,1 cA	17,3 cA
SC 792	27,5 cA	22,6 cA
SC 850	24,7 cA	24,9 cA
SC 817	21,3 dA	9,3 dB
Amaroo	21,2 dA	22,7 cA
SC 854	19,6 dA	27,0 bA
Epagri 106	18,8 dA	16,1cA
SC 491 ME	18,8 dA	13,4 dA
SC 806	18,7 dA	11,4 dA
CV % = 14,36		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Na comparação entre genótipos dentro de cada regime térmico, nota-se que a linhagem SC 790 apresentou maior percentagem de esterilidade de espiguetas quando submetida a baixas temperaturas na fase de microsporogênese, com uma percentagem de 83,5 %, diferindo estatisticamente dos demais genótipos. Outro grupo

de genótipos que também apresentou alta esterilidade, é formado pelas as linhagens SC 849, SC 859, SC 786 ME, SC 841 e o cultivar Epagri 109, respectivamente.

A alta taxa de esterilidade observada nos genótipos supracitados evidencia que o momento de formação do grão de pólen é crítico e também suscetível a ocorrência de baixas temperaturas. A esterilidade de espiguetas constitui importante variável da estimativa da produtividade de arroz irrigado, tendo em vista que quanto menor a esterilidade das espiguetas, maior será a produtividade de grãos obtida pela cultura. Nesse sentido, genótipos com esterilidade acentuada em condições de frio devem ser evitados em regiões com probabilidade de ocorrência desse fenômeno climático.

No tratamento com estresse, os menores valores numéricos para esterilidade de espiguetas foram registrados para a linhagem SC 806, com 18,7 % de esterilidade, seguidos pela linhagem SC 491 ME, a cultivar Epagri 106 e a linhagem SC 854, que apresentaram uma esterilidade média em torno de 19 %. Nesse grupo com os menores valores, podem-se incluir ainda a cultivar Amaroo e a linhagem SC 817, ambos com níveis de esterilidade próximos aos 21 %.

A linhagem SC 491 ME apresentou uma esterilidade de 18,8% em condições de submissão ao estresse térmico, esse dado difere do encontrado por Souza (2015), que em temperatura constante de 15 °C, por um período igual de três dias encontrou percentagem de esterilidade de 39,5%, porém, nesse trabalho, as plantas foram submetidas à condição de estresse quando pelo menos 6 perfilhos estivessem na fase da microsporogênese, o que pode justificar essa diferença apresentada.

Em estudos anteriores conduzidos por Terres et al. (1994) foi demonstrado que algumas plantas toleram temperaturas em torno de 15 °C, especialmente na fase de microsporogênese, com esterilidade inferior a 15 %, indicando tolerância a essa condição. Portanto, alguns dos genótipos avaliados apresentam esta tolerância ao frio, visto que denotaram percentagens de esterilidade próximas dos valores citados por esses autores.

Cabe ressaltar que as linhagens SC 755, SC 850, SC 792 e as cultivares SCS 121 CL e SCS 122 Miura apresentaram esterilidades de 38,2 %, 28,4 %, 24,7 %, 27,5 % e 28,1 %, respectivamente. Não houve diferenças estatísticas entre estes materiais, mas eles diferiram dos demais genótipos já citados, formando um grupo intermediário entre as altas taxas de esterilidade e a taxas mais inferiores, apresentando esterilidade média de 29,4 %.

No tratamento testemunha, a linhagem SC 790 também se destacou negativamente, apresentando 63,6 % de espiguetas estéreis, mesmo em condições térmicas consideradas adequadas ao desenvolvimento da planta. Apesar desse comportamento, com valores altos de esterilidade na condição testemunha e também na de imposição de estresse por frio, essa linhagem em condições de campo, em trabalhos realizados por Marschalek et al. (2015; 2017), apresentou produtividade média de aproximadamente 8.340 Kg/ha, logo, a mesma deve ser estudada com mais cuidado em estudos futuros, visto que algum fator não identificado pode estar causando esse comportamento contraditório.

Em contrapartida, o genótipo que mais se destacou positivamente nas testemunhas foi a linhagem SC 817, com uma percentagem de 9,3 %. Junto dessa, destacam-se as linhagens SC 806 e SC 491 ME, com 11,4 % e 13,4 %, respectivamente, de esterilidade de espiguetas, sendo essas três linhagens as de menor valor e estatisticamente iguais entre si. O dado apresentado nesse trabalho pela linhagem SC 491 ME corrobora com o encontrado por Rozzetto et al. (2013), que nas mesmas condições de tratamento testemunha apresentou esterilidade de 16,22 %, diferindo de maneira mais acentuada das percentagens médias encontradas por Souza (2015), com valores de 23,5% nos tratamentos testemunhas. Houve um segundo grupo (linhagens SC 850, SC 792, SC 849 e as cultivares Epagri 106, Amaroo, SCS 122 Miura e a SCS 121 CL) que apresentou uma percentagem mediana, oscilando entre 16,1 % e 24,9 % de esterilidade.

Já as linhagens SC 755, SC 854, SC 859, SC 841, SC 786 ME e a cultivar Epagri 109 apresentaram valores que se encontram entre 40,4 % de máxima e 27 % de mínima. Esses valores são similares aos encontrados por Souza (2015), onde a taxa de esterilidade dos genótipos avaliados oscilou entre 25,8 e 36,6 %, nas mesmas condições testemunhas de avaliação.

As linhagens SC 806 e SC 491 ME apresentaram baixa esterilidade tanto em condições de submissão ao estresse por frio, como na ausência de estresse, o que demonstra a estabilidade desses materiais frente diferentes regimes térmicos, podendo-se considerá-los como genótipos promissores para o desenvolvimento de futuras cultivares.

Quando os genótipos foram submetidos por três dias ininterruptos à temperatura noturna de 12 °C e diurna de 15 °C, as linhagens SC 790, SC 817, SC

849, SC 859, SC 841 e a cultivar Epagri 109, se apresentaram estatisticamente diferentes, ou seja, esses genótipos apresentaram diferenças quando submetidos à condição de frio na microsporogênese em relação as suas testemunhas mantidas em condições de casa de vegetação, apresentando maior esterilidade de espiguetas.

Todos os genótipos citados acima, com exceção da linhagem SC 817, apresentaram valores de esterilidade acima de 50%, esterilidade essa bastante expressiva, uma vez que a esterilidade de espiguetas compõe uma importante variável na estimativa da produção de arroz irrigado, pois quanto menor a esterilidade de espigueta maior é a produtividade de grãos obtida pela cultura.

A linhagem SC 817, apesar de inclusa nesse grupo, apresentou uma percentagem de esterilidade inferior (21,3 %), apresentando-se como uma linhagem que apresenta potencial em termos de tolerância à condição de frio na fase da microsporogênese. Para os demais genótipos, a imposição ou não de frio, não acarretou em diferenças na percentagem de espiguetas estéreis, mostrando que esses genótipos apresentaram-se mais estáveis quanto à condição de estresse por frio ou não.

Em relação ao comportamento da cultivar Epagri 109, os dados encontrados no presente trabalho (47,6 % com aplicação de estresse por frio e 29,2 % na testemunha) corroboram parcialmente com os obtidos por Stürmer et al. (2017), nas mesmas condições de condução, apresentando valores de esterilidade com submissão a estresse térmico de 45,0 % e de 20,7 % na testemunha. Estes valores são semelhantes aos encontrados no trabalho, principalmente na condição de submissão ao estresse por frio.

4.1.2 Produção de grãos cheios por balde

Na análise de variância realizada para o fator produção de grãos cheios por balde não houve interação entre os genótipos avaliados e a aplicação ou não de estresse térmico (Apêndice 2). Esta variável foi afetada pelos efeitos principais de genótipo e estresse térmico (Tabela 9).

A linhagem que se destacou na produção de grãos cheios por balde, foi a SC 806, diferindo estatisticamente dos demais genótipos (Tabela 8). A SC 491 ME também diferiu dos demais genótipos, contudo, apresentou rendimento por balde inferior à linhagem SC 806. Ambas linhagens, apresentaram as menores

percentagens de espiguetas estéreis, refletindo assim, sob a produção de grãos cheios por balde.

Tabela 8 – Produção de grãos cheios por balde de dezessete genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipos	Produção de grãos cheios por balde (g)
SC 806	74,7 a*
SC 491 ME	60,9 b
SC 854	52,2 c
SC 792	51,7 c
Epagri 106	50,4 c
SC 850	49,3 c
SCS 122 Miura	48,6 c
SC 817	43,8 c
SCS 121 CL	43,8 c
SC 755	40,6 d
SC 859	36,0 d
SC 786 ME	35,3 d
Epagri 109	33,5 d
Amaroo	33,1 d
SC 841	33,0 d
SC 849	32,8 d
SC 790	13,2 e
CV % = 22,94	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Houve um grupo de genótipos que apresentou uma produção média de 48,5 g, composto pelas linhagens SC 854, SC 850, SC 792, SC 817 e as cultivares Epagri 106, SCS 122 Miura e SCS 121 CL. Nele a produção variou entre 52,2 g e 43,8 g. Esse grupo de materiais apresentou-se significativamente inferior em relação às linhagens SC 806 e SC 491 ME, porém, com produção média de grãos por balde.

A linhagem SC 790 foi o destaque negativo na produção de grãos por balde, produzindo apenas 13,2 g. Associada a essa baixa produção da linhagem, ainda se tem a alta esterilidade apresentada pela mesma. Porém, como já citado acima, os dados produtivos dessa linhagem a campo, são considerados altos e homogêneos numa sequência de três safras consecutivas (2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017).

Analisando-se conjuntamente os dados das Tabelas 7 e 8, observa-se uma proximidade entre a percentagem de espiguetas estéreis e a produção de grãos cheios por balde, a qual independe da imposição de estresse térmico na microsporogênese. A taxa de esterilidade natural, parece ser significativamente diferente entre os genótipos, independente da condição térmica estudada. Neste sentido, as linhagens SC 806 e SC 491 ME, que apresentaram baixos valores de percentagem de espiguetas estéreis, com ou sem estresse térmico, também foram as que externaram maior produção de grãos cheios por balde. Por outro lado, a linhagem SC 790, que mostrou as maiores percentagens de espiguetas estéreis nos dois regimes térmicos, também foi a de menor produção de grãos cheios por unidade experimental.

A ausência de efeito significativo da interação entre baixas temperaturas na fase da microsporogênese e os genótipos sobre a produção de grãos pode estar relacionada à capacidade de compensação que a planta possui. As plantas que foram submetidas ao estresse podem ter compensado a produção de grãos quando realocadas novamente na casa de vegetação. Isso pode ter ocorrido porque os perfilhos atingem a fase de microsporogênese em diferentes momentos, podendo compensar ou não esse estresse térmico sofrido na fase reprodutiva, fase mais sensível à ocorrência de baixas temperaturas, conforme exposto por Cruz et al. (2006).

De maneira geral, baixas temperaturas podem reduzir a produtividade de maneira significativa ou mais amena. Este contraste pode ser observado comparando o comportamento das linhagens SC 806 e SC 491 ME com o da linhagem SC 790. Os dois primeiros genótipos apresentaram taxas de esterilidade de espiguetas inferiores a 20% e produção de grãos cheios acima de 60 g por balde, enquanto que o terceiro exibiu percentagens de esterilidade acima de 60% e produção de grãos por unidade experimental abaixo de 15 g.

Deve-se destacar ainda que a ausência de efeito significativo da interação estresse térmico/genótipo sobre a produção de grãos por balde sugere a necessidade de estudos mais detalhados sobre os genótipos avaliados, temperatura utilizada, o período de imposição do estresse e o momento de ocorrência desse estresse em relação ao desenvolvimento da planta.

Sabe-se que quanto mais perfilhos estiverem na fase da microsporogênese, maior é a probabilidade de ocorrência de perfilhos estéreis, em função da formação

do grão de pólen ser prejudicada. Assim, maior deverá ser a capacidade e o potencial compensatório da planta para reverter os prejuízos sofridos pela ocorrência dessa condição adversa. Ainda nesta mesma linha, genótipos que proporcionassem uma diferença maior entre os perfilhos, ou seja, a emissão de perfilhos no tempo, de modo mais longo, poderiam permitir um escape da condição de estresse por frio. Já genótipos com maior uniformidade fenológica entre os perfilhos teriam um prejuízo maior, quando da ocorrência do estresse.

Yoshida (1981) citou que o período de duração do estresse é de grande importância, pois a temperatura de 12 °C pode não induzir esterilidade, se ocorrer em períodos menores que 48 horas. Todavia, pode ocasionar 100 % de esterilidade quando essa exposição ao frio for por um período de mais de seis dias consecutivos, dependendo da suscetibilidade do material. Nesse sentido, a linhagem SC 491 ME apresentou no presente trabalho taxa de esterilidade de 18,8 % com a imposição de estresse por frio durante três dias consecutivos, com temperatura de 15 °C diurnos por treze horas e 12 °C noturnos por onze horas e produção de grãos de 60,9 g.

Em contrapartida, no trabalho realizado por Rozzetto et al. (2015), essa mesma linhagem, quando submetida por cinco dias consecutivos à temperatura constante de 14 °C e fotoperíodo de 13 horas de luz e 11 horas de escuro, apresentou um nível de esterilidade de 42,4 % e peso de grãos por planta de 20,3 g, evidenciando que o tempo de exposição ao estresse e a temperatura podem influenciar essas variáveis.

Avaliando a condição de aplicação de estresse por frio ou não, houve diferença significativa em relação à produção de grãos cheios, na média dos 17 genótipos avaliados, conforme exposto na Tabela 9. A média da produção de grãos dos genótipos submetidos à aplicação de estresse por frio foi de 39,4 g, diferindo da produção da testemunha de 46,9 g, ou seja, o estresse por frio fez com que a produção fosse 16% inferior à testemunha nas condições deste estudo. Esses dados corroboram com a afirmação de que a ocorrência de baixas temperaturas na fase da microsporogênese, a mais sensível a essa condição, afeta a produtividade das lavouras arrozeiras, em genótipos que apresentem sensibilidade a essa condição.

Avaliando a relação entre a percentagem de espiguetas estéreis e a produção de grãos cheios por balde, as linhagens SC 806 e SC 491 ME, se destacaram positivamente em relação a esses dois fatores, apresentando as menores percentagens de esterilidade e também as maiores produções de grãos cheios, o que

acaba destacando-as como linhagens promissoras frente ao processo de melhoramento genético, em busca de linhagens que apresentem tolerância a baixas temperaturas na fase da microsporogênese.

Tabela 9 – Produção de grãos cheios por balde em função da condição térmica na microsporogênese, na média de 17 genótipos. Itajaí, SC, 2016/2017.

Condição	Produção média (g/balde)
Estresse por frio	39,4 b
Testemunha	46,9 a
CV % = 22,94	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Além dessa condição de baixa esterilidade e maior produção de grãos por balde das linhagens SC 806 e SC 491 ME, as mesmas ainda apresentam uma boa produtividade em condições de campo. Em trabalhos conduzidos por Marschalek et al. (2011; 2013; 2015; 2017), no município de Rio do Campo – SC, a uma altitude de 600 m, a produtividade média da linhagem SC 806 foi de 8.309 kg/ha, nas safras agrícolas de 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017. O histórico da linhagem SC 491 ME é de um maior número de safras, a mesma apresenta uma produtividade média de, aproximadamente 7.800 kg/ha, isso nas safras de 2009\2010 até a safra de 2016/2017. As condições de elevada altitude das lavouras implicam numa probabilidade relativamente alta de ocorrência de baixas temperaturas nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura, o que reduz a produtividade e a qualidade de grãos do arroz. Nesse sentido, a produtividade média das lavouras de arroz no município de Rio do Campo é inferior a 6,0 t/ha, sendo que a baixa produtividade está diretamente associada a baixas temperaturas, especialmente no período reprodutivo (MARSCHALEK et al, 2011). Assim, com o desempenho dessas linhagens evidenciados quanto à esterilidade e à produção de grãos, aliados à produtividade dessas em condições de altitude, onde por característica as produtividades são inferiores, as linhagens SC 806 e SC 491 ME se destacam como linhagens promissoras, em termos de tolerância à condição de baixas temperaturas na fase da microsporogênese.

4.1.3 Massa de mil grãos

Houve efeito significativo da interação dupla entre a condição térmica na microsporogênese e o genótipo (Apêndice 3), demonstrando que os genótipos avaliados apresentaram respostas distintas para esta variável, quando submetidos ao estresse por frio ou não (Tabela 10).

Tabela 10 – Massa de mil grãos (g) dos genótipos de arroz irrigado submetidos à imposição de estresse por frio na fase da microsporogênese, em relação à testemunha. Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipos	Aplicação de estresse	Testemunha
Epagri 109	26,8 aA*	26,9 bA
SC 849	26,3 aA	27,9 aA
SC 859	26,2 aA	27,8 aA
Amaroo	25,5 aA	23,5 cB
SC 790	25,4 aA	26,0 bA
SC 854	25,3 aA	26,1 bA
SC 792	24,9 aA	24,4 cA
SC 817	24,9 aA	25,2 cA
SC 755	24,8 aA	26,3 bA
SCS 121 CL	24,7 aA	25,7 bA
SCS 122 Miura	24,1 bA	25,6 bA
SC 786 ME	23,8 bA	24,6 cA
SC 841	23,4 bA	25,1 cA
SC 491 ME	23,2 bB	26,3 bA
Epagri 106	23,2 bA	24,0cA
SC 850	21,1 cB	23,4 cA
SC 806	22,9 bA	24,4 cA

CV % = 4,07

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Para efeito de comparação dos genótipos quanto ao seu comportamento em relação à aplicação do estresse por frio, é possível dividir os mesmos em três grupos distintos. A linhagem SC 850 diferiu das demais, apresentando a menor massa de mil grãos, com uma massa de 21,1 g, o menor valor obtido entre todos os materiais.

Um segundo grupo, com valores intermediários, é composto pelas linhagens SC 806, SC 491 ME, SC 841, SC 786 ME e as cultivares Epagri 106 e SCS 122 Miura, os quais apresentam valores que variam entre 24,1 g e 22,9 g, com uma massa média de 23,4 g.

Dentro desse segundo grupo, o valor encontrado para a linhagem SC 491 ME (23,2 g) corrobora com os obtidos por Souza (2015), quando essa mesma linhagem, submetida à temperatura de 12 °C constantes por um período de três dias consecutivos e fotoperíodo de 12 h de escuro e 12 h de luz, apresentou massa de mil grãos de 22,4 g. Ainda, quando essa linhagem ficou exposta a 15 °C constantes, com as mesmas condições de duração do estresse e fotoperíodo citadas anteriormente, apresentando uma massa de 24,7 g.

Já para a cultivar SCS 122 Miura, nesse mesmo trabalho conduzido por Souza (2015), os valores para a massa de mil grãos foram de 21,1 g quando submetidos há três dias consecutivos, com temperatura de 12 °C e 22,2 g, quando submetidos há três dias consecutivos com temperatura de 15 °C na fase de microsporogênese, valores inferiores ao encontrado nesse trabalho (24,1 g)

Ainda em relação ao comportamento da massa de 1.000 grãos dos genótipos submetidos à imposição de estresse por frio, tem-se um terceiro grupo que difere dos demais materiais. Esse grupo é composto pelas linhagens SC 755, SC 854, SC 859, SC 790, SC 792, SC 817, SC 849 e as cultivares Epagri 109, Amaroo, e SCS 121 CL. Nele foram registrados os maiores valores de massa de mil grãos, apresentando um valor mínimo de 24,7 g e máximo de 26,8 g, sendo os mesmos das linhagens SCS 121 CL e da cultivar Epagri 109, respectivamente.

Os valores encontrados para a Epagri 109 corroboram com os encontrados por Souza (2015), que submetendo esta cultivar por três dias consecutivos a uma temperatura constante de 15 °C, na fase de microsporogênese, com fotoperíodo igual de 12 h de luz e escuro, encontrou massa de mil grãos de 26,0 g. Quando submetida a temperatura constante de 12 °C, nessas mesmas condições já citadas, a autora encontrou massa de 24,6 g, valores similares e dentro dos limites de mínima e máxima obtidos no presente trabalho.

Quanto ao comportamento dos genótipos em relação ao tratamento testemunha é possível perceber, assim como no tratamento com estresse térmico, que os genótipos respondem de maneira distinta em relação à massa de mil grãos final. Nesse sentido, percebe-se que nesse tratamento também é possível fazer a divisão dos materiais em três grupos distintos em termos estatísticos. Um primeiro grupo respondeu estatisticamente de maneira similar entre si e apresentou as maiores massas de mil grãos no tratamento testemunha. O grupo é representado pelas

linhagens SC 859 e SC 849, que apresentam valores de 27,8 g e 27,9 g, respectivamente.

Um segundo grupo é composto pelos genótipos SC 491 ME, SC 755, SC 854, SC 790 e a Epagri 109, SCS 122 Miura e SCS 121 CL, que apresentam uma média de 26,1 g de massa de mil grãos. O valor encontrado para a cultivar Epagri 109 (26,9 g) corrobora com o encontrado por Souza (2015), que na média dos tratamentos testemunhas obteve massa de mil grãos de 26,8 g, valor muito próximo ao encontrado no trabalho. Os valores encontrados para a linhagem SC 491 ME (26,3 g) também vão ao encontro do reportado nesse mesmo trabalho, se aproximando na média dos tratamentos testemunha que foi de 27,6 g, porém apresentam-se inferiores aos encontrados por Rozzetto et al. (2015) que obtiveram massa de mil grãos para essa linhagem de 30,9 g. Ainda a cultivar SCS 122 Miura, que produziu massa de 25,6 g, se assemelha a massa de mil grãos também encontrada por Souza (2015) de 25,2 g de média do tratamento testemunha, indicando coerência nos dados aqui obtidos.

Já o terceiro grupo, que é composto pelos materiais ainda não citados, se caracterizou por apresentar os menores valores referentes a massa de 1.000 grãos. Esse grupo apresentou um valor máximo de 25,2 g e mínimo de 23,4 g, sendo esses referentes às linhagens SC 817 e a SC 850. No geral, esse grupo apresentou uma massa média de mil grãos de aproximadamente 24 g.

Somente houve diferenças significativas na massa de 1.000 grãos entre os tratamentos com aplicação de estresse térmico na microsporogênese e a sua testemunha, para as linhagens SC 491 ME, SC 850 e a cultivar Amaroo.

A cultivar Amaroo apresentou maior massa de mil grãos quando submetida ao estresse por frio, apresentando um valor de 25,5 g, quando comparada a sua massa em condições de testemunha com massa de 23,5 g. Essa diferença pode estar ligada ao fato de que a cultivar Amaroo apresenta histórico de tolerância às condições de baixas temperaturas. Logo, a sua massa de mil grãos é maior nessas condições que a testemunha. Por outro lado, diferentemente da cultivar Amaroo, as linhagens SC 491 ME e SC 850 apresentaram maior massa de mil grãos no tratamento testemunha, indicando que quando submetidas ao frio não conseguem atingir a sua produção em termos de massa de mil grãos, diferente de condições não limitantes, onde as mesmas conseguem expressar o seu potencial para esta variável.

Vale destacar o comportamento da linhagem SC 790, que apresentou a quinta maior massa de mil grãos e, sob estresse por frio, apresentou a maior esterilidade (83%) e também a menor produção média de grãos por balde (13 g). O comportamento contrastante destas variáveis permite inferir que, apesar de se apresentar instável quando relacionados a esterilidade e produção de grãos cheios, apresentando grande influência do fator frio, se avaliada a sua massa de mil grãos, essa não apresenta interferência dessas condições adversas quanto ao seu potencial.

Sendo assim, é possível observar que a massa de mil grãos (peso) é uma característica, ainda mais acentuada que as demais, própria e inerente do genótipo, logo, o fator determinante dessa variável é genético. Esperando-se por consequência que os diferentes genótipos avaliados, apresentem diferença na massa final de mil grãos.

De maneira geral, é notório avaliar que apesar do estresse por frio apresentar influencia sob o comportamento dos materiais quando relacionados a variável massa de mil grãos, dos 17 genótipos avaliados, apenas três (Amaroo, SC 850 e SC 491 ME) apresentaram essa influência estatística, porém os seus valores são bastante próximos. Os demais mostraram maior estabilidade, não apresentando diferenças quanto a imposição do estresse. Assim, o frio apresenta maior efeito na esterilidade de espiguetas do que sobre a massa de mil grãos quando o estresse térmico é imposto na microsporogênese.

4.1.4 Renda base e rendimento de engenho

A análise de variância não detectou efeito significativo da interação entre os genótipos e a aplicação ou não do estresse térmico na fase de microsporogênese sobre a renda base e o rendimento de engenho (Apêndice 4 e 5). Estas duas variáveis foram influenciadas apenas pelo efeito principal de genótipo, conforme mostram os dados das Tabela 11 e 12.

A renda base é formada pela percentagem de grãos beneficiados (inteiros + quebrados) em relação a uma amostra de grãos com casca. Avaliando os dados obtidos na Tabela 11 é possível observar que existem três grupos distintos de genótipos.

Tabela 11 – Renda base dos genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipos	Renda Base (%)
SC 755	61,8 a*
SC 854	61,0 a
SC 817	59,6 a
SC 792	58,8 a
Amaroo	58,1 a
SC 849	57,3 a
SC 850	56,2 a
SCS 122 Miura	55,7 a
Epagri 109	53,2 a
SCS 121 CL	52,5 a
SC 841	52,5 a
SC 786 ME	51,9 a
SC 859	51,7 a
SC 491 ME	43,1 b
Epagri 106	42,9 b
SC 806	33,8 b
SC 790	24,4 c

CV % = 17,98

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Um primeiro grupo é composto por 13 genótipos que apresentam uma média de renda base superior a 51,7 %. A esse grupo pertencem as linhagens SC 755, SC 854, SC 859, SC 850, SC 792, SC 817, SC 841, SC 786 ME, SC 849, além das cultivares Epagri 109, Amaroo, SCS 122 Miura e SCS 121 CL.

Num segundo grupo tem-se a linhagem SC 790, com renda base de 24,4 %, bastante abaixo do que é indicado. Já em relação ao terceiro grupo, têm-se as linhagens SC 806, SC 491 ME e a cultivar Epagri 106, que apresentam um valor de renda base intermediário quando comparado com os outros grupos de genótipos.

Apesar da divisão dos genótipos em grupos de similaridade, a renda base para ser considerada ideal deve ser superior a 68 % (VIEIRA, 2004). Assim, nenhum dos genótipos atingiu o valor desejável. Isto indica que, apesar dos genótipos não terem apresentado influência da condição do estresse térmico sob a variável renda base, eles não apresentaram resultados que atendam o valor mínimo desejado nos engenhos de beneficiamento de arroz.

Avaliando a cultivar SCS 121 CL, essa apresentou uma renda base de 52,5% nesse trabalho, já a sua renda mínima em termos de cultivar é de 71% (dados da

própria cultivar). Em relação cultivar SCS 122 Miura, essa tem como característica uma renda base de 67,5 % (dados da própria cultivar), e nesse trabalho a mesma apresentou 55,7 %. Para as cultivares Epagri 109 e Epagri 106, a renda base é de 71% e 68,7% respectivamente, de acordo com o Vieira et al. (2007), apresentando no trabalho renda de 53,2 % e 42,9 %, logo, muito abaixo do que se espera para as mesmas. Assim, esses dados corroboram com a hipótese de que algum outro fator possa ter influenciado esses baixos valores de renda base para todos os materiais avaliados.

Alguns fatores podem ter colaborado para ocorrência dos baixos valores encontrados, tanto para a renda base quanto para o rendimento de engenho (que serão discutidos a seguir). Um deles está ligado ao fato de que as colheitas foram realizadas de maneira irregular. Nem sempre as plantas estavam com um mesmo ponto de maturação, o que pode ter interferido no rendimento final de grãos beneficiados.

Ainda com relação a época de colheita, sabe-se que colheitas retardadas, passando 40 dias após a floração, de maneira geral, apresentam a umidade dos grãos em torno de 20 % e um rendimento crescente de grãos quebrados (INFELD; JUNIOR, 1984). Segundo esses mesmos autores, a ocorrência de grãos quebrados no beneficiamento pode estar relacionada ao fato do arroz permanecer na lavoura, nesse caso em balde na casa de vegetação, após a maturação fisiológica, o que ocorre, em geral, entre 30 e 35 dias após a floração.

Outro aspecto que pode causar o trincamento do grão, que vai ocasionar os grãos quebrados, é a permanência do arroz na sua condição de campo, por um tempo maior, isso porque o grão na panícula sofre um processo natural e alternado de secagem e umedecimento por um período maior, em função do sol e da umidade.

Associados a esses fatores, tem-se a influência do ambiente da casa de vegetação. Apesar de ser um ambiente controlado, o mesmo difere das condições externas de campo. De maneira geral, segundo Rebouças et al. (2015), a temperatura média diária no interior de uma casa de vegetação é sempre mais elevada que no exterior, podendo essas diferenças variar em torno de 0,5 a 9,0 °C.

Durante o período diurno, com o aumento da temperatura atmosférica, a umidade relativa do ar diminui com mais intensidade no interior da casa de vegetação do que no ambiente externo. No final da tarde e à noite, essa aumenta rapidamente,

devido à queda da temperatura verificada neste período no interior da estufa e à retenção do ar úmido pela cobertura.

Outro fator que influencia tanto a renda base como o rendimento de engenho é a temperatura de secagem. Segundo Silva et al. (2017), a secagem do arroz, dependendo da temperatura utilizada, pode influenciar na renda base e rendimento de grãos inteiros. Sabe-se que é necessário que os grãos passem por um período de estabilização em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, que propiciam formas de dissipar as tensões internas dos grãos e então aumentar o rendimento final do arroz.

Outro fator importante é que, dependendo do genótipo, é necessário um período maior de armazenamento antes do beneficiamento, para que possa ocorrer o equilíbrio da umidade e da temperatura interna dos grãos e, como consequência, o aumento no rendimento de grãos inteiros.

O valor comercial do arroz é dependente da sua qualidade física e também tecnológica dos grãos, sendo que o percentual de grãos inteiros (rendimento de engenho) é um dos parâmetros que tem influência no processo de industrialização de arroz branco, e é vital para uma boa qualidade, a ser constatada na comercialização. A relação de grãos quebrados e a incidência de defeitos são diretamente influenciados por fatores inerentes ao processamento do arroz. Esses fatores englobam desde as condições de cultivo, colheita, secagem, armazenamento e beneficiamento. Dentre os fatores que apresentam interferência direta no percentual de grãos quebrados, a temperatura de secagem e o teor de umidade são os mais importantes (SILVA et al., 2017).

Levando em consideração as percentagens de grãos inteiros (rendimento de engenho) expostas na Tabela 12, é possível reafirmar que algum fator dos fatores já mencionados apresentou grande influência sobre o resultado final, tanto da renda base como da relação de grãos inteiros ou rendimento de engenho.

A variável grãos inteiros apresentou dois grupos, aqueles que apresentaram percentagem superiores a 20 % e os inferiores a isso. Segundo a Conab (2015), para essa variável, somente o arroz com rendimento de engenho (grãos inteiros) superior a 58% de produção de grãos beneficiados pode ser utilizado para consumo in natura. Nesse sentido, dentro dos grupos anteriormente citados, nenhum genótipo atingiu esse valor, ficando abaixo da porcentagem sugerida pela Conab.

Tabela 12 – Rendimento de engenho (percentagem de grãos inteiros) dos genótipos de arroz irrigado, na média de dois regimes térmicos na microsporogênese Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipos	Grãos inteiros (%)
SC 854	51,5 a*
SC 755	46,1 a
SC 850	43,5 a
SC 849	38,5 a
Epagri 109	37,0 a
SC 859	36,5 a
SC 817	30,8 a
SC 792	30,0 a
SC 786 ME	29,4 a
SCS 121 CL	26,8 a
SCS 122 Miura	22,8 a
SC 841	21,2 a
Amaroo	20,3 a
SC 491 ME	11,2 b
SC 790	10,0 b
Epagri 106	3,2 b
SC 806	1,5 b
CV % = 51,13	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Com base nas duas variáveis apresentadas e com ambas apresentando na totalidade de genótipos avaliados, valores inferiores aos que são exigidos em termos mínimos, é possível inferir que algum fator apresentou uma influência sobre as variáveis renda base e rendimento de engenho, visto que em trabalhos conduzidos da mesma maneira, os resultados observados foram diferentes dos obtidos neste trabalho. Logo, um estudo mais detalhado deve ser realizado, a fim de se determinar com clareza a real causa dos baixos valores encontrados, uma vez que os mesmos não condizem com a realidade dos genótipos desenvolvidos pela Epagri.

4.1.5 Gesso dos grãos

Para os resultados obtidos em relação a variável percentagem de grãos gessados, a análise de variância apresentou efeito significativo para a interação dupla entre os genótipos avaliados e a aplicação ou não de estresse térmico (Apêndice 6),

demonstrando que diferentes genótipos apresentaram variações distintas no gessamento de grãos, quando submetidas ao estresse por frio ou não (Tabela 13).

Kim et al. (2000) citam que nos grãos gessados os espaços de ar difratam a luz causando mudanças em sua reflexão, tornando o grão opaco. Já nos grãos translúcidos, que são compactos e sem espaços de ar, a luz que incide atravessa o grão sem ser difratada, resultando em uma visualização de grão vítreo.

Na avaliação do comportamento dos diferentes genótipos em relação à aplicação do estresse por frio é possível perceber que, em sua grande maioria, os materiais responderam de forma similar entre si. A linhagem SC 850 apresentou o maior percentual de grãos gessados, com o valor de 16,1 %. Um segundo grupo, composto pelos genótipos SC 790, SC 841 e a cultivar Epagri 109, diferiu estatisticamente dos demais genótipos, apresentando um valor médio de grãos gessados de 7,8 %.

Os demais genótipos apresentaram percentagem de grãos gessados inferior a 4,9 %, sendo que a Epagri considera que acima de 5 % esse valor é muito alto e o considerado ideal fica entre 1 e 3 %. Assim, as linhagens SC 850, SC 790, SC 841 e os cultivares Epagri 109 e Amaroo apresentaram valores acima dos 5 %, ou seja, apresentaram alto valor de gesso, podendo-se inferir que, no caso desses genótipos, a presença de frio na microsporogênese pode ter relação com a maior percentagem de número de grãos gessados.

De acordo com Marchesan et al. (1992), o processo de gessamento se desenvolve sob condições adversas de clima e de cultivo, tornando as regiões frágeis e assim ficando sujeitas ao rompimento, por ocasião do beneficiamento. Já os demais genótipos, quando submetidos ao frio na fase da microsporogênese, apresentaram valor de grãos gessados dentro dos limites considerados ideais, não apresentando influência do frio sobre a área gessada dos mesmos.

Na avaliação do comportamento dos genótipos no tratamento testemunha é possível perceber que eles se dividem em duas categorias estatisticamente similares. Na primeira, incluem-se os materiais SC 491 ME, SC 850, SC 790, SC 792, SC 841, a SCS 121 CL e a SCS 122 Miura, que apresentam uma percentagem de gesso considerada muito alta, variando de um valor mínimo de 6,9 % e máximo de 13,4 %.

Tabela 13 – Grãos gessados (%) dos genótipos de arroz irrigado na presença ou ausência de estresse por frio na fase da microsporogênese. Itajaí, SC, 2016/2017.

Genótipo	Aplicação de estresse	Testemunha
SC 806	1,3 cA	2,4 bA
SC 491 ME	2,7 cB	9,8 aA
SC 755	1,0 cA	3,6 bA
SC 854	2,9 cA	2,9 bA
SC 859	1,4 cA	0,6 bA
SCS 122 Miura	1,4 cB	6,9 aA
SC 850	16,1 aA	7,0 aB
Epagri 106	3,5 cA	2,8 bA
SC 790	9,3 bA	7,4 aA
Epagri 109	5,6 bA	3,5 bA
Amaroo	4,9 cA	2,1 bA
SC 792	2,5 cA	7,3 aA
SC 817	2,7 cA	4,8 bA
SC 841	8,5 bA	7,3 aA
SC 786 ME	1,6 cA	1,2 bA
SC 849	0,2 cA	2,3 bA
SCS 121 CL	1,3 cB	13,4 aA
CV % = 36,29		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Já os demais genótipos apresentaram valores próximos ou dentro dos limites considerados ideais. Marchesan et al. (1992) citam que existem diferenças entre os genótipos em relação ao surgimento de grãos gessados e que existe interação entre genótipos e diversos fatores ambientais, ficando difícil quantificá-los de forma separada.

Quando se avalia a interação dos genótipos frente à aplicação do estresse térmico ou do tratamento testemunha, nota-se que a maioria dos materiais avaliados não diferiu entre si. Apenas quatro genótipos apresentaram o efeito dessa interação dupla. Desses, a linhagem SC 491 ME e as cultivares SCS 121 CL e SCS 122 Miura apresentaram valores de grãos gessados menor quando submetidas às condições de frio se comparadas a sua testemunha. Em contrapartida, a linhagem SC 850 se comportou de maneira oposta, apresentando uma percentagem de grãos gessados menor no tratamento testemunha e maior quando da aplicação do estresse por frio.

Levando em consideração a interação existente entre a aplicação de estresse por frio e a testemunha, vale destacar que apesar da mesma existir, mesmo que para

4 genótipos apenas, somente a linhagem SC 850 apresentou uma percentagem de grãos gessados maior na condição de estresse em relação a testemunha. Os demais genótipos, com exceção da linhagem SC 491 ME e das cultivares SCS 121 CL, SCS 122 Miura, apresentaram valores inferiores na condição de estresse e os demais genótipos foram estatisticamente iguais. Portanto, esta variável, assim como a massa de 1.000 grãos, é mais afetada pelas condições edafoclimáticas registradas durante o enchimento de grãos do que antes da floração. Lembrando que, apesar da submissão ao estresse por frio na fase de microsporogênese, todo o processo de enchimento de grãos se deu em condições iguais para todos os materiais (casa de vegetação).

Quanto aos fatores que apresentam influência no aparecimento e formação do gesso em grãos de arroz, Santos (2012) cita que as possíveis causas da formação de áreas com gesso, são as de origem genética, condições ambientais adversas, como o frio, má formação dos grãos pela incidência de doenças, grande quantidade de grãos imaturos, alto grau de umidade e ataque de insetos sugadores (percevejos-do-grão) antes da colheita. Castro et al. (1999) citam que colher os grãos com teor de umidade média acima de 26 %, contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, constituindo-se de uma das principais causas de aparecimento de grãos gessados.

Ainda segundo Ishimaru et al. (2009), altas temperaturas noturnas no período de maturação do arroz podem influenciar na translucidez do endosperma. Esse mesmo autor, em pesquisas realizadas com plantas de arroz em câmaras com temperaturas controladas de 20-26 °C e 27-31 °C, identificou bastante variação quanto à aparência dos grãos nas duas condições de temperaturas, onde aproximadamente 80 % dos grãos com algum tipo de gessamento no endosperma situavam-se nas plantas submetidas à temperatura de 27-31 °C.

No entanto, vale lembrar que a aparência dos grãos de arroz é uma característica importante apenas para a comercialização, tendo em vista que o gessamento do grão não tem influência sob a qualidade nutricional e culinária do arroz. Contudo, grãos translúcidos que não apresentem áreas gessadas são mais procurados pela indústria arrozeira e pelos consumidores. Nesse sentido, torna-se importante evitar quaisquer fatores que possam afetar negativamente tanto a

aparência como o percentual de grãos inteiros no beneficiamento, assegurando bom retorno econômico para o produtor e também para o cerealista.

4.2 FRIO NO ESTABELECIMENTO

4.2.1 Experimento II (ensaio base 2014/2015)

A análise de variância realizada para as medidas da parte aérea das plântulas demonstrou que houve interação dupla entre os genótipos avaliados e a submissão ou não ao estresse térmico (Apêndice 7), evidenciando uma resposta diferenciada dos genótipos ao regime térmico na fase de germinação (Tabela 14).

Tabela 14 – Comprimento da parte aérea (mm) das plântulas submetidas ao estresse por frio na fase de estabelecimento de estande e testemunha. Itajaí, SC, 2014/2015.

Genótipos	Aplicação de estresse	Testemunha	Redução de crescimento (%)
SC 681	6,3 aB*	83,9 bcA	92,5
SC 491 ME	5,8 aB	79,2 cdA	92,7
Epagri 109	5,3 aB	83,8 bcA	93,7
SCS 116 Satoru	5,7 aB	86,2 abA	93,4
SC 676	5,3 aB	74,7 dA	92,9
SC 817	5,3 aB	89,8 aA	94,1
CV % = 4,64		Média = 93,3	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Quando os genótipos foram submetidos à condição de estresse por frio (14 °C diurnos e 10 °C noturnos, com fotoperíodo de 13 h de luz e 11 h de escuro), observou-se que o crescimento da parte aérea foi estatisticamente similar, variando entre 5,3 e 6,3 mm. Pelos resultados obtidos, pode-se inferir que os genótipos não apresentaram crescimento/desenvolvimento relevante de parte aérea após a submissão ao frio, mostrando que o desenvolvimento das plântulas no período de frio ficou estagnado, não alcançando 1 cm.

Segundo Terres (1991), a ocorrência de baixas temperaturas na fase inicial do desenvolvimento da cultura, faz com que as folhas das plântulas apresentem uma taxa de desenvolvimento diária muito pequena e tornam-se cloróticas e de maneira

geral, o estande inicial é pobre e o desenvolvimento da cultura lento. Diante dessas condições, o desenvolvimento das plantas daninhas é mais acentuado que o do arroz, o que resultará em utilização de maiores quantidades de herbicidas e maior número de aplicações. Logo, como em Santa Catarina prevalece o sistema pré-germinado, caso ocorra baixa temperatura no momento da semeadura, esses serão problemas facilmente encontrados, uma vez que a semente atingindo o seu ponto de germinação precisa ser semeada.

No tratamento testemunha houve diferenças significativas entre os genótipos, indicando que em condições ambientais favoráveis, os mesmos responderam de maneira distinta quanto ao crescimento da parte aérea. O maior valor observado em termos de crescimento foi da linhagem SC 817. Próxima a essa, destacou-se a cultivar SCS 116 Satoru com aproximadamente 86,2 mm. Já as linhagens SC 681, SC 491 ME e a cultivar Epagri 109 assemelham-se entre si com uma média de parte aérea de 82 mm, enquanto que a linhagem com menor parte aérea foi a SCS 676 com 74,7 mm de comprimento.

Ao se avaliar a percentagem de redução de crescimento que a imposição do estresse ocasionou às plântulas em desenvolvimento, é possível observar que, na média, essa redução foi de 93,3 %. Isso evidencia os prejuízos que a ocorrência de ondas de baixas temperaturas em períodos inesperados pode ocasionar as lavouras.

Quanto à aplicação de estresse por frio e a testemunha, essas apresentaram interação para todos os genótipos, assim, todos os genótipos avaliados, tiveram redução no crescimento da estrutura aérea (mesocôtilo ou folha primária) quando submetidos à condição de frio, em relação às suas testemunhas, evidenciando que as baixas temperaturas estagnaram o seu crescimento e que, em condições ideais, eles conseguiram externar o seu potencial em termos de crescimento e estabelecimento da cultura.

De maneira geral, a germinação e o desenvolvimento rápido das plântulas são fases bastante críticas na transição bem sucedida de uma semente para uma planta autotrófica. A semente enquanto não absorve umidade, apresenta boa tolerância às baixas temperaturas, porém, esse estado é revertido com o início do processo da germinação. Assim, uma vez o metabolismo tendo sido reativado, tem-se início o processo de crescimento e desenvolvimento da plântula, tornando a semente muito

sensitiva a condições de estresses, como a baixa temperatura e baixa umidade (DE LOS REYES et al., 2013).

Assim, após a submissão dos materiais ao frio, sugere-se que se mantenham as unidades experimentais por um período de tempo sob condições ambientais favoráveis e que se faça uma segunda avaliação do crescimento de parte aérea. Esta metodologia poderá permitir que se avalie a capacidade de recuperação dos genótipos ao estresse ocasionado pelo frio durante a germinação e que se identifiquem possíveis diferenças entre os materiais quanto a tolerância a baixas temperaturas na fase de estabelecimento de estande.

4.2.2 Experimento III (ensaio comparativo 2016/2017)

No ensaio comparativo foram avaliados 18 genótipos, submetidos à condição de estresse por frio, com temperatura de 14 °C diurnos e 10 °C noturnos, e a testemunha, com temperatura de 28 °C diurnos e 24 °C noturnos.

Alguns dados do comportamento dos genótipos, quando em condições de estresse por frio, serão apresentados de maneira compilada. Eles não foram analisados estatisticamente, devido à inconsistência e ao desbalanceamento das informações obtidas. Na Tabela 15 apresentam-se os resultados oriundos de 25 sementes de três genótipos, os quais sumarizam de maneira fidedigna o que foi encontrado nos demais genótipos.

Em relação aos grupos avaliados, a linhagem SC 817 e as cultivares Epagri 109, SCS 116 Satoru e SCS 121 CL não apresentaram indícios de início de pré-germinação das sementes, sendo classificadas como duras (sem atividade de germinação visível), indicando, que esses materiais precisam de um período maior que 48 h para iniciar o seu processo de pré-germinação.

Tabela 15 – Crescimento de parte aérea e de radícula em 25 sementes de três genótipos de arroz expostos à condição de frio em Fitotron na fase de estabelecimento de estande. Itajaí, SC, 2017.

Semente	SC 968		Irga 426		SC 792	
	Aérea (mm)	Raiz (mm)	Aérea (mm)	Raiz (mm)	Aérea (mm)	Raiz (mm)
1	1	2	4	10	Duras	Duras
2	1	1	3	5	Duras	Duras
3	1	1	2	3	Duras	Duras
4	1	1	3	7	Duras	Duras
5	1	1	2	4	Duras	Duras
6	1	1	5	7	Duras	Duras
7	1	1	3	5	Duras	Duras
8	1	2	2	5	Duras	Duras
9	1	1	1	2	Duras	Duras
10	1	1	2	4	Duras	Duras
11	1	2	2	3	Duras	Duras
12	1	3	1	3	Duras	Duras
13	1	2	3	5	PG	PG
14	1	1	2	3	PG	PG
15	Duras*	Duras	1	2	PG	PG
16	Duras	Duras	1	2	PG	PG
17	Duras	Duras	1	2	PG	PG
18	Duras	Duras	1	2	PG	PG
19	PG**	PG	2	3	PG	PG
20	PG	PG	2	3	PG	PG
21	PG	PG	1	3	PG	PG
22	PG	PG	1	3	PG	PG
23	PG	PG	1	2	PG	PG
24	PG	PG	1	2	PG	PG
25	PG	PG	2	4	PG	PG

* Sementes se mantiveram no seu estado original, sem apresentar sinais de pré-germinação.

** Sementes permaneceram no seu estado de pré-germinação, após a submissão ao frio.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

As linhagens SC 836, SC 908, SC 967 e as cultivares Diamante e SCS 122 Miura mostraram um comportamento similar ao demonstrado pela linhagem SC 968, com algumas sementes apresentando crescimento de parte aérea e raiz, outras permanecendo no seu ponto de germinação (PG) e outras sementes duras, sem nenhuma estrutura visível. Esse comportamento indica que é necessário um estudo mais detalhado sobre o comportamento em termos de momentos e períodos necessários para o processo de pré-germinação das sementes desses materiais.

As linhagens SC 775, SC 792, SC 806, SC 841, SC 849, SC 676 e a cultivar Amaroo apresentaram comportamento similar ao da linhagem SC 792, onde parte das sementes permaneceram no seu ponto de germinação ou ainda não apresentaram estrutura visível.

A cultivar Irga 426 foi a única que apresentou crescimento de raiz e parte aérea em todas as sementes, o que é um indicativo de que esse material/genótipo apresente tolerância à condição de frio logo após o processo de pré-germinação. Esta característica é decorrente do processo de seleção utilizado para o seu desenvolvimento no estado do Rio Grande do Sul, onde os problemas com baixas temperaturas no início do ciclo da cultura são mais comuns do que em Santa Catarina.

Os dados obtidos na testemunha estão apresentados de forma simplificada na Tabela 16, que foi elaborada levando em consideração as mesmas condições dos dados expostos na Tabela 15. É possível afirmar que as sementes dos genótipos na testemunha, por permanecerem em condições térmicas mais satisfatórias ao seu desenvolvimento (28 °C durante o dia e 24° C à noite), apresentaram um crescimento e desenvolvimento de plântula, tanto de parte aérea como de raiz, mais significativo e favorável, quando comparado às sementes que foram submetidas às condições de estresse por frio. Esse comportamento foi observado em todos os 18 materiais avaliados.

Assim, é possível perceber que em condições de imposição de estresse por frio, as sementes apresentam retardo e dificuldades no seu processo de germinação, diferente da condição testemunha. Cruz (2001) cita que a ocorrência de baixas temperaturas, aliadas à suscetibilidade dos genótipos utilizados, pode causar sérios danos no estabelecimento da lavoura, diminuindo o estande inicial e favorecendo o estabelecimento de plantas daninhas. Esse problema é minimizado quando o estabelecimento de uma lavoura ocorre em condições adequadas de ambiente, o que ocorreu nas avaliações das sementes submetidas à condição testemunha, na qual não apresentaram problemas de germinação.

Quando a semeadura da cultura do arroz ocorre em condições ambientais favoráveis, a mesma consegue obter o máximo de aproveitamento da radiação solar e da temperatura, o que contribui para a expressão do potencial dos materiais, reduzindo a duração do subperíodo semeadura-emergência (SOSBAI, 2016).

Tabela 16 – Crescimento de parte aérea e de radícula em 25 sementes de três genótipos de arroz expostos à condição testemunha em Fitotron na fase de germinação. Itajaí, SC, 2017.

Semente	SC 968		Irga 426		SC 792	
	Aérea (mm)	Raiz (mm)	Aérea (mm)	Raiz (mm)	Aérea (mm)	Raiz (mm)
1	33	36	19	36	17	31
2	15	14	19	37	19	33
3	10	7	11	31	29	36
4	16	18	17	31	15	26
5	21	31	16	36	9	21
6	18	20	25	11	6	7
7	19	11	20	37	16	19
8	11	21	14	30	20	31
9	14	20	15	36	21	30
10	19	10	22	44	22	9
11	19	20	16	29	7	11
12	14	16	10	28	20	36
13	11	22	19	40	17	34
14	17	22	15	27	12	28
15	12	13	17	30	19	35
16	15	25	17	30	10	12
17	14	17	11	28	17	18
18	17	28	13	32	19	28
19	19	16	15	22	14	29
20	17	19	15	27	18	24
21	12	10	16	29	7	21
22	9	13	19	31	24	35
23	10	22	8	17	15	29
24	11	14	11	15	21	32
25	16	18	17	19	24	29

Fonte: Elaborada pela autora, 2017, com a colaboração da Equipe Projeto Arroz da EPAGRI, Estação Experimental Itajaí, 2017.

Diante dos dados e das observações realizadas nos dois ensaios conduzidos para avaliar a tolerância a baixas temperaturas na fase de estabelecimento de estande (caixas de areia em câmara de crescimento e caixas gerbox em Fitotron), é necessário que se leve em consideração alguns pontos essenciais para avaliar de maneira mais correta e que se aproxime da realidade dos problemas que ocorrem em condições de campo. Eles serão comentados a seguir.

4.2.3 Pontos importantes a serem considerados

Na cultura do arroz, se os genótipos apresentam suscetibilidade à condição de baixas temperaturas na fase inicial de estabelecimento das plântulas, essas podem causar danos irreversíveis ao metabolismo e aos componentes das células. Levando em consideração a diversidade genética que compõem os diferentes genótipos avaliados, elencam-se aqui algumas sugestões que podem ser úteis para uma maior eficiência da execução de um ensaio que objetive identificar a tolerância desses genótipos às condições de baixa temperatura na fase de estabelecimento da cultura. Isto é essencial para que se possa identificar com maior precisão a tolerância ou suscetibilidade dos materiais à condição de estresse por frio nesta etapa fenológica.

Vale salientar que, diferente da maioria dos estudos e ensaios realizados para avaliação de genótipos nessas condições de estresse ambiental e também nessa fase de desenvolvimento da cultura, os ensaios descritos foram realizados com o intuito de identificar genótipos tolerantes ao frio para as lavouras catarinenses. Estas são, em sua grande maioria, implantadas no sistema de cultivo pré-germinado. Logo, a condição inicial desse experimento difere dos demais, sendo que as sementes já devem estar devidamente pré-germinadas no momento da imposição dos tratamentos, sendo que essa condição foi observada nos experimentos realizados nos anos agrícolas 2014/2015 e 2016/2017 pela equipe Projeto Arroz, da Estação Experimental Itajaí- Epagri, surgindo assim dúvidas em relação à execução dos ensaios.

Portanto, inicialmente é necessário mapear e identificar o período exigido por cada material para que o seu processo de pré-germinação tenha início. Diferentes genótipos respondem de maneiras distintas a esse processo, mesmo quando submetidos às mesmas condições. No primeiro ensaio executado (ensaio base), o período de pré-germinação das sementes foi de aproximadamente cinco dias, 48 h em processo de embebição em condições ambiente, mais aproximadamente 72 h em condições de BOD a 28 °C. Assim, essas sementes apresentaram um longo período para que todas pudessem iniciar o seu processo de pré-germinação para posterior imposição ao estresse por frio, ou à condição testemunha.

No segundo experimento (ensaio comparativo), o período de embebição das sementes foi de 24 h em condições de escuro e com temperatura constante de 28 °C, seguidas de mais 30 h, com temperatura de 28 °C em Fitotron, período

significativamente menor que o do ensaio base. Nesta situação, nem todos os genótipos atingiram o ponto ideal de pré-germinação quando foram submetidos aos tratamentos. Justifica-se, assim, a necessidade de conhecer o período mínimo de pré-germinação necessário de cada material, afim de que todos os genótipos tenham ao menos iniciado esse processo. Pode-se ainda, com o intuito de buscar uniformidade das unidades experimentais, fazer um processo prévio de seleção das sementes pré-germinadas, utilizando as que apresentarem aspecto mais uniforme entre si, tanto de tamanho da semente, como de tamanho da estrutura já exposta na pré-germinação, buscando maior homogeneidade possível entre as unidades experimentais.

Segundo indicações da Sosbai (2016), o estádio de desenvolvimento considerado adequado para a semeadura é quando a maioria das sementes apresenta estruturas embrionárias em torno de 2 mm de comprimento, estádio no qual a prática tem demonstrado favorecer a operação de semeadura e também do desenvolvimento das plântulas. As fases anteriores e posteriores podem apresentar alguns inconvenientes, sendo que nas fases anteriores o retardamento da emergência é observado e nas fases posteriores à indicada, o desenvolvimento excessivo do sistema radicular dificulta a uniformidade da semeadura, em razão do entrelaçamento de raízes.

Assim, o rompimento de raízes é inevitável e apresenta interferência no desenvolvimento normal das plântulas. Esse é um ponto considerado ideal a ser observado e levado em consideração para o estabelecimento de um ensaio para avaliação de materiais que apresentem tolerância a baixas temperaturas.

Outra medida a ser observada é a desinfestação das sementes antes de serem colocadas para o processo de embebição. Pode-se realizar uma lavação inicial com água corrente. Em seguida deve-se usar solução de hipoclorito a 2,5 % para a submersão das mesmas e então realizar uma lavação final com água destilada estéril, conforme realizado por Torres Toro (2006).

Outro fator a ser observado é o tempo de aplicação do estresse por frio. Considerando que no primeiro ensaio foram cinco dias de frio e no segundo quatro dias, é possível inferir que nas duas condições, com pontos de pré-germinação distintos entre os genótipos, não foi possível analisar adequadamente se o estresse por frio afetou ou não os materiais de maneira definitiva. Uma vez que após esses períodos, as sementes poderiam vir a apresentar um desenvolvimento mais

significativo, ou ainda, que pudessem causar a morte das mesmas. Por isso, devem ser avaliados diferentes períodos de imposição do frio com medições constantes para acompanhar o desenvolvimento ou não da plântula.

Cruz (2001), depois de submeter às sementes ao frio com temperatura de 13 °C, realizou medições do comprimento do coleóptilo semanalmente por um período de 28 dias. Ainda com base nesse mesmo trabalho, é possível sugerir que, após a submissão das sementes pré-germinadas a um período de estresse por frio, que as mesmas permaneçam por mais um período em condições de temperatura ideal de 28 °C. Esse período deve ser definido por meio de avaliações do comprimento do coleóptilo, logo após ter sido submetido ao estresse por frio. Assim, uma segunda medida após a submissão das condições ideais de temperatura permitirá avaliar o desempenho de linhagens e cultivares frente a essas condições de maneira mais realista e representativa do que ocorre a campo. Já as testemunhas, por crescerem significativamente mais que as sementes quando submetidas ao frio, podem ser mantidas em condições ambientais favoráveis (24 a 28 °C), por um período menor (quatro a sete dias), representando assim o controle.

Outros parâmetros que merecem atenção são o substrato utilizado e o tipo de material que será usado para a realização do ensaio. Nesse sentido, as caixas Gerbox surgem como grandes aliadas, uma vez que é necessário apenas a utilização das mesmas com o uso de papel filtro, evitando sujeiras na hora da avaliação final. Mesmo assim, é necessário que se realize um estudo prévio em relação a utilização de caixas Gerbox, visto que é necessário manter-se uma lâmina de água constante dentro das mesmas, afim de simular de maneira realista as condições de alagamento que as sementes irão encontrar no campo. É necessário também avaliar as condições de evaporação e reposição dessa água e decidir em razão da utilização ou não das tampas sobre as caixas, o que auxilia na prevenção de perda de água na forma de vapor.

Outro substrato que pode ser utilizado é a areia, assim como no ensaio base desse trabalho. Devem-se observar, entretanto, alguns pontos como a esterilidade desse substrato, onde é necessário que o mesmo apresente somente condições que venham a favorecer o desenvolvimento das plântulas, sem apresentar componentes contaminantes e que possam inibir ou ainda retardar o desenvolvimento das mesmas.

Pode-se ainda optar por utilizar solo peneirado, visando simular as condições de campo. Contudo, esse deve ser desinfetado, evitando contaminantes que

prejudiquem o desenvolvimento. O uso do solo, se bem estudado, planejado e executado, é o que mais se aproxima da realidade encontrada no campo. Todavia, é importante que o substrato utilizado seja eficiente e atenda às exigências do ensaio para que se tenha sucesso na sua execução.

Após a definição dos parâmetros descritos anteriormente, outras variáveis que merecem atenção e estudo são o número de sementes utilizadas e o número de repetições. Pensando na execução desse trabalho com um grande número de genótipos, a utilização de 50 sementes por repetição precisa ser considerada, porque as avaliações realizadas nesse tipo de experimento são trabalhosas. Assim, é possível diminuir o número de sementes para 20 ou 25 e aumentar o número de repetições para quatro ou cinco. Cruz (2001), em trabalho realizado para avaliação de metodologias de tolerância ao frio em genótipos de arroz irrigado, usou 20 sementes e três repetições.

O vigor e o peso das sementes também deveriam ser uniformizados, principalmente pela passagem das mesmas por mesas densimétricas, o que no caso dos experimentos de 2014/15 e 2016/17 não foi feito, aumentando assim, a variabilidade de comportamento entre as sementes de um mesmo genótipo.

Para obter maiores informações em relação ao comportamento de genótipos de arroz irrigado frente às condições adversas de temperatura, Cruz (2001) avaliou o índice de germinação dos materiais, a percentagem de sementes com coleóptilo superior a 5 mm, após o período de imposição do estresse, além da avaliação dessa tolerância ao frio por meio do recrescimento do coleóptilo. Isto foi feito por meio da diferença obtida entre a segunda e a primeira medição, mantendo os genótipos após a imposição ao estresse em condições ambientais favoráveis. Portanto, existem diferentes parâmetros que podem ser avaliados e adequados à metodologia que será utilizada e que enriquecem as avaliações obtidas por meio desses ensaios.

Em síntese, seria interessante avaliar com cuidado a pertinência de cada uma das sugestões e considerações apresentadas, principalmente na consecução de novos ensaios.

É necessário ressaltar também que a metodologia utilizada para avaliar a tolerância a baixas temperaturas nas fases de germinação e emergência nos trabalhos conduzidos no Rio Grande do Sul não é a mais adequada para as condições vigentes no estado de Santa Catarina. No estado gaúcho, onde predomina o sistema

de cultivo com a implantação da lavoura em solo seco e sementes com 13% de umidade, avalia-se o processo de germinação desde o estádio S0 (semente não embebida). Já em Santa Catarina, onde predomina o sistema pré-germinado de cultivo, esta avaliação deve levar em consideração o processo prévio de pré-germinação antes da imposição do estresse. Em outras palavras, os genótipos somente devem ser submetidos ao frio após terem atingido o estádio ideal para a semeadura (plântulas com, aproximadamente, 2 mm de comprimento). Este foi provavelmente o maior entrave encontrado nos ensaios realizados com o intuito de avaliar a tolerância de genótipos de arroz irrigado a baixas temperaturas na fase de germinação.

5 CONCLUSÕES

5.1 FRIO NA MICROSPOROGÊNESE

As linhagens SC 806 e SC 491 ME apresentaram baixas taxas de esterilidade de espiguetas e maior produção de grãos cheios por balde, mostrando potencial para gerar futuras cultivares com tolerância ao frio na microsporogênese, analisando-se esta característica. Evidentemente, para serem candidatas à transformarem-se em cultivares, estas linhagens devem também preencher uma série de outros quesitos, e nisso reside a dificuldade do melhoramento genético, qual seja, a junção, em um único genótipo, de uma série de aspectos agronômicos, sensoriais e industriais positivos.

A massa de mil grãos, renda base, rendimento de engenho e gesso dos genótipos avaliados foram menos afetados pela temperatura baixa na microsporogênese do que a esterilidade de espiguetas e a produção de grãos cheios por balde.

5.2 FRIO NO ESTABELECIMENTO

5.2.1 Experimento II (ensaio base)

O crescimento da parte aérea nos tratamentos com imposição do estresse térmico foi pequeno e não diferiu entre os genótipos avaliados.

O crescimento da parte aérea de todos os genótipos foi maior na testemunha do que quando submetidos a baixas temperaturas durante a fase de germinação/estabelecimento da cultura.

5.2.2 Experimento III (ensaio comparativo)

A cultivar Irga 426 foi a única entre os genótipos avaliados em que todas as sementes apresentaram crescimento mensurável de radícula e parte aérea quando submetidas ao frio na fase de germinação/estabelecimento das sementes.

A metodologia utilizada no ensaio não foi eficiente para discriminar os genótipos avaliados quanto à tolerância a baixas temperaturas na fase de estabelecimento de estande.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das perspectivas cada vez mais evidentes das mudanças climáticas e da ocorrência de eventos extremos de difícil previsibilidade, associadas ao desafio de dobrar a produção de alimentos até o ano de 2050 para suprir as crescentes demandas da população mundial, o melhoramento genético convencional surge como uma ferramenta de grande importância. Ele representa a forma mais efetiva para desenvolver cultivares que apresentem tolerância a condições extremas. Dentre estas, se destaca a ocorrência de baixas temperaturas, que recorrentemente tem causado graves prejuízos à lavoura orizícola dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, principalmente quando coincidem com as fases de microsporogênese e de estabelecimento de estande.

Frente a esse cenário de ocorrência de temperaturas extremas, cada vez mais imprevisíveis, é necessário buscar alternativas de estudos que consigam mitigar em parte a ocorrência desses eventos. Assim, a busca por materiais que apresentem tolerância a essas condições de mudanças climáticas, por meio do melhoramento genético é bastante promissora, visto que esse meio já se mostrou eficiente ao longo dos anos, auxiliando nos aumentos de produtividade das culturas.

O trabalho conduzido na Epagri – Estação Experimental de Itajaí mostrou resultados promissores no que se refere a identificação de genótipos tolerantes a baixas temperaturas na fase de microsporogênese. Neste sentido, as linhagens SC 806 e SC 491 ME se destacaram, em função da baixa percentagem de espiguetas estéreis e da alta produção de grãos cheios por balde. Isso indica que as duas linhagens têm potencial para originar futuramente cultivares adaptadas a regiões onde os riscos de frio no emborrrachamento são grandes, como a do Alto Vale do Itajaí.

Por outro lado, o mesmo sucesso não foi obtido nos ensaios conduzidos com o intuito de identificar genótipos tolerantes a baixas temperaturas na fase de germinação/estabelecimento da cultura. A metodologia utilizada para este tipo de experimento precisa ser refinada, considerando as características peculiares do sistema pré-germinado que predomina em Santa Catarina. Este tipo de ajuste é fundamental para que se consiga discriminar eficientemente diferenças entre genótipos de arroz irrigado na tolerância ao frio durante o estabelecimento da cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G. et al. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 12, p. 27-34, 2003.

BIANCHET, P. **Períodos de drenagem do solo no perfilhamento em arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado**. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2006.

BOSETTI, F. **Diversidade genética em germoplasma de arroz japonês utilizando marcadores moleculares e agromorfológicos**. 2012. 183 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

CABREIRA, C.; CRUZ, R. P. da. Herança da tolerância ao frio na fase vegetativa em arroz. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, n. 8. p. 31-36, 2009.

CARMONA, L. C.; BERLATO, M. A.; BERGONCI, J. I. Relação entre elementos meteorológicos e rendimento de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 289-294, 2002.

CASTRO, E. da M. de; et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 34).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015. 180 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, safra 2016/2017**. Brasília: CONAB, 2017. 164 p.

COUNCE, P. A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 4, p. 436-443, 2000.

CRUZ, R. P. da; MILACH, S. C. K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 909-917, 2000.

CRUZ, R. P. da. **Tolerância ao frio em arroz irrigado: metodologia de avaliação e bases genéticas**. 2001. 174 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CRUZ, R. P. da; MILACH, S. C. K.; FEDERIZZI, L. C. Rice cold tolerance at the reproductive stage in a controlled environment. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 3. p. 255- 261. 2006.

CRUZ, R. P. da; DUARTE, I. T. L.; CABREIRA, C. Inheritance of Rice cold tolerance at the seedling stage. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 67. n. 6. p. 669-674, 2010.

EBERHARDT, D. S.; SCHIOCCHET, M. A. (Org). **Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (sistema pré-germinado).** Florianópolis, SC: Epagri, 2011. 83 p.

EMBRAPA. **Solos Cultivados com Arroz Irrigado na Região Subtropical do RS e SC.** Sistemas de produção, 3. Versão Eletrônica Jun./2016. Disponível em < <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/> >. Acesso em: 19 nov. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. **Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz.** Sistemas de Produção, ISSN 1806-9207 Versão Eletrônica Nov./2005.

FEDERARROZ. **Origem e história do arroz.** Disponível em < http://www.federarroz.com.br/index.php?exe=embrapa_arroz_e_feijao > Acesso em: 20 out. 2017.

GIRARDI, D. **Bases morfológicas, fisiológicas e ecológicas para as diferenças de produtividade registradas em duas regiões produtoras de arroz irrigado do estado de Santa Catarina.** 2012. 65p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2012.

INFELD, A.; JUNIOR, P. S. Época de colheita e rendimento de engenho de quatro cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília, 19 (5): 599-604, 1984.

ISHYMARU, T. et al. Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress. **Journal of Cereal Science**, London, v. 50, n. 2, p. 166-174, 2009.

KAW, R. N.; KHUSH, G. Combining ability for low temperature tolerance in rice. In: INTERNATIONAL RICE GENETICS SYMPOSIUM, 1., 1986, Los Baños. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1986.

KIM, S. S.; LEE, S. E.; KIM, O. W.; KIM, D. C. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.77, n. 3 p. 373-379, 2000.

MARCHEZAN, E.; DARIO, G. J. A.; TORRES, S. Ocorrência de grãos gessados em três cultivares de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 87-91, 1992.

MARSCHALEK, R. et al. Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado em região de elevada altitude e baixa temperatura média, no Alto Vale do Itajaí. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7., 2011, Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí, SC: Epagri, 2011. 1 v. p. 183 – 186.

MARSCHALEK, R. et al. Seleção de genótipos de arroz irrigado adaptados à região de elevada altitude, sujeita a baixas temperaturas. In: Congresso Brasileiro de Arroz

Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 181 – 184.

MARSCHALEK, R. et al. Avaliação de genótipos de arroz irrigado em região de elevada altitude, sujeita a baixas temperaturas 2013/14- 2014/15. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 9. 2015, Pelotas, RS. **Anais eletrônicos...**

MARSCHALEK, R.; HICKEL, E. R.; STÜRMER, F. W. Avaliação da produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita à baixas temperaturas, 2015/16 - 2016/17. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10. 2017, Gramado, RS. **Anais eletrônicos...**

MENEZES, V. G.; MACEDO, V. R. M.; ANGHINONI, I. **Projeto 10:** estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado no RS. Cachoeirinha: IRGA, 2004. 32p.

MOLDENHAUER, K. A. K.; GIBBONS, J. H. Rice Morphology and Development. In: SMITH, C.W.; DILDAY, R.H. **Rice: origin, history, technology, and production.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2002. p. 122 – 123. ÑANCULAO, Gabriel Donoso et al. Cold tolerance evaluation

OKUNO, K. Genetics and molecular biology research on cold tolerance of rice. In: INTERNATIONAL TEMPERATE RICE CONFERENCE, 3, 2003, Punta del Este. **Symposias and conferences....** Punta del Este: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2003. 1 CD-ROM.

PEDROSO, B. A. **Arroz Irrigado:** obtenção e manejo de cultivares. Porto Alegre: Sagra, 1982. 176 p.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil: desafios da pesquisa agropecuária. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. p. 259-281.

PINHEIRO, B. da S.; HEINEMANN, A. **Características Morfológicas.** Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclqgdut.html>> Acesso em: 22 de nov. 2017.

REBOUÇAS, P. M. et al. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2015.

RODRIGUES, H. C. S. **Tolerância ao frio e efeito da época de supressão da irrigação no desempenho de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.)** 2011.55f.

ROSSO, A. F. de. **Caracterização genética e fenotípica para a tolerância ao frio e características agronômicas de arroz irrigado.** 2006. 98 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ROZZETTO, D. S. et al. Tolerância ao frio em genótipos de arroz irrigado expostos a baixas temperaturas em câmara de crescimento no estágio reprodutivo. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 8., 2013, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Pallotti, 2013. 1 v. p. 185-188.

ROZZETTO, D. S. et al. Tolerância de genótipos de arroz irrigado submetidos a estresse por baixas temperaturas na fase reprodutiva. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 61-66, 2015.

SANTOS, T. P. **Características físicas e químicas dos grãos gessados e seus efeitos na qualidade do arroz**. 2012. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, 2012.

SANTOS, A. B. dos.; SANTIAGO, C. M (Edit). **Informações técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO, 2014. 150 p.

SCHIAVON, R. A. **Efeitos do resfriamento artificial no armazenamento sobre os parâmetros de avaliação de qualidade industrial de grãos de arroz**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SILVA, F. A. S. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: International Conference on Computers in Agriculture, 6., 1996, Cancun. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294–298.

SILVA, L. H. da.; TRIVISIOL, A. G. E.; COSTA, P. F. P da. Efeito da temperatura de secagem e do tempo de armazenamento no desempenho industrial do arroz. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10. 2017, Gramado, RS. **Anais eletrônicos**.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2014, 192 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas, RS: SOSBAI, 2016, 197p.

SOUZA, P. R. Alguns aspectos da influência do clima temperado sobre a cultura do arroz irrigado, no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-11, 1990.

SOUZA, N. M. **Tolerância a baixas temperaturas na fase de microsporogênese em genótipos de arroz irrigado.** 2015. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

STHAPIT, B.R.; WITCOMBE, J.R. Inheritance of tolerance to chilling stress in rice during germination and plumule greening. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 660 - 665, 1998.

STEINMETZ, S. et al. **Macrozoneamento climático para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2005, 20 p.

STINGHEN, J. C. **Caracterização de cultivares de arroz irrigado quanto a dormência e tolerância ao frio na germinação.** 2015. 135 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

STÜRMER, F. W. et al. Esterilidade e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos à baixa temperatura na fase de microsporogênese. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 10. 2017, Gramado, RS. **Anais eletrônicos**.

TERRES, A. L.; GALLI, J.; GASTAL, F. L. Cultivares. In: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Capão do Leão, RS. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado.** Campinas: Fundação Cargill, 1985, p. 57-82.

TERRES, A. L. Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul –Brasil. In: Reunión sobre mejoramiento de arroz en el Cono Sur 1991, Trabajos – Montevideo: IICA – PROCISUR, 1991, p.91-103.

TERRES, A. L.; RIBEIRO, A. S.; MACHADO, M. O. Progress in breeding for cold tolerance semi dwarf rice in Rio Grande do Sul, Brazil. In: TEMPERATURE RICE CONFERENCE. Yanco. **Proceedings...** Riverina: Charles Sturf University, 1994. p. 43-50.

TORRES TORO, E. A. **Avaliação de linhagens de arroz (*Oryza sativa L.*) suscetíveis e tolerantes a baixas temperaturas em cruzamentos dialélicos parciais.** 2006. 143 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. YOSHIDA

VIEIRA, N.R de A. Qualidade de grãos e padrões de classificação do arroz. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte. V. 25, n. 222, p. 94-100. 2004.

VIEIRA, J.; MARSCHALEK, R.; SCHIOCCHET, M. A. **Cultivares de arroz irrigado da EPAGRI – Descrição e caracterização.** Florianópolis, SC: EPAGRI, 2007 (Boletim Técnico, nº 138).

WALTER, L.C. et al. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 40, n. 11, p. 2411-2418. 2010.

WANG, M. et al. The genome sequence of African rice (*Oryza glaberrima*) and evidence for independent domestication. **Nature Genetics**, São Paulo. v. 46, n. 9, p. 982-988. 2014.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: The International Rice Research Institute, 1981. p. 269

ZAFFARI, G. R. et al. Protocolo para produção de plantas duplo-haplóides de genótipos de arroz da subespécie *Indica* pela cultura de anteras. **Plant Cell Culture & Micropagation**, Lavras. v. 10, n. 2, p. 32- 40, 2014.

8 APÊNDICES

Apêndice 1 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Esterilidade de Espiguetas no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	23235.94594	1452.24662	28.0623 **
Estresse térmico/Testemunha	1	3060.25186	3060.25186	59.1343 **
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	2985.26860	186.57929	3.6053 **
Tratamentos	33	29281.4664	887.31716	17.1459 **
Resíduo	68	3519.05820	51.75086	
Total	101	32800.52461		

G.L. = Graus de Liberdade;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);

Apêndice 2 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Produção de Grãos no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	18005.26873	1125.32930	11.4932 **
Estresse térmico/Testemunha	1	1435.87539	1435.87539	14.6648 **
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	2410.50661	150.65666	1.5387 ns
Tratamentos	33	21851.65073	662.17123	6.7629 **
Resíduo	68	6658.07747	97.91290	
Total	101	28509.72820		

G.L. = Graus de Liberdade;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);

ns não significativo ($p\geq 0,05$).

Apêndice 3 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Massa de Mil Grãos no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	158.16007	9.88500	9.5337 **
Estresse térmico/Testemunha	1	24.58830	24.58830	23.7144 **
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	31.91090	1.99443	1.9236 *
Tratamentos	33	214.6592770	6.50483	6.2736 **
Resíduo	68	70.50573	1.03685	
Total	101	285.16501		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < .05$)

Apêndice 4 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Renda Base no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	9770.04187	610.62762	3.2472 **
Estresse térmico/Testemunha	1	49.25465	49.25465	0.2619 ns
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	2492.83402	155.80213	0.8285 ns
Tratamentos	33	12312.13054	373.09486	1.9840 **
Resíduo	68	12787.29620	188.04847	
Total	101	25099.42674		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);
ns não significativo ($p\geq0,05$).

Apêndice 5 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Rendimento de Engenho no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	20652.81806	1290.80113	3.2642 **
Estresse térmico/Testemunha	1	168.11669	168.11669	0.4251 ns
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	5776.48979	361.03061	0.9130 ns
Tratamentos	33	6597.42455	805.98256	2.0382 **
Resíduo	68	26890.40013	395.44706	
Total	101	3487.82468		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);
ns não significativo ($p\geq0,05$).

Apêndice 6 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Gesso dos Grãos no ano agrícola 2016/2017.

Fontes de Variação	G.L	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	16	825.94586	51.62162	3.1773 **
Estresse térmico/Testemunha	1	29.84048	29.84048	1.8367 ns
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	16	526.46424	32.90401	2.0252 *
Tratamentos	33	1382.25058	41.88638	2.5781 **
Resíduo	68	1104.80593	16.24715	
Total	101	2487.05651		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p<0,01$);
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p\geq0,05$).

Apêndice 7 – Valores de F segundo a análise de variância para a variável Estabelecimento de Plântulas no ano agrícola 2014/2015.

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Genótipo	5	212.31770	42.46354	10.0557 **
Estresse térmico/Testemunha	1	53801.83878	53801.8387	12740.6 **
Genótipo x Estresse térmico/Testemunha	5	210.06902	42.01380	9.9492 **
Tratamentos	11	54224.22550	4929.47505	1167.33 **
Resíduo	24	101.34817	4.22284	
Total	35	54325.57367		

G.L. = Graus de Liberdade;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01);

Apêndice 8 – Notas referentes a parceria Epagri-UDESC/CAV

A parceria Epagri-Estação Experimental de Itajaí-Equipe Projeto Arroz com a UDESC/CAV/Programa de Pós-Graduação se deu regular e oficialmente com base em projeto e experimentos submetidos e aprovados no trâmite interno da Epagri (SEPLAN e SEPEX) conforme consta abaixo.

Nr do Projeto no Seplan (Epagri) 6312764. Avaliação da tolerância de arroz irrigado a temperaturas extremas nas fases vegetativa e reprodutiva (apelido do Projeto é MELHORYZA: EXTREMOS DE TEMPERATURA)

Deste projeto, os experimentos desenvolvidos foram:

Nr 161251412 – Avaliação em 16/17 de linhagens promissoras com relação ao grau de tolerância ao frio em condições controladas (esterilidade) durante a fase reprodutiva (parceria com pós-graduação UDESC/CAV) (01/07/2016 a 30/06/2017)

Nr 161251382 Avaliação (16/17), no estádio de estabelecimento (V1), linhagens promissoras quanto a tolerância a baixas temperaturas, em condições controladas (Mestranda da UDESC/CAV) (01/07/2016 a 30/06/2017).

Essa parceria foi estabelecida pelo termo de compromisso e confidencialidade e outras avenças do bolsista individual de fomento científico e tecnológico nº 148817

TERMO DE COMPROMISSO DE CONFIDENCIALIDADE E OUTRAS AVENÇAS, QUE ENTRE SI CELEBRAM A EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI E O BOLSISTA INDIVIDUAL DE FOMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO Francieli Weber Stürmer VINCULADO AO PROJETO DE PESQUISA “Tolerância a baixas temperaturas na fase de estabelecimento e de microsporogênese em genótipos de arroz irrigado”, vinculado ao projeto Seplan nr 6312764 intitulado “Avaliação da tolerância de arroz irrigado a temperaturas extremas nas fases vegetativa e reprodutiva” DE RESPONSABILIDADE DO COORDENADOR Luis Sangoi.